



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

DAIANE EVANGELISTA DE OLIVEIRA

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO E PARAIBUNA (MG/RJ):  
ESTRUTURAS, DINÂMICAS E FLUXOS**

---

Londrina  
2022

DAIANE EVANGELISTA DE OLIVEIRA

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO E PARAIBUNA (MG/RJ):  
ESTRUTURAS, DINÂMICAS E FLUXOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor(a) em geografia.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>.Deise Fabiana Ely

Londrina  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

D132v Oliveira, Daiane Evangelista de.  
Variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Preto e Paraibuna (MG/RJ): estruturas, dinâmicas e fluxos / Daiane Evangelista de Oliveira. - Londrina, 2022.  
190 f. : il.

Orientador: Deise Fabiana Ely.  
Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Chuvas; Variabilidade; Forçantes; Monções; Perspectiva Sistêmica - Tese. I. Ely, Deise Fabiana. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 91

DAIANE EVANGELISTA DE OLIVEIRA

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
PRETO E PARAIBUNA (MG/RJ): ESTRUTURAS, DINÂMICAS E FLUXOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor(a) em geografia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Deise Fabiana Ely  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Marciel Lohman  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dr<sup>a</sup>. Leila Limberger  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná -  
UNIOESTE

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cássia de Castro Martins Ferreira  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Carlos Henrique Jardim  
Universidade Federal de Minas Gerais

Londrina, 06 de julho de 2022.

## DEDICATÓRIA

...aos meus pais **Camilo e Inácia** (em memória),  
por todas e tantas oportunidades!!!!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Universidade Estadual de Londrina (**UEL**) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (**PPGEO**) pela possibilidade de aperfeiçoamento acadêmico. Estar em uma universidade pública e de qualidade é um “privilégio” que eu torço muito para que as próximas gerações ainda tenham.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela bolsa de pesquisa nos primeiros anos do curso. E ao Centro de Inteligência Territorial (**CIT**) pela oportunidade de um estágio de pós-graduação nesta última etapa.

Agradeço a todos os professores do PPGEO, em particular à professora **Jeani**, coordenadora do curso durante a minha estadia no programa, que foi sempre muito solícita; e à minha orientadora **Deise**, pelo conhecimento construído.

Agradeço aos professores **Carlos** Jardim (UFMG), **Leila** Limberger (UNIOESTE) e **Marciel** Lohmann (UEL) por aceitarem compor a banca de doutoramento e por todas as sugestões e comentários. E à professora **Cássia** Ferreira (UFJF) por, além de participar da defesa da tese, ter me apresentado a climatologia, a área de estudo e gerar inquietações que hoje se tornaram objetos dessa pesquisa.

Aos amigos da UEL, em especial à **Fabiana** e **Estevão**, que compartilharam todas as etapas e da mesma dificuldade de se fazer uma tese durante uma pandemia mundial (COVID-19). Junho de 2022, a pandemia está estável, as coisas estão melhores, mas o número de mortes já chegou a 668 mil.

Aos amigos da UFJF, que hoje são da família, o meu muito obrigada. À **Débora**, **Franciele** e **Maryá**, pelas conversas climatológicas, amizade desprentensiosa e sonhos de um futuro melhor. Ao **José** e a **Isabela**, pela amizade adulta, e à **Cinthia**, que por todo incentivo, apontamentos e uma amizade que vem desde 2009, merece um agradecimento especial.

Aos amigos de Londrina, em especial a **Jana** e **Nádia** com quem tenho as melhores memórias de uma recém-chegada à cidade. Ao **Gui**, **Jeh**, **Sus** e **Lola** e a casinha da Leblon. A **Luma** e **Laura**, que me acolheram também como amiga. E a **Jéssica**, com nossas conversas profundas e todos os assuntos em comum.

Ao meus pais, a quem tanto admiro. À minha mãe **Inácia** (em memória), que antes de partir me deu oportunidades, incentivou os meus estudos e verbalizou um “estou muito orgulhosa”; nenhum “obrigado” descreveria a gratidão que sinto por

sempre ter tido o seu apoio. Ao meu pai **Camilo**, por trazer segurança e afeto em meio ao caos de perdas, distâncias e pandemias, por *ser amor de pai!!!!*

À minha companheira **Paula**. Por todos os momentos em que se fez parceira, o meu muito obrigada. Pelas vezes em que eu fui ausente, as minhas desculpas. E por todos os motivos do mundo, o *meu amor*.

Aos meus irmãos, **Davi**, **Diana** e **Karla**, que mesmo longe se fazem presentes diariamente. Meu muito obrigada.

...é tempo sem hora  
Luz que não apaga  
quando sopra o vento  
e chuva desaba  
Veludo escondido  
Na pele enrugada  
Água pura, ar puro  
Puro pensamento...

*Carlos Drummond de Andrade*

OLIVEIRA, Daiane Evangelista de. **VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO E PARAIBUNA (MG/RJ): ESTRUTURAS, DINÂMICAS E FLUXOS**. 2022. 190 folhas. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

## RESUMO

A variabilidade pluviométrica de uma região é a materialização das interações entre a atmosfera e o ambiente, no tempo e no espaço, que se caracterizam pelas distintas tipologias de tempo e clima e se diferenciam de um local para outro. Tais relações ocorrem de forma hierárquica e multiescalar, pelas conexões e sobreposições entre forçantes, e se configuram conforme os componentes do seu sistema climático, que são suas estruturas, dinâmicas e processos. Neste contexto, o objetivo da presente tese foi caracterizar a variabilidade espacial e temporal das chuvas da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna, com ênfase para seus períodos secos e chuvosos, para a partir daí confirmar ou refutar a existência de um regime de chuvas de monções enquanto um dos fatores responsáveis pela distribuição temporal de tal elemento meteorológico; e, também, compreender o papel do relevo como uma das estruturas capazes de organizar e diferenciar espacialmente os regimes. Na busca pela concretização deste objetivo foi realizado um levantamento de dados meteorológicos (série 1950-2018), topológicos e atmosféricos, a partir dos quais fez-se a identificação dos regimes anuais e interanuais das chuvas; dos padrões hipsométricos; e dos principais fluxos atmosféricos em escala continental (América do Sul). As bases de dados utilizadas foram os registros pluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA), as imagens geotopo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e as informações atmosféricas obtidas através da *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA). Os procedimentos metodológicos adotados se dividiram em: organização, síntese e apresentação de dados tabulares; e mapeamento das feições atmosféricas e de superfície. Os resultados indicaram haver dois períodos climáticos bem definidos, com o início do período chuvoso na pênstada de número 30 (26 a 30 de maio) e o do período seco na 54 (23 a 27 de setembro), o que confirma a inserção da bacia no Sistema de Monções Sul-americano. Foi identificado um padrão espacial de Oeste para Leste, que se manifesta na duração destes períodos e na distribuição dos acumulados anuais e diários de chuva, os quais possuem correspondência direta com os padrões hipsométricos, havendo locais em que a sazonalidade das chuvas é menos ou mais perceptível. Concluiu-se, portanto, que a bacia hidrográfica do rio Preto e Paraibuna está entre os locais que integram o regime de monções Sul-americano, mas que o relevo é um delimitador de unidades climáticas na bacia, diferenciando, localmente, áreas com maior ou menor imponência do regime monçônico, confirmando, portanto, a hipótese inicial da pesquisa.

**Palavras-chave:** Chuvas; Variabilidade; Forçantes; Monções; Perspectiva Sistêmica.

OLIVEIRA, Daiane Evangelista de. **RAINFALL VARIABILITY IN THE PRETO AND PARAIBUNA WATERSHED (MG/RJ): STRUCTURES, DYNAMICS AND FLOWS.** 2022. 190 leaves. Tese (PhD in Geography) - State University of Londrina, Londrina, 2022.

#### ABSTRACT

The rainfall variability of a region is the materialization of the interactions between the atmosphere and the environment, in time and space, which are characterized by different typologies of weather and climate and differ from one place to another. Those relations occur in a hierarchical and multiscale way, through connections and overlaps between forcing agents, and are configured according to the components of their climate system, which are their structures, dynamics, and processes. In this context, the objective of the present thesis was to characterize the spatial and temporal variability of the rainfall in a watershed (Preto e Paraibuna River), with a focus on their dry and rainy periods, in function of confirming or refuting the existence of a monsoon rainfall regime as one of the factors responsible for the temporal distribution of this meteorological element; and also, to identify the role of the relief as one of the structures capable of organizing and spatially differentiating the regimes. In the search for the achievement of this objective, a survey of meteorological, topological and atmospheric data (series 1950-2018) was carried out, from which the identification of the annual and interannual rainfall regimes; the hypsometric patterns; and the main atmospheric fluxes on a continental scale (South America) was made. The databases utilized consisted of rainfall records made available by the National Water Agency (ANA), geotopo images from the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), and atmospheric information collected by the National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA). The chosen methodological procedures were divided into: organization, synthesis and presentation of tabular data; and mapping of atmospheric and surface features. The results indicated there are two well defined climatic periods, with the beginning of the rainy period in the pentads 30th (May 26 to 30) and the dry period in the 54th (September 23 to 27), which confirms the inclusion of the watershed in the SMSA. That was identified a spatial pattern from West to East, which manifested itself in the duration of these periods and in the distribution of the annual and daily rainfall accumulations, arrangements had direct correspondence with the hypsometric patterns, presenting places where the rainfall seasonality is less or more perceptible. It was concluded, therefore, that the BHRPP is among the places that integrate the South American monsoon regime, but that the relief is a delimiter of climatic units in the basin, differentiating, locally, areas with greater or lesser imposition of the monsoon regime, confirming, consequently, the initial hypothesis of the research.

**Key words:** Rainfall; Variability; Forcing; Monsoon; System Perspective.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Estrutura do texto.....	xix
<b>Figura 2</b> – Localização da bacia hidrográfica do rio Preto e Paraibuna.....	24
<b>Figura 3</b> – Padrão vertical de circulação atmosférica – Ventos Zonais e Temperatura.....	51
<b>Figura 4</b> – Padrão horizontal de circulação atmosférica – Principais campos de pressão e ventos.....	52
<b>Figura 5</b> – Estrutura do Sistema de Monções da América do Sul.....	56
<b>Figura 6</b> – Mecanismos de intensificação que produzem chuvas orográficas.....	63
<b>Figura 7</b> – Fluxograma metodológico.....	69
<b>Figura 8</b> – Localização dos postos pluviométricos considerados no estudo.....	73
<b>Figura 9</b> – Elementos constituintes das paisagens da BHRPP.....	95
<b>Figura 10</b> – Exemplos de reportagens sobre os déficits ou excedentes hídricos em municípios da BHRPP como problemática central.....	99
<b>Figura 11</b> – Elementos que compõem os usos e coberturas da terra na BHRPP.....	107
<b>Figura 12</b> – Imagens de alta resolução: variações das paisagens entre 1984-2021.....	108
<b>Figura 13</b> – Informações geomorfológicos do território delimitado pela BHRPP.....	110
<b>Figura 14</b> – Perfil de relevo para a BHRPP e entorno imediato.....	112
<b>Figura 15</b> – Média dos totais pluviométricos anuais e mensais na BHRPP (1950-2018).....	114
<b>Figura 16</b> – Agrupamentos em Ward das pântadas de início e final do período chuvoso, distância euclidiana, da série 1950-2018.....	119
<b>Figura 17</b> – Variabilidade temporal das datas das pântadas.....	120
<b>Figura 18</b> – Pântadas que iniciam as estações secas e chuvosas.....	122
<b>Figura 19</b> – Duração dos períodos secos e chuvosos.....	124
<b>Figura 20</b> - O ciclo de vida das monções na BHRPP.....	125
<b>Figura 21</b> – Acumulados de precipitação, por classe de intensidade.....	127
<b>Figura 22</b> – Agrupamentos em Ward de locais que apresentam intensidade das chuvas similares .....	128

<b>Figura 23</b> – Distribuição espacial dos acumulados totais de chuva não-efetiva (<10mm).....	130
<b>Figura 24</b> – Distribuição espacial dos acumulados totais de chuva efetiva (>10mm).....	132
<b>Figura 25</b> – Distribuição espacial das alterações médias, por tipo de metodologia de recorte anual (fixa, móvel e ano civil).....	134
<b>Figura 26</b> – Gráficos com a variação entre os acumulados anuais, para cada metodologia de recorte do que é considerado “ano”.....	136
<b>Figura 27</b> – Gráfico com os acumulados anuais de chuva por período, para o ano meteorológico.....	139
<b>Figura 28</b> – Distribuição espacial das tendências para os acumulados anuais de chuva (1951 a 2017).....	142
<b>Figura 29</b> – Distribuição espacial das tendências para os acumulados por período de chuva (1951 a 2017).....	143
<b>Figura 30</b> – Distribuição espacial das tendências para os acumulados diários de chuva (1951 a 2017).....	144
<b>Figura 31</b> - Direção e velocidade dos ventos (média) nos meses de início do período chuvoso.....	148
<b>Figura 32</b> – Direção e velocidade dos ventos (média) nos meses de início do período seco.....	149
<b>Figura 33</b> – Direção e velocidade dos ventos (média) em abril, considerando anos agrupados segundo a técnica Ward.....	152
<b>Figura 34</b> – Direção e velocidade dos ventos (média) em setembro, considerando anos agrupados segundo a técnica Ward.....	153
<b>Figura 35</b> – O SC-BHRP: principais padrões climáticos.....	155

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Estações consideradas no estudo.....	72
<b>Tabela 2</b> – Dias identificados com falhas identificadas nas séries meteorológicas estudadas.....	72
<b>Tabela 3</b> – Percentis para as séries de dados (1950-2018), considerando todos os valores ou aplicando o limiar >3mm.....	80
<b>Tabela 4</b> – Data de início e final de cada pântada.....	81
<b>Tabela 5</b> – Margem de erro para os resultados referentes aos acumulados de chuva .....	84
<b>Tabela 6</b> – Aspectos gerais dos municípios que compõem a BHRPP.....	97
<b>Tabela 7</b> – Florestas Públicas de relevância territorial.....	103
<b>Tabela 8</b> – Características gerais dos pontos amostrais.....	105
<b>Tabela 9</b> – Quantitativo de vezes em que a pântada de maior frequência de início das estações secas (23) e chuvosas (54) se repetiram.....	117
<b>Tabela 10</b> – Pântadas que delimitam o início dos períodos secos e chuvosos, agrupamentos em Ward.....	120
<b>Tabela 11</b> – Dias com chuva por período analisado.....	123
<b>Tabela 12</b> – Acumulados anuais de precipitação, por tipo de metodologia de recorte anual (fixa, móvel e ano civil).....	133

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Áreas de Proteção Ambiental
AS	América do Sul
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
BHRPP	Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna
CCME	Complexos Convectivos de Meso-Escala
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IDW	<i>Inverse Distance Weigh</i>
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITCZ	<i>Intertropical Convergence Zone</i>
JBN	Jatos de Baixos Níveis
LI	Linhas de Instabilidade
MAPBIOMAS	Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil
MG	Minas Gerais
MI	Ministério da Infraestrutura
mPa	Massa Polar Atlântica
mTa	Massa Tropical Atlântica
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ODP	Oscilação Décadal do Pacífico
OMJ	Oscilação Madden-Julian
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PEI	Parque Estadual de Ibitipoca
PNI	Parque Nacional de Itatiaia
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
RJ	Rio de Janeiro
ROL	Radiação de Ondas Longas
SACZ	<i>South Atlantic Convergence Zone</i>

SAM	Modulo Anular Sul
SC-BHRPP	Sistema Climático Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna
SF	Sistemas Frontais
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SMSA	Sistema de Monções Sul-Americano
SP	São Paulo
TOPODATA	Banco de Dados Geométricos do Brasil
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCA	Zona de Confluência dos Alísios
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência do Atlântico Sul

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>27</b>
2.1	AS CHUVAS ENQUANTO FENÔMENO E A SUA VARIABILIDADE: ESBOÇOS PARA O ENTENDIMENTO DE UM SISTEMA CLIMÁTICO .....	28
2.1.1	Chuvvas: o fenômeno .....	28
2.1.2	A variabilidade: um aporte teórico-metodológico.....	32
2.1.3	O sistema climático: uma perspectiva de estudo.....	42
2.2	CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA E FORÇANTES QUE ORGANIZAM O CLIMA NA AMÉRICA DO SUL: SMSA E O RELEVO.....	49
2.2.1	O Sistema de Monções Sul-Americano.....	54
2.2.2	Compartimentação morfológica e a circulação atmosférica: as chuvas orográficas.....	58
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>65</b>
3.1	RECONHECIMENTO DA VARIABILIDADE DAS CHUVAS: PADRÕES CLIMÁTICOS.....	70
3.1.1	Levantamento espacial e temporal dos dados.....	70
3.1.1.1	Recortes temporais: fixos e móveis.....	74
3.1.2	Identificação dos regimes secos e chuvosos.....	75
3.1.2.1	Os limiares de início e final.....	76
3.1.2.2	As pântadas de início e final da estação chuvosa na BHRPP.....	79
3.1.3	Identificação dos acumulados de precipitação.....	81
3.1.3.1	Acumulados pântadais, por períodos e anuais.....	82
3.1.4	Identificação e análises das tendências.....	85
3.2	LEVANTAMENTO DOS ELEMENTOS QUE ORGANIZAM O CLIMA.....	87
3.2.1	Feições de superfície.....	87
3.2.2	Feições da atmosfera.....	90
3.2.2.1	Análises dos fluxos: ventos em superfície.....	90
3.3	MAPA SÍNTESE: O SISTEMA CLIMÁTICO BHRPP.....	91

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>93</b>
4.1	A ESTRUTURA GERAL QUE ORGANIZA O CLIMA NA BHRPP.....	94
4.1.1	Pontos amostrais: levantamento em nível mais detalhado.....	104
4.2	AS DINÂMICAS PLUVIOMÉTRICAS NA BHRPP: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DAS CHUVAS.....	115
4.3	PROCESSOS E INTERAÇÕES: A GÊNSE DAS CHUVAS NA BHRPP.....	145
4.4	SISTEMA CLIMÁTICO - BHRPP: ESBOÇOS PARA UMA SÍNTESE CLIMÁTICA.....	154
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>157</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>162</b>

## APRESENTAÇÃO

A presente tese busca discorrer sobre o fenômeno Chuva, a partir de uma perspectiva sistêmica do Clima e tendo a Variabilidade enquanto aporte teórico-metodológico. A problemática de estudo engloba as possíveis explicações para a gênese da distribuição espacial e temporal do elemento chuva em uma porção da região Sudeste do Brasil; e busca discorrer sobre as interações atmosfera-superfície que instituem o Sistema Climático da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraíba (SC-BHRPP), no que tange às suas estruturas, dinâmicas e processos.

O texto é composto de 4 seções principais (**Figura 1**), à saber:

**1. Introdução:** na qual é exposto o tema, premissas, objetivos, justificativas e a área de estudo, bem como, as inquietações que motivaram a proposição da pesquisa.

**2. Referencial Teórico:** construído à partir do conceito de Sistema Climático e da premissa que este é agente e resultado de interações espaço-temporais hierarquicamente distribuídas; o qual, dadas as escalas de atuação de cada fenômeno/componente, pode ser modulado em maior ou menor expressividade por uma ou várias forçantes. Maior ênfase é dada à região Sudeste do Brasil, a qual integra o regime de monções Sul-americano, possui uma complexidade climática atribuída ao relevo e caracteriza-se por sua transitoriedade entre os climas Tropicais e Subtropicais. Uma díade estabelecida entre relevo e circulação atmosférica, enquanto principais processos responsáveis pela distribuição de suas chuvas, finaliza a teorização.

**3. Metodologia:** na qual são apresentados os procedimentos teórico-metodológicos que foram adotados no estudo. Tal seção foi dividida em 2 partes principais:

- "*Levantamentos e reconhecimento espacial e temporal dos dados*", que tem como foco os procedimentos referentes aos dados de chuva, através da tabulação e sistematização dos dados. Esta etapa contemplou os materiais e métodos que permitiriam identificar a variabilidade das chuvas, com ênfase em seus regimes.

- "*Identificação das forçantes que organizam o clima na BHRPP*", na qual os mapeamentos das feições de superfície (em especial o relevo) e as atmosféricas são o foco de abordagem.

Optou-se por apresentar, em ambas as partes, as teorias e os principais autores que sustentaram o método e os caminhos escolhidos.

**4. Resultados e Discussões:** a análise dos resultados partiu de uma concepção que compreende a BHRPP enquanto um sistema e foi seccionada em estrutura, dinâmica e processos. As 4 partes que dividem tal seção são:

- *“A estrutura geral que organiza o clima da BHRPP”*, onde são apresentados os principais elementos que formam as estruturas presentes na bacia. Estas podem ser impactadas pelo regime das chuvas, bem como influenciar na sua distribuição em escala local/regional.

- *“As dinâmicas pluviométricas na BHRPP: distribuição espaço temporal das chuvas,”* que representa a exposição e as sínteses da variabilidade espacial e temporal das chuvas, seus regimes e alterações.

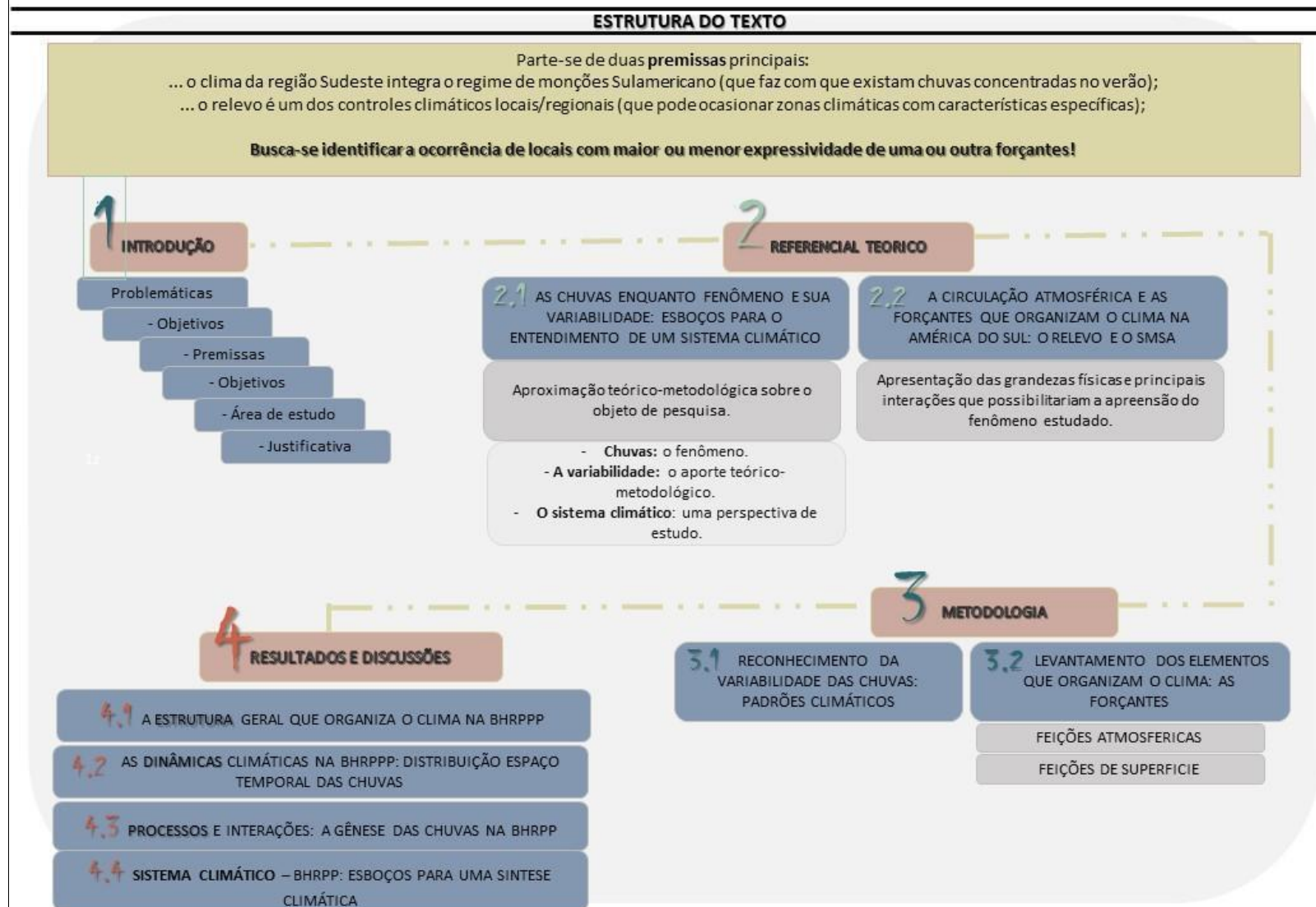
- *“Processos e interações: a gênese das chuvas na BHRPP”*, seção na qual os fluxos que ocasionam uma variabilidade interanual no regime de monções na bacia é apresentado. Tal tópico também aborda as interações entre o SMSA e a compartimentação morfológica enquanto mecanismos responsáveis pela gênese das chuvas na BHRPP.

- *“Sistema Climático – BHRPP: Esboços para uma síntese climática”*, onde se propõe um mapa síntese dos resultados da pesquisa.

Na sequência, são postas as **Considerações Finais**, buscando ressaltar se a hipótese inicial do estudo foi confirmada ou refutada e a elucidação de quais seriam os principais padrões encontrados.

Por fim, respondeu-se a inquietação: *“Quem influenciou mais? O fator sinótico ou o fator relevo?”*

Figura 1: Estrutura do texto.



Fonte: Organizado pela autora.

# 1. INTRODUÇÃO

---

O tema a que se destinam os esforços de pesquisa no presente estudo é o da Variabilidade espacial e temporal das chuvas, delimitado dentre as possíveis abordagens da climatologia, sendo de extrema relevância. O fato é que a dinâmica das chuvas interage direta ou indiretamente com a manutenção da vida no planeta Terra, seja pelo consumo imediato pelos seres vivos ou através das interações multiescalares de seus sistemas; de maneira que reconhecer padrões entre os regimes climáticos torna-se pertinente.

Tal variabilidade é passível de ser apreendida, no tempo e no espaço, e, devido a existência de inúmeros ambientes e paisagens, apresenta peculiaridades particulares à região de ocorrência e formação das chuvas. Parte-se, portanto, de duas problemáticas que foram selecionadas como norteadoras para a execução da pesquisa. Estas representam sub-temas do estudo.

A primeira problemática considera a complexidade climática da região Sudeste do Brasil, a qual é de difícil interpretação devido ao fator relevo regional; sendo caracterizada por uma compilação de tipologias climáticas que, mesmo integrando distintos fatores de formação do clima, possuem soberania das variações altimétricas. A presença de grandes compartimentos morfológicos, como as serras da Mantiqueira e do Mar, em meio aos “Mares de Morro” (AB’SABER, 1970), vem contribuindo para a existência de um fator orográfico que determina a dinâmica das chuvas em escala local e regional. Inúmeros pesquisadores (NIMER, 1979; NUNES, 1990; FERREIRA, 2002; SANT’ANNA NETO, 2005; ARAÚJO, et al. 2010; JARDIM, 2015; SANTOS, MORAES e GALVANI, 2016; MACHADO e ASSIS, 2017; FIALHO, 2021; OLIVEIRA, 2016; ARMOND, 2018; TAVARES e FERREIRA, 2020; entre outros) vem apresentando teorizações que confirmam esta realidade.

Porém, apesar de localmente o relevo ser uma das forçantes de maior impacto nas gênese dos climas da região Sudeste, ainda não se conhece ao certo quais seriam as interações e os limiares de influências que este exerce enquanto modulador das dinâmicas atmosféricas de escala global que atuam na região. Sabe-se, todavia, que a topografia é um fator de ordem estática (NIMER, 1979; SANT’ANNA NETO, 2005) e que, por tal essência, se forma e/ou se modifica de maneira lenta.

Os mecanismos atmosféricos, por sua vez, se alteram temporo-espacialmente mais rapidamente, variando nas escalas diárias, sazonais, interanuais, entre outras, e são considerados como fatores dinâmicos de formação do clima. Tal dinamismo implica em uma realidade em que os fenômenos de escala local, regional

e global se conectam, possuem padrões em suas ocorrências e precisam ser apreendidos de maneira multiescalar.

A segunda problemática que motivou a execução desta pesquisa, por sua vez, tem relação com a circulação atmosférica global e regional que, caracterizada por mecanismos de natureza e abrangência distintos, estão entre as responsáveis pela variação e distribuição das chuvas registradas na região Sudeste do Brasil. O fenômeno selecionado enquanto recorte de análise foi o Sistema de Monções Sul-americano (SMSA), caracterizado por uma variabilidade sazonal no regime das chuvas em que há duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa.

A temática das chuvas de monções é amplamente conhecida no senso comum, principalmente aquelas ligadas ao continente asiático e que fazem parte do material didático da disciplina Geografia no ensino regular. Porém, o SMSA ainda é pouco disseminado, constituindo um campo de pesquisa recente. Estudos realizados por Carvalho, Jones e Liebmann (2002), Veiga (2003), Bombardi (2008), Grimm e Zilli (2009), Gan, Rodrigues e Rao (2009), entre outros pesquisadores, apresentam como foco de estudo o SMSA e comprovam suas influências na variabilidade das chuvas na América do Sul.

Parte-se, portanto, de duas premissas principais, que “o clima da região Sudeste integra o regime de monções Sul-americano (que faz com que existam chuvas concentradas no verão) e que “o relevo é um dos controles climáticos locais/regionais (que pode ocasionar zonas climáticas com características específicas)”. A partir destas, pode-se identificar a ocorrência de locais com maior ou menor expressividade de uma ou outra forçante, visto que as duas problemáticas apresentadas embasam as principais inquietações que motivaram as investigações executadas na presente pesquisa.

Assim, apesar das premissas se referirem a interações climáticas identificadas para o Sudeste e, portanto, proporem ocorrências em escala referente à região, sua abrangência incorpora e integra distintas outras possibilidades de interações em escala local, como aquelas identificadas para a BHRPP. Tal bacia apresenta particularidades climáticas de origem orogenética que já foram objeto de estudo em pesquisas anteriores (OLIVEIRA, 2016) e embasaram as principais suspeitas desta tese.

A principal hipótese que se tem é a de que o clima desta bacia integra o regime de monções identificado na América do Sul, mas que pode haver ambientes

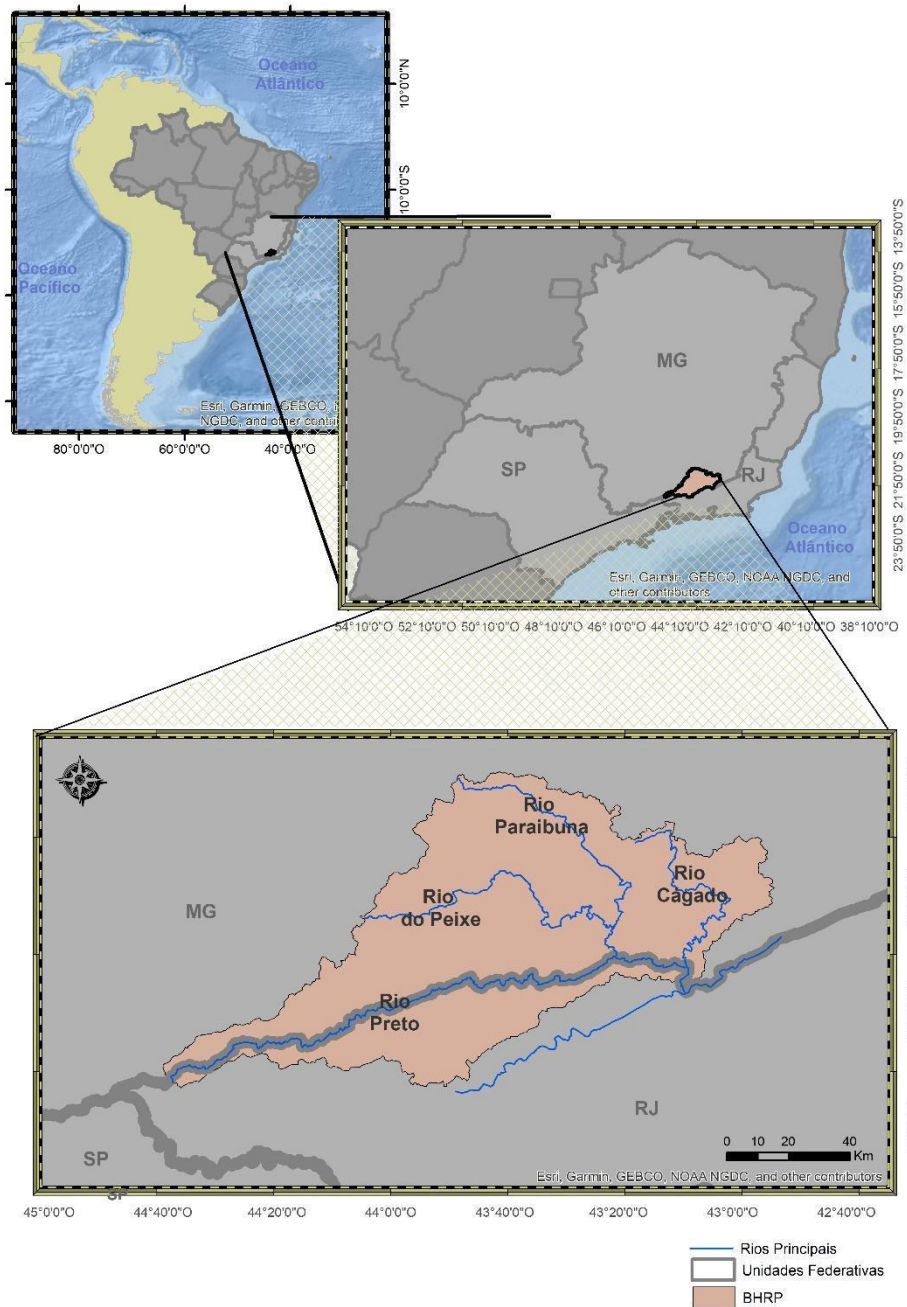
em que atua de forma mais ou menos expressiva visto que o relevo é um dos controles geográficos climáticos locais/regionais de maior influência na dinâmica climática local/regional. A tese de que controles regionais podem se sobrepor a controles zonais/locais e organizar o clima da bacia é a que se pretende discutir.

A justificativa de uma bacia hidrográfica como unidade territorial de análise se pauta no fato destas representarem unidades complexas, hierárquicas e que podem ser vistas enquanto um sistema, com suas estruturas, dinâmicas e funcionalidades, sendo passível de ser modelada (CHRISTOFOLLETI, 2013). E, como o clima é uma das variáveis deste sistema natural, utilizar limites também naturais, como o de uma bacia hidrográfica, para realizar o recorte espacial da área de estudo constitui uma possibilidade para a investigação.

Por sua vez, a escolha da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna se fundamenta em suas particularidades. Em termos de possibilidades teórico-metodológicas tal bacia se localiza na região Sudeste do Brasil e possui uma amplitude altimétrica que supera os 1000 metros, o que a coloca como passível de ser estudada a partir das premissas adotadas nesta pesquisa. Em termos de interesses ambientais, a bacia engloba duas Unidades de Conservação de importância ecológica (Parque Nacional da Serra do Itatiaia e Parque Estadual do Ibitipoca); e é uma das principais sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, importante recurso hídrico da região Sudeste. Em termos socioeconômicos, localiza-se nesta bacia o município de Juiz de Fora, o 4º mais populoso do estado de Minas Gerais, apresentando atividades socioeconômicas distintas (indústria, agricultura e pecuária, além de bens e serviços urbanos) que mantêm a economia regional em constante funcionamento. A sua posição estratégica entre duas Unidades Federativas da região Sudeste do Brasil (Minas Gerais e Rio de Janeiro) é um ponto que também se traduz em predileção.

A área de estudo (**Figura 2**) engloba 27 municípios do estado de Minas Gerais e nove do Rio de Janeiro, possui uma extensão territorial de 8.593 km<sup>2</sup> e abriga uma população estimada de 5.259.067 habitantes (IBGE, 2021). Suas principais sub-bacias são as dos rios Preto, Paraibuna, Cágado e Peixe, sendo o rio Preto um divisor territorial natural entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

**Figura 2:** Localização da bacia hidrográfica do rio Preto e Paraibuna.



**Fonte:** Organizado pela autora.

A BHRPP vem sendo objeto de estudo em pesquisas relacionadas a distintas áreas do conhecimento (ORLANDO, 2006; SILVA e Z Aidan, 2010; BORGES, OLIVEIRA e Z Aidan, 2011; CARVALHO, ROCHA e Z Aidan, 2011; FARIA, OLIVEIRA e Z Aidan, 2018; HOTT, et al. 2018) e, em termos climáticos, estudada por Ferreira (2002) e Oliveira (2013; 2016). Em estudos vinculados ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora (LABCAA-

UFJF) e embasada nos pressupostos de Ferreira (2002), Oliveira (2013, 2016) obteve resultados importantes e eficazes relativos às dinâmicas climáticas, da paisagem e da produção do espaço dessa região.

Tais estudos permitiram realizar investigações sobre os aspectos geoambientais da BHRPP (climáticos, vegetacionais, hidrológicos, morfológicos e antrópicos) e a criação de um inventário cartográfico (OLIVEIRA, 2013), bem como levantamentos das possíveis gêneses do clima da bacia, com ênfase para a escala sinótica (OLIVEIRA, 2016). Porém, questionamentos sobre as forçantes que produzem o clima de tal bacia e que influenciam a produção do espaço em níveis regionais, demandam por outras investigações e aprofundamentos.

Assim, se em Oliveira (2013) e em Oliveira (2016) a unidade espacial-territorial de análise foi a BHRPP e as inquietações quanto ao clima regional que a engloba, estudos concomitantes e posteriores (OLIVEIRA e ELY, 2018; OLIVEIRA e FERREIRA, 2019) vem demonstrando haver fenômenos e interações regionais com as escalas global e local, que trazem à tona novas hipóteses para a gênese da variabilidade do fenômeno climático na referida área. Muito esforço se tem dedicado para analisar as séries históricas e encontrar padrões nas suas variabilidades espaciais e temporais, porém, os mecanismos regionais e globais de circulação atmosférica em correlação com as dinâmicas superficiais exemplificadas pelo relevo ainda se mostravam de difícil definição. Os argumentos para a escolha das forçantes “relevo” e “monções” consideraram tais inquietações e se desmembraram em outras possibilidades de contribuição para o planejamento e gestão territorial.

A justificativa que se faz é a de que há a necessidade de se reconhecer os regimes anuais e interanuais das chuvas na bacia, pois mesmo que a comunidade científica e o senso comum já tenham assimilado e incorporado o fato de que há dois períodos bem definidos (um seco e um chuvoso) na dinâmica das chuvas de partes da região Sudeste do Brasil, tem-se casos em que a estiagem prolongada ou a concentração de acumulados intensos de chuva provocam transtornos à sociedade. É pouco provável que seja possível dizer se é o período das secas ou das chuvas o que mais afeta a população, pois são dinâmicas e interações completamente diferentes e ambas impactam e precisam ser reconhecidas. No entanto, sabe-se que o regime de monções tem “levado os habitantes dessas regiões a mudarem suas vidas, costumes e economia entre duas fases distintas” (VEIGA, 2003, p.25).

Neste contexto, o objetivo principal da presente tese foi identificar e

caracterizar a variabilidade espacial e temporal dos períodos secos e chuvosos de uma bacia hidrográfica localizada na região Sudeste do Brasil, Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna (BHRPP), para, a partir daí, confirmar ou refutar se o regime de chuvas de monções ocorre em toda a sua extensão ou se há áreas mais ou menos propícias a sua ocorrência, justificadas pelo relevo regional. Os objetivos específicos foram:

- Identificar a ocorrência de regimes mais secos e/ou chuvosos na BHRPP;
- Confirmar se a bacia integra o SMSA e se esta integração ocorre em toda a extensão da BHRPP;
- Identificar padrões espaciais e temporais na variabilidade interanual dos períodos;
- Propor uma regionalização a partir dos períodos identificados;
- Refutar ou confirmar as suspeitas de que o relevo produz diferenças na distribuição espacial dos regimes, propondo possíveis explicações para sua gênese;
- Verificar o papel exercido pela variabilidade espaço-temporal de mecanismos atmosféricos enquanto fatores que interferem na definição dos regimes secos e chuvosos.
- Entender a função das monções no sistema climático da BHRPP;
- Propor um mapa síntese com o Sistema Climático da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna (SC-BHRPP).

A perspectiva de abordagem e de construção teórico-metodológica que foi escolhida para abarcar os argumentos e sintetizações da tese a ser defendida é a do viés sistêmico para interpretação dos climas, a qual permite observar as hierarquias e o trânsito entre os níveis escalares (JARDIM, 2015), fundamental aos estudos que tenham a variabilidade como tema. O embasamento para tal escolha considerou estudos clássicos da climatologia brasileira, como Monteiro (1991, 2001) e Monteiro e Mendonça (2009), bem como as novas pesquisas (JARDIM, 2015; OSCAR JÚNIOR e BRANDÃO, 2016; UGEDA JUNIOR e AMORIM, 2016; entre outros) que buscam análises cada vez mais integradas e dinâmicas.

# **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

---

O presente referencial teórico foi elaborado a partir da categoria Sistema Climático e foi construído com fins de teorizar sobre processos, fluxos e dinâmicas que organizam o Tempo e o Clima. Busca-se, para tal, discorrer sobre o fenômeno Chuvas, tendo a Variabilidade enquanto um dos aportes teórico-metodológicos para a sua apreensão e a Circulação Atmosférica, e suas forçantes e interações global-regional-local, como mecanismos que possibilitam identificar e entender a gênese da variabilidade do fenômeno chuva.

Tal fundamentação trouxe respaldo para que o entendimento do sistema climático da BHRPP ocorresse de forma a considerar as interações e hierarquias entre escalas e, a partir daí, identificar os elementos e fatores que o compõem. O referencial teórico foi dividido em duas seções principais, sendo a primeira (seção 2.1) referente às chuvas, suas escalas e variabilidades, de maneira a realizar uma aproximação teórico-metodológica sobre o objeto de pesquisa. Enquanto a segunda parte (seção 2.2) buscou apresentar as grandezas físicas e principais interações que possibilitam a apreensão do fenômeno estudado.

## **2.1. AS CHUVAS ENQUANTO FENÔMENO E SUA VARIABILIDADE: ESBOÇOS PARA O ENTENDIMENTO DE UM SISTEMA CLIMÁTICO**

O questionamento que norteou a realização da pesquisa e, conseqüentemente, deste texto, é o de “*Qual a gênese das chuvas na BHRPP?*”. Então, tornou-se salutar iniciar as discussões teóricas definindo “*o que seriam as chuvas?*”, “*como se formariam?*” e “*quais as suas principais tipologias?*”, para, a partir daí, buscar suas origens e discorrer sobre a sua variabilidade, de forma multiescalar e sistêmica.

### **2.1.1 Chuvas: o fenômeno**

As chuvas enquanto fenômeno são um dos objetos de estudo da climatologia, constituem um tipo de precipitação e representam um dos elementos meteorológicos de maior variabilidade espaço-temporal. Nesta ciência são estudados os diferentes tipos de precipitação (chuvas, neve, granizo, outras), sendo as chuvas

frontais ou frontogenéticas, as chuvas convectivas e as chuvas orográficas ou orogenéticas as mais recorrentes entre as pesquisas (SANCHES, 2014).

Distintos pesquisadores vêm estudando as chuvas nas mais variadas áreas de estudo (ALMEIDA, 1995; FREITAS e GRIMM, 1998; FISCH, 1999; FERREIRA, 2002; BALDO, 2006; ALTAMIRANO, 2010; ALVES, MARENGO e CASTRO, 2002; ARMOND, 2014; LIMBERGER, 2015; MANGILI, 2021; NASCIMENTO JÚNIOR, 2013; entre outros) e trazendo resultados satisfatórios em relação aos seus regimes e distribuições espaciais, o que vem contribuindo para o reconhecimento das suas dinâmicas e, conseqüentemente, ao planejamento territorial.

Em termos gerais, chuvas podem ser definidas como a precipitação pluviométrica que recai sobre um local e que possui gota de tamanho variável entre 500 e 5.00  $\mu$  de diâmetro (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011). O que diferenciam os tipos de chuvas são as condições genéticas a que foram submetidas devido as particularidades das características do local onde as nuvens se formaram e se caracterizam por serem “o resultado final de uma série de eventos com escalas de tempo e espaço bastante diversas, de forma que as causas de uma determinada chuva podem ser uma mistura de fatores locais ou remotos” (DIAS e SILVA, 2009, p.18).

Neste sentido, para se reconhecer as “origens da umidade que se transforma em chuva sobre uma determinada bacia hidrográfica” (MOURA, 2015, p.1) deve-se considerar a dinâmica das nuvens, dos ventos e das massas de ar, bem como suas principais trajetórias. Também outros fatores de formação do clima (NIMER, 1979), materializados sob a forma de forçantes, precisam ser identificados.

A formação das chuvas está diretamente ligada a concentração dos núcleos de condensação nas nuvens, mesmo que nem toda nuvem origine precipitações. Conforme ressaltado por Sales (2014, p. 24), “o crescimento da nuvem ocorre da seguinte forma: vão se formando células que logo depois se abatem, sendo substituídas por outras maiores, que também se abatem, atingindo alturas cada vez mais elevadas que as anteriores”.

Barry e Chorley (2013, p.122), porém, alertam para o fato de que “o simples crescimento de gotículas de chuva por condensação aparentemente é um mecanismo inadequado” para a compreensão das chuvas, havendo a necessidade de se pensar em outros processos. Tais autores descrevem dois tipos principais de origem de precipitação (neve e chuva) e destacam que “as atuais teorias para o rápido

crescimento das gotas de chuva envolvem o crescimento de cristais de gelo à custa das gotas de água, ou a coalescência de pequenas gotículas pela ação de arrasto das gotas que caem” (BARRY e CHORLEY, 2013, p.122). Em temperaturas abaixo de zero “a pressão de vapor atmosférica diminui mais rapidamente sobre uma superfície de gelo do que sobre a água” (BARRY e CHORLEY, 2013, p.122).

Como as nuvens são formadas por vapor, partículas de água em estado líquido, gotículas e cristais de gelo, pode haver algumas que não descendem ou não apresentam “tamanho suficiente para suprir o impulso das correntes de ar ascendentes que as mantém em suspensão” (SANCHES, 2014, p.39). Tais nuvens podem não provocar chuvas.

Há outras nuvens, por sua vez, que apresentam correntes ascendentes e descendentes tão intensas e com centros de cargas já formados em seu interior, que a ocorrência de uma atividade convectiva mais forte e descargas elétricas se tornam comuns (SALES, 2014, p. 27). Estas nuvens são características de tempestades.

O fato é que a formação de uma nuvem está condicionada a existência de um processo de ascensão do ar (DIAS e SILVA, 2009); e como a atmosfera é dinâmica e interconectada e os “fluxos horizontais perto da superfície são compensados por movimentos verticais” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 150), é recorrente a presença de chuva em grande parte do globo. Esta movimentação vertical da atmosfera produz a condensação por ascensão gradual de ar sobre uma área ampla em associação a um sistema de baixa pressão, convecção térmica, ascensão por turbulência mecânica ou ascensão sobre uma barreira orográfica (BARRY e CHORLEY, 2013).

Tais movimentações atmosféricas ocorrem segundo as diferenças barométricas existentes em dada porção de ar, que originadas por forçantes de escala local, como a orografia, ou global, como a distribuição sazonal da radiação solar, ocasionam padrões de circulação atmosférica (BARRY e CHORLEY, 2013; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011). Cada uma dessas movimentações, por sua vez, corresponde a uma tipologia de chuva.

As chuvas frontais, por exemplo, são um subgrupo da precipitação do tipo ciclônico, características de zonas de baixa pressão, e “se dão a partir das superfícies de contato entre massas de ar quentes ou frias” (SANCHES, 2014, p.41), através de sistemas de alta e baixa pressão. Estão “associadas à formação de nuvens que ocorrem pela ascensão de ar úmido ao longo de suas rampas” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011) e são recorrentes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, visto

ser uma área de transição entre os sistemas Tropicais e Extratropicais. As chuvas frontais são, portanto, decorrentes de movimentos horizontais.

As chuvas convectivas estão associadas às intensas correntes ascendentes que se alocam nas células de convecção, sendo chuvas de grande intensidade procedentes de nuvens *cumulus* e *cumulu nimbus*” (SANCHES, 2014, p.41). Quando formadas a partir de células convectivas dispersas e de forte aquecimento da superfície podem ocasionar maior instabilidade atmosférica, enquanto as pancadas de chuva de menor intensidade são comuns quando “o ar úmido e instável passa por uma superfície mais quente” (BARRY e CHORLEY, 2013, p.130).

As chuvas de origem orográfica, por sua vez, são aquelas que “se formam quando uma massa de ar é forçada a ascender por cima de uma barreira de relevo elevada” (SANCHES, 2014, p.41), caracterizando uma movimentação vertical do ar. Apresentam características tanto do gradiente altimétrico, quanto da porção de ar que contribuiu para a geração da precipitação, e possuem sua gênese atrelada à elevação do ar à barlavento que ao ocasionar o resfriamento adiabático e a condensação das nuvens produz chuvas no local.

As chuvas orográficas merecem especial destaque, pois, além de serem formadas por uma das forçantes objeto de estudo da presente pesquisa, são um tipo específico de chuva que possui significativa importância entre os climas do globo e serão melhor detalhadas no item 2.2.2.. O relevo é um fator que vêm explicando a gênese e a distribuição das chuvas em partes da região Sudeste do Brasil, as quais estão atreladas ao efeito orográfico exercido pelas Serras do Mar e da Mantiqueira, bem como de feições de menores dimensões territoriais (NIMER, 1979; SANT’ANNA NETO, 2005). Para a BHRPP, Oliveira (2016) constatou que os diferentes compartimentos altimétricos são um dos principais fatores responsáveis por parte da gênese das chuvas na bacia.

As características climáticas peculiares de cada local da região Sudeste se explicam por uma relação complexa entre o relevo (citados mais adiante, no item 2.2.2) e os aspectos sinóticos, que se materializam com a formação das chuvas, havendo distintas combinações de elementos e fatores. O fato é que, “embora a precipitação seja considerada aleatória, existem fenômenos climáticos que influenciam a sua variabilidade” (BAPTISTA, 2016, p.17). Tais fatores podem ser dinâmicos e apresentar uma alta frequência, como aqueles ligados a escala sinótica

e eventos sazonais, de baixa frequência, como os de recorrência multianual e interanual (BAPTISTA, 2016; GUERRA, 2012), ou serem estáticos como o relevo (NIMER, 1979).

Entender a variabilidade espacial e temporal de ocorrência das chuvas e suas forçantes é uma tarefa difícil visto a complexidade climática, mas que permitiria compreender e identificar os padrões. A seguir, tal problemática será aprofundada, buscando por uma perspectiva que seja integrada, multiescalar e hierárquica.

### **2.1.2 A variabilidade: um aporte teórico-metodológico**

É sabido que o reconhecimento das tipologias de chuva de determinado lugar não é tarefa fácil, visto que há uma multiescalaridade hierárquica em que um mesmo fenômeno se atrela e interage com outros distintos fatores. Muitos autores já vêm ressaltando a importância de se estudar esta multiescalaridade e os conceitos de Escala nos estudos climatológicos (JARDIM, 2015; SANT'ANNA NETO, 2011; ELY, 2006), sendo este um importante instrumento de análise na busca da compreensão das interações temporais e espaciais entre o clima e a superfície terrestre (JARDIM, 2015; SANT'ANNA NETO, 2011). Os pioneiros nas discussões das escalas do clima foram os pesquisadores franceses, conforme ressalta Reis de Jesus (2008), e, ainda hoje, é tida como uma das principais análises que são realizadas em estudos climáticos.

Não se pretende neste texto, porém, discorrer e aprofundar as discussões acerca do conceito de escala em geografia (CASTRO, 2014), visto a sua complexidade e pluralidade. Há nesta ciência muitas confusões e dificuldades de definição do termo (SANTOS e SILVA, 2014) e como não é nossa proposição, preferimos não a discutir sob este viés.

Considera-se, porém, o fato de a escala ser “a medida escolhida para conferir visibilidade ao fenômeno” (CASTRO, 2014, p.91), neste caso o climático, ser variável conforme as opções de cada autor e ser fundamental a qualquer estudo geográfico (PUEBLA, 2001). A escala é “uma forma de dividir o espaço, definindo uma realidade percebida/concebida. É uma forma de dar-lhe um significado, um ponto de vista que modifica a percepção da natureza deste espaço e, finalmente, um conjunto de representações coerentes e lógicas que define modelos espaciais de totalidades

sucessivas e não uma progressão linear de medidas de aproximação graduais” (CASTRO, 2014, p.90).

Cada unidade territorial, por sua vez, exige uma abordagem escalar, pois são os fenômenos que dão o real sentido a cada recorte espacial (SANT’ANNA NETO, 2011). A escala é muito mais que uma medida de representação gráfica, é uma complexidade que permite segmentar e (re)conhecer o espaço (CASTRO, 2014). Portanto, a escolha da melhor escala de abordagem é fundamental.

Neste sentido, ao falar de sua perspectiva de geografia do clima, Sant’Anna Neto (2008, p.64) destaca que existem abordagens adequadas para cada escala, mas que há uma articulação entre escalas climáticas, de maneira que “cada tema específico de inter-relação entre o clima e os demais elementos do espaço, exige a incorporação de um conjunto de atributos necessários à sua compreensão”. Jardim (2015, p.41), ao discorrer sobre as noções escalares e a perspectiva sistêmica do clima, também ressalta o fato de que “uma das características da análise geográfica e, por extensão, da análise climatológica, é o trânsito entre os diversos níveis escalares”.

As interações entre o objeto estudado e outros objetos de mesmo nível escalar (organização funcional), ou níveis escalares (hierarquia), formam uma totalidade de sistemas dentro de outros sistemas, hierarquicamente organizados (JARDIM, 2015). Há, pois, um jogo de escalas em que cada recorte permite investigações que possibilitam respostas mais, ou menos, adequadas (CASTRO, 2014).

Neste contexto, a utilização da escala enquanto recurso de abordagem deve levar em consideração alguns aspectos fundamentais. Estes foram brilhantemente sintetizados por Castro (2014, p.92), ao considerar

alguns pontos de partida necessários para sua utilização como recurso metodológico: 1. A escala não existe, o que existe é o fenômeno; 2. A escala é uma estratégia intelectual para abordar o real; 3. A escala como medida é uma abstração ou convenção; 4. A escolha da escala define o que é significativo no fenômeno, o que terá visibilidade; 5. Quando a escala muda, as variáveis significativas do fenômeno mudam; 6. As variáveis explicativas para fenômenos numa escala não são transferíveis, seja para o mesmo fenômeno ou para outro, em outra escala; 7. Não há hierarquias entre escalas, cada escala revela um conjunto de causalidades específicas; 8. A microescala não é menos complexa do que a macroescala.

Assim, se a escala não existe e sim o fenômeno, bem como o clima também não existe, sendo uma abstração; no presente estudo, são os fenômenos atmosféricos e as chuvas que são os aspectos mensuráveis e palpáveis que precisam ser visualizados em distintos níveis escalares. O objeto real abordado, por sua vez, é o sistema climático e seus elementos componentes, medidos e identificados através da variabilidade espaço-temporal; variável conforme a escala de abordagem e a escolha do pesquisador e com complexidades as mais diversas possíveis.

Cada um destes componentes possui uma dimensão mais adequada para a sua análise e observação, segundo a sua ocorrência e organização, pois a escala do fenômeno é diferente da sua escala de representação (SANTOS, 2012; CASTRO, 2014). E se considerarmos que o fenômeno climático é, por essência, caracterizado pela variabilidade espacial e temporal, ter que definir a escala de abordagem se torna uma das primeiras etapas da metodologia em pesquisa climatológica (RIBEIRO, 1993).

Cada mudança de escala engloba “mudanças qualitativas e quantitativas em relação à natureza, dinâmica e características do objeto, relativos à gênese e fatores envolvidos na organização e sustentação do fenômeno, num dado intervalo de tempo, assim como em aspectos metodológicos relativos à compreensão do objeto” (JARDIM, 2015, p.44). Todas as etapas da pesquisa deveriam, portanto, levar em consideração o nível escalar (CRHISTOFOLETTI, 1979; RIBEIRO, 1993).

Em seu texto sobre as escalas do clima, Ribeiro (1993, p.1) destaca que “a definição da intensidade, frequência e, finalmente, de uma tipologia climática dependerá, basicamente, da adequação da abordagem espaço-temporal com o conjunto de técnicas analíticas empregadas no processo da pesquisa e comunicação dos seus resultados”. Uma escolha consciente de quais elementos são compatíveis com determinada escala, bem como qual técnica utilizar para a obtenção e manuseio das informações, ou para a própria coleta dos dados, deve levar em consideração a escala de ocorrência e a de abrangência dos fenômenos.

O fato é que cada “estudo deve ser colocado dentro de sua perspectiva correta, isto é, no seu campo de pertinência, no nível de sua dimensão de análise. Essa pertinência não ocorre apenas em relação à área escolhida, mas também em relação ao tipo de dados utilizados na análise” (REIS DE JESUS, 2008, p. 176). Apesar de sua importância, tais escolhas são complexas e correspondem a uma das

maiores dificuldades apresentadas nos estudos climatológicos (REIS DE JESUS, 2008).

Neste sentido, torna-se pertinente discorrer sobre os sistemas taxonômicos para a delimitação e definição dos fenômenos climáticos em termos de níveis escalares, sejam eles temporais ou espaciais. A construção dos parágrafos seguintes procurou destacar as possíveis ou necessárias abordagens que devem ser consideradas em cada escala, de maneira que primeiramente é discutida a questão da variabilidade seguida das teorizações sobre as taxonomias temporais, horizontais e verticais, de forma integrada. Optou-se, ainda, em ir da macroescala à microescala, perpassando pelos principais processos, dinâmicas e elementos que formam as tipologias de tempo e clima em cada recorte temporo-espacial. Levando em consideração as proposições de Monteiro (2001, p.53), que ao ressaltar que o “comportamento atmosférico, integrado às demais esferas e processos naturais, “organiza” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção às inferiores”, demonstrou ser este um interessante percurso a ser seguido.

O conceito de variabilidade tem como significado as mudanças e alterações que ocorrem no tempo (duração) e no espaço (extensão) (CAVALCANTI, et al, 2009; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011; BARRY e CHORLEY, 2013). Esta variabilidade, marcada por distintas interações, hierarquizações espaço-temporais e complexidade socioambiental é caracterizada por ser dinâmica.

A adoção do conceito de variabilidade ocorre em muitos trabalhos na área da climatologia (ELY, 2006), sejam eles ligados às dimensões espaciais (escala cartográfica) ou temporais (escala histórica). Neste ramo do conhecimento o conceito de variabilidade vem sendo empregado tanto em termos espaciais, identificada em recortes ligados às escalas microclimática, urbana, regional ou global; como em termos temporais, através de séries meteorológico-históricas e a identificação de períodos e regimes.

Em termos temporais, podemos observar que há a variabilidade identificada em escala diária, mensal, anual, interanual, decenal, entre outras, constatada em dados provenientes de longas séries meteorológicas e que permitem identificar padrões e anomalias. A variabilidade temporal se dá conforme os próprios ciclos da circulação atmosférica global, regional e local, em mútua e constante interação com a superfície da Terra e, por serem essencialmente temporais, a duração, a velocidade e a extensão dos fenômenos climáticos, podem se manifestar

tanto no tempo curto, como no tempo longo (SANT'ANNA NETO, 2011). Na escala sinótica, por exemplo, é possível verificar quais as tipologias de tempo que estavam em atuação em determinado dia, enquanto na escala multianual são apreendidos fatores com ordens de grandeza e atuação distintas e combinadas.

Daí a relevância em se definir os limiares e conceituar temporalmente os fenômenos climáticos. Há autores, como Conti (2000), que destacam alguns termos como a mudança climática, a tendência climática, a descontinuidade climática, a flutuação climática, a variação climática, a oscilação climática, a vacilação climática, a periodicidade climática e a variabilidade climática com base em escalas temporais e valores de desvios em relação a série de dados. A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) tem utilizado períodos fixos de 30 anos para a definição de normais climatológicas por período. Há, ainda, a sobreposição de períodos climáticos.

Sant'Anna Neto (2008, p. 54), citando Sorre (1951), ressalta que “a combinação dos elementos meteorológicos forma um conjunto original, o tempo e, a sucessão dos tipos de tempo é regida por leis da meteorologia dinâmica, das quais o geógrafo extrai o conhecimento do mecanismo dos climas”. É a partir dessa diferenciação ou identificação de padrões de tempo que é possível apreender as temporalidades climáticas, sejam estas de curta, média ou longa atuação.

Há, também, uma variabilidade identificada em escala espacial. Esta representa as variações climáticas que existem horizontalmente, entre os lugares, e verticalmente, a partir das camadas identificadas em dada coluna de ar.

Ribeiro (1993), ao discorrer sobre a organização das escalas do clima, ressalta que existem três níveis de interação: macroclima, mesoclima e microclima, que são apreendidos através das ordens de grandeza climática - zonal, clima regional, clima local e topoclima. Enquanto Sant'Anna Neto (2011), ao citar as escalas geográficas do clima e suas estratégias de abordagens, considera os espaços climáticos global, zonal, macrorregional, meso regional, micro regional, local, mesoclima, topoclima e microclima.

Ayoade (2007), por sua vez, destaca que os três níveis de interações e fluxos climáticos seriam o macroclimático, o microclimático e o mesoclimático. O fato é que existem distintas possibilidades de apreensão espacial do fenômeno climático, o qual ainda possui limites territoriais que não possuem limiares rígidos.

Uma unidade climática de escala macroclimática, por exemplo, é composta pelos diferentes climas do globo que incorporam em sua dinamicidade as variações

produzidas entre os fluxos energéticos estabelecidos entre oceano-atmosfera, atreladas, normalmente, aos controladores e moduladores globais (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011). Suas gêneses e processos explicativos estão ligados a um nível de resolução geográfica caracterizado pela generalização (SANT'ANNA NETO, 2011) e são explicados por mecanismos e processos de flutuação climática natural como a variabilidade solar e os ciclos orbitais da Terra, as glaciações, os vulcanismos, entre outros (CHRISTOPHERSON e BIRKELAND, 2017). As estratégias de abordagens adotadas nesta escala contemplam o uso de satélites, utilizando de técnicas de análise vinculadas a classificações e mapeamentos sistemáticos (SANT'ANNA NETO, 2011).

Mendonça e Danni-Oliveira (2011) ressaltam o clima global como um macroclima, o qual deve ser apreendido temporalmente numa escala de várias semanas ou decênios. Já Ribeiro (1993, p.2) considera que a “permanência temporal de um estado climático, nesta escala, pode durar de uma semana a seis meses”. Enquanto Reis de Jesus (2008), por sua vez, discorre sobre a aplicação da macroescala para fins de compreensão da sazonalidade climática.

Embora não exista um consenso sobre qual a escala temporal dos macroclimas, esta é, geralmente, a planetária, que por ser mais lenta e com ocorrências enquadradas na categoria de baixíssima frequência permite generalizações. Ambos os recortes, espacial e temporal, possibilitam encontrar padrões, sem que as sintetizações representem perdas significativas em termos de informações principais.

Exemplos de fenômenos macroclimáticos seriam as oscilações, ligadas a uma variabilidade de período similar a 30 anos, e as variações, caracterizadas por apresentarem períodos superiores a este recorte temporal (SANCHES, 2014). Os ciclos de Milankovitch e a ocorrência de períodos glaciais e interglaciais estão entre estes fenômenos de duração prolongada, que trazem como uma de suas consequências a variação sazonal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) (RODRIGUES, 2011), que podem influenciar significativamente os climas do globo.

Os mesoclimas, por sua vez, são caracterizados por serem uma dimensão intermediária e foram nominados pela primeira vez na literatura climatológica a partir do trabalho de Scaetta (1935) citado por Reis de Jesus (2008). É subdividido em clima regional, clima local ou topoclima que, dependendo da escala horizontal que delimitam, contemplam a temporalidade de várias horas ou alguns dias.

Mesoclimas também se caracterizam temporalmente por fenômenos que apresentam ciclos de maior frequência, como aqueles ligados a oscilações Madden-Julian (OMJ), de escala planetária e que ocorre a cada 40 a 50 dias, e os ciclos dos sistemas sinóticos e sistemas de escala sub-sinótica. Também a movimentação de Sistemas Frontais (SF) e os ciclos sazonais que formam os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCME), no verão da América do Sul, são exemplos de fenômenos que apresentam uma variabilidade temporal intermediária.

Dentre as durações temporais medianas, tem-se destaque para os fenômenos de ocorrência sazonal, que são objeto de estudo da presente tese. Conforme ressaltam Christopherson e Birkeland (2017, p.48) “o termo sazonalidade refere-se tanto à variação sazonal da posição do Sol acima do horizonte quanto às mudanças na duração do dia ao longo do ano. As variações sazonais são uma resposta às mudanças da altura solar, ou o ângulo entre o horizonte e o Sol”. Estas interferem na distribuição zonal dos climas e possuem uma correspondência que é observada na variabilidade dos elementos meteorológicos em distintas regiões do globo. Para o Brasil, é constatada uma sazonalidade bem definida nas variações de temperatura e chuvas (KOUSKY, 1988; MARENGO *et al.* 2001; FREITAS e GRIMM, 1998; ALVES, MARENGO e CASTRO, 2002; entre outros), que possuem comportamentos que se diferem entre os meses de inverno e verão.

A territorialidade dos Mesoclimas é delimitada por uma montanha, uma região natural ou uma grande metrópole e, por englobarem os climas regionais, que seriam aqueles controlados pelas massas de ar e que possuem circulação regional perante o globo (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011), podem ter repercussões também na cobertura vegetal dos continentes. Em Sant’anna Neto (2011), porém, há a ressalva de que a extensão de área de uma escala regional não é bem definida e o que define tal grupo são as particularidades e combinações de processos. Para este autor “os climas regionais tanto podem abranger paisagens mais homogêneas de grande extensão territorial quanto as unidades de paisagem mais complexas e de menor extensão, pois o que determina a escala regional não é a sua dimensão espacial, mas a magnitude das interferências dos fatores geográficos atuantes” (SANT’ANNA NETO, 2011, p.9).

As abordagens utilizadas para os estudos dos mesoclimas vão desde a utilização de imagens de satélites, como também o uso de dados provenientes de estações meteorológicas. O nível de resolução geográfica atribuído é o da

organização e os processos explicativos utilizados são a sazonalidade, padrões e ciclos naturais (SANT'ANNA NETO, 2011).

Conforme ressalta Reis de Jesus (2008, p.171) “é a partir do nível escalar da mesoescala em direção às escalas inferiores do clima, que se percebe as correlações mais complexas e mais interativas entre o sistema climático e a sociedade” (REIS DE JESUS, 2008, p. 171). Mas é necessário levar em consideração que todas as escalas apresentam seus graus de complexidade e são fundamentais à análise climática.

A microescala, por sua vez, possui resolução geográfica da especialização e apresenta como processos explicativos os padrões de uso e cobertura da terra, os ritmos socioeconômicos (SANT'ANNA NETO, 2011) e as dinâmicas sinóticas. O microclima engloba a escala de maior detalhe, de forma que “quanto menor a ordem de grandeza escalar (e, portanto, uma dimensão espacial mais reduzida), maior é o conjunto de elementos, fatores, dinâmicas e processos envolvidos” (SANT'ANNA NETO, 2011, p.11). Esta conglomera tanto os climas locais, como os microclimas e os climas de algumas cidades de menores dimensões.

É preciso considerar, porém, que pode haver uma “utilização generalizada (e incorreta) do termo ‘microclima’ para designar qualquer particularidade climática do espaço urbano” (ANDRADE, 2005, p. 71). A microescala apresenta outras abordagens, podendo, inclusive, corresponder ao próprio clima urbano, devido as dimensões territoriais e espaciais.

Em clima urbano, são as diferenciações cidade-rural, bem como os microclimas, que delimitam os limites espaciais das tipologias climáticas (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011). Tais limites se sobrepõem e demarcam os territórios de atuação dos fatores de formação do clima, uma vez que as dinâmicas climáticas são complexas e “apresentam grande interação com diferentes elementos físicos do planeta Terra” (SANCHES, 2014, p.20).

Também os topoclimas, lidos como os climas sob influência do relevo (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2011), podem corresponder a um subgrupo das escalas micro e mesoclimática. O termo topoclima foi introduzido em 1953 por ThorntWaite e refere-se a uma variação do clima devido às diferentes rugosidades do terreno (RIBEIRO, 1993). Alguns fenômenos de origem topoclimática seriam as geadas, as inversões térmicas, os nevoeiros e as chuvas orográficas (RIBEIRO, 1993).

Também os climas das bacias hidrográficas podem ser representativos dos mesoclimas e microclimas, que dependendo da extensão podem estar inseridas em um único compartimento morfológico ou em vários. Em uma microbacia de drenagem “pode-se considerar que o input energético proveniente da atmosfera é o mesmo para toda a sua área, dado à sua pequena variação latitudinal” (JARDIM e FERREIRA, 2005, p. 7099), mas terão climas diferentes se forem localizadas em espaços urbanos ou regionais.

A microescala engloba uma variedade de especificações e 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” (RIBEIRO, 1993, p. 6). Nesta escala, “também denominadas de “escalas finas” em função da profunda especialização do espaço, as interações entre o clima e as paisagens urbanas e rurais são extremamente sensíveis e, respondem às transformações impostas pelas ações da sociedade, de forma imediata.

A dimensão temporal microescalar deve ser analisada considerando os limiares horários e diários (SANT’ANNA NETO, 2011). A variabilidade temporal melhor visualizada nesta escala é a dos curtos períodos (MONTEIRO, 1991; SANT’ANNA NETO, 2011) que, segundo Monteiro (1991), é observada por intermédio dos ritmos diários que permitem reconhecer as tipologias de tempo de determinado lugar. Este autor propõe um levantamento em formato de gráfico, que denominou como análise rítmica, no qual pode-se observar o sequenciamento diário dos elementos meteorológicos como a precipitação, temperatura, ventos, dentre outros, bem como os sistemas atmosféricos responsáveis pela sua gênese.

Sant’Anna Neto (2011) chega a destacar a mudança, a variabilidade e o ritmo como sendo as escalas temporais preferenciais aos estudos em microescala. Estes limiares possibilitam identificar as excepcionalidades (MONTEIRO, 1991) e eventos que podem trazer maiores transtornos à população.

Os dados utilizados nos estudos em microescala vão desde aqueles de ordem climatológica, como os provenientes de estações meteorológicas, sejam elas fixas, móveis ou dispostas em transectos; como também a identificação e os mapeamentos das feições de superfície, como a declividade, exposições das vertentes, os alvos em superfície, entre outros (RIBEIRO, 1993).

Além das escalas temporais e horizontais citadas nos parágrafos anteriores, há também uma escala vertical para a apreensão dos mecanismos e

fatores climáticos. Nesta, os limiares correspondem, em macroescala, às divisões entre as estratificações da atmosfera em Troposfera, Estratosfera e Mesosfera e cada uma destas camadas terá características próprias em relação a temperatura, ventos, umidade e pressão (BARRY e CHORLEY, 2013).

Maior ênfase é dada à Troposfera, a qual corresponde à camada de maior interesse aos climatologistas por ser “a zona onde os fenômenos climáticos e a turbulência são mais acentuados” (BARRY e CHORLEY, 2013, p.32). Há, nesta camada, uma diminuição da temperatura com a elevação da altitude e, conseqüentemente, menor pressão atmosférica (BARRY e CHORLEY, 2013), que caracterizam uma distribuição vertical não homogênea da atmosfera e a formação de células de circulação do ar.

As abordagens que consideram a escala vertical em macroescala são principalmente aquelas ligadas a uma circulação geral dos ventos planetários e grandes centros de pressão atmosférica, enquanto as principais abordagens em escalas meso e microclimática buscam por interações que consideram, por exemplo, a influência orogênica em relação a distribuição dos elementos meteorológicos ou das verticalizações urbanas na formação de microclimas. As abordagens também podem ser temporais e englobar as amplitudes verticais em dada coluna de ar longo do dia, bem como, ser realizadas em macroescala e considerar a circulação geral da atmosfera que originam as alterações zonais da temperatura.

Conforme visto nos parágrafos anteriores, há toda uma interação multiescalar em que é difícil identificar limiares rígidos que diferenciem a macroescala, da mesoescala e da microescala. O fato é que “a organização do clima insere-se em todos os níveis escalares e é determinada pela relação dos fatores ou controles de superfície com os elementos ou atributos atmosféricos. Neste caso, um nível de organização oferece suporte para outros níveis de organização” (JARDIM, 2015, p.44).

As escalas do clima precisam, portanto, ser compreendidas para além de suas dimensões temporais e espaciais, enquanto processos que se alteram conforme os ritmos, variações e alterações de suas forçantes (SANT’ANNA NETO, 2001, p.1) e a partir de cada recorte de análise. A este aspecto da análise climatológica, Reis de Jesus (2008, p. 171-172) faz a ressalva de que

o ambiente atmosférico é regido por um conjunto integrado de fenômenos que se encadeiam e se superpõem no tempo e no espaço. Os fenômenos existem sob as mais diversas ordens de grandeza, convivem concomitantemente em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes, entre tempo e espaço, que se integram a níveis escalares hierarquizados (tamanho, duração, frequência e intensidade) dos fenômenos atmosféricos.

Uma visão sistêmica para a análise climática, na qual os fenômenos se interconectam de maneira multiescalar e hierárquica se faz, portanto, necessária. A compreensão do clima enquanto objeto de estudo, implica em “situá-lo em termos de “escala”, “hierarquia” ou “níveis de organização” e, portanto, de “sistema”” (JARDIM, 2015, p.48). E como tal perspectiva é um dos pilares presentes na tese, a seguir será abordada.

### **2.1.3 O sistema climático: uma perspectiva de estudo**

A perspectiva sistêmica é a forma escolhida para se discutir a temática das chuvas neste estudo. Se por um lado o termo perspectiva se define como um ponto de vista sobre determinada situação ou fenômeno, por outro, a abordagem sistêmica viria no sentido de possibilitar um estudo que permitisse a compreensão da totalidade climática da BHRPP.

Conforme ressalta Caracristi (2007, p.6), ao citar um “novo conhecimento” em Climatologia, “quando nos apartamos da análise fragmentada das partes ou do modo mecanicista de pensar, que se tornou inadequado ao entendimento da complexa teia que produz não só o sistema climático, mas qualquer complexidade do mundo em que vivemos” é que conseguimos olhar os fenômenos em essência. Limberger (2006, p.108), ao discorrer sobre as dificuldades e limitações na aplicação prática da teoria dos sistemas, ressalta que “não se deve deixar de lado esta abordagem que tende a contribuir para o progresso da ciência, inclusive e principalmente, a geográfica”.

A noção de que o clima dos lugares pode ser entendido por este enfoque não é assunto recente e já foi adotado por distintos pesquisadores da climatologia brasileira (RIBEIRO, 1993; CARACRISTI, 2007; JARDIM e FERREIRA, 2005; JARDIM, 2015), com ênfase para o célebre geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1982, 2001). Tal autor é referência nacional e internacional tanto em relação à perspectiva Geossistêmica como aquela ligada ao Sistema Clima Urbano e possui

bases teórico-metodológicas atreladas à Climatologia Dinâmica, na qual os fluxos e processos são considerados em todas as etapas de suas análises.

Sant'Anna Neto (1998), citando os estudos de Monteiro (1978), chega a considerar o método sistêmico como o mais adequado aos estudos climáticos, pela sua contribuição à compressão da organização do espaço. O autor destaca que este método “propõe uma análise dos parâmetros climáticos (adequados a cada característica espacial) no tempo (processos) e no espaço (estruturas) (SANT'ANNA NETO, 1998, p.123).

Não se pretende neste texto, porém, aprofundar as discussões ligadas em teorizações Geossistêmicas, como as de G. Bertrand (1971) e V. B. Sotchava (1977), anteriormente consideradas nos estudos de Oliveira (2013); nem discorrer sobre o sistema climático urbano, pelo fato da escala espacial abordada na presente tese ser a regional. Aqui, busca-se refletir sobre o sistema climático de uma bacia hidrográfica, o qual integra o sistema climático da América do Sul e, conseqüentemente, o sistema climático global, analisando-o a partir da orientação teórica da Climatologia Dinâmica.

Parte-se de uma perspectiva que considera a totalidade climática, a qual “envolve a integração dos elementos do clima com os controles de superfície num dado lugar” (JARDIM e FERREIRA, 2005, p.7101). E, como a unidade territorial a que se destinam os esforços na presente pesquisa é a Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna, é a complexidade climática e os componentes e relações presentes nesta que se pretende investigar.

Uma unidade climática é tida como um “produto de relações e transformações do objeto ou de síntese das condições do meio” (JARDIM, 2015, p.50). E como um sistema climático é composto “por um conjunto de elementos altamente dinâmicos que interagem com os fatores geográficos do clima, existindo assim uma permanente troca de energia e interdependência” (REIS DE JESUS, p. 165), qualquer variação em uma das partes componentes pode afetar os demais integrantes.

O fato é que um sistema é mais do que uma simples junção das partes, uma vez que cada componente se integra e relaciona aos demais a partir de suas particularidades e propriedades individualizadas, se constituindo como um todo próprio (CRHISTOFOLETTI, 2013). Um sistema seria, portanto, constituído de elementos (unidade básica do sistema) e relações (interações entre os elementos), ordenadas e materializadas em um arranjo de componentes que trariam a sua totalidade (CHRISTOFOLETTI, 1979). E como “em determinado nível de tratamento,

as unidades do sistema são indivisíveis e consideradas como entidades” (CRHISTOFOLETTI, 2013, p.13), a cada nível analítico tem-se estabelecidos componentes e relações específicos (CRHISTOFOLETTI, 1979).

Conforme ressalta Jardim (2015, p. 48), “não existem objetos isolados, mas sistemas, ou melhor, sistemas dentro de sistemas, numa perspectiva escalar infinita”. De tal maneira que, dependendo da escala que se quer abordar, torna-se necessário considerar uma complexa teia de relações em que um sistema pode também ser um subsistema, ou um elemento, em relação aos fenômenos que estão em outros níveis hierárquicos e de abordagem (CRHISTOFOLETTI, 1979).

Quando se altera o nível hierárquico pode ser que um mesmo fenômeno se modifique. Mesmo que “os elementos em foco possam ser os mesmos, o seu comportamento nos diversos níveis escalares é diferenciado, pois as características e a grandeza dos fatores envolvidos também são diferenciadas” (JARDIM e FERREIRA, 2005, p. 7108). E como todos os sistemas e subsistemas “são ligados por fluxos de massa, calor e momento” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 9), o sistema climático se caracterizaria enquanto uma totalidade complexa, caracterizada por apresentar uma variabilidade em diversas escalas temporais e espaciais (BARRY e CHORLEY, 2013).

Partindo de tais pressupostos, a abordagem do clima pelo viés sistêmico deve levar em consideração distintos aspectos. Se por um lado o clima é tido como o componente atmosférico do sistema Terra, caracterizado por interagir direta ou indiretamente com os mais distintos elementos, sejam eles naturais ou antropizados, que compõem este macrossistema, por outro, pode ser descrito enquanto um sistema próprio, dotado de uma totalidade na qual há uma teia de interações hierárquicas em que os sistemas climáticos locais e regionais integram o macroclima do globo e se relacionam e se interconectam, seja no mesmo nível hierárquico, seja em outros níveis.

Ao falar do sistema climático terrestre, Jardim (2015, p. 42) destaca que

o sistema climático terrestre, como o próprio termo sugere, pressupõe um conjunto de componentes cujas partes se inter-relacionam, resultado da relação dos elementos atmosféricos (temperatura, umidade, pressão atmosférica etc.) com os fatores ou controles geográficos de superfície (relevo, altitude, latitude, distância em relação ao oceano etc.). A energia solar assume o papel de principal insumidor energético desse sistema (“input” ou entrada de energia). O “output” energético ou “saída” está presente na repercussão espacial ou impacto climático: déficit ou excedente hídrico, enchentes, tempestades, ilhas de calor etc.

Reis de Jesus (2008, p. 165) ressalta que o sistema climático seria “formado por um conjunto de elementos altamente dinâmicos que interagem com os fatores geográficos do clima, existindo assim uma permanente troca de energia e interdependência”. A totalidade climática envolveria a integração dos elementos e controles climáticos em determinado lugar, que marcados por uma teia de relações resultaria na unidade climática enquanto um produto final (JARDIM, 2015).

O emprego do método sistêmico, por sua vez, “expressa uma visão extremamente interativa, relacionando processos e respostas” (REIS DE JESUS, 2008, p.170). Tal tratamento vem sendo amplamente utilizado, pois permite interpretações complexas do clima ao fornecer uma nova via de investigação, possibilitando interpretações mais complexas a respeito do clima.

Jardim (2015, p.49), ao descrever aqueles aspectos que seriam necessários à abordagem sistêmica do clima, destaca que

no caso dos sistemas naturais e, portanto, do clima, deve-se considerar os seguintes aspectos: (1) os componentes também são sistemas e, como qualquer sistema, possui “resiliência”, ou seja, maior ou menor capacidade de suporte frente aos impactos ambientais; (2) um dado impacto não afeta igualmente todo o sistema, mas, principalmente, alguns subsistemas; [...] (3) as transformações que afetam as organizações climáticas em escalas superiores afetam as organizações de escalas inferiores, embora o contrário tenha efeito limitado.

Conforme ressaltado por Sotchava (1977) um sistema possui uma hierarquia em sua organização e é formado por cinco atributos principais que são sua estrutura, seu funcionamento, sua dinâmica, sua evolução e sua informação de maneira que para entender o sistema climático é necessário perpassar por tais propriedades.

Um sistema é caracterizado por seus elementos, atributos e relações (CHRISTOFOLETTI, 1979), possuindo dinâmicas, estruturas e funcionalidades que apresentam interações que se dão em níveis de grandeza os mais distintos possíveis (CHRISTOFOLETTI, 2013). Dando como exemplo as chuvas de uma região, tem-se que estas ao mesmo tempo que possuem suas gêneses fruto de processos distintos, apresentam dinâmicas que influenciam em diferentes partes dos outros componentes da paisagem.

As estruturas seriam, em Sant’Anna Neto (2011, p.9), os fatores geográficos que “sem alterar o caráter genético dos climas, produzem modificações

nos elementos meteorológicos por meio de forçantes (como o relevo), e catalisadores das interações atmosfera/superfície”. Capra (2000, p.134) já a define como “a incorporação física de organização do sistema (componentes + relações)”.

Distintos estudos que buscam levantar as estruturas que organizam os climas do globo foram sendo realizados, sendo as classificações climáticas os principais exemplos a serem citados. As classificações climáticas mais clássicas seriam Köppen, De Martone e Thorntwaite (RIBEIRO, 1995) e, apesar de serem mais estatísticas, foi o início de uma longa jornada que culminou nas atuais sínteses, mais modernas e utilizando vários critérios.

O funcionamento poderia ser ilustrado pelos fluxos e interações entre as partes componentes. Conforme ressaltado por Christofletti (1979, p.79) “os *fluxos de informação ou influências* correspondem à segunda manifestação das relações entre os elementos, que são os efeitos de como a quantidade de um elemento exerce sobre as taxas de entradas ou saídas de outro elemento”. Estas “trocas de energia, umidade, massa e momentum entre a atmosfera e a superfície do planeta geram estados interativos que apresentarão duração e tamanho compatíveis com a intensidade e a frequência das referidas trocas” (RIBEIRO, 1993, p.1).

Os processos são constituídos pelas forçantes e dinâmicas temporais atuantes temporalmente e que podem ocasionar estabilidade e constância ou perturbações que alteram os padrões climáticos (SANT’ANNA NETO, 2011). Podem ser entendidos como “a dinâmica envolvida na incorporação contínua do padrão de organização do sistema” (CAPRA, 2000, p.135) e são fundamentais à compreensão do clima, ao possibilitar reconhecer a sua gênese.

Processos podem ser globais, e variarem na escala temporal histórica ou geológica; serem regionais e seguir padrões cíclicos; ou serem locais e apresentarem interações em escalas diárias (SANT’ANNA NETO, 2011). O fato é que, conforme ressalta Reis de Jesus (2008. p.177),

a partir do momento em que desdobramos as unidades, o número de variáveis que intervêm no processo torna-se maior. Na realidade, existe uma superposição ou uma interação entre fatores e elementos estruturais de uma determinada ordem de grandeza imediatamente inferior, e assim, sucessivamente, até as menores unidades (microclimas). Da mesma forma, à medida que reduzimos as dimensões no espaço, a velocidade das mudanças temporais, em nível de processo, também se altera.

Estudos sobre processos ambientais são vistos nos mais diversos ramos da geografia, como aqueles que formam as paisagens do Brasil (AB'SABER, 2012), os processos morfodinâmicos (SUERTEGARAY e NUNES, 2001), os modelos do Ciclo Geográfico Ideal (MONTEIRO, 2001). Em climatologia, por sua vez, têm destaque os estudos das dinâmicas das massas de ar e participações dos sistemas atmosféricos, como os realizados por Monteiro (1971); e aqueles ligados as teleconexões atmosféricas (LIMBERGER, 2015).

O reconhecimento dos fluxos de energia e processos climáticos não é temática recente e vem sendo frequentemente estudado, seja através dos modelos para a circulação geral da atmosfera, nos da dinâmica das massas de ar e naqueles de balanços hídricos (CHRISTOFOLETTI, 2013, p.95). Pode-se dizer que, “sem dúvida, o mais importante resultado do trabalho realizado na segunda metade do século XX foi o reconhecimento da existência do sistema climático global” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 9).

Ao buscar caracterizá-lo, Caracristi (2007, p.9) destaca que

o Sistema Atmosférico Global é gerado pelo inter-relacionamento dos fatores astronômicos (movimento de rotação, energia solar...), geográficos propriamente ditos (latitude, longitude, distribuição das terras e águas, relevo...) e biogeográficos (distribuição e dinâmica dos biomas). Estes dois últimos influenciam comportamentos diferenciados na dinâmica atmosférica, criando subsistemas que definem condições climáticas específicas sobre as zonas do globo, compondo os diversos climas existentes.

Para Barry e Chorley (2013, p. 9) o sistema climático global envolveria cinco subsistemas principais, que são a atmosfera, o oceano, a neve e a superfície terrestre e “sempre foi e sempre será caracterizado pela variabilidade em diversas escalas temporais e espaciais”. Há toda uma dinâmica atmosférica que, devido às variações anuais de radiação global, produzem campos térmicos e barométricos distintos e ocasionam a movimentação do ar, originando uma variabilidade anual e interanual das chuvas. O reconhecimento do clima global implica, portanto, em compreender como umas das partes componentes citadas se comportam.

O clima é um dos elementos que compõem o sistema Terra, sendo caracterizado por ser um dos componentes centrais quando o assunto são as dinâmicas e a própria entrada de energia no planeta. A radiação emitida pelo sol, por sua vez, é a fonte primária de energia, sendo um dos principais controladores climáticos globais (BARRY e CHORLEY, 2013).

A incidência solar diferenciada sazonalmente é o ponto de partida para que o equilíbrio dinâmico entre os polos e a região equatorial provoque a movimentação do ar pelos processos ligados à amplitude barométrica, térmica, entre outras. O fato é que “é evidência direta de que deve haver uma transferência geral de energia das latitudes menores para as maiores, por meio das circulações atmosféricas” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 3).

Porém, se por um lado o Sol é tido como a fonte de entrada no sistema Terra, por outro, “os oceanos constituem-se no principal reservatório de calor” (JARDIM, 2015, p.43). Mesmo que o Sol seja a principal fonte de energia no sistema climático, esta, ao ser absorvida ou reemitida pelas superfícies dos continentes e oceanos, acaba por gerar alterações no ambiente, visto que se movimenta de forma dinâmica (RODRIGUES, 2011; LIMBERGER, 2015).

Conforme ressalta Lopes (2009, p.19), “pesquisas têm mostrado que as condições oceânicas, sobretudo a temperatura da superfície do mar (TSM), apresentam influência marcante sobre o clima global e regional, cujas evidências observacionais e simulações numéricas podem ratificar essa afirmativa”. Os primeiros relatos dessas conexões, registradas por Francisco Pizarro, datam do século XVI, quando pescadores da Costa Oeste da América do Sul perceberam que havia anos em que, no mês de dezembro, as temperaturas das águas do oceano Pacífico ficavam mais quentes que em outros. Foi no século XIX, entre os anos de 1920 e 1930, que Gilbert Walker associou tal fenômeno com outros de escala global (SILVA, 2015) e, entre 1966 e 1969, o meteorologista Jacob Bjerknes propôs que o El Niño era uma resposta à interação entre oceano e atmosfera associada às anomalias da temperatura da superfície do mar no Pacífico (SILVA, 2015).

Estes padrões de teleconexões oceano-atmosfera são temáticas que, atualmente, vem ganhando novos pesquisadores adeptos, visto a sua relevância. Baldo (2005), Limberger (2015) e Carpenedo e Ambrizzi (2020), por exemplo, tecem referências sobre as conexões entre as diferenças de TSM e os climas, com ênfase para a ocorrência de chuvas em partes do Brasil.

Diferentemente do subsistema oceânico, as superfícies terrestres apresentam elementos que influenciam os climas de forma mais localizada, seja pela existência de grandes metrópoles ou uma compartimentação do relevo que compõem as paisagens continentais e integram o sistema climático global, seja por pequenas cidades e estruturas morfológicas de menores dimensões que produzem os meso e

microclimas; ambas as estruturas superficiais organizam determinado sistema climático.

O fato é que as distintas coberturas da terra, sejam elas oceânicas, e constituídas de água, ou continentais, e seus distintos alvos, produzem interações que precisam ser compreendidas em totalidade. A gênese de uma tipologia climática é resultante destas interações e pode ser apreendida a partir da identificação e análise de suas partes componentes, segundo os níveis escalares de integração.

Após esta contextualização e aproximação com o objeto de pesquisa, apresentando o fenômeno estudado (as chuvas), o aporte teórico-metodológico adotado (a variabilidade) e a perspectiva de análise (a sistêmica); pode-se afirmar que o nível de abordagem da organização e os processos explicativos da sazonalidade seriam os mais adequados à compreensão dos climas em um recorte regional (mesoclima - BHRPP). As componentes e forçantes que produzem o sistema climático, por sua vez, seriam compreendidas a partir da análise das forças e princípios que regem a circulação atmosférica.

Partindo de tal constatação, foi construída uma seção (item 2.2) com fins teorizar sobre os mecanismos que organizam a circulação atmosférica, contemplando as forças, elementos e interações entre as partes que, muitas das vezes, se complementam ou se limitam.

## **2.2. CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA E FORÇANTES QUE ORGANIZAM O CLIMA NA AMÉRICA DO SUL: SMSA E O RELEVO**

A seção 2.2 foi construída para que as teorizações sobre os principais componentes e grandezas físicas que organizam o clima na América do Sul pudessem ser apresentadas. Para tal, são abordadas as forças que controlam a circulação atmosférica, os padrões de movimentação do ar (verticais e horizontais) e as forçantes recorrentes em tal região, com maior ênfase para as estruturas ligadas à compartimentação morfológica do continente e aquelas que instituem o Sistema de Monções Sul-americano.

O reconhecimento da circulação atmosférica exige, *a priori*, o entendimento das principais leis e mecanismos que regem a movimentação do ar. Como a escala de abordagem do presente estudo é principalmente a regional, firmada por

componentes atmosféricos de ordem zonal, primeiramente será dada ênfase aos ventos de macroescala.

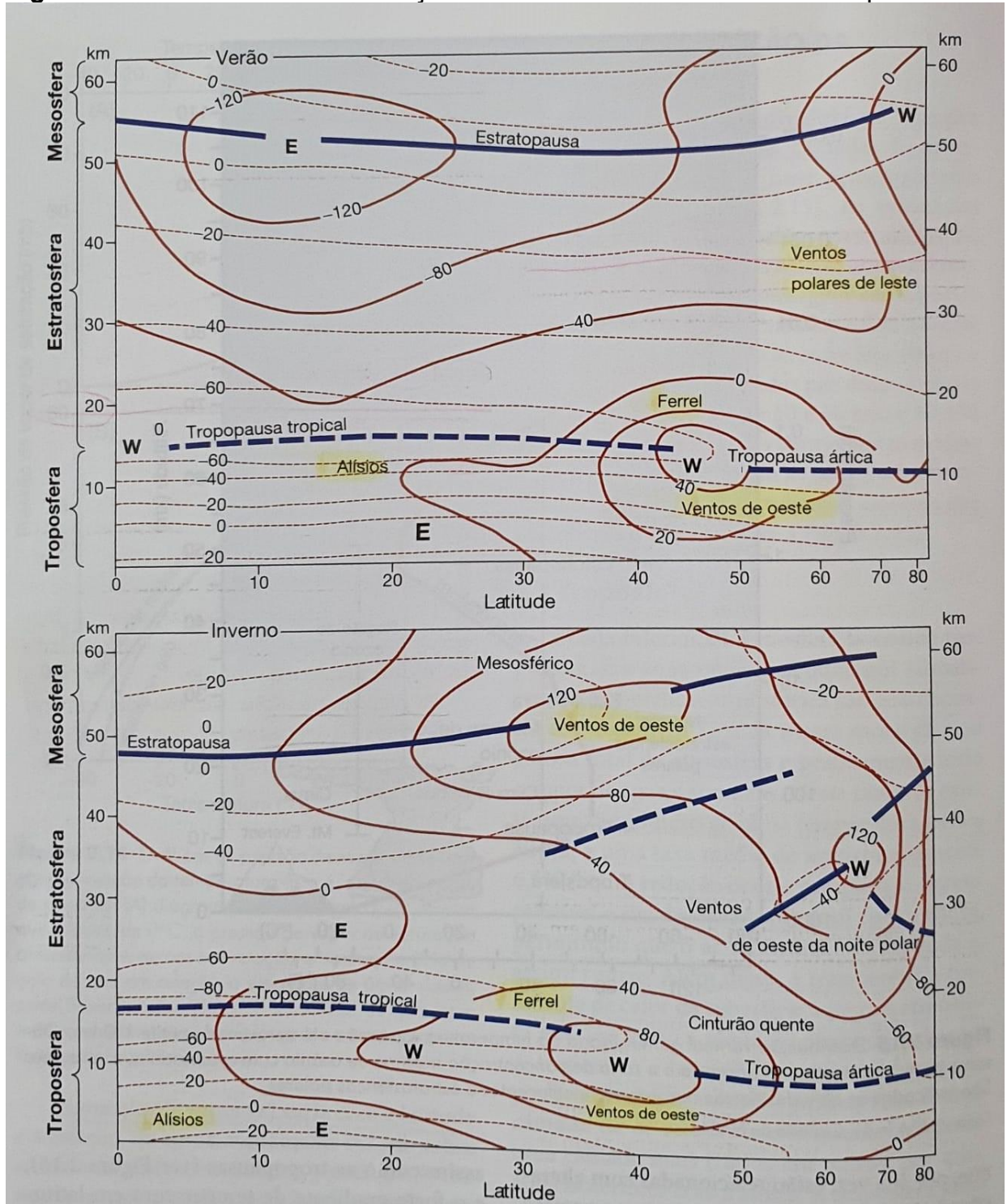
As forças que controlam a atmosfera e a direção e velocidade dos ventos globais são o gradiente de pressão, a força de fricção, a força gravitacional e a força de Coriolis (CHRISTOPHERSON e BIRKELAND, 2017). A pressão atmosférica pode ser definida como “o peso da atmosfera expresso como força por unidade de área” (CHRISTOPHERSON e BIRKELAND, 2017, p.134); enquanto o gradiente de pressão expressa as diferenças barométricas entre duas porções de ar. A força de fricção representa a força de atrito e a força gravitacional é característica de corpos que apresentem massa. O efeito de Coriolis, por sua vez, surge em decorrência do movimento planetário em torno do próprio eixo, uma vez que “o movimento de massas sobre a superfície da Terra é referenciado a um sistema de coordenadas móveis” (BARRY e CHORLEY, 2013, p.144).

A partir de tais forças têm-se a formação de padrões de movimentação do ar (**Figura 3, Figura 4**), que foram sendo identificados ao longo dos anos e estão possibilitando compreender a gênese e variabilidade de fenômenos climáticos recorrentes. Estudos vêm demonstrando que os componentes mais importantes para a compreensão dos macro e mesoclimas, são as células de Hadley e Walker, os ventos de escala planetária, como as ondas Rosby e os ventos Alísios, e as modulações intrasazonais e interanuais (CECILIO, 2015). Tais forças regem o sistema climático global.

Conforme ressalta Barry e Chorley (2013), as principais células de circulação climática global são as de Hadley, Ferrel e Polar, que são meridionais (sul e norte), e a de Walker, que é zonal (leste e oeste). Estes padrões são responsáveis por tipologias de conexão atmosférica, ao levarem calor e umidade de um local ao outro do planeta.

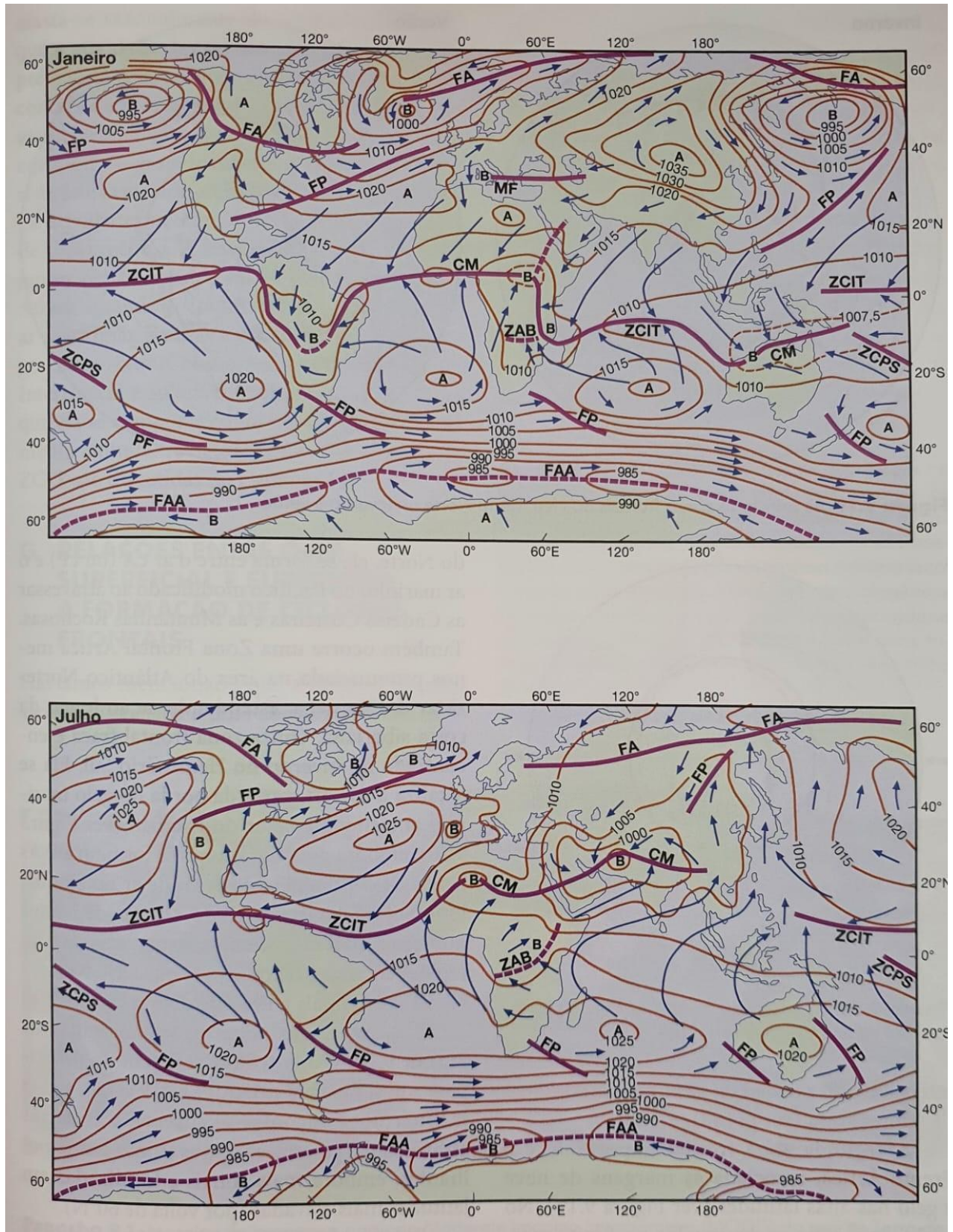
Os ventos meridionais são responsáveis pelo transporte de calor entre as regiões equatoriais mais aquecidas e as menos aquecidas em direção aos polos. Se formam a partir do gradiente térmico existente, devido a uma amplitude na distribuição da energia solar sobre o planeta, e exercem influências sobre o clima da América do Sul por transportar calor e umidade pelo continente.

**Figura 3:** Padrão vertical de circulação atmosférica - Ventos Zonais e Temperaturas.



Fonte: Barry e Chorley (2013, p. 34).

**Figura 4:** Padrão horizontal de circulação atmosférica – Principais campos de pressão e ventos.



Fonte: Barry e Chorley (2013, p. 243).

Os ventos zonais, por sua vez, se caracterizam por dois padrões: um de sentido oeste para leste entre 30° e 60° em ambos os hemisférios e em sentido leste para oeste em latitude de 30°S e 30°N, se deslocando sob influência do efeito de Coriolis. Esse último, denominado ventos Alísios, é caracterizado por um sistema de ventos que tendem a convergir próximo ao equador (BARRY e CHORLEY, 2013). Ao falar dos Alísios, Barry e Chorley (2013, p.176), destacam que

sobre os oceanos, particularmente o Pacífico central, a convergência dessas correntes de ar costumam ser pronunciadas e, nesse setor, o termo *Zona de Convergência Intertropical* (ZCIT) é aplicável. Todavia, de modo geral, a convergência é descontínua no espaço e no tempo. Em direção ao equador, os principais cinturões dos aliseos sobre o Pacífico leste e o Atlântico Leste são regiões de ventos leves e variáveis, conhecidos como *doldrums*.

Esta região de baixa pressão é denominada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ou em inglês *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ), e é a linha que separa os ventos Alísios dos hemisférios Norte e Sul (BARRY e CHORLEY, 2013). Sua ocorrência é fruto de um conjunto de variáveis meteorológicas como a “Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), a região do cavado equatorial, as áreas de máxima Temperatura de Superfície do Mar (TSM) e de máxima convergência de massa e a banda de máxima cobertura de nuvens convectivas” (MELO, CAVALCANTI e SOUZA, 2009, p. 26); e seu posicionamento é variável conforme a época do ano (MELO, CAVALCANTI e SOUZA 2009), se deslocando mais ao Norte (14°N) ou a Sul (5°S) sob influência da variabilidade do balanço térmico global (**Figura 4**).

Influências da ZCIT nos climas da AS, em especial nos do Brasil, seriam a intensificação da precipitação nas regiões Norte e Nordeste, bem como a sua relação com a formação e propagação de outros sistemas atmosféricos. Estudos vêm demonstrando, por exemplo, a sua associação com as Linhas de Instabilidades (LI) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), entre outros, que oscilam conforme o seu deslocamento sazonal (MELO, CAVALCANTI e SOUZA, 2009).

As modulações intrazonais e intranuais, por sua vez, “podem não somente modular diretamente os ventos e a pressão como também indiretamente modular o período e amplitude dos eventos de escala sinótica” (CECILIO, 2015, p.xiii). Apesar de sua influência nos regimes das chuvas da AS já ter sido comprovada (CARVALHO, JONES e LIEBMANN, 2004; OLIVEIRA, 2012), é preciso ressaltar que a grande diversidade de tipologias climáticas encontradas neste continente são um reflexo de

combinações e interações as mais diversas possíveis e que mecanismos de ordem e naturezas distintas podem se sobrepor.

Exemplos de modulações que atuam sobre a América do Sul são a OMJ, a qual é a “de maior importância na faixa tropical” (MITTERSTEIN e SEVERO, 2007, p.1); os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); os Sistemas Frontais (SF) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (MITTERSTEIN e SEVERO, 2007). A OMJ é uma onda troposférica de baixa frequência (40 a 50 dias), que se desloca para leste pelos trópicos e se caracteriza por ser um dos principais moduladores de tempo na região equatorial, ao favorecer ou desfavorecer a formação de nebulosidade e precipitação local (OLIVEIRA, 2012). Já um VCAN é um sistema de baixa pressão, que atua no verão e possui o centro mais frio que sua periferia (BARRY e CHORLEY, 2013).

A ZCAS, ou no inglês *South Atlantic Convergence Zone* (SACZ), por sua vez, é uma banda de nebulosidade de sentido Noroeste-Sudeste, que influencia no regime de chuvas das regiões onde atua, ocasionando altos acumulados pluviométricos (QUADRO et al, 2021; ARAUJO, 2015). Esta merece especial destaque pois impacta diretamente na ocorrência de chuvas na BHRPP durante os meses de primavera e verão (OLIVEIRA, 2016). A atuação da ZCAS na ocorrência de chuvas na região citada é decorrente de sua participação no Sistema de Monções Sulamericano, o qual será detalhado na sequência, por ser uma das forçantes de destaque no presente estudo.

### **2.2.1 O Sistema de Monções Sul-americano**

Bombardi e Carvalho (2008, p. 59) afirmam que “uma importante característica do clima da AS tropical é a presença de um regime de monções”, o qual é responsável por grande parte das chuvas sobre a América do Sul (ZHOU e LAU, 1998; GAN et al., 2006; VERA et al, 2006). O termo “monção já era conhecido desde o século XVII, quando Halley, em 1686, descreveu a essência física básica deste sistema e suas estruturas como sendo a resposta ao aquecimento diferencial em um planeta girante, e definiu monção como uma grande perturbação nos ventos alísios na região dos trópicos” (VEIGA, 2003, p.25). Mas a confirmação da existência de um Sistema de Monção da América do Sul, responsável pela sazonalidade das suas

chuvas, veio somente após estudos sobre as diferenças de fluxos em superfície entre os meses de janeiro e julho neste continente.

Em Zhou e Lau (1998), assim como em Kousky (1999), a monção seria um regime climático caracterizado por uma fase chuvosa e outra com redução das chuvas. A fase chuvosa (ou ativa) da monção é caracterizada por ser quente e úmida e apresentar distúrbios nos ventos vindos do oceano tropical e que adentram o continente; enquanto a fase fria e seca ocorre na outra metade do ano e se diferencia por apresentar ventos que trazem ar frio e seco nos meses do inverno. Por este aspecto, o regime de monções poderia ser comparado a um sistema de brisa marítima/terrestre de grande escala, ao ser responsável pelo transporte da umidade do oceano para o continente (REBOITA et al, 2022).

No entanto, é preciso destacar que este critério, sozinho, não explica o regime de Monções Sul-americano (GAN et al., 2006), pois tal sistema não apresenta uma clara diferenciação dos ventos e suas sazonalidades (ZHOU e LAU, 1998). Apesar da reversão dos ventos e a precipitação sazonal ser usada para identificar as regiões de monção sobre a África, Ásia e Austrália, para a América do Sul o que qualifica o sistema de monções é basicamente a precipitação (VEIGA, 2008).

Há particularidades em cada um dos continentes que justificam tais diferenciações. As monções asiáticas se baseiam no comportamento térmico diferencial da terra e do mar (BARRY e CHORLEY, 2013), são resultado da interação entre a Alta da Sibéria, a ZCIT e a topografia (Himalaia e Tibet) e se dividem em Sistema de Monção da Índia (SMI) e Sistema de Monção do Leste da Ásia (SMLA). Já o SMSA é caracterizado por uma interação entre os Ventos Alísios, a Baixa do Chaco, a Alta da Bolívia, a Zona de Convergência Intertropical, a Zona de Convergência do Atlântico Sul e a umidade existente na Amazônia, sendo definida por um padrão de reversão sazonal entre os escoamentos anômalos de inverno e verão (BOMBARDI, 2008).

Ao sintetizar os cinco mecanismos básicos que controlam as dinâmicas de um sistema de monções descritos na literatura, Veiga (2008, p.32) destaca

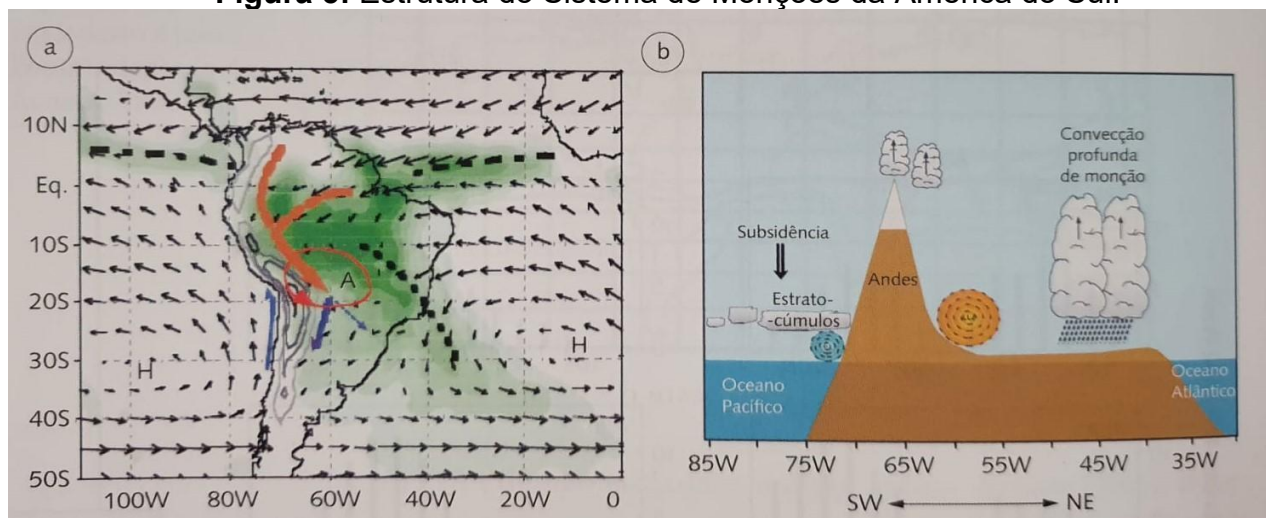
- a) O aquecimento diferencial do continente e oceano, e o resultado da força gradiente de pressão entre os hemisférios de inverno e verão.
- b) O impacto da rotação do planeta, relativo à forma geográfica e à distribuição do aquecimento diferencial.

- c) Os processos úmidos que determinam a escala vertical do sistema de monção em junção com os processos dinâmicos influenciam a quantidade e a localidade da precipitação monçônica.
- d) As propriedades da superfície do continente que variam como uma função do conteúdo de umidade no solo ou da cobertura de neve, como no caso da cobertura de neve no Himalaia e o possível efeito na monção da Índia.
- e) A variação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano tropical que é resultante do ciclo anual do aquecimento solar e do transporte de calor oceânico induzida pela circulação atmosférica a partir da superfície.

Estes mecanismos representam uma sintetização das principais forçantes que regem a circulação atmosférica e são gatilhos para que o sistema de monções se instaure; mas é preciso levar em consideração que há particularidades em cada continente as quais trarão respostas distintas a cada uma das interações. Maior ênfase será dada aos mecanismos e fluxos ligados ao SMSA.

Durante o verão austral inicia-se um escoamento anômalo na região Sul do deserto do Sahara que intensifica os ventos Alísios no Atlântico Norte Tropical, os quais “após cruzar o equador, torna-se um escoamento de noroeste ao longo do lado leste dos Andes e gira ciclonicamente ao redor da Baixa do Chaco” (BOMBARDI, 2008, p.1). A depressão do Chaco em conjunto com a Alta da Bolívia forma o giro continental que transporta umidade do Atlântico através da Amazônia (RODRIGUES, 2011), formando a chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul, a qual se torna uma importante fonte de umidade para a região Sudeste do Brasil (CARVALHO, JONES e LIEBMAN, 2002, 2004; DIAS e SILVA, 2009; GRIMM e ZILLI, 2009; OLIVEIRA, 2016). A figura 5 (**Figura 5**) ilustra este padrão de circulação atmosférica que configura o SMSA.

**Figura 5:** Estrutura do Sistema de Monções da América do Sul.



Fonte: Gan, Rodrigues e Rao (2009).

A intensificação dos totais de precipitação durante a fase ativa da monção é engatilhada por este fortalecimento da Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), bem como pela inversão dos ventos zonais (MOURA, 2015), em virtude do aquecimento da América do Sul e a formação de uma região ascendente na troposfera e divergente na tropopausa, chamada de Alta da Bolívia (SANCHES, 2014). A Alta da Bolívia se expande e retrai para que a ZCAS se instaure.

Ao sintetizar o ciclo de vida das monções sul-americanas, Carpenedo (2018, p. 66) ressalta que

o Sistema de Monção da América do Sul tipicamente inicia durante a primavera, com aumento da convecção sobre o noroeste da Bacia Amazônica em meados de setembro e avança para o sudeste do Brasil em meados de novembro (VERA et al., 2006; SILVA; KOUSKY, 2012). No final de novembro há convecção profunda sobre grande parte da América do Sul central, do equador até 20°S. Ao longo desse período, convecção profunda associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) do Atlântico está confinada no Atlântico Norte central, entre 5-8°N (ZHOU; LAU, 1998; VERA et al., 2006). Na fase madura, entre final de novembro e final de fevereiro, a atividade convectiva principal está localizada sobre o Brasil central e associada com uma banda de nebulosidade e precipitação que se estende do sul da Amazônia ao sudeste do Brasil e Atlântico Sul adjacente, denominada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (VERA et al., 2006). No final do verão começa a fase de decaimento da estação chuvosa, quando há o deslocamento da convecção para o equador.

Estes padrões temporais seguem a configuração espaço-temporal da circulação atmosférica global, que sazonalmente se diferencia, seja em termos de posicionamento, seja pela sobreposição de interações entre componentes com escalas diferentes. Conforme destaca Barry e Chorley (2013, p.176) “os ventos alísios, assim como os ventos de oeste, são mais fortes durante o semestre de inverno” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 176). A ZCIT, por sua vez, apresenta um posicionamento variável conforme a época do ano, sendo um sistema meteorológico que regula o ciclo climático sazonalmente (CRUZ JUNIOR, 2018; MELO, CAVALCANTI e SOUZA, 2009), enquanto a alta subtropical do Atlântico Sul (ASAS) chega ao seu extremo Oeste no inverno, ocasionando uma estação mais seca no Sudeste brasileiro (MOURA, 2015). A sobreposição entre as escalas de ocorrência destes componentes é que faz com que o SMSA se instaure.

Além da variabilidade sazonal, marcada pelo ciclo anual de uma monção, o SMSA é caracterizado também por uma variabilidade intra-sazonal (VEIGA, 2008)

decorrente de anomalias em outras componentes do sistema climático global, como por exemplo, as variações de Temperatura da Superfície do Mar. O estudo das anomalias de TSM vem indicando que a fase ativa do SMSA é influenciada por anomalias nos oceanos Atlântico e Pacífico (CARPENEDO, 2018). A Oscilação Sul, por exemplo, é caracterizada pela integração com a célula de Walker nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Essa variabilidade temporal do regime de monções é ocasionada por distintos mecanismos que integram a dinâmica atmosférica global/regional e podem ser apreendidos em análises inter-anuais. Porém, se por um lado a variabilidade do SMSA é caracterizada por padrões de circulação atmosférica que representam uma sazonalidade no regime das chuvas, por outro, é necessário reconhecer as particularidades existentes na América do Sul, que podem interagir ou até mesmo sobrepor a este mecanismo atmosférico, ocasionando locais com maior ou menor expressividade de uma ou outra forçante. Na presente tese será dada maior ênfase para as relações entre os padrões de circulação atmosférica e as cadeias montanhosas existentes no continente, na região Sudeste do Brasil e na Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraíba e que representam forçantes de escala meso e microclimática.

### **2.2.2 Compartimentação morfológica e a circulação atmosférica: as chuvas orográficas**

Cassetti (2005, p. s/n), ao discorrer sobre a compartimentação geomorfológica, destaca que esta “inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo, que apresentam uma importância direta no processo de ocupação”. Na presente tese, por sua vez, é dado um maior destaque às feições representadas pelos Morros (AB’SABER, 1970) e Serras de maiores dimensões, pois são estas que interessam ao estudo dos Topoclimas da BHRPP.

Parte-se do pressuposto que orientação, elevação, declive e disposição dos grandes conjuntos orográficos (ROE, MONTGOMERY e HALLET, 003), assim como suas condições topográficas, são fatores estáticos de formação do clima (NIMER, 1979) e exercem influências em microescala, mesoescala e macroescala. As especificações geomorfológicas, como a “forma, o comprimento, a largura e o ângulo

de inclinação e a orientação de suas vertentes” (MILANESI, 2007, p.16) influenciam diretamente na circulação atmosférica e, conseqüentemente, na dinâmica das chuvas.

A primeira feição de destaque é a Cordilheira dos Andes, a qual exerce influências no clima em macroescala. Esta é a mais extensa cordilheira continental, engloba seis países (Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela) e se posiciona no sentido norte-sul da AS. Por apresentar uma altitude de aproximadamente 6.962m, bem como por sua expressividade em termos de dimensões territoriais, influencia diretamente na circulação atmosférica da AS (ZABALAGA, 2019).

Estes tipos de compartimento de maiores dimensões podem, inclusive, desacelerar e reduzir a força de Coriolis à medida que o fluxo se aproxima da barreira e não consegue cruzá-la. Forma-se um desequilíbrio no gradiente de pressão que faz o ar virar em direção aos polos e que pode configurar um jato de baixo nível (850 mb) de  $20 \text{ m s}^{-1}$  (72 km/h), como aqueles comuns à montante de Sierra Nevada, na Califórnia (BARRY e CHORLEY, 2013). Este compartimento, localizado na América do Norte, possui altitude máxima de 3.479 metros, inferior à encontrada nos Andes.

Outras duas feições de destaque na AS são a Serra do Mar, que se localiza em uma faixa que cobre o litoral dos Estados do Rio Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; e a Serra da Mantiqueira, a qual engloba os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. A primeira delas possui como ponto mais alto o Pico Maior de Friburgo (2.366 metros) e a segunda o Pico Pedra da Mina (2.798 m). Ambas as serras controlam a dinâmica das chuvas na região Sudeste do Brasil em meso e microescala.

Enquanto a Serra do Mar é tida como uma barreira orográfica aos ventos úmidos vindos do Oceano Atlântico, reduzindo a ocorrência de chuvas à sotavento, a Serra da Mantiqueira se comporta como uma barreira ou canalizadora dos ventos vindos do oceano ou de maiores latitudes, incluindo os ventos originários na Antártida.

A formação das chuvas orográficas à barlavento ocorre devido a ascensão, resfriamento e condensação do vapor de água durante a transposição de um obstáculo. À sotavento, por sua vez, o ar se torna aquecido e seco após descender e diminuir a sua umidade (MILANESI, 2007). Ao descrever sobre a formação das chuvas orográficas, Nunes (2008, p.8) discorre que

as chuvas orográficas ocorrem quando uma parcela de ar dotada de certo teor de umidade movimenta-se paralelamente à superfície até encontrar um obstáculo, como a encosta de uma escarpa ou de uma montanha. Quando isso acontece, o ar tende a continuar seu percurso devido à energia cinética que possui, elevando-se conforme a inclinação do terreno. Como o gradiente médio de decréscimo de temperatura é de 6 a 7°C para cada 1000 metros de elevação (gradiente pseudo adiabático), o ar resfria-se cada vez mais à medida que se eleva devido ao obstáculo. Com isso, essa parcela de ar poderá se condensar, o que ocorrerá quando a temperatura do ponto de orvalho tornar-se igualou maior que a temperatura dessa própria parcela, formando colunas de nuvens, normalmente situadas sobre esses obstáculos. Dessa forma, nas áreas a sotavento de um obstáculo, como uma cadeia montanhosa, há uma queda nos totais pluviométricos devido ao fato do ar já ter perdido parte ou a totalidade de sua umidade ao transpô-lo (descompressão adiabática).

Também os Mares de Morros, característicos de partes da região Sudeste do Brasil, exercem efeito orográfico identificado em microescala. Nesta escala de abordagem, as interações devem ser compreendidas enquanto fatores que produzem particularidades topoclimáticas. Ao discorrer sobre o controle exercido por estas morfoestruturas de menor dimensão, Conti (1989, p.15) destaca que apesar do efeito orográfico notado nas grandes cadeias do Globo, como por exemplo o da Cordilheira dos Andes, “um fenômeno também bastante frequente é o da formação de nuvens orográficas sobre montanhas sensivelmente mais baixas. Seria de se esperar, portanto, a constatação do efeito orográfico sobre as precipitações em barreiras montanhosas de pequena escala”.

Ayoade (2007), ao discorrer sobre os graus de controle que o relevo exerce sobre a atmosfera a partir de suas particularidades, destaca a altitude e a orientação como os componentes de maior significância. Tal autor ressalta que quando o ar está estável o relevo exerce influências na distribuição das chuvas de maneira mais restrita e próxima as vertentes e montanhas e, quando instável, a orografia potencializa o efeito orográfico em uma área maior.

O fato é que “as feições topográficas geram suas próprias condições meteorológicas especiais” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 152) e distintos pesquisadores vêm teorizando sobre as interações entre relevo e ocorrência de chuvas. No entanto, como ressalta Nunes (2008), não se pode esquecer que apesar deste ser um intensificador das precipitações, a orografia não pode ser vista como a única indutora das chuvas, sendo necessário considerar outros aspectos como a maritimidade/continentalidade e o tipo de cobertura do solo (albedo) entre outros (MILANESI, 2007).

Alguns exemplos de autores que desenvolveram estudos sobre a influência dos compartimentos geomorfológicos citados nos parágrafos anteriores seriam Milanesi (2007), que ao pesquisar a zona costeira de São Paulo, destaca que o relevo é o controle de maior influência na chuva e temperatura dessa região. Gomes e Ferreira (2020), que ao estudarem os efeitos da orografia nos eventos extremos de precipitação no município de Petrópolis (RJ) constataram que as estações a barlavento da Serra do Mar foram as que apresentaram maior ocorrência de chuvas quando sob atuação dos sistemas frontais. Seluchhi, Beu e Andrade (2016), em estudos sobre as chuvas intensas na região serrana do Rio de Janeiro, também constataram influência da orografia neste clima, verificando que a topografia interfere significativamente na distribuição das chuvas.

Outros pesquisadores que também estudaram a influência da altimetria e exposição das vertentes na distribuição das chuvas, mas para outras regiões que não os compartimentos geomorfológicos citados, seriam Conti (1967), que analisou as chuvas recorrentes na região do Puy-De-Dôme (França), e Nunes (1993), com suas pesquisas sobre o litoral paulista, entres outros. Forgiarin, Vendruscolo e Rizzi (2013), por sua vez, analisaram as chuvas orográficas do centro do estado do Rio Grande do Sul e constataram que a sua “influência está condicionada à predominância do avanço das massas de ar polares (direção principal sudoeste-nordeste), em detrimento à invasão de massas de ar subtropicais (direção principal nordeste-sudeste)”.

Milanesi (2007, p.17-18) ao discorrer sobre trabalhos de destaque para esta temática ressalta

Bergeron (1968), o pai da teoria da chuva orográfica, Smith (1979) em *The Influence of Mountains on the Atmosphere* (a influência das montanhas na atmosfera), Barry e Chorley (1979) em *Atmosphere, Weather and Climate* (Atmosfera, Tempo e Clima) desenvolveram os clássicos sobre a temática. Entre os brasileiros de maior destaque são Conti (1967 e 1975), Nunes (1993) e Blanco (2000).

Em Barry e Chorley (2013, p. 131-132) são apresentados os vários efeitos que uma barreira orográfica pode ocasionar dependendo de suas particularidades. Estas seriam:

- 1) ascensão forçada em uma encosta suave, produzindo resfriamento adiabático, condensação e precipitação;
- 2) desencadeamento de instabilidade condicional ou convectiva, bloqueando o fluxo de ar e a ascendência a montante;
- 3) desencadeamento de convecção pelo aquecimento diurno das encostas eventos ascendentes;

(4) precipitação de nuvens baixas sobre as montanhas, pela “semeadura” de cristais de gelo ou gotículas de uma nuvem alimentadora mais elevada; e

(5) maior precipitação frontal, pelo retardamento do movimento de sistemas ciclônicos e frentes.

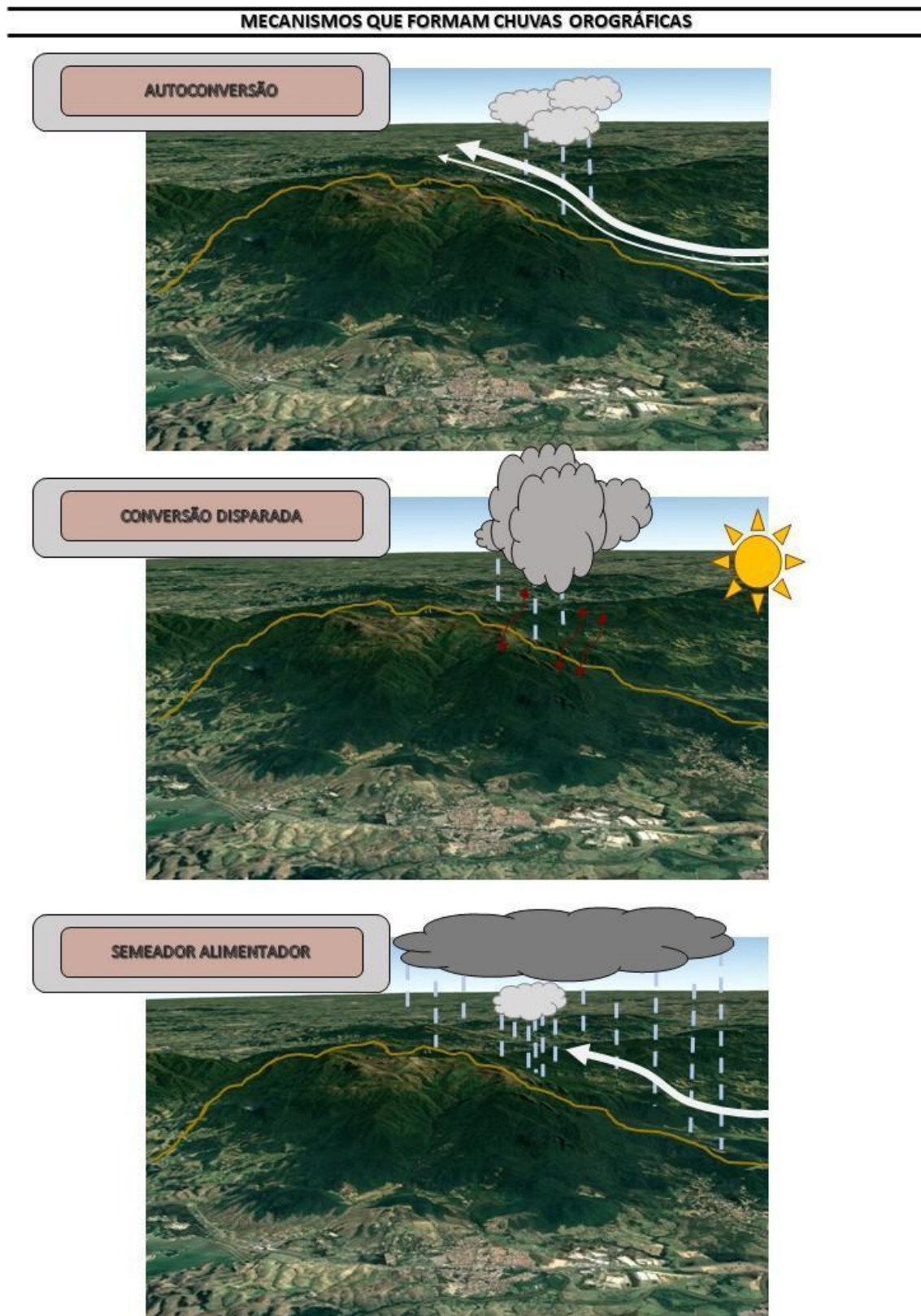
Para Bergeron (1968) os mecanismos de intensificação que produzem chuvas orográficas são a auto conversão, a convecção disparada e o semeador-alimentador (MILANESI, 2007). Estes podem atuar de forma conjunta ou individual (NUNES, 2008) e são regulados por forças como o gradiente de pressão e a gravidade.

A auto conversão é caracterizada pela ocorrência de chuvas devido a uma ascensão do ar em decorrência de uma transposição a um obstáculo natural (**Figura 6**), não existindo outras nuvens pré-existentes (NUNES, 2008). Por ser resultante dessa elevação forçada, caso o fluxo de ar seja fraco e “se a temperatura, a umidade e os ventos forem constantes, o crescimento das gotas e a coalescência deverão ser similares em qualquer ponto da montanha, provocando chuva com característica temporal uniforme” (MILANESI, 2008, p.64).

A conversão disparada é caracterizada enquanto um mecanismo em que uma vertente mais ensolarada apresenta uma propensão à ocorrência de nuvens do tipo Cumulonimbus e a formação de chuvas, diferentemente da outra vertente sombreada (MILANESI, 2008). A conversão disparada ocorre “quando nuvens se formam nas correntes térmicas ascendentes originadas pelo lado iluminado pelo sol em uma montanha” (NUNES, 2018, p.15) uma vez que ao ser aquecido o ar torna-se menos denso e ascende. Em altitudes mais elevadas este ar tende a se resfriar (processo adiabático) e condensar, produzindo nuvens devido à grande instabilidade atmosférica (NUNES, 2008).

O processo semeador alimentador, por fim, implica na existência de nuvens mais altas e em processo de precipitação, localizadas sobre outras nuvens mais baixas e ocorrentes pela ascensão do ar sobre uma determinada vertente, aumentando a choque entre as gotas. Tal mecanismo é caracterizado pela formação de nuvens mais baixas (50 a 200m acima do nível da superfície) (MILANESI, 2008).

**Figura 6:** Mecanismos de intensificação que produzem chuvas orográficas.



**Fonte:** Criado pela autora, a partir dos pressupostos de Lee et al. (2000).

Os processos citados contribuem para a formação das chuvas orográficas e, quando há condições de ventos, umidade, temperatura e pressão adequados, as chuvas se tornam recorrentes. Desta forma, para se compreender a dinâmica das chuvas de determinado lugar é necessário reconhecer todas as particularidades do ambiente, visto que a compartimentação do relevo possui alta variabilidade dentre as paisagens ao longo do planeta e podem inclusive sobrepor-se a outras forçantes.

# **3. METODOLOGIA**

---

A metodologia escolhida para a realização do presente estudo pôde ser dividida em 2 seções principais, que representam um percurso minucioso e reflexivo sobre as possibilidades teórico-metodológicas de compreensão da variabilidade climática na BHRPP. A primeira seção (subitem 3.1) engloba os procedimentos executados com fins de identificar e compreender as dinâmicas das chuvas na bacia; na segunda parte (seção 3.2) são apresentadas as metodologias ligadas às estruturas e processos que se caracterizam enquanto forçantes que organizam a sua ocorrência e variabilidade.

Parte-se de uma perspectiva teórico-metodológica que considera a necessidade de se conhecer o objeto de estudo situando-o em termos de posição num dado sistema de interações (JARDIM, 2015) e, para tal, considera-o num contexto de variabilidade multiescalar do fenômeno chuvas, e das outras partes componentes, resultando em um sistema climático. A escolha dos procedimentos, por sua vez, levou em consideração os estudos de Jardim (2015), o qual propôs como etapas de um roteiro para a análise sistêmica do clima: a definição da escala espacial/temporal, o reconhecimento das hierarquias e dos possíveis níveis de organização/sistema e, por fim, a identificação de uma unidade climática.

A questão que se procura responder, para além das proposições e suspeitas da presente pesquisa, é a “*Como se organiza o clima da BHRPP?*”. Conforme ressalta Caracristi (2007, p.67) “essa é a pergunta que deve estar na base de toda investigação sistêmica, pois a resposta conduzirá à compreensão das relações essenciais que caracterizam o sistema, levará ao entendimento do padrão de organização sistêmico” e possibilitará visualizar a sua totalidade.

Em busca deste reconhecimento do SC-BRPP, optou-se por partir de uma microescala, identificando a distribuição espaço-temporal das chuvas registradas em postos pluviométricos e reconhecendo as características do entorno imediato a estes pontos amostrais. Perpassar por uma escala regional, na qual o relevo é um dos fatores de maior influência climática, visto as dimensões territoriais da bacia e sua disposição na região Sudeste do Brasil. E, por fim, considerar mecanismos de escala zonal/global, como a integração da bacia entre o regime de monções Sul-americanas. A escala espacial de abordagem vai, portanto, do microclima ao macroclima, para a partir daí compreender o clima regional.

A escala temporal, por sua vez, faz um percurso inverso, em que se inicia pelas variações de macroescala e o ponto final de análise são a meso e a microescala.

O ponto de partida é a variabilidade identificada por padrões de longa duração, visualizados nas séries de dados meteorológicos, e o ponto de chegada é a compreensão das alterações de média e curta duração, com ênfase para a sazonalidade.

A escolha metodológica de delimitar o estudo a partir das escalas citadas nos dois últimos parágrafos e, a partir daí realizar uma transposição, levou em consideração o fato de que a cada nível escalar um ou outro fenômeno pode se sobressair. Como dito anteriormente (sub-item 2.1) é necessário definir as hierarquias para que assim seja possível adequar a abordagem e técnicas a serem empregadas durante o processo de pesquisa e sua comunicação com os resultados estipulados (RIBEIRO, 1993).

Se por um lado as chuvas possuem uma variabilidade que existe e é mensurável no tempo e no espaço (“ocorrência”), por outro, é a compreensão das suas interações com as feições da superfície e da atmosfera que possibilitam identificar a sua “abrangência”. Ambas as concepções possuem escalas de abordagem próprias e representaram aspectos relevantes que foram considerados durante a seleção dos dados e dos procedimentos metodológicos.

Enquanto as feições de superfície caracterizam os elementos que representam a estrutura da bacia, as feições atmosféricas definem os processos e fluxos que atuam na definição das tipologias climáticas. A variabilidade, por sua vez, é contemplada a partir do levantamento das dinâmicas das chuvas.

As etapas de pesquisa foram subdivididas em:

*1º) Reconhecimento da variabilidade das chuvas: padrões climáticos*

- Levantamento espacial e temporal dos dados: caracterizado pela identificação, coleta e organização dos dados meteorológicos; com o intuito de identificar os registros disponíveis e a partir destes delimitar o recorte temporal de análise.

- Identificação dos regimes secos e chuvosos: para que fossem demarcados quais seriam as datas que definem a fase ativa e inativa do regime de monções na BHRPP. Esta etapa contemplou o recorte temporal do “ano meteorológico” e do “ano civil” e ocorreu a partir da adoção de dois limiares de investigação (um móvel e um fixo).

- Identificação dos acumulados: com fins de detectar o quanto choveu em cada escala temporal (anual, sazonal e diária) e caracterizar a variabilidade espacial e temporal destes acumulados.

- Identificação e análise das tendências: etapa criada com o objetivo de explorar os dados em termos de projeções, reconhecendo se há áreas que apresentam predisposição a ter um aumento ou diminuição das chuvas.

## 2°) *Levantamento dos elementos que organizam o clima: as forçantes*

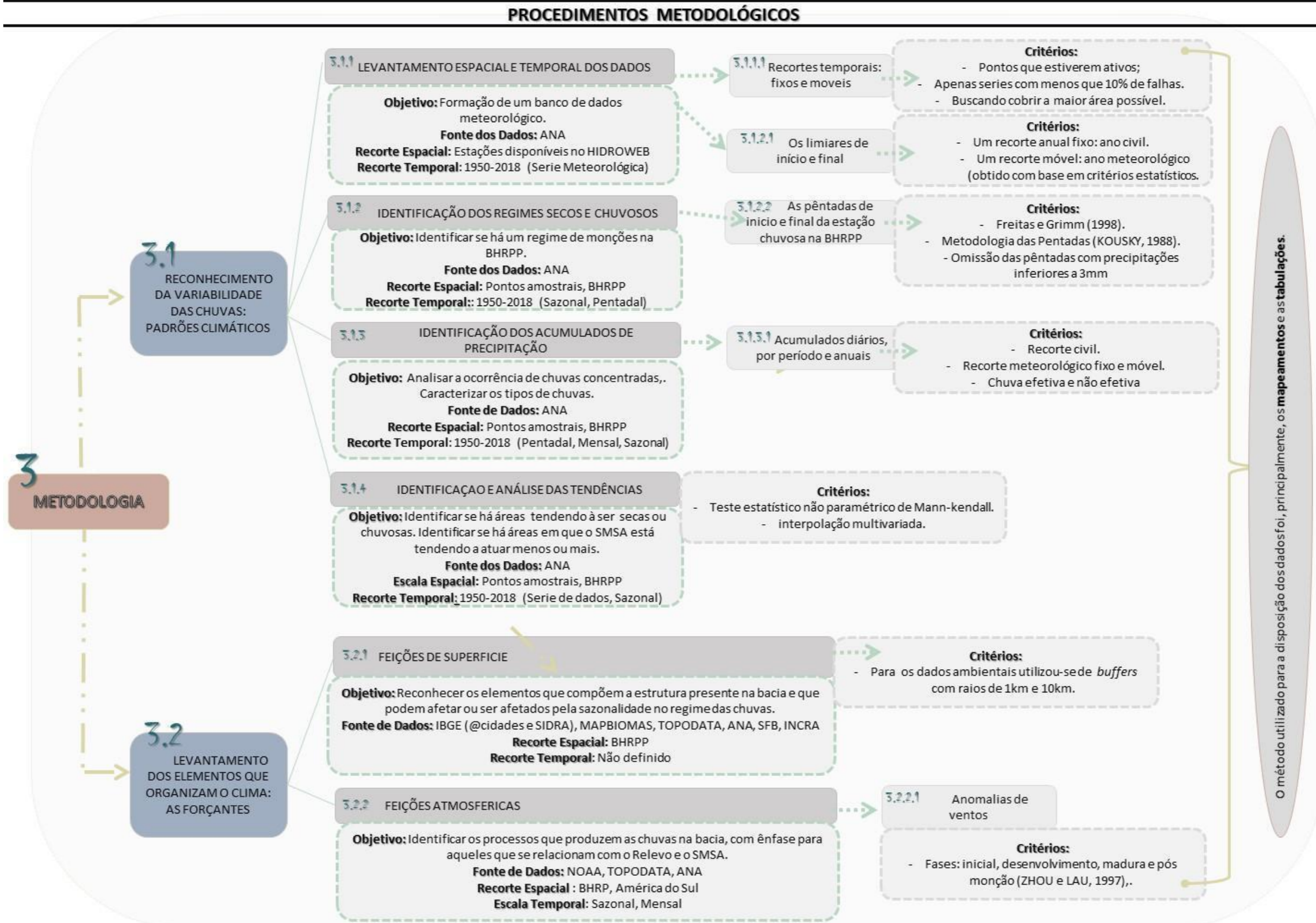
- Feições de superfície: definidas pelos componentes que representam os principais elementos socioambientais presentes na BHRPP, com destaque para o fator relevo. Tal etapa compreendeu a caracterização da unidade espacial de análise, dando ênfase para as estruturas do SC-BHRPP, e teve por objetivo reconhecer os elementos que afetam ou seriam afetados pela variabilidade do regime das chuvas

- Feições atmosféricas: identificação dos mecanismos que podem estar influenciando na gênese da variabilidade das chuvas. As feições atmosféricas são representadas pela organização e posicionamento dos campos de ventos e pressão, que explicariam as diferenciações interanuais do regime de monções Sul-americanas.

As opções metodológicas citadas representam o percurso seguido para que a hipótese inicial do estudo fosse confirmada ou refutada a partir dos resultados e buscam responder questões que envolvem “a localização do fenômeno, suas características, as circunstâncias sob as quais ocorreu, o comportamento do objeto sob as referidas circunstâncias e a relação do dado mensurado com os fatores identificados” (JARDIM, 2015, p.50). A Figura 7 ilustra as etapas do trabalho.

Na sequência, tais etapas serão detalhadas e terão, para além de proposições de método, um resgate teórico que aprofunde e justifique a sua utilização na presente tese.

Figura 7: Fluxograma metodológico.



Fonte: Organizado pela autora.

### **3.1. RECONHECIMENTO DA VARIABILIDADE DAS CHUVAS: PADRÕES CLIMÁTICOS**

O levantamento de dados é a etapa inicial de uma pesquisa e possibilita alcançar um determinado objetivo. Este dá subsídios para que a caracterização do universo populacional e amostral sejam identificados, bem como permite identificar as possibilidades metodológicas passíveis de serem adotadas para alcançar resultados que refutam ou confirmam determinada hipótese.

Neste sentido, se o objeto de estudo desta pesquisa são as chuvas e se o objetivo a ser alcançado é a compreensão de sua ocorrência e variabilidade, a formação de um banco de dados meteorológicos se torna etapa primordial. A seguir será apresentada a primeira parte da pesquisa, referente às informações climáticas.

#### **3.1.1 LEVANTAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DOS DADOS**

Esta etapa contemplou o levantamento de informações provenientes da mensuração e sistematização dos acumulados de precipitação registrados em pluviômetros alocados em postos pluviométricos sob a tutela do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), entre outros pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Tais dados foram disponibilizados à partir do banco de dados históricos da Agência Nacional das Águas (ANA) e podem ser acessados no *link* [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf), onde constam todas as estações localizadas na BHRPP e oferecem grande utilidade em termos de reconstituições históricas, previsões a curto e médio prazo, dentre outras aplicações.

A escolha de tal fonte de dados levou em consideração o fato destas serem interessantes repositórios de dados hidrológicos, apresentando dados robustos e confiáveis, já tendo sido utilizados em estudos anteriores (OLIVEIRA, 2016) e atualizada para a atual pesquisa. Mesmo que para algumas regiões do país ainda apresenta lacunas em termos de quantidade e confiabilidade nos dados (ROZA DOS SANTOS, VESPUCCI e BAYER, 2016), para a BHRPP vem se mostrando uma importante fonte de dados para os estudos climáticos.

Após identificação dos dados disponíveis, foram consideradas passíveis de serem analisadas todas as séries de dados dos postos pluviométricos localizados na

BHRPP e seu entorno imediato, o que representou um conjunto de 164 postos ativos ou inativos. Tais registros foram sistematizados através do editor de planilhas da *Microsoft Excel*, que passaram por filtragens minuciosas e 3 critérios foram estabelecidos com fins de delimitar a amostra de dados.

O primeiro critério estabelecido foi a identificação dos períodos em que os postos estiveram ou estão ativos para priorizar a maior delimitação do recorte temporal abrangido. Por meio deste critério foi possível delimitar um período de 68 anos e duas normais climatológicas, definindo o recorte temporal deste trabalho como sendo os anos entre 1950-2018. Uma normal climatológica corresponde aos “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (OMM, 1989). A escolha de um longo período de dados possibilitaria observar tanto os fenômenos de baixa frequência (entre os anos) como os de baixíssima frequência (décadas) na BHRPP.

O segundo critério utilizado foi de usar apenas séries com menos de 10% de dados faltantes, o que propiciou a seleção de 17 postos pluviométricos (**Tabela 1**), pois estes apresentaram, no máximo, 8,4% de dias com dados faltantes (posto 12) e, no mínimo, 0,2% dias (posto 9). O mês com maior quantitativo de falhas é dezembro (com 1.054 falhas identificadas) e o com menor quantitativo é fevereiro (379 falhas) (**Tabela 2**). As porcentagens por posto consideraram o quantitativo total de falhas de cada posto pluviométrico em relação aos 68 anos estudados, enquanto que os somatórios e percentuais por mês representam a soma de falhas referentes a cada um dos 12 meses do ano. Possibilitando verificar se existiria algum padrão na concentração e na distribuição das falhas dos dados.

O procedimento citado permitiu identificar 6.155 falhas para toda a série de registros. Esta “ausência de dados diários, mensais ou anuais em séries históricas climatológicas é um problema bastante comum” (SILVESTRE, 2016, p.67), de maneira que o “pesquisador pode optar em trabalhar com a série incompleta, dependendo da análise que pretende realizar; ou aplicar alguma técnica para suprir as falhas o que é mais usual” (SILVESTRE, 2016, p.67). No presente estudo optou-se pelo não preenchimento dos dados faltantes visto que estes representaram uma pequena porcentagem relativa ao total da amostra, não comprometendo os resultados.

Tabela 1: Estações consideradas no estudo.

DADOS GERAIS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS						
NÚMERO	CÓDIGO	Posto Pluviométrico	Município	Estado	Latitude	Longitude
1	2244039	Fazenda Agulhas Negras	Resende	RJ	-22,34	-44,59
2	2244038	Ponte do Souza	Resende	RJ	-22,27	-44,39
3	2244037	Fumaça	Resende	RJ	-22,30	-44,31
4	2244036	Zelinda	Passa Vinte	MG	-22,24	-44,26
5	2244033	Santa Isabel do Rio Preto	Valença	RJ	-22,23	-44,06
6	2243004	Conservatória	Valença	RJ	-22,29	-43,93
7	2143011	Conceição do Ibitipoca	Lima Duarte	MG	-21,76	-43,92
8	2143019	Usina Brumado	Lima Duarte	MG	-21,86	-43,89
9	2243202	Fazenda São Gabriel	Rio Preto	MG	-22,01	-43,88
10	2243006	Pentagna	Valença	RJ	-22,16	-43,75
11	2243007	Taboas	Rio das Flores	RJ	-22,21	-43,62
12	2243008	Manuel Duarte	Rio das Flores	RJ	-22,09	-43,56
13	2143016	Torrões	Juiz de Fora	MG	-21,87	-43,56
14	2143020	Chapeu D'Uvas	Juiz de Fora	MG	-21,59	-43,50
15	2143021	Sobragi	Belmiro Braga	MG	-21,97	-43,37
16	2243003	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	RJ	-22,15	-43,29
17	2143013	Estevão Pinto	Mar de Espanha	MG	-21,90	-43,04

Fonte: Organizado pela autora.

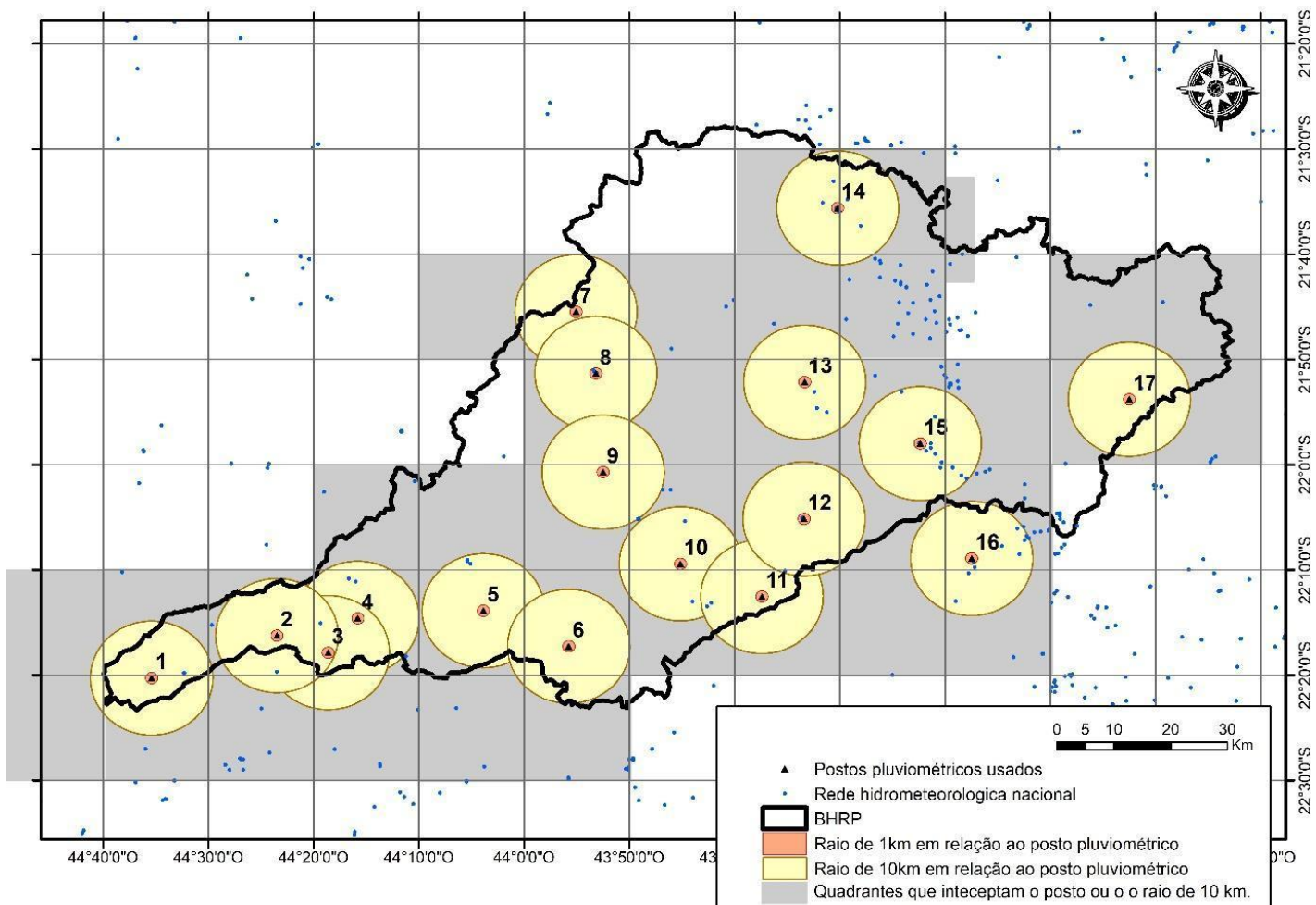
Tabela 2: Dias identificados com falhas nas séries meteorológicas estudadas.

QUANTITATIVO DE DIAS SEM DADOS															
NÚMERO	CÓDIGO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma (por posto)	% em relação aos 68 anos
1	2244039	31	0	0	60	31	30	0	0	0	0	0	62	214	0,8
2	2244038	0	0	31	30	0	0	0	0	0	0	0	31	92	0,4
3	2244037	23	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	69	0,3
4	2244036	11	0	31	30	36	30	31	0	0	0	30	62	261	1,0
5	2244033	31	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	31	75	0,3
6	2243004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	93	113	0,4
7	2143011	0	0	0	31	31	0	30	31	30	31	30	31	245	1,0
8	2143019	0	56	62	52	31	30	31	31	30	31	30	62	446	1,8
9	2243202	0	0	0	0	0	0	0	2	30	0	0	31	63	0,2
10	2243006	0	0	0	30	8	0	31	0	0	31	30	62	192	0,8
11	2243007	0	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0	31	91	0,4
12	2243008	186	168	155	180	186	180	186	124	150	145	210	248	2.118	8,4
13	2143016	15	0	0	30	0	0	0	62	3	0	30	31	171	0,7
14	2143020	0	0	5	30	0	0	31	0	29	0	0	0	95	0,4
15	2143021	186	140	186	180	155	120	124	124	120	101	108	186	1.730	6,9
16	2243003	0	0	0	30	0	0	0	0	0	27	0	31	88	0,3
17	2143013	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	30	31	92	0,4
<b>Soma (por mês)</b>		483	379	501	683	478	390	464	404	422	399	498	1.054	<b>6.155</b>	
<b>% em relação aos 68 anos</b>		1,9	1,5	2,0	2,7	1,9	1,5	1,8	1,6	1,7	1,6	2,0	4,2		

Fonte: Organizado pela autora.

O terceiro critério empregado levou em consideração a localização geográfica dos postos, buscando cobrir a maior área possível da BHRPP. Os 17 postos apresentaram boa distribuição espacial e, considerando um raio de 10km em relação ao posto pluviométrico, bem como delimitando quadrantes de 10° de latitude e longitude, tem-se que a cobertura geográfica da amostra é homogênea, com poucos quadrantes não cobertos por completo (**Figura 8**).

**Figura 8:** Localização dos postos pluviométricos considerados no estudo.



**Fonte:** Organizado pela autora.

A seleção destes postos pluviométricos trouxe suporte para a realização de uma análise multiescalar, em que a variabilidade anual, sazonal e diária das dinâmicas pluviométricas viesse a ocorrer; e, mesmo sendo efetivada em microescala, permitiu investigações regionais, ao possibilitar criar zonas climaticamente homogêneas. Tais procedimentos serão detalhados em etapas posteriores.

### 3.1.1.1 Recortes temporais: fixos e móveis

A metodologia utilizada para a definição do recorte temporal dos dados considerou limiares fixos e móveis/variáveis. O fato de a precipitação ser um elemento de ordem natural exigiu que, para além de delimitações rígidas impostas por uma perspectiva civil, fossem incorporados também limiares compatíveis com a mutabilidade do fenômeno.

A identificação do total anual das precipitações é, habitualmente, obtida com base na somatória do quantitativo de chuvas diárias entre 01 de janeiro e 31 de dezembro de cada ano. Porém, tais dados podem mascarar a identificação da variabilidade interanual do clima por apresentar limites civis, relacionados ao calendário ocidental, enquanto escala temporal de um elemento de ordem natural.

O ano civil brasileiro abarca o período fixo de 01 de janeiro a 31 de dezembro e é demarcado pela Lei nº 810, de 6 de setembro de 1949, como sendo “o período de doze meses contado do dia do início ao dia e mês correspondentes do ano seguinte” (BRASIL, 1949). O seu início pode ser contado a partir de qualquer dia de um determinado ano, mas vem, usualmente, se iniciando em 01 de janeiro e terminando em 31 de dezembro, correspondendo a 365 dias, ou 366 em anos bissextos. Tais anos, porém, nem sempre coincidem com os ciclos climáticos.

Um ano meteorológico, por sua vez, pode ser identificado com base no início ou final das estações meteorológicas secas ou chuvosas, tendo a precipitação como elemento de destaque, ou em padrões encontrados em análise da variabilidade entre dias quentes ou frios, quando há uma sazonalidade bem definida da temperatura. Há locais, no entanto, em que há a presença de chuvas o ano todo ou de temperaturas com pequenas alterações, o que acaba por dificultar a identificação dos regimes climáticos e o uso do ano civil passa a ser o mais indicado.

Neste caso, o que dá embasamento teórico-metodológico para a sua escolha é o fato de o ano civil ser similar ao ano astronômico no que tange ao quantitativo de dias e data de início e término de cada ano. Um ano astronômico apresenta limites temporais naturais visto que é demarcado com base na Translação da Terra, o qual é um movimento em que esta gira em torno do Sol e dura aproximadamente 365,2 dias solares. Tal recorte temporal é largamente utilizado nos estudos climáticos e demarca bem a sazonalidade dos elementos meteorológicos.

Na presente pesquisa foi escolhido um recorte anual fixo, que considera o ano civil entre 01 de janeiro a 31 de dezembro; e um móvel, que seria o do ano meteorológico obtido com base em critérios estatísticos e nas especificidades climáticas de cada localidade, a partir das datas que iniciam ou finalizam o ciclo de vida da monção na AS. Há, conforme ressaltam Alves, Marengo e Castro (2002, p. 1408) “uma enorme variabilidade na definição da data média do início das chuvas, que depende exclusivamente do critério e dos limiares escolhidos” (ALVES, MARENGO e CASTRO, 2002, p. 1408).

### **3.1.2 IDENTIFICAÇÃO DOS REGIMES SECOS E CHUVOSOS**

Como dito anteriormente, a variabilidade das chuvas é caracterizada por apresentar particularidades distintas entre os lugares, podendo haver homogeneidade ou heterogeneidade na ocorrência de precipitação. Há locais em que chove o ano todo, enquanto outros apresentam longos períodos de estiagens ou aqueles em que a dinâmica climática não se atrela a padrões identificáveis.

A esta variabilidade espacial, em que um local se difere do outro em relação a existência ou não de uma sazonalidade no regime das chuvas, soma-se uma variabilidade temporal. Mesmo em locais onde se é habitual existir períodos climáticos secos e chuvosos bem definidos, pode haver anos em que a estação chuvosa se inicia mais precocemente ou haver um retardo na ocorrência das chuvas.

Para a região Sudeste do Brasil, por exemplo, o início da estação chuvosa ocorre, em média, na segunda quinzena de outubro (CARVALHO e JONES, 2009). No entanto, por apresentar inúmeros ambientes com suas particularidades, há locais que, mesmo próximos espacialmente, apresentam limiares de duração desta sazonalidade e se distinguem entre si.

Partindo de tal afirmação, uma das etapas da pesquisa foi identificar os limiares que demarcam os períodos secos e chuvosos na BHRPP, pois são estes que atestariam, ou não, a integração da bacia entre o regime de monções Sul-americano, bem como possibilitaria verificar se o regime de monções é recorrente em toda a extensão da bacia. A definição dos limiares de início, final e duração do período chuvoso (monção de verão ou fase úmida) é o que define o “ciclo de vida da monção” (REBOITA, et al. 2022, p.345).

### 3.1.2.1 Os limiares de início e final

Antes de discorrer sobre a metodologia que foi empregada para a identificação das datas de início e final da estação chuvosa é necessário realizar um resgate teórico-metodológico que sintetize as metodologias que subsidiam a identificação de períodos chuvosos, sendo consideradas indicadores do SMAS, e a que melhor respondeu ao propósito do objetivo desta tese. A escolha da melhor metodologia se dá com base nos propósitos e objetivos de cada estudo e deve ocorrer após testes e análises realizados por cada pesquisador para a sua área de estudo.

Alguns autores utilizam a metodologia de Radiação de Ondas Longas (ROL) e consideram os campos de pressão em baixos níveis e as convecções para a identificação do início e final do período chuvoso. Outros autores consideram limiares fixos de precipitação, enquanto há aqueles que usam de estatística descritiva para identificar quais limiares seriam os ideais e representativos para cada localidade, segundo suas singularidades.

A metodologia da radiação de onda longa captada por satélite utiliza a presença de nuvens que são passíveis de gerar chuva e consiste em inferir a ocorrência ou não de chuvas a partir das bandas de nuvens de convecção em regiões tropicais, com base nas médias de cada 5 dias de registros diários de ROL (KOUSKY, 1988; MARENGO *et al.* 2001; HEDDINGHAUS e KRUEGER, 1981; JANOWIAK *et al.* 1985; VEIGA, 2003; ALVES, MARENGO e CASTRO, 2002). Segundo González *et al* (2007) esta é a melhor metodologia para representar o início da estação chuvosa em escalas continentais, pois não considera as características regionais (SANTOS e GARCIA, 2016).

Outra possibilidade de identificação do início e final da estação chuvosa é aquela proveniente de modelagens, como a utilizada por Zanneti *et al* (2006) que adotaram o modelo ClimaBR e realizaram previsões por meio de séries sintéticas. Segundo os autores citados, “com o ClimaBR é possível a geração de séries sintéticas de precipitação, incluindo, além da precipitação total diária, a sua duração, o tempo padronizado de ocorrência da intensidade máxima instantânea e a própria intensidade máxima instantânea dos eventos”. Por meio desta modelagem é possível gerar o perfil de precipitação, criar séries sintéticas e identificar períodos.

Há ainda, autores que aplicam procedimentos de filtragens e estatísticas nas séries de dados meteorológicos, com fins de identificar padrões e ciclos. É

comum, nos estudos de climatologia no Brasil, o emprego de pântadas como auxílio para a realização do agrupamento e somatório das chuvas por período de cinco dias. Porém, escolher a metodologia que melhor representa o início e o final das estações secas e chuvosas de cada ano é uma tarefa que demanda certas ponderações, visto a necessidade de considerar as particularidades de cada região.

Existem distintos critérios para a identificação dos períodos chuvosos, sendo que a maioria considera valores pluviométricos acumulados a cada 5, 7 ou 10 dias (FREITAS e GRIMM, 1998). A técnica das pântadas faz parte de um desses procedimentos de agrupamento por dias que, conforme visto na literatura, considera o somatório de chuvas a cada 5 dias. Esta é uma metodologia bastante usual e, se “considerarmos uma linha cronológica, foi uma das primeiras utilizadas para a identificação dos períodos para as estações seca e chuvosa” (ALVES, MARENGO E CASTRO, 2002).

O critério mais difundido é o estabelecido por Kousky (1988), que define uma pântada como sendo o acumulado de precipitação a cada 5 dias. Segundo o referido autor um ano apresenta 73 pântadas, mas para anos bissextos a 12ª pântada é constituída pela somatória da precipitação ocorrida em 6 dias.

A aplicação da metodologia das pântadas na presente tese se justifica pela heterogeneidade da variabilidade espacial e temporal dos dados pluviométricos registrados nos pontos amostrais, ou seja, apresentam uma sazonalidade e um período com redução das chuvas na BHRPP. Apenas regiões com períodos secos e chuvosos bem demarcados permitem que o método das pântadas seja empregado; e como sabe-se a priori que a dinâmica climática da região Sudeste possui locais em que os regimes climáticos podem ser bem definidos, o uso da metodologia das pântadas viria a colaborar na identificação de um regime de monções.

A metodologia das pântadas permitiria partir de uma perspectiva que considera a organização hierárquica do espaço e do tempo, sendo apropriada para o estudo da variabilidade por não ser tão específica (quanto a análise de situações horárias-diárias) e nem tão geral (quanto a análise mensal e anual).

A consideração de pântadas enquanto recorte temporal de análise foi utilizada para a identificação do início e fim das estações secas e chuvosas por diversos autores, dentre os quais Virmani (1975), Nicholls, McBride e Ormerod (1982), Sansigolo (1989), Sugahara (1991), Marengo *et al.* (2001), Liebmann e Marengo (2001) e Sanches (2014). Para a região Sudeste, por sua vez, dada ao privilégio

histórico de localização, há um grande quantitativo de estudos, como por exemplo, os de Sansigolo (1989), Alves, Marengo e Castro (2002), Folhes e Fish (2006), Minuzzi et al. (2006), Silva e Reboita (2013), Santos e Garcia (2016), entre outros; os quais demonstraram que a aplicação das pântadas em tal região se mostrou como uma interessante metodologia na caracterização dos períodos secos e chuvosos.

Em Sugahara (1991), por exemplo, a identificação dos períodos para o Estado de São Paulo é variável e é uma etapa a ser concretizada após a realização do somatório total de chuva por pântada. Segundo este autor, o início da estação chuvosa ocorre após a primeira ocorrência de uma pântada com 10 mm, não seguida por três pântadas com acumulação inferior a 15 mm/pântada. Já o final da estação chuvosa pode ser definido como a pântada após a terceira pântada consecutiva com precipitação inferior a 15 mm/pântada, não seguida de uma pântada com mais de 10 mm.

Fish (1999) utilizou em seus estudos o critério de calcular o início do período chuvoso como aquele com 3 pântadas consecutivas com precipitação igual ou superior à 15 mm. Sansigolo (1989) destaca que o início do período chuvoso para o Estado de São Paulo só ocorre após o dia 1 de setembro (pântada 48), após ser registrada a primeira ocorrência de 20mm acumulados em 1 ou 2 dias consecutivos e não havendo mais que 10 dias secos nos 30 dias seguintes. Os autores citados, assim como aqueles apontados nos parágrafos anteriores, utilizam um limiar fixo para a definição dos períodos, que trouxeram resultados satisfatórios para suas pesquisas, dado as particularidades de suas áreas de estudo.

Porém, dada a diversidade de ambientes e tipologias climáticas que podem ser encontradas pelo Brasil a fora, é possível que os limiares de 10 ou 20mm sejam superiores ou muito inferiores aos encontrados em muitas das possíveis realidades climáticas. Mesmo que o Estado de São Paulo esteja entre as tipologias climáticas da região Sudeste, este possui especificidades como a sua posição geográfica, tipologias de relevo, dentre outras, que difere das encontradas na BHRPP ou em outros locais, motivando alguns pesquisadores a utilizar limiares móveis e mais condizentes com suas áreas de estudo.

Uma destas metodologias de identificação foi a adotada por Freitas e Grimm (1998, p.3-4) que levaram em consideração para a determinação da data de início da estação chuvosa do Estado do Paraná os seguintes critérios:

- a primeira ocorrência de quinquídio (pêntada, período de cinco dias) com precipitação P5, onde P5 é o valor correspondente ao percentil 5 obtido da ordenação das precipitações médias quinquideais suavizadas de cada região obtida;
- tal condição deve ser seguida pela ocorrência de um evento  $Q3 > P15$ , onde Q3 é a média das precipitações nos três próximos quinquídios consecutivos e P15 é o valor correspondente ao percentil 15.

Para a data de final da estação chuvosa os seguintes critérios são considerados:

- primeira ocorrência, depois do início da estação chuvosa, de  $Q3 \leq P15$ , considerando o primeiro quinquídio dos três utilizados na definição de Q3 como sendo o final da estação chuvosa;
- a condição (1) deve ser seguida por um evento  $Q3 < P5$ .

Dentre essas múltiplas possibilidades metodológicas para a identificação dos períodos secos e chuvosos que foram citadas e poderiam ser aplicadas à BHRPP, uma se mostrou mais eficiente. Após a aplicação de alguns testes, foi constatado que o critério utilizado por Freitas e Grimm (1998) foi o que produziu resultados mais interessantes, pois para o recorte temporal delimitado (1950-2018) não haveria a disponibilidade de dados de ROL, bem como os critérios que consideram um limiar fixo de 10 ou 15mm seriam discrepantes dos valores reais registrados na BHRPP.

Sua utilização contemplaria os objetivos desta tese, ao possibilitar identificar se há locais em que a estação chuvosa ocorre mais precocemente ou tardiamente, e daria subsídios a uma comparação entre elementos climáticos e topológicos. Tal metodologia, bem como alguns critérios que foram incluídos, serão descritos a seguir.

### **3.1.2.2 As pêntadas de início e final da estação chuvosa na BHRPP**

A metodologia de Freitas e Grimm (1998) tem como vantagem o fato de permitir que as singularidades nas tipologias climáticas de cada ponto-teste fossem consideradas, visto que utiliza de valores de percentis da amostra para a identificação dos limiares.

No entanto, mesmo considerando seus critérios, houve a necessidade de omissão das pêntadas com precipitações inferiores a 3mm, visto que tais valores, além de representarem um valor “próximo da evapotranspiração potencial média

diária estimada pelo método de Thornthwaite & Matter (1955)” (FERREIRA, 2012, p. 956), estava dificultando a delimitação de um período seco.

As pântadas com precipitação inferior a 3mm ocorrem em grande quantitativo nas estações teste utilizadas e estão presentes em todo o ano, conforme observa-se na tabela 3 (**Tabela 3**). A opção metodológica de excluí-las da análise teve o intuito de diminuir os erros que viessem a mascarar os resultados, como os dias de veranico ou qualquer outro fenômeno meteorológico caracterizado pela ausência de chuvas durante o período chuvoso.

**Tabela 3:** Percentis para as séries de dados (1950-2018) dos pontos amostrais, considerando todos os valores ou aplicando o limiar > 3mm.

CONSIDERANDO TODA A PRECIPITAÇÃO				CONSIDERANDO APENAS PRECIPITAÇÃO >3MM			
Número	P5	P15	Q3	Número	P5	P15	Q3
1	1,0	3,4	49,2	1	4,0	6,7	55,3
2	0,0	0,0	43,5	2	3,0	4,0	44,4
3	0,0	0,0	40,5	3	4,4	8,0	59,5
4	0,2	1,5	39,6	4	3,8	6,4	52,7
5	0,0	0,0	33,0	5	4,4	7,6	51,2
6	0,7	2,3	38,8	6	3,6	5,9	45,5
7	0,5	2,1	36,9	7	3,7	5,7	43,6
8	0,0	0,0	30,0	8	4,1	7,6	51,7
9	0,0	0,0	39,2	9	4,3	7,8	57,1
10	0,0	0,0	29,9	10	4,2	8,4	50,5
11	0,0	1,3	41,0	11	4,1	6,6	47,1
12	0,0	0,0	23,2	12	4,2	7,2	46,4
13	0,2	1,5	39,7	13	3,4	5,9	47,4
14	0,0	0,0	29,3	14	3,7	7,1	51,4
15	0,0	0,0	22,7	15	4,3	7,6	44,5
16	0,0	0,0	20,0	16	4,1	6,6	40,9
17	1,2	3,0	36,5	17	3,9	6,0	42,0
<b>Média</b>	0,2	0,9	34,9	<b>Média</b>	4,0	6,8	48,9
<b>Mediana</b>	0,0	0,0	36,9	<b>Mediana</b>	4,1	6,7	47,4

Fonte: Organizado pela autora.

Após a exclusão de todos os totais acumulados inferiores a 3mm foi possível identificar a pântada que demarca o início dos períodos secos e chuvosos de cada ano da série de dados analisada para a BHRPP; bem como reconhecer se haveria, ou não, algum posto pluviométrico em que esses períodos não estivessem delimitados. Foram considerados os dias de início e fim de cada pântada, subsidiados

nos intervalos limiares propostos por Kousky (1988) que podem ser observados na tabela 4 (**Tabela 4**).

**Tabela 4:** Data de início e final de cada pântada.

INTERVALO ENTRE AS PÂNTADAS			
Nº da Pântada	Período	Nº da Pântada	Período
1	1 a 5 de janeiro	38	05 a 09 de julho
2	6 a 10 de janeiro	39	10 a 14 de julho
3	11 a 15 de janeiro	40	15 a 19 de julho
4	16 a 19 de janeiro	41	20 a 24 de julho
5	20 a 24 de janeiro	42	25 a 29 de julho
6	25 a 29 de janeiro	43	30 a 03 de agosto
7	30 de janeiro a 04 de fevereiro	44	04 a 09 de agosto
8	05 a 09 de fevereiro	45	04 a 13 de agosto
9	10 a 14 de fevereiro	46	14 a 18 de agosto
10	15 a 19 de fevereiro	47	19 a 23 de agosto
11	20 a 24 de fevereiro	48	24 a 28 de agosto
12	25 de fevereiro a 01 de março	49	29 a 02 de setembro
13	02 a 06 de março	50	03 a 07 de setembro
14	07 a 11 de março	51	08 a 12 de setembro
15	12 a 16 de março	52	13 a 17 de setembro
16	17 a 21 de março	53	18 a 22 de setembro
17	22 a 26 de março	54	23 a 27 de setembro
18	27 a 31 de março	55	28 de setembro a 02 de outubro
19	01 a 05 de abril	56	03 a 07 de outubro
20	06 a 10 de abril	57	08 a 12 de outubro
21	11 a 15 de abril	58	13 a 17 de outubro
22	16 a 20 de abril	59	18 a 22 de outubro
23	21 a 25 de abril	60	23 a 27 de outubro
24	26 a 30 de abril	61	28 de outubro a 01 de novembro
25	01 a 05 de maio	62	02 a 06 de novembro
26	06 a 10 de maio	63	07 a 11 de novembro
27	11 a 15 de maio	64	12 a 16 de novembro
28	16 a 20 de maio	65	17 a 21 de novembro
29	21 a 25 de maio	66	22 a 26 de novembro
30	26 a 30 de maio	67	27 de novembro a 01 de dezembro
31	31 de maio a 04 de junho	68	02 a 06 de dezembro
32	05 a 09 de junho	69	07 a 11 de dezembro
33	10 a 14 de junho	70	12 a 16 de dezembro
34	15 a 19 de junho	71	17 a 21 de dezembro
35	20 a 24 de junho	72	22 a 26 de dezembro
36	25 a 29 de junho	73	27 a 31 de dezembro
37	30 de junho a 04 de julho		

Fonte: Adaptado de Kousky (1988). Organizado pela autora.

### 3.1.3 IDENTIFICAÇÃO DOS ACUMULADOS DE PRECIPITAÇÃO

Após a identificação das pântadas que definem o início e o final dos períodos secos e chuvosos na BHRPP foram iniciados os procedimentos de análise dos acumulados de chuva em cada ponto, com o objetivo de reconhecer, no tempo e

no espaço, quais são os registros de chuva mais recorrentes na BHRPP. Acumulados de precipitação representam o quantitativo de chuvas que foi registrado em um dado recorte temporal e sua apreensão permite entender tanto o ritmo habitual, como os excepcionálísimos (MONTEIRO, 1991), bem como se ocorre algum padrão, ou não, na variabilidade temporal das chuvas em determinado lugar.

### **3.1.3.1 Acumulados pântadais, por período e anuais**

Esta etapa buscou analisar os acumulados anuais, sazonais e pântadais nos registros de chuva, com fins de observar a variabilidade em suas múltiplas escalas temporais e, a partir daí, identificar se há padrões em sua ocorrência. Os objetivos que justificam a sua execução variam conforme o recorte de sua abrangência.

Em escala anual o propósito foi quantificar as chuvas registradas entre os anos, permitindo identificar as habitualidades ou as excepcionalidades. Tal procedimento foi realizado calculando o quanto de chuva foi registrado no ano.

Em escala sazonal, os objetivos seriam a identificação das variações interanuais nos regimes secos e chuvosos, possibilitando que o reconhecimento de atributos referentes ao regime de monções e suas particularidades entre os anos da série de dados viesse a ocorrer. O cálculo dos acumulados zonais foi realizado somando o que chovia durante a estação seca e a estação chuvosa de cada ano.

A escala pântadal, por sua vez, permitiu observar se há ou não uma concentração na distribuição temporal das chuvas e se estes eventos possuem algum padrão espacial. Como as chuvas recorrentes no regime de monções são caracterizadas por serem torrenciais, a identificação dos acumulados daria indícios de locais com maior ou menor representatividade da atuação do SMSA na BHRPP.

O fato é que mesmo dentro de um recorte temporal caracterizado por ser seco ou chuvoso, como as fases ativas e inativas do SMSA, pode haver diferenciações na concentração ou intensidade dos acumulados. Carvalho (2004), chega a destacar que estes tipos de eventos podem ocorrer durante a fase mais seca ou mais chuvosa e representarem a materialização de distúrbios em escala intra-sazonal.

Os limiares utilizados contemplam critérios fixos e móveis e foram empregados tanto para a escala anual (ano meteorológico e ano civil), como para os períodos (secos e chuvosos) e para as pântadas (a cada 5 dias). Os parâmetros adotados foram:

- *Recorte civil*: entre 01 de janeiro e 31 de dezembro de cada ano;
- *Recorte meteorológico Fixo*: entre as pântadas de maior frequência da série de dados, identificadas como as de número 30 (final da estação chuvosa) e a 54 (início da estação chuvosa), para todos os anos do período de análise e em todos os pontos teste.

- *Recorte meteorológico móvel*: considerando, ano a ano, as distintas pântadas de início e final que foram encontradas na etapa anterior (item 3.2.1.1).

Os dois primeiros recortes possuem um número fixo de pântadas (73 pântadas no ano civil e no recorte meteorológico fixo), trazendo como vantagem a possibilidade de criar um perfil de dados passível de ser comparado, visto apresentar o mesmo número de dias em suas séries de dados. Já o terceiro recorte contribuiu para a identificação das peculiaridades entre os pontos, dadas as características locais e regionais de seu entorno e entre os anos estudados, por haver uma distribuição heterogênea no quantitativo de pântadas que durou cada ano da metodologia móvel.

O procedimento de sistematização dos acumulados ocorreu considerando os eventos por classe de concentração e intensidade das chuvas. O cálculo se deu por ano e por período e teve por fonte de dados as tabelas organizadas nas etapas anteriores. Foram consideradas as seguintes classes:

- Pântadas com chuvas inferiores a 10mm
- Pântadas com chuvas entre 10,01mm – 20mm
- Pântadas com chuvas entre 20,01mm – 30mm
- Pântadas com chuvas entre 30,01mm – 40mm
- Pântadas com chuvas entre 40,01mm – 50mm
- Pântadas com chuvas entre 50,01mm – 60mm
- Pântadas com chuvas entre 60,01mm – 70mm
- Pântadas com chuvas entre 70,01mm – 80mm
- Pântadas com chuvas entre 80,01mm – 90mm
- Pântadas com chuvas entre 90,01mm – 100mm
- Pântadas com chuvas entre superiores a 100mm

A partir daí, foram considerados dois critérios. Para os dados anuais e sazonais fez-se a somatória dos acumulados de chuva; os dados pântadais foram

sistematizados através da contagem de pêntadas em que os eventos se repetiam. Foi tomada a decisão metodológica de não exclusão dos dias com dados falhos, visto que tal informação poderia mascarar a contagem dos episódios, em contrapartida ao seu uso considerando a aceitação do erro amostral estipulado (**Tabela 5**).

A pequena representatividade atrelada ao percentual de dados faltantes diante da população total de dados indicou não comprometimento dos resultados a serem obtidos. Os pontos 12 e 15 foram os únicos que possuem margem de erro superior a 5%, considerando 99% de certeza e após a exclusão dos anos de 1950, 1951 e 2018, que concentraram as maiores falhas, houve a diminuição da margem de erro das análises. A série de dados adotada nesta etapa passou a ser, portanto, 1952-2017.

**Tabela 5:** Margem de erro para os resultados referentes aos acumulados de chuva.

DIAS SEM DADOS			
Numero	% de dias com falhas (por posto)	Margem de Erro	
		Dias totais	Excluindo os anos de 1950, 1951, 2018
1	0,8	2,46%	2,08%
2	0,4	1,61%	1,61%
3	0,3	1,40%	1,40%
4	1,0	2,72%	2,20%
5	0,3	2,03%	2,03%
6	0,4	1,79%	1,52%
7	1,0	2,64%	0,00%
8	1,8	3,58%	3,58%
9	0,2	1,33%	0,93%
10	0,8	2,33%	3,03%
11	0,4	1,61%	1,61%
12	8,4	8,7	7,49%
13	0,7	2,20%	1,76%
14	0,4	1,64%	1,64%
15	6,9	7,23%	5,72%
16	0,3	1,58%	1,58%
17	0,4	1,61%	1,32%

**Fonte:** Organizado pela autora.

Outra opção adotada, com fins de diminuir as lacunas presentes nas falhas de dados, foi utilizar valores relativos em prol de valores absolutos na criação dos mapas e gráficos. Assim, em substituição à utilização de valores reais resultantes da

contagem de eventos por ponto, estes foram transformados em percentuais em relação à população total, com fins de compreender o quanto o quantitativo de eventos representariam em relação ao todo, de forma padronizada.

A análise dos acumulados também levou em consideração a divisão entre chuvas efetivas e não efetivas. Apesar de haver distintas definições para tais conceitos, entendeu-se como “chuva efetiva”, na presente tese, todos os acumulados de chuvas que foram superiores aos 10mm e que, por serem capazes de ocasionar escoamento superficial ou permitir o desenvolvimento de algumas plantas (AVIAD, et al., 2009), podem exercer influências mais significativas nas dinâmicas socioeconômicas e das paisagens.

Em pesquisas ligadas aos aspectos botânicos ou agrícolas é comum que as chuvas efetivas sejam compreendidas segundo a sua interação com a biota. Lima (1999), por exemplo, define as chuvas efetivas como a soma da precipitação interna e do escoamento pelo tronco. Enquanto que Klassen, Lankreijer e Veen, (1996) ressaltam que estas são caracterizadas por serem a parte das chuvas que atinge o solo. Araújo et al (2014), por sua vez, as consideram em termos de balanço hídrico e fazem a ressalva de que as chuvas inferiores aos 10 mm produzem um coeficiente de escoamento superficial praticamente nulo.

Neste sentido, com fins de diferenciar os acumulados que teriam maiores interações com o ambiente, daqueles de menor significância, optou-se por apresentar os resultados diferenciando-os. Tais resultados além de possibilitar identificar os episódios por classe de intensidade, também auxiliam na confirmação ou refutação da opção adotada no item 3.2.1.1 (de exclusão dos totais acumulados inferiores a 3mm por dia), ao demonstrar qual as porcentagens que representam em relação à série de dados.

### **3.1.4 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS TENDÊNCIAS**

A última etapa referente às análises das séries de dados climáticos foi a da verificação de qual seriam as tendências das chuvas na BHRPP. Estas possibilitaram realizar uma análise temporal do comportamento dos acumulados e reconhecer se haveriam padrões que indicariam estar havendo alguma alteração climática, bem como identificar as áreas com predisposição a um aumento ou diminuição das chuvas. Contribuindo para os propósitos da pesquisa no que cabe ao reconhecimento da

variabilidade climática, seja em escala anual ou episódica.

Conforme ressalta Sant'Anna Neto (2011, p.9) “o uso da estatística aplicada é fundamental para a compreensão da variabilidade dos elementos do clima e identificação da periodicidade e ciclicidade de episódios normais e extremos”. O emprego de técnicas estáticas é de uso recorrente na Climatologia brasileira (SILVESTRE, 2016) e vem se mostrando um interessante instrumento para os estudos que tenham as chuvas como objeto de análise (NASCIMENTO JUNIOR, 2013; LOPES e SILVA, 2015; ARMOND, 2014; OLIVEIRA, 2016; OLIVEIRA, 2021; MANGILI, 2021).

As tendências foram calculadas tendo a série de dados 1951 a 2017 como base de dados e os recortes das análises foram os acumulados totais anuais, os por período seco e por período chuvoso e o quantitativo de pântadas com determinada classe de acúmulo por ano. Utilizou-se do editor de planilhas Excel (*Microsoft*) para a realização dos cálculos das tendências lineares, através do método dos mínimos quadrados, que retornariam aos valores de Y de uma determinada matriz de dados. Esta informação foi a utilizada na criação dos produtos cartográficos (coeficiente y) representativos das tendências obtidas, sendo que os locais que registraram o valor de y positivo apresentaram tendência positiva ou aumento das chuvas, enquanto que Y negativo representaria diminuição das chuvas.

Foi aplicado o teste estatístico não paramétrico de Mann-kendall, o qual, segundo autores como Goossens e Berger (1986) e a própria Organização Meteorológica Mundial (OMM), pode ser considerado o método mais apropriado aos estudos das tendências em séries de dados climáticas. Tal teste “se baseia na hipótese nula ou  $H_0$  que não existe uma tendência na série e, em mais três hipóteses alternativas, sendo as de tendência negativa, tendência zero e tendência positiva” (NASCIMENTO JUNIOR, 2013).

Os resultados obtidos com os cálculos foram inseridos em *softwares* de Geoprocessamento (QGIS) e espacializados, permitindo criar zonas mais ou menos tendentes à secas e chuvas. Utilizou-se, para tal, do método de interpolação multivariada IDW (*Inverse Distance Weigh*), para a criação de zonas a partir de dados pontuais, conforme metodologias aplicadas em trabalhos anteriores (OLIVEIRA, 2013, 2016). O número de pontos utilizado corresponde ao quantitativo de estações meteorológicas selecionadas no item 3.1.1., ou seja, 17.

### **3.2. LEVANTAMENTO DOS ELEMENTOS QUE ORGANIZAM O CLIMA**

Esta etapa contemplou o reconhecimento dos elementos que organizam o SC-BHRPP, os quais podem afetar ou ser afetados pela sazonalidade no regime das chuvas. Parte-se do pressuposto de que é a partir da organização (MORIN, 2013; SANT'ANNA NETO, 2011) que se torna possível conhecer a totalidade do fenômeno.

O fato é que a partir da delimitação de qual será o sistema a ser investigado “definindo os seus elementos e as suas relações, torna-se mais fácil delimitá-lo no espaço e distinguir as suas unidades componentes, interligadas pelas relações internas, e estabelecer os sistemas ambientais controlantes que atuam sobre o sistema através das relações externas” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.4). Estruturas e processos, portanto, se complementam e ao interagirem estabelecem o nível de organização do sistema.

O levantamento dos elementos que compõem o SC-BHRPP foi dividido em duas partes principais: Feições de Superfície e Feições da Atmosfera. As Feições da atmosfera possuem abrangência macroescalar e representam os mecanismos de ordem global que controlam a dinâmica das chuvas na bacia. Já as Feições da Superfície, são definidas como os elementos que compõem as paisagens da BHRPP e seu entorno e possuem ocorrência e abrangência regional/local. Essas serão detalhadas na sequência.

#### **3.2.1 FEIÇÕES DE SUPERFÍCIE**

O levantamento das feições de superfície representa a etapa em que a estrutura do sistema BHRPP foi reconhecida. Pautou-se em estudos clássicos da climatologia brasileira para a seleção de quais elementos priorizar (NIMER, 1979) e considerou-se as novas possibilidades técnicas advindas das geotecnologias para o reconhecimento e sistematização das bases de dados.

Tal etapa se mescla a uma caracterização da área de estudo, com fins de identificar a estrutura presente na bacia e foi realizada a partir de uma síntese de distintas bases de dados socioambientais. O método utilizado para a disposição dos dados foi, principalmente, os mapeamentos e as tabulações.

Com tais resultados, buscou-se caracterizar as paisagens da BHRPP e reconhecer os principais elementos que interagem hierarquicamente com a variabilidade das chuvas. Seja de forma ativa, como as feições de relevo que

ocasionam tipologias climáticas (OLIVEIRA, et al., 2018); seja de forma passiva, como a agricultura e a pecuária, que necessitam do clima enquanto recurso hidrológico de manutenção econômica; há uma gama de interações que precisaram ser identificadas, com fins de compreensão do Sistema Climático – Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna. Este reconhecimento da base territorial da BHRPP se deu a partir de distintas bases de dados e a escolha de quais elementos utilizar priorizou aqueles que teriam ligações diretas ou indiretas com a variabilidade das chuvas.

O levantamento da cobertura da Terra se deu utilizando a coleção 5 do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MAPBIOMAS, 2020), o qual possui um catálogo de 35 anos de dados (1985-2019) e foi publicado em agosto de 2020. A escala de mapeamento do levantamento é de 1:250.000 metros e apresenta resolução espacial de 30 metros conforme ressaltado nos metadados do site oficial do projeto (disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)). Dentre os dados disponíveis fez-se o recorte para o ano de 2019, por ser o mais recente.

Também foram utilizadas imagens de alta resolução, disponíveis no aplicativo para computador *Google Earth Pro* (disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>), o qual se caracteriza por ser um modelo tridimensional do globo terrestre. A seleção dos dados ocorreu conforme disponibilidade no repositório, englobou os anos entre 2018 e 2021 e apresentou resoluções compatíveis com as distintas imagens do aplicativo, prevalecendo aquelas ligadas ao satélite *Landsat 8* (USGS/NASA).

Utilizou-se também informações topográficas. Os dados referentes ao relevo foram fornecidos pelo Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA, 2021) e possuem resolução espacial de aproximadamente 30 metros. Conforme ressalta Valeriano (2005, p. 3596), durante o processamento e levantamento de tais dados originais

as imagens foram copiadas da rede mundial de computadores diretamente do endereço da USGS (United States Geological Survey), em que permanecem disponíveis sob a resolução de 3", ou cerca de 90m (<http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>). Foram capturados dados SRTM de todo o território nacional em segmentos correspondentes às folhas 1:250.000, de 1° de latitude por 1,5° de longitude. A preparação dos dados consistiu na modificação do MDE SRTM original para um novo MDE, com características desejáveis. Entre as modificações pretendidas, listam-se: a resolução melhorada,

de 1" (~30m); a remoção das falhas; redução de artefatos; e distribuição da aleatoriedade.

Além dos três dados citados nos parágrafos anteriores (Uso da Terra, Imagens de Alta Resolução e Altitude), que representaram informações de maior relevância aos propósitos da tese e foram ilustrados de forma separada, outras bases com informações distintas também devem ser citadas. A criação de um mapa geral com um compilado dos principais elementos das paisagens da bacia utilizou informações disponíveis nos sites oficiais das seguintes instituições: Serviço Florestal Brasileiro (SFB), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e Ministério da Infraestrutura (MI).

As informações socioespaciais, por sua vez, foram, em sua maioria, obtidas nos repositórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), disponíveis no agregador de informações @Cidades (<https://cidades.ibge.gov.br/>) ou no Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (<https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>). Em ambos são disponibilizadas informações referentes à população, economia, educação, entre outros dados.

A caracterização da estrutura da BHRPP é apresentada em uma das primeiras partes da seção de resultados, como uma escolha metodológica para a construção do texto da tese. Busca-se facilitar para o leitor que não conhece a área de estudo e suas particularidades para que, quando posteriormente forem citados componentes e interações do SC-BHRPP, este possa se localizar espacialmente.

Outra opção adotada foi dispor as informações em duas unidades escalares: regional (bacia hidrográfica) e local (pontos amostrais). A problemática relativa à estrutura do sistema climático da bacia requereu uma abordagem multiescalar, visto que há fenômenos e interações que só podem ser identificados em uma ou outra escala de abordagem, seja local ou regional.

Se por um lado os municípios, o relevo regional, a disposição dos rios de primeira ordem e os parques nacionais e estaduais estão entre os componentes que precisam ser ilustrados a partir de uma perspectiva em escala menor; há particularidades, como a ocorrência de estações localizadas próximo a grandes corpos hídricos ou distritos, que requerem uma perspectiva do lugar, materializada sob a ótica de pontos amostrais.

Partindo de tais pressupostos, considerou-se os pontos amostrais selecionados em etapas anteriores (subitem 3.1.1), a partir dos quais foram criados

*buffers* com raios de 1km e 10km utilizando de *softwares* de geoprocessamento, com fins de reconhecimento do seu entorno imediato. Os metadados referentes aos limites naturais da bacia hidrográfica ortocodificada foram levantados a partir do banco de dados da Agência Nacional das Águas (ANA).

O manuseio dos dados e a posterior disposição em formato de mapas temáticos ocorreu utilizando o *software* de informação geográfica Qgis 3.10.12, o qual é de acesso livre e gratuito. Os mapeamentos possibilitaram a proposição de uma análise espacializada e geográfica dos componentes da bacia e o reconhecimento de suas interações com o fator climático.

### **3.2.2 FEIÇÕES DA ATMOSFERA**

As Feições da Atmosfera dizem respeito às forçantes e mecanismos atmosféricos que foram selecionadas enquanto possibilidades argumentativas para se confirmar uma das inquietações iniciais do estudo, de que há uma variabilidade na distribuição das chuvas. Desta forma, se é o regime de monções Sul-americano o fenômeno escolhido e, se busca-se comprovar a integração da BHRPP entre o SMSA, foram os elementos ligados a ele os apreendidos.

#### **3.2.2.1 Análises dos fluxos: ventos em superfície**

Se por um lado a confirmação de que há um regime de monções bem definido viria com a etapa subitem 3.1.2.1, na qual são identificados os limiares temporais de início e final do período chuvoso, por outro, a identificação de como estaria a atmosfera durante estes recortes temporais possibilitaria reconhecer os processos e fluxos que ocasionariam a gênese de tais regimes, por intermédio do levantamento da circulação atmosférica global.

Neste contexto, considerando autores como Zhou e Lau (1998) e Gan, Rodrigues e Rao (2009) que ressaltam a diferenciação dos ventos e suas sazonalidades como uma das componentes que confirmam um regime de monções, optou-se pela utilização de dados de reanálise para contemplar tal questão. Como dito anteriormente (sub-item 2.2.1) o SMSA também é caracterizado por padrões de circulação atmosférica, na qual há uma diferenciação no sentido dos ventos durante a fase ativa e inativa das monções.

Para a análise dos ventos em superfície, utilizou-se dos dados de direção

e velocidades médios do Laboratório de Ciências Físicas da NOAA (Physical Sciences Laboratory – NOAA), considerando como recorte espacial os limites territoriais da América do Sul. Os limiares temporais, por sua vez, foram definidos a partir de alguns critérios como: anos com características similares agrupados através da técnica *Ward*; e meses em que se iniciam ou finalizam os períodos secos e chuvosos levantados em etapas anteriores (subitem 3.1.2.1).

A busca por padrões interanuais se embasa na necessidade de reconhecimento de quais mecanismos atuaram nestes anos, a partir de aferições observadas nas anomalias nos gradientes de pressão e ventos. Mensalmente, seria possível identificar o posicionamento da ZCIT e de outros campos barométricos durante cada fase do ciclo de vida da monção. Esta busca pela compreensão dos fluxos e processos contemplou as fases inicial, desenvolvimento, madura e pós monção, propostas de Zhou e Lau (1997), definidas como:

- Fase 1 - *pré monção*: outubro/novembro;
- Fase 2 – *desenvolvimento*: novembro/dezembro;
- Fase 3 – *madura*: janeiro/fevereiro;
- Fase 4 - *dissipação*: fevereiro/março;
- Fase 5 - *pós monção*: março/abril.

### **3.3. MAPA SÍNTESE: O SISTEMA CLIMÁTICO BHRPP**

A última etapa da pesquisa foi a proposta de um mapa síntese que representasse o Sistema Climático da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna. Tal mapa teve por intuito ilustrar a síntese do que foi observado em relação ao comportamento das chuvas na bacia e, portanto, não deve ser confundido com uma classificação climática. Reconhece-se que, embora ambos os produtos sejam fruto de análises complexas e se baseiem em múltiplos atributos para serem confeccionados, diferentemente de uma classificação climática em que classes são identificadas de maneira sistemática e seguindo rigorosos procedimentos analíticos, o mapa proposto não tem limites rígidos e busca destacar de maneira fluída as sobreposições entre estruturas, processos e dinâmicas de maior destaque ao longo das etapas anteriores.

Assim, todos os métodos utilizados na pesquisa podem ser vistos como instrumentos de suporte para esta síntese, especialmente aqueles que resultaram em

tabelas, gráficos e mapas. O procedimento adotado envolveu a sobreposição dos mapas produzidos em todas as fases da pesquisa, a partir dos quais foram identificados os atributos mais significativos para a bacia, considerando aqueles com maior influência na variabilidade das chuvas e que possibilitaram o mapeamento do SC-BHRPP. Além disso, optou-se por empregar os princípios da semiologia gráfica da cartografia temática para apresentar os elementos que descrevem os atributos do sistema.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

---

A estruturação do texto de exposição e discussão dos resultados levou em consideração a busca por uma visão sistêmica do clima da BHRPP e se subdivide em quatro partes principais, à saber:

- parte 1 - “A estrutura geral que organiza o clima na BHRPP”, na qual são apresentados os principais elementos que compõem as paisagens naturais e/ou antropizadas presentes na área de estudo;
- parte 2 - “As dinâmicas climáticas na BHRPP: distribuição espaço-temporal das chuvas”, evidenciando a distribuição espacial e temporal das chuvas;
- parte 3 - “Processos e interações: a gênese das chuvas na BHRPP”, que enfatiza os processos genéticos do clima da BHRPP e tem os mecanismos que organizam o SMSA como uma exemplificação dos fluxos que originam as tipologias de chuva, bem como os processos que envolvem a formação das chuvas orográficas foram apresentados nessa seção; e
- parte 4 – “Sistema Climático – BHRPP: Esboços para uma síntese climática”, na qual se propõe uma síntese dos resultados obtidos.

Uma opção adotada na exposição dos resultados foi a de priorizar por uma perspectiva multiescalar e multitemporal, apresentando e localizando os fenômenos no tempo e no espaço. Parte-se da premissa de que “enquanto a análise espacial em Climatologia não pode ser desvinculada da variação temporal, esta análise de temporalidade não pode dispensar o apoio espacial” (MONTEIRO, 1991, p.134).

Ao buscar responder se o relevo é o principal modulador em escala local-regional nas chuvas da referida bacia, teorizando se “seria o relevo um fator geográfico tão importante a ponto de sobrepor ou completar as monções Sul-americanas no recorte territorial da BHRPP?”, as análises pretendidas incorporaram as excepcionalidades e geo-potencialidades climáticas da região, tentando identificar hierarquias entre os moduladores e forçantes, bem como nas respostas climáticas.

#### **4.1 A ESTRUTURA GERAL QUE ORGANIZA O CLIMA NA BHRPP**

Conforme ressalta Sant’Anna Neto (2011, p.10), na dimensão escalar dos mesoclimas, “não só os mecanismos físicos naturais do clima determinam sua dinâmica, como a forma com que a sociedade tem organizado os seus territórios implica em interferências nas interações atmosfera/superfície terrestre, capaz de gerar

modificações nas características dos padrões climáticos”. A progressiva transformação da paisagem constitui-se em fator que também pode influenciar nos regimes climáticos regionais (SANT’ANNA NETO, 2011) e, assim como o relevo e a circulação atmosférica global, serem responsáveis por parte de sua variabilidade.

Tal afirmação é, pois, necessária, mas deve ser discutida em paralelo a outras perspectivas visto que interações microescalares resultam principalmente em somatórios microescalares, ou seja, esta é sua principal escala de origem, abrangência e influência. O fato é que a escala de origem do evento pode ou não ser também a sua escala de impacto.

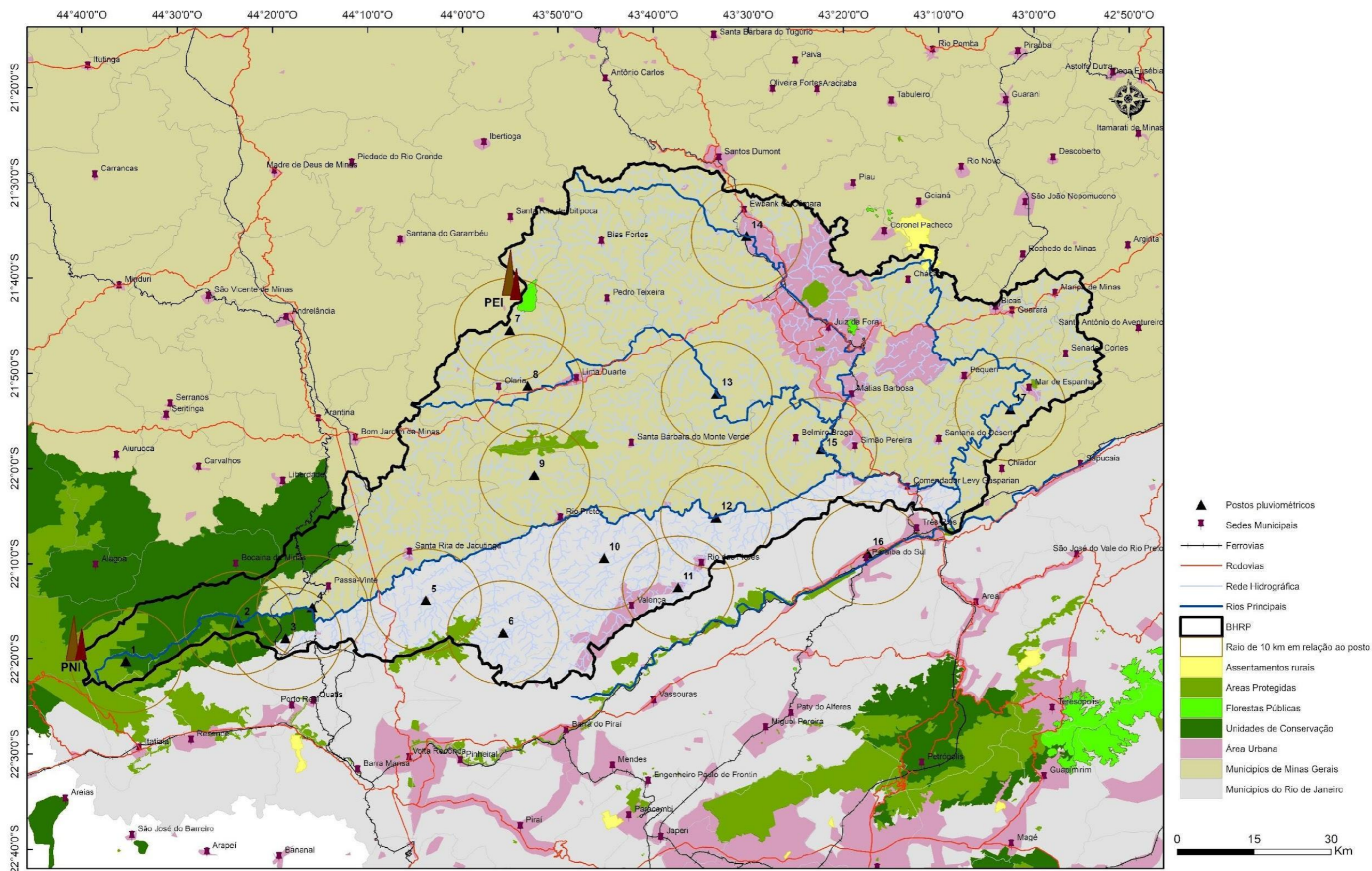
A gênese das chuvas, por exemplo, está relacionada à dinâmica das massas de ar em mesoescala, mas cujos impactos aparecem em microescala. A intervenção antrópica, por sua vez, pode estar relacionada tanto com a formação de um clima urbano (gênese do evento climático) como também aos seus impactos (poluição do ar, desconforto térmico) em microescala urbana. Micro e mesoescalas se complementam e criam as particularidades a cada novo evento, devendo-se considerar sua posição no sistema.

As estruturas presentes na BHRPP são caracterizadas pela presença de ambientes naturais coabitando com elementos antrópicos (**Figura 9**). Suas paisagens foram se produzindo ao longo dos anos seguindo as necessidades socioeconômicas de cada ciclo econômico brasileiro, que trouxeram rugosidades (SANTOS, 2014) para o espaço da bacia e, conjuntamente ao meio natural, impõe peculiaridades intrínsecas à mesma. Sua estrutura é, pois, caracterizada pelas feições e interações entre os fatores fixos de formação do clima (NIMER, 1979), característicos da região Sudeste do Brasil (SANT’ANNA NETO, 2005), mas com particularidades intrínsecas à realidade e historicidade de cada local.

O território demarcado pela BHRPP possui uma área de 8.593 km<sup>2</sup> e abrange 36 municípios, sendo 9 pertencentes ao estado do Rio de Janeiro e 27 ao estado de Minas Gerais (**Tabela 6**). O maior município é Juiz de Fora, que representa um polo regional em termos de serviços e estruturas, configurando-se como referência de infraestrutura em saúde e educação para os municípios de seu entorno. A população estimada deste município em 2021 foi de 577.532 habitantes (IBGE, 2021), sendo o 36º mais populoso do país e o 4º mais populoso do estado de Minas Gerais.

Figura 9 - Elementos constituintes das paisagens da BHRPP.

## ESTRUTURAS: ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO



Fonte: Organizado pela autora, a partir de fontes diversas.

Prevalecem na bacia os municípios de até 10.000 habitantes, computando 22 municípios; 6 municípios entre 10.000 e 20.000 habitantes; 5 entre 20.000 e 100.000 habitantes; 2 entre 100.000 habitantes e 500.000 habitantes e apenas Juiz de Fora com população superior a este quantitativo. Os municípios mais populosos, com exceção de Juiz de Fora, estão localizados no estado do Rio de Janeiro, os quais, apesar de serem minoria (9 municípios), detêm juntos 40% da população da BHRPP.

**Tabela 6** - Aspectos gerais dos municípios que compõem a BHRPP.

MUNICIPIOS QUE SOBREPÕEM À BHRPP					
Município	UF	População estimada [2021]	Área da unidade territorial [2020]	IDHM [2010]	Bacia Hidrográfica
Antônio Carlos	MG	11.471	529,92	0,68	Rio Paraibuna
Belmiro Braga	MG	3.422	393,09	0,66	Rio do Peixe; Rio Preto; Rio Paraibuna
Bias Fortes	MG	3.282	283,54	0,62	Rio do Peixe
Bicas	MG	14.612	140,08	0,74	Rio Cágado
Bocaina de Minas	MG	5.088	503,77	0,65	Rio Preto
Bom Jardim de Minas	MG	6.444	412,02	0,67	Rio do Peixe; Rio Preto
Chiador	MG	2.657	252,85	0,71	Rio Cágado; Rio Paraibuna
Chácara	MG	3.216	152,81	0,66	Rio Cágado; Rio Paraibuna
Ewbank da Câmara	MG	3.932	103,83	0,68	Rio Paraibuna
Guarará	MG	3.755	88,66	0,65	Rio Cágado
Juiz de Fora	MG	577.532	1.435,75	0,78	Rio do Peixe; Rio Paraibuna; Rio Cágado
Lima Duarte	MG	19.069	848,56	0,71	Rio do Peixe
Mar de Espanha	MG	16.749	371,60	0,68	Rio Cágado
Maripá de Minas	MG	3.000	77,34	0,68	Rio Cágado
Matias Barbosa	MG	14.626	157,07	0,72	Rio do Peixe; Rio Paraibuna; Rio Cágado
Olaria	MG	1.694	178,24	0,64	Rio do Peixe
Passa Vinte	MG	2.024	246,57	0,65	Rio Preto
Pedro Teixeira	MG	1.804	112,96	0,64	Rio do Peixe
Pequeri	MG	3.340	90,83	0,69	Rio Cágado
Rio Preto	MG	5.493	348,05	0,68	Rio Preto
Santa Bárbara do Monte Verde	MG	3.212	417,93	0,61	Rio do Peixe
Santa Rita do Ibitipoca	MG	3.380	324,23	0,63	Rio do Peixe
Santa Rita do Jacutinga	MG	4.843	420,94	0,68	Rio do Peixe; Rio Preto
Santana do Deserto	MG	3.985	182,66	0,65	Rio Cágado, Rio Paraibuna
Santos Dumont	MG	46.357	637,37	0,74	Rio Paraibuna
Senador Cortes	MG	2.001	98,34	0,67	Rio Cágado
Simão Pereira	MG	2.621	135,69	0,64	Rio Cágado, Rio Paraibuna
Barra do Pirai	RJ	101.139	584,61	0,73	Rio Preto
Comendador Levy Gasparian	RJ	8.590	108,64	0,69	Rio Preto; Rio Paraibuna
Itatiaia	RJ	32.312	241,04	0,74	Rio Preto
Paraíba do Sul	RJ	44.741	571,12	0,70	Rio Preto
Quatis	RJ	14.562	284,83	0,69	Rio Preto
Resende	RJ	133.244	1.099,34	0,77	Rio Preto
Rio das Flores	RJ	9.401	478,78	0,68	Rio Preto
Três Rios	RJ	82.468	322,84	0,73	Rio Preto
Valença	RJ	77.202	1.300,77	0,74	Rio Preto

Fonte: IBGE cidades (2021), disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>.

Neste sentido, por se tratar de uma bacia hidrográfica em que grande parte dos municípios possuem população inferior aos 20.000 habitantes (28 municípios),

tem-se que os adensamentos urbanos representam apenas uma pequena parcela do uso do solo da BHRPP. Apenas Juiz de Fora (MG) e Valença (RJ) possuem urbanização com expressiva representatividade e que pôde ser visualizada na escala 1:600.000 do mapa da figura 9.

A disponibilidade hídrica para a população de tais municípios é dependente da dinâmica climática interanual, havendo uma infraestrutura de planejamento territorial composta de diversos reservatórios com fins de armazenar as chuvas para os períodos de estiagem. Represas artificiais como a Dr. João Penido, no município de Juiz de Fora, a Chapéu D'Uvas, em Santos Dumont, e Ewbanck da Câmara e a represa do Pinho, também em Santos Dumont, são alguns exemplos de ações com fins de planejamento frente aos regimes climáticos.

É comum para a região onde se localiza a BHRPP a emissão de decretos com fins de alertar a população para períodos de estiagens mais severas, bem como para intensas chuvas. Ferreira e Moreira (2018), ao pesquisarem as crises hídricas na região Sudeste do Brasil com ênfase às situações de seca e estiagem no período de 2003-2017, constataram que Minas Gerais foi o estado com o maior quantitativo de decretos publicados, somando 1.985, que se distribuem entre 208 municípios localizados principalmente na porção norte ou semiárido mineiro. O estado do Rio de Janeiro, por sua vez, durante o período analisado, contabilizou apenas 25 decretos, com 19 municípios afetados, os quais estão próximos à foz do Rio Paraíba do Sul, nas porções Norte e Noroeste fluminense.

Ainda segundo Ferreira e Moreira (2018, p.30), a porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que são os afluentes dos rios Preto, Paraibuna, Pomba e Muriaé, “não registraram um número significativo de decretos municipais e situações de seca e estiagem no período analisado”. No entanto, a bacia foi “fortemente afetada pela escassez hídrica que impactou a região Sudeste no biênio 2014-2015”, ou seja, a gênese apontou para a redução das chuvas, mas os impactos foram relativos, indicando desvios em relação aos acumulados médios.

Também os impactos atrelados aos excedentes hídricos são verificados na BHRPP (**Figura 10**). Ruas alagadas, possibilidade de movimentação de terra, deslizamentos e inundações são alguns dos desastres que, atrelados ao fenômeno climático, ocasionam transtornos nas áreas em que o planejamento territorial ainda não se mostra eficiente (VEYRET, 2007). A dinâmica das vazões dos corpos hídricos

é pauta de debate em distintos níveis de planejamento territorial, mas ainda ocasiona transtornos à uma parte da população, mais pobre e suscetível socioeconomicamente.

**Figura 10** – Exemplos de reportagens que tenham os déficits ou excedentes hídricos em municípios da BHRPP como problemática central.

**VEICULOS DE COMUNICAÇÃO: CHUVAS OU ESTIAGENS NA BHRPP**

**Período de estiagem acende alerta sobre níveis de reservatórios e uso consciente da água em Juiz de Fora**

Apesar de a situação dos mananciais em 2020 estar melhor do que 2019, diretor técnico-operacional da Cesama ressalta a importância de economizar. O G1 também conversou com um climatologista que analisou o cenário no município; veja dados e como reduzir o consumo.

Por Caroline Delgado, G1 Zona da Mata  
20/09/2020 13h18 - Atualizado há um ano

**Juiz de Fora Prefeitura**

Portal de Notícias

NOTÍCIAS PREFEITA

JUIZ DE FORA - 20/12/2021 - 19:04

Prefeita assina decreto que declara situação de emergência e proíbe movimentação de terra no município

**SUL DO RIO E COSTA VERDE**

22/01/2015 20h53 - Atualizado em 20/01/2015 20h53

**Falta d'água provoca transtornos em Conservatória, distrito de Valença, RJ**

'Temos que depender de carro-pipa', diz proprietário de padaria. Segundo Cedae, problema é causado pela estiagem e aumento do consumo.

**Legislação Municipal de Juiz de Fora**

Prefeitura Municipal; Visando facilitar o acesso e o conhecimento das leis do Município de Juiz de Fora

DECRETO Nº 14.970 DE 11 DE JANEIRO DE 2022.

Declara Situação de Emergência em decorrência de novos desastres em outras áreas do Município de Juiz de Fora, que geraram o agravamento das condições anteriormente identificadas no Decreto nº 14.935 - de 20 de dezembro de 2021, por força de Tempestade Local/Convectiva/Chuvas Intensas - Nº 1.3.2.1.4 - COBRADE, conforme a Instrução Normativa MDR nº 36/2020.

**OTEMPO**

JUIZ DE FORA

**Juiz de Fora decreta estado de emergência após fortes chuvas**

Defesa Civil registrou 27 boletins em função das temporais num período de três dias

Por Luciana Pereira

**itatiaia**

Juiz de Fora

CHUVA

**JF: Chuvas voltam a causar alagamentos no bairro Industrial**

15 de fevereiro de 2022

Fonte: Organizado pela autora, a partir de reportagens diversas.

Estudos realizados por Oliveira (2021, p. 292), com ênfase para os riscos associados às chuvas entre 1980-2018 na cidade de Juiz de Fora indicam que os impactos hidrológicos “têm aumentado com o passar dos anos, em função da própria intensificação da impermeabilização do solo demandando maior vazão dos sistemas de drenagem que já se encontram defasados”. O mesmo autor faz ressalvas ao fato de que “as regiões de planejamento com maior crescimento populacional também observam as maiores percentagens de aumento no número de impactos ao longo do período” (OLIVEIRA, 2021, p.292). Tais impactos são decorrentes de fenômenos climáticos, com ênfase para a variabilidade das chuvas.

A BHRPP tem sua base econômica na agricultura e pecuária que tem uma relação direta com os ciclos econômicos brasileiros (VALVERDE, 1958) e vem se intensificando nos últimos anos (IBGE, 2018). O tipo de solo atrelado ao modelado do relevo e às tipologias climáticas condicionam o cultivo de certos alimentos, tornando possível dizer que a sua caracterização em termos de diversidade e quantitativo de produção tem relações diretas com as informações climático-topográficas da região.

A agricultura, uma das principais atividades econômicas dos municípios que integram a bacia, tem seus ritmos atrelados aos regimes das chuvas. Conforme ressalta Veiga (2003, p.32)

um ano de monção fraca, isto é, total de chuva abaixo do normal, geralmente corresponde a um baixo rendimento na colheita. Reciprocamente, um ano de forte monção produz abundância na colheita, embora uma grande quantidade de chuva possa produzir devastação e enchentes. Um início das chuvas de monção atrasado ou antecipado pode ter efeitos devastadores na agricultura, portanto, torna-se de fundamental importância a previsão do início da monção e de sua variabilidade ao longo dos anos.

O fato é que as etapas de preparo do solo, plantio e colheita seguem, geralmente, os períodos sazonais influenciados pelo ritmo das chuvas na região. Mesmo que exista algum tipo de infraestrutura mecanizada sendo utilizada por alguns produtores da região, estas ainda são em minoria visto a produtividade rural na bacia ser, principalmente, ligada a pequenos agricultores.

Dentre os cultivos, há prevalência de plantações perenes como o milho, o feijão e a batata inglesa; frutas como a laranja, a banana, o limão, a tangerina, o abacate, a goiaba, o café, a cana-de-açúcar e a manga e outros cultivos anuais como a mandioca, o eucalipto, entre outros (IBGE, 2018). Há municípios, como por exemplo Mar de Espanha, que apresentam uma maior diversidade de cultivos, enquanto em

outros, como Lima Duarte, onde são verificados apenas 7 cultivos principais. Mar de Espanha é, inclusive, um dos únicos dentre os estudados que apresenta a colheita de abacate, maracujá e manga, bem como, é o que detém a maior produção de café, tomate e de laranja (IBGE, 2018). Lima Duarte se localiza em uma região da BHRPP marcada por uma grande influência dos elementos climáticos e edáficos que delimitam paisagens muito específicas, como as Nanoflorestas nebulares (MOREIRA, 2017), além dos Campos Rupestres, Cerrados de Altitude e Matas (RODELA e TARIFA, 2001), comuns na região.

Há especificidades também em outros municípios, como por exemplo Passa Vinte, em que há a produção de batata inglesa, e Valença, onde é desenvolvido o cultivo do caqui; ambos também cultivam palmito. Juiz de Fora e Rio das Flores apresentam exclusividade na produção de limão e são os maiores produtores de tangerina dentre os analisados (IBGE, 2018). O município de Resende é caracterizado por apresentar significativa produção de mandioca e, juntamente com outros municípios localizados no estado do Rio de Janeiro (Valença e Rio das Flores), são os menores produtores de milho e feijão na bacia.

Neste contexto, a diversidade de cultivos produzidos na bacia demonstra e evidencia uma variabilidade espacial climática, que se diferencia de um município para outro e permite o sucesso da produtividade. Conforme ressaltado nas circulares técnicas das “Recomendações Técnicas para o Cultivo” (EMBRAPA, 2021), cada espécie vegetal possui exigências termo hídricas próprias, as quais, podem garantir o êxito da colheita, quando há um equilíbrio, ou favorecer para o não desenvolvimento da planta, quando desequilíbrios são observados.

Como dito anteriormente, existem algumas propriedades que possuem algum tipo de irrigação artificial, mas são poucas devido aos altos custos atrelados a esta prática. A pecuária, outra atividade econômica que prevalece na região, seja de gado de leite ou de corte, também é influenciada pela dinâmica climática. Grande parte da alimentação destes animais é fruto de áreas de pastagens, reduzindo a biomassa em períodos com menos chuvas. Mesmo não sendo perenes, a pastagem acaba sendo influenciada pela estiagem de 3 a 5 meses, característica da região (SANT’ANNA NETO, 2005). A prática de conservar o alimento animal por meio de silagem vem sendo utilizada com fins de diminuir o impacto do regime das chuvas na plantação.

As indústrias, outro tipo de atividade presente na BHRPP, estão localizadas principalmente nas regiões limítrofes ao município de Juiz de Fora. Este município concentra 22 indústrias, conforme ressaltado pelo Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços (Mdic, 2019), havendo, inclusive, um centro industrial (Centro Industrial de Juiz de Fora) fundado em 1926.

A relação entre indústrias e clima é distinta e, se por um lado a presença de indústrias na região vem ocasionando a perda da qualidade do ar, por outro, há prejuízos atrelados às alterações nos regimes climáticos quando em ocorrência de eventos climáticos extremos. Há, portanto, a necessidade de um investimento no gerenciamento do risco, visto que a água é usada em praticamente todos os setores da indústria (JURAS, 2015).

A indústria têxtil, por exemplo, apresenta “níveis elevados de consumo de água por quilo de malha processada, podendo variar dependendo do tipo de equipamento, processo ou fibra utilizada” (TWARDOKUS, 2004); de tal maneira que em anos em que o regime das chuvas é tendente à seca, tem-se que tal setor pode ser afetado. Para tentar sanar este tipo de empecilho, pesquisadores vêm propondo novas possibilidades sobre o consumo mais consciente da água, como aquele através do reuso (ESTENDER e PINHEIRO, 2015).

Porém, apesar de haver muitos usos dado a terra delimitada pelo território representado pela BHRPP, esta é caracterizada principalmente por áreas de pastagens e agrícolas em meio a fragmentos de vegetação nativa, possuindo uma dinâmica econômica eminentemente rural. As áreas de vegetação estão restritas às maiores altitudes da BHRPP (superiores aos 1000 metros), sendo encontradas tanto áreas protegidas, como também florestas públicas e unidades de conservação.

Dentre tais áreas de preservação e conservação, podemos citar algumas de maior relevância em termos de área territorial (**Tabela 7**). Porém, é preciso fazer a ressalva de que mesmo aquelas com menores dimensões e que, portanto, não foram citadas, representam refúgios de faunas e floras endêmicas e representam locais a serem preservados, pois possuem combinações e características específicas de biota, solos e clima.

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), por exemplo, possui predominância de vegetação do tipo rupestre em meio a pequenos trechos de mata, pois se localiza na transição entre a “Savana” e o “Contato Floresta Ombrófila/ Floresta Estacional”. A porção do Parque Nacional de Itatiaia (PNI) que se localiza na BHRPP, por sua vez,

possui uma vegetação exuberante e de mata densa, do tipo “Floresta Ombrófila Densa”, dada a disponibilidade hídrica que as abundantes chuvas orográficas trazem à região.

**Tabela 7 - Florestas Públicas de relevância territorial.**

FLORESTAS PÚBLICAS						
Nome	Sigla	Ano de Criação	Área (ha)	Administração	Municípios	Outras Informações relevantes
Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira	APASM	1985	437.192,11	ICMBIO	27 municípios, dentre os quais sobrepõem a BHRPP: Bocaina de Minas, Resende, Passa Vinte e Itatiaia	
Parque Nacional do Itatiaia	PNI	1937	28.084,10	ICMBIO	Bocaina de Minas, Itamonte, Resende e Itatiaia	Apresenta altitudes variando entre 600 e 2.791 m (ICMBIO, 2021). Seu ponto culminante é o Pico das Agulhas Negras, o 5º mais alto do Brasil.
Estação Ecológica Mar de Espanha	EEME	1974	220	IEF	Mar de Espanha	
Unidade de Conservação Municipal Poço D'Antas	UCMPA	1982	277	ICMBIO	Juiz de Fora	Unidade de Conservação localizada em área urbana (SANTIAGO, et al. 2007)
Parque Natural Municipal da Cachoeira da Fumaça e Jacuba	PNMCFJ	1988	363	INEPAC	Resende	
Parque Estadual da Serra Pelada	PESP	2012	8.036	INEA	Resende e Itatiaia	
Parque Estadual do Ibitipoca	PEI	1973	1.488	IEF	Santa Rita de Ibitipoca e Lima Duarte	

**Fonte:** Organizado pela autora a partir de fontes diversas.

Há na BHRPP um assentamento rural intitulado Denis Gonçalves, em homenagem a um jovem do assentamento Olga Benário (MG) falecido em um acidente (CARVALHO, 2018). O assentamento é fruto de uma desapropriação feita pela reforma agrária em 2009 e, atualmente, abriga 120 famílias, localizado nos limites dos municípios de Goianá (MG), Chácara (MG) e São João Nepomuceno (MG) onde, conforme ressalta Carvalho (2018), se localizava a antiga Fazenda Fortaleza de Sant’Anna.

A Fazenda Fortaleza de Sant’Anna possui uma história de pelo menos 200 anos e teve o café como uma de suas principais economias por um longo período. O declínio da produtividade da fazenda se deu após os anos 2000, quando “um incêndio destruiu a edificação da casa-grande, ocasionando uma grave lacuna material e

simbólica dentro do conjunto edificado da sede. Depois disso, os proprietários pouco visitavam o lugar e os demais imóveis passaram por um período de descuido, com escassez de verbas para manutenção” (CARVALHO, 2018, p.19). Ao se tornar improdutivo e devido a sua extensão territorial de 4.213 ha, a fazenda foi classificada como latifúndio improdutivo segundo o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), sendo desapropriada em 2009, ocupada em 2010 e oficializada via portaria do INCRA em 2014 (CARVALHO, 2018).

A influência da dinâmica climática para a manutenção do assentamento se atrela a sua extensão em agricultura familiar, visto o caráter rural que tal território representa. A prática da agroecologia, da apicultura, da horta e da produção de leite são atividades que são desenvolvidas na área, sejam elas para consumo ou fonte de renda e que podem ser beneficiadas pelo conhecimento dos regimes das chuvas.

Este breve levantamento das principais estruturas presentes na BHRPP demonstram a diversidade de ambientes e elementos que compõem suas paisagens, indicando haver uma infinidade de componentes que se inter-relacionam e contribuem para a produção e organização de seu sistema. No entanto, apesar de darem um indicativo das relações que ocorrem em mesoescala, por terem sido apresentadas em relação ao nível escalar delimitado pelos limites da bacia, não permitiram identificar as particularidades. Havendo a necessidade de realização de uma descrição mais detalhada do entorno imediato aos postos pluviométricos.

#### **4.1.1 Pontos amostrais: levantamento em nível mais detalhado**

Foi providenciado um levantamento mais detalhado dos locais onde estão alocadas as estações meteorológicas, buscando reconhecer as características de tais sítios. A importância atribuída ao reconhecimento das peculiaridades de cada localidade tem o intuito de, quando em análise dos resultados climáticos, entender como as especificidades de cada localidade se interligam ou reagem às modulações de macroescala.

Neste sentido, informações relevantes sobre cada um dos pontos teste estudados, com ênfase para um raio de até 10 km destes, serão apresentadas a seguir. A identificação de padrões nos aspectos climáticos, morfológicos e de usos e coberturas do solo, sejam estes similares e/ou discordantes entre os pontos amostrais e em comparação com as características da região, trará subsídios para uma análise

mais aprofundada das estruturas que organizam o clima na BHRPP e que elucidam possíveis gênese para a variabilidade espacial das chuvas.

Dentre os pontos amostrais analisados (**Tabela 8**), 10 estão localizados na bacia hidrográfica do rio Preto (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 11); 3 na do rio do Peixe (7, 8 e 13); 2 na do rio Paraibuna (14 e 15); 1 na do rio do Cágado (17) e 1 fora dos limites da BHRPP, na bacia do Rio Paraíba do Sul (16), na qual o rio Preto deságua. Cada uma das sub-bacias representa unidades naturais sistêmicas próprias, sendo uma característica interessante a ser considerada na análise dos resultados climáticos, devido ao fato de haver peculiaridades a cada uma e elementos que as unem compondo a BHRPP. Dentre as sub-bacias a maior em extensão é a do Rio Preto (2,950 ha), seguida da do Rio do Peixe (2,053 ha), da do Rio Paraibuna (1,457 ha) e do Rio Cágado (1,016 ha).

**Tabela 8** - Características gerais dos pontos amostrais.

ASPECTOS DA PAISAGEM						
n°	Relevo			Vegetação		Hidrografia
	Altitude	Forma	Unidade	Região Fitoecológica	Bioma	Bacia Hidrográfica
1	1245	Serras	Serras da Mantiqueira e Itatiaia	Floresta Ombrófila Densa	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
2	950	Serras	Serras da Mantiqueira e Itatiaia	Floresta Ombrófila Densa	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
3	720	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
4	550	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Ombrófila Densa	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
5	544	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
6	550	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
7	970	Serras	Serras da Mantiqueira e Itatiaia	Contato Floresta Ombrófila e Floresta Estacional	Mata Atlântica	B. H. Rio do Peixe
8	710	Planaltos	Planaltos dos Campos das Vertentes	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio do Peixe
9	798	Serras	Serras da Mantiqueira e Itatiaia	Contato Floresta Ombrófila e Floresta Estacional	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
10	497	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
11	444	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
12	396	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Preto
13	442	Planaltos	Planaltos dos Campos das Vertentes	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio do Peixe
14	720	Planaltos	Planaltos dos Campos das Vertentes	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Paraibuna
15	451	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B. H. Rio Paraibuna
16	300	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B.H. Rio Paraíba do Sul
17	452	Depressões	Depressão do Rio Paraíba do Sul	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Atlântica	B.H. Rio Cágado

**Fonte:** Organizado pela autora à partir de fontes diversas.

Em termos vegetacionais (**Figura 11**), tem-se que a BHRPP está inserida totalmente no Bioma Mata Atlântica e possui pontos localizados em floresta Ombrófila Densa (1, 2 e 4), floresta Estacional Semidecidual (3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) e contatos entre estas florestas com a Floresta Estacional (7 e 9). Outras subdivisões também podem ser observadas em regiões específicas como a vegetação Rupestre presente no PEI.

Analisando um raio de 10km em relação aos pontos amostrais, tem-se que, conforme ressalta o levantamento do Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil (MAPBIOMAS, 2020), há a predominância de Formação Florestal no entorno do ponto 1. Os pontos 2, 3, 4 e 9 apresentam maior homogeneidade na proporção entre Formação Florestal e pastagem; o restante dos pontos possui maior quantidade de Pastagem que de Formação Florestal, sendo o ponto 10 o menos vegetado. É possível constatar, ainda, que a porção pertencente ao Estado de Minas Gerais possui, proporcionalmente à extensão territorial, maior quantitativo de áreas vegetadas. Tal fato se alinha ao citado anteriormente, de que os municípios pertencentes ao Rio de Janeiro são mais populosos, o que pode estar justificando uma maior área desmatada.

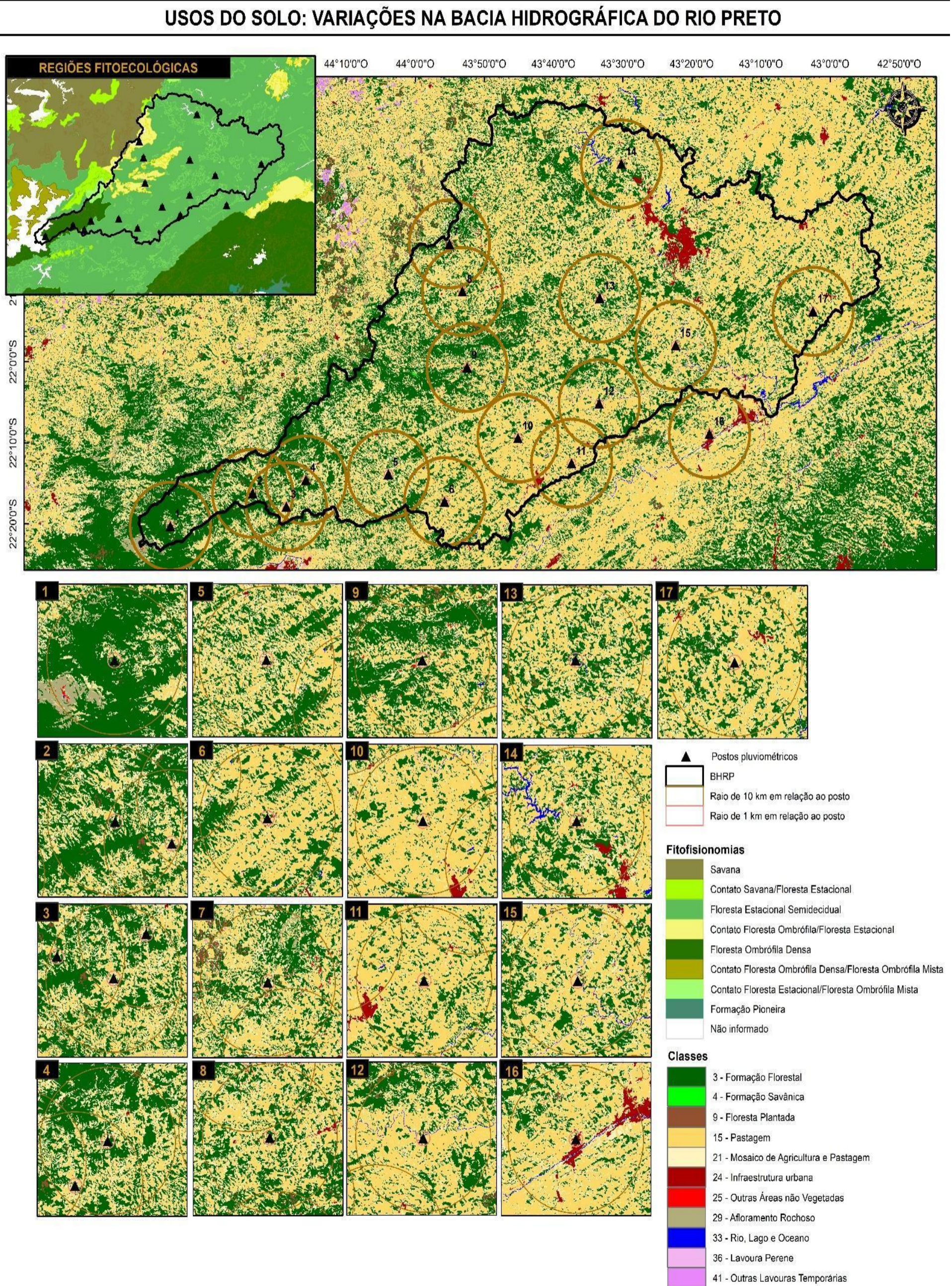
Comparando tais resultados com os encontrados em imagens de alta resolução (**Figura 12**), temos que algumas particularidades puderam ser identificadas:

- o ponto 1 se localiza próximo a uma região de afloramentos rochosos, comuns nas paisagens encontradas no Parque Nacional da Serra do Itatiaia;
- os pontos 2, 4 e 12 estão alocados próximos ao leito do rio Preto; os pontos 8 e 13 do rio do Peixe; 14 e 15 do rio Paraibuna e 17, do rio Cágado.
- os pontos 5, 6, 9, 11, 12 e 14 se localizam em pequenos adensamentos urbanos, mas não em sedes municipais;
- os pontos 11, 14 e 16 se localizam em área urbana de maiores dimensões à saber: Valença, Juiz de Fora e Paraíba do Sul, respectivamente.

Além de tais características, também merece destaque o ponto 13 por sua proximidade com a barragem da Usina Hidrelétrica de Picada, significativo corpo hídrico de dimensões regionais.

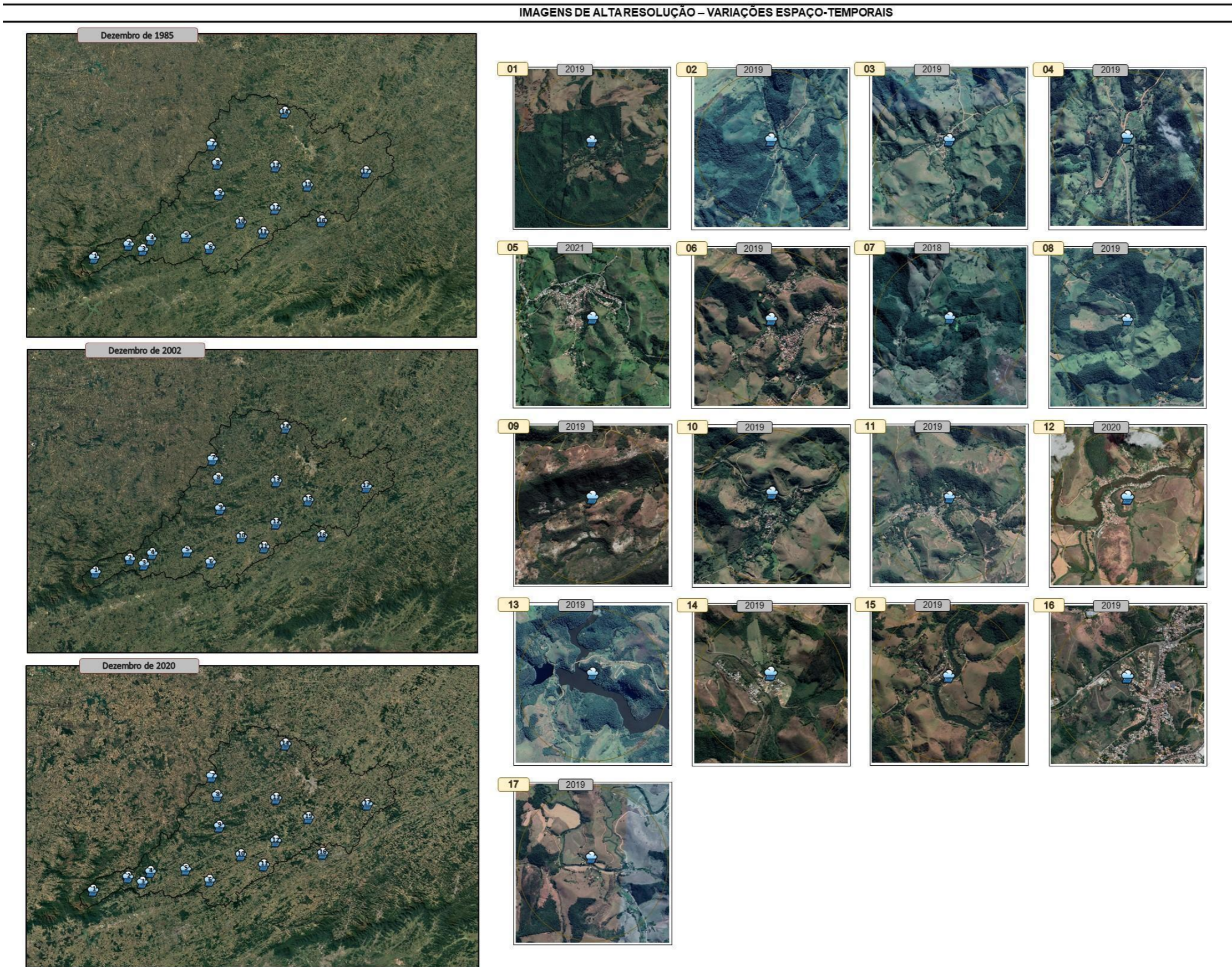
Vale ressaltar que os padrões de cobertura que foram identificados para o raio de 1km do entorno imediato ao ponto, seguiram um padrão similar ao registrado em até 10km do ponto.

Figura 11 - Elementos que compõem os usos e coberturas da terra na BHRPP.



Fonte: Organizado pela autora à partir da coleção 5 do levantamento do Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil (MAPBIOMAS, 2020).

Figura 12 – Imagens de alta resolução: variações das paisagens entre 1984-2021.



Fonte: Organizado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro, 2020 (GOOGLE EARTH WEBSITE, 2021

O relevo da bacia (**Figura 13**) é definido como Mares de Morro (AB'SABER, 1970) e se caracteriza por uma sequência côncava - convexa no modelado do terreno. Toda a BHRPP é pertencente ao "Domínio dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos" e as altimetrias na BHRPP variam entre 200 e 2400 metros, havendo um decréscimo das altitudes de sentido Oeste para Leste. Duas feições morfológicas de interesse que podem ser verificadas na figura 13 são as Serras do Mar e Mantiqueira.

A compartimentação do relevo indica que a BHRPP abrange trechos do "Planalto do Campo das Vertentes" (pontos 8, 14 e 13), "Serras da Mantiqueira e Itatiaia" (pontos 1, 9 e 7) e "Depressão do Rio Paraíba do Sul" (pontos 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16 e 17), sendo este último correspondente em grande parte ao estado do Rio de Janeiro. Esta heterogeneidade em termos morfológicos é fator que vem contribuindo para a distribuição espacial local e regional dos elementos climáticos na BHRPP. Estudos realizados anteriormente (OLIVEIRA, 2013 e 2016) indicaram que a distribuição espaço-temporal dos aspectos climáticos da BHRPP, principalmente em termos de regimes, são fortemente modulados pelos aspectos do relevo.

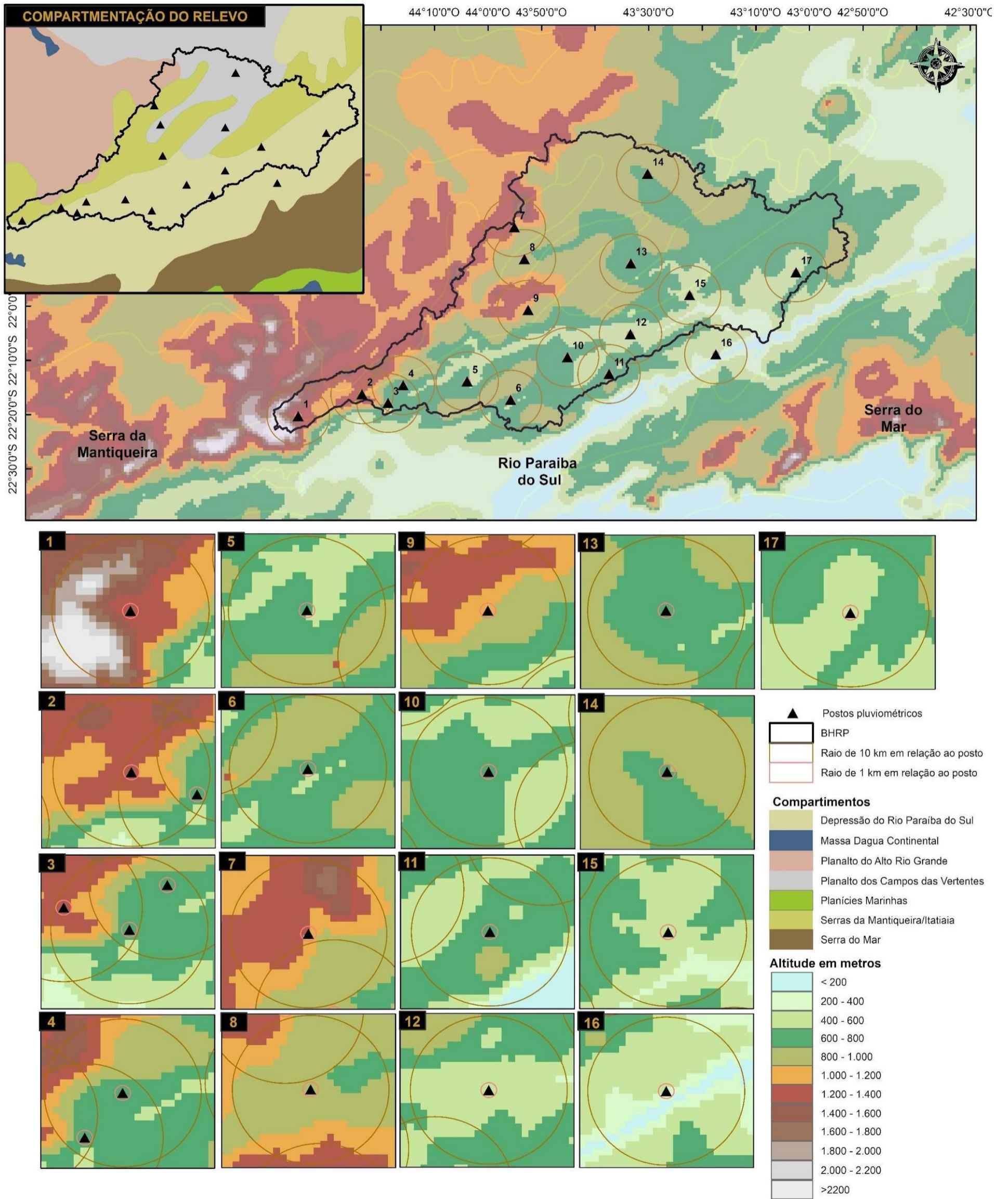
Em termos de hipsometria, temos que os pontos estão dispostos, em sua maioria, em áreas menos elevadas que seu entorno imediato, pois foram alocados próximos ao leito de rios e pequenos adensamentos urbanos. Por se tratarem de postos pluviométricos que fazem a mensuração de dados de cota, vazão e chuvas, é comum que sejam os locais ideais para estarem dispostos. Os levantamentos hídricos em áreas urbanas, por sua vez, são fundamentais ao planejamento urbano e rural na medida que permitem realizar a prevenção frente aos eventos climáticos atípicos, pela emissão de alertas de enchentes, alagamentos e outros.

Os pontos estão bem distribuídos espacialmente com relação à coleta dos dados das precipitações, abarcando áreas com características hipsométricas distintas e permitindo a elaboração de análises climáticas que pudessem aprofundar em um dos questionamentos do estudo, de que o relevo é um aspecto da estrutura da BHRPP que organiza o clima, modulando em escala local o regime de chuvas de monções.

A região onde se localiza o ponto 1 é a mais elevada e se encontra na porção leste da BHRPP (1245 metros); os pontos 15, 16 e 17 estão alocados próximo a foz do Rio Preto, onde são encontradas as menores cotas altimétricas, entre 300 e 450 metros.

Figura 13 - Informações geomorfológicas do território delimitado pela BHRPP.

**RELEVO: VARIAÇÕES ALTIMÉTRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO**



Fonte: Organizado pela autora, à partir de imagens Geotopo (TOPODATA, 2021) e base de Unidades do relevo (IBGE, 2006) na Escala de 1:5.000.000.

Dentre os outros pontos, pôde-se identificar padrões de relevo naqueles que estão localizados em classes altimétricas similares à saber: 12 e 16 (<400 metros); 10, 11, 13, 15 e 17 (400 a 500 metros); 4, 5 e 6 (500 a 600 metros); 3, 8, 9 e 14 (700 a 800 metros); 2 e 7 (900 a 1000 metros).

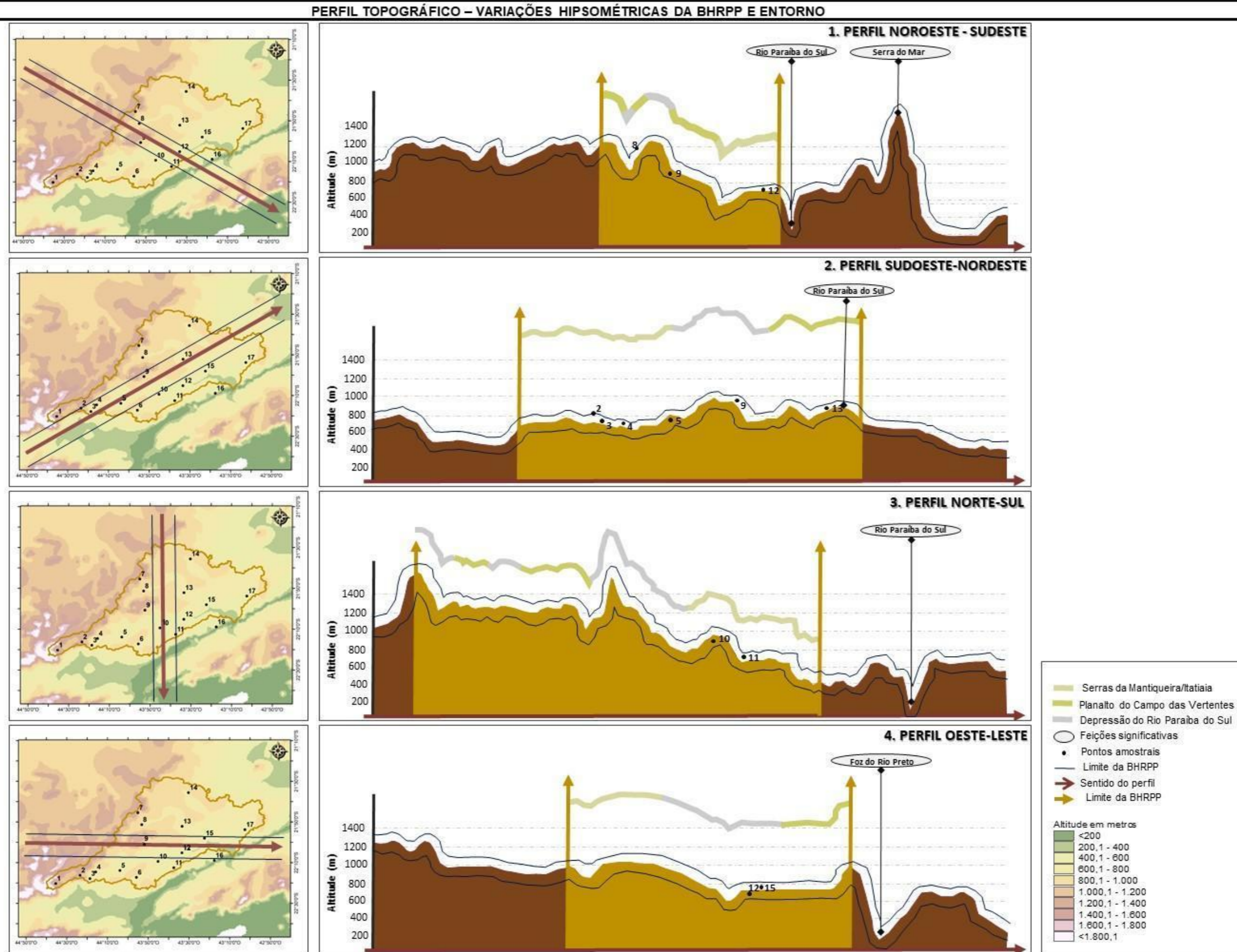
Os perfis de relevo (**Figura 14**) indicaram que, enquanto não há barreiras orográficas significativas de direcionamento Sudoeste-Nordeste que possam estar contribuindo para que os sistemas atmosféricos sejam canalizados ou dissipados, em outras direções, como a Noroeste-Sudeste, se constata variações bruscas de altitudes e a presença de serras que podem favorecer a formação de tipos de tempo atrelados às chuvas orográficas. Os perfis Norte-Sul (3) e Oeste-Leste (4) exemplificam a confirmação do relevo ser um elemento que canaliza, direciona e delimita a intensidade e direcionamento dos ventos atmosféricos próximos à superfície; caracterizado por um decréscimo das cotas altimétricas nos sentidos citados e perpassando compartimentos geomorfológicos regionais de maior dimensão, como as Serras do Mar e da Mantiqueira.

Dados de ventos em superfície coletados na estação do INMET, localizada no município de Juiz de Fora (ponto 14), demonstram que a direção predominante dos ventos na superfície é de Norte e Nordeste. Os ventos zonais, por sua vez, como dito anteriormente, se caracterizam por um padrão de sentido oeste para leste entre 30° e 60° em ambos os hemisférios.

O fato é que as particularidades de pressão e vento mudam de acordo com a altitude e, acima dos 500 a 1000m que é o nível dos efeitos friccionais superficiais, tem-se um aumento gradativo de sua velocidade (BARRY e CHORLEY, 2013). Conforme ressalta Barry e Chorley (2013, p.161) “em latitudes médias e mais altas, os gradientes de temperatura meridionais que estruturam gradientes de pressão promovem um aumento na velocidade do vento com a altitude, em certas áreas concentradas como faixas estreitas de ar com alta velocidade”.

Considerando apenas as cotas que se limitam à BHRPP, tem-se que há um padrão mais homogêneo no modelado do relevo dos perfis topográficos de Oeste-Leste (4) e Sudoeste-Nordeste (2), quando comparado aos de Noroeste-Sudeste (1) e Norte-Sul (3). Tal configuração morfológica será retomada posteriormente durante as análises dos dados referentes à dinâmica das chuvas pois podem dar indícios das possíveis rotas que os sistemas atmosféricos apresentam localmente.

Figura 14 - Perfil de relevo para a BHRPP e entorno imediato.



Fonte: Organizado pela autora.

Apenas 6 pontos não se sobrepuseram ao perfil (1, 6, 7, 14, 16 e 17). Os pontos que se localizam nas cotas altimétricas citadas no perfil foram:

- 1 - Noroeste-Sudeste: 8, 9, 12;
- 2 – Sudoeste-Nordeste: 2, 3, 4, 5, 9, 13;
- 3 – Norte-Sul: 10, 11;
- 4 - Oeste-Leste: 12, 15

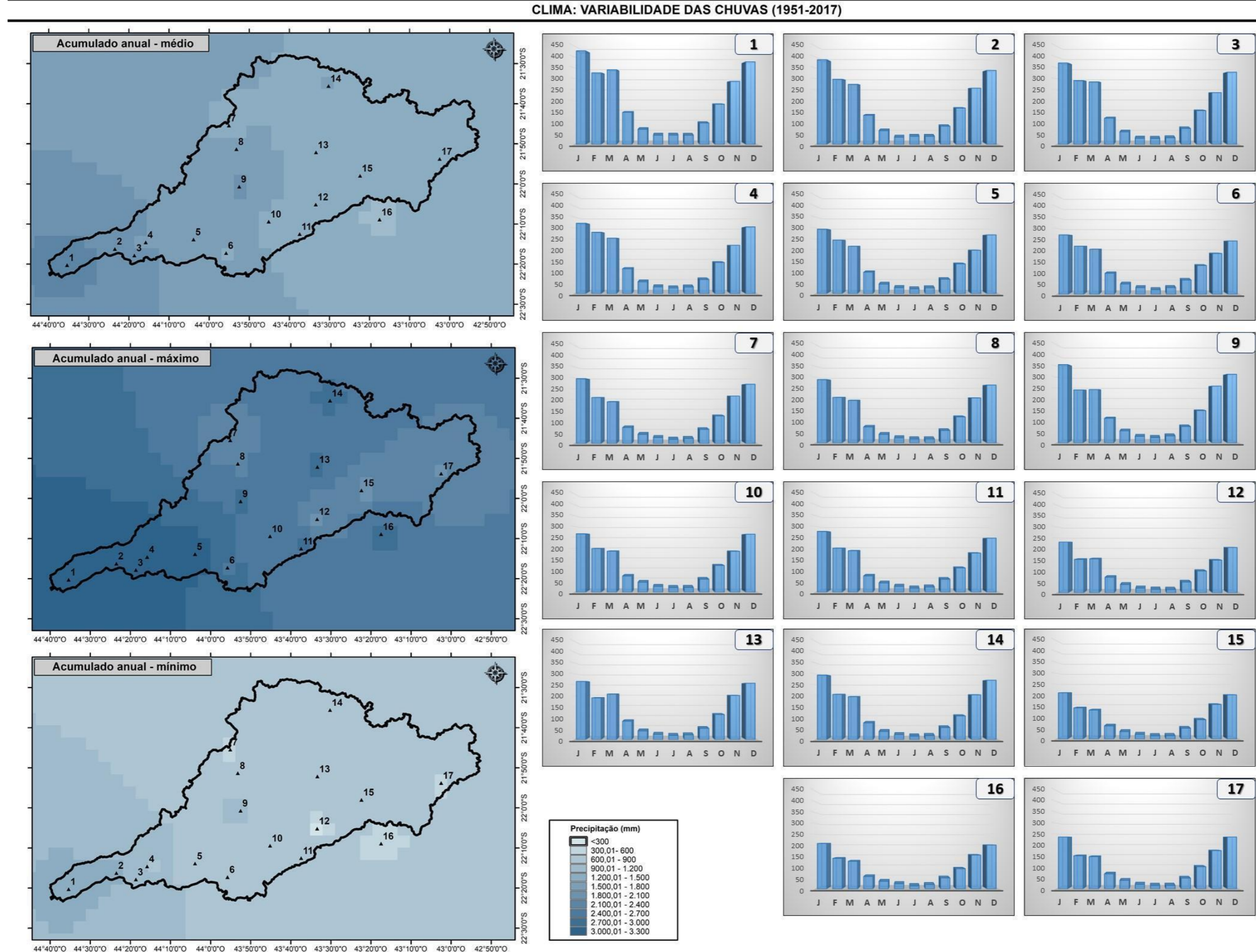
Em termos climáticos (**Figura 15**) tem-se que os pontos 1, 2 e 3 são os que apresentam maiores registros anuais de chuvas, acima da média de 2000 mm, sendo que o primeiro (ponto 1) está na parte mais elevada da BHRPP, na Serra do Itatiaia. O ponto 9 também merece destaque, com seus 1800mm médios anuais.

Os menores acumulados médios anuais, por sua vez, são registrados nos pontos 12, 14 e 16, com valores inferiores aos 1200mm. Os pontos 12 e 16 estão alocados próximos à foz do rio Preto. A variabilidade espacial da distribuição das chuvas na BHRPP apresenta, portanto, um perfil decrescente no sentido Oeste-leste, o qual corresponde às feições hipsométricas da bacia.

Estudos realizados anteriormente (OLIVEIRA, 2016) já ressaltavam o papel do relevo enquanto um dos principais moduladores climáticos da BHRPP. Tal pesquisa trouxe confirmações preliminares sobre a existência de uma variabilidade espacial nos dados das precipitações e dos principais sistemas atmosféricos atuantes na BHRPP, sendo uma das motivadoras para a execução da presente tese, por trazer muitas indagações em relação às interações entre relevo-chuvas-atmosfera. A busca por uma perspectiva mais abrangente do “Sistema Climático Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna” possibilitaria responder até que ponto o fator relevo se sobressairia, ou não, frente aos fenômenos atmosféricos globais.

Os dados médios permitem constatar o período de redução das chuvas (de abril a setembro) que se repete em todos os pontos amostrais (FERREIRA, 2002). Tais “períodos são caracterizados por diferentes sistemas de circulação em altos e baixos níveis da atmosfera” (REBOITA et al, 2022, p.344), característicos do regime de monções Sul-americano.

Figura 15 – Média dos totais pluviométricos anuais e mensais na BHRPP (1950 a 2018).



Fonte: Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

Já é reconhecido que os sistemas atmosféricos que atuam na região da BHRPP são, principalmente, a massa Tropical Atlântica (mTa), a massa Polar Atlântica (mPa), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), as Linhas de Instabilidade (IT) e os sistemas frontais; e que a mTa atua no maior quantitativo de dias de um ano, enquanto a mPa tem maior atuação nos meses de outono (OLIVEIRA, 2016). Sabe-se, como ressalta Nunes (2009, p.249) ao citar sobre a circulação atmosférica na região Sudeste do Brasil, que

ocorre ali o equilíbrio dinâmico entre o anticiclone migratório polar e o sistema de alta pressão do Atlântico Sul, notadamente no verão, o que resulta na permanência das frentes polares na região, provocando chuvas intensas e muitas vezes prolongadas por vários dias. As perturbações do oeste também contribuíram para a precipitação nesse setor.

Porém, o reconhecimento da interferência de fenômenos como a ZCAS, o SMSA, das oscilações de TSM, entre outros, bem como a sua contribuição sazonal e anual ainda está em debate e precisa ser aprofundado. A este aspecto, a presente tese visa contribuir, pois considera as chuvas de monções dentre estes fenômenos tão importantes na variabilidade climática regional, e, até o momento, pouco explorado na bacia.

Após a caracterização da estrutura que compõe a base territorial objeto desta pesquisa, tem-se que a próxima etapa é a abordagem do reconhecimento da dinâmica climática da BHRPP. Diante das informações ora apresentadas foram verificados determinados padrões espaciais, tanto em termos dos elementos meteorológicos como dos geo-ambientais, os quais subsidiam uma análise da totalidade da produção dos seus espaços e serão sintetizados no item 4.4.

## **4.2 AS DINÂMICAS PLUVIOMÉTRICAS NA BHRPP: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DAS CHUVAS**

Conforme citado nos itens anteriores, a variabilidade das chuvas na BHRPP é caracterizada por apresentar dois períodos bem demarcados, sendo um mais seco (abril a agosto) e outro mais chuvoso (setembro a março), característico do regime de monções da América do Sul. No entanto, este padrão representa um dado médio havendo anos e locais em que esta delimitação não é representativa.

Os resultados referentes a tal configuração serão apresentados nessa seção do texto e possibilitaram a formação de um banco de dados mais detalhado da variabilidade das chuvas na bacia. A identificação dos períodos secos e chuvosos, dos acumulados de chuvas a partir de distintos recortes temporais e da distribuição espacial dos dados, constituíram a base desta etapa da pesquisa e foram levantados com o intuito de confirmar a afirmação de que bacia integraria o SMSA, mas há ambientes em que atua de forma mais ou menos expressiva.

A identificação das pântadas, que delimitam o início/final dos períodos secos e chuvosos, com base no critério de omissão daquelas com precipitações inferiores a 3mm, possibilitou concluir que a pântada de início da estação seca na BHRPP é a de número 23 (21 a 25 de abril) e a que demarca o seu final (e início do período chuvoso) é a de número 54 (23 a 27 de setembro) (**Tabela 9**); respectivamente 8,5 e 8,6% da frequência dentre os anos e pontos analisados. Considerando uma margem de duas pântadas (10 dias) antes ou depois das referidas pântadas, tem-se entre 35% e 39% de recorrência de datarem o final ou início do período chuvoso, respectivamente.

Ficou constatado, que apesar de haver um padrão que possibilitasse identificar e datar o início/final dos períodos secos e chuvosos na bacia, não houve homogeneidade espacial e temporal nestes resultados. Havendo, inclusive, alguns anos, em que não foi possível identificar períodos secos e chuvosos. Nestes, houve particularidades na distribuição dos acumulados de chuva, que não se enquadraram nos critérios metodológicos utilizados nesta pesquisa.

Houve casos em que o início do período chuvoso ocorreu na pântada de número 32 (05 a 09 de junho) e outros na 71 (entre 17 a 21 de dezembro). O início do período seco, por sua vez, ocorreu tanto na pântada 12 (25 de fevereiro a 01 de março) como na 42 (25 a 29 de julho). Porém, tais recortes foram minoria e ocorreram apenas em anos atípicos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Alves, Marengo e Castro (2002), que identificaram um início da estação chuvosa para a região Sudeste entre as pântadas 54 e 56 (23 de setembro e 7 de outubro) e Souza e Ambrizzi (2002, p. 563) que destacam que esta região brasileira “apresenta núcleos de precipitação significativos desde a pântada 54 a 63”. Também Kousky (1988) encontrou resultados análogos, concluindo com as pântadas de número 58 e 59 como iniciais do período

chuvoso na mesma região e Gan, Kusky e Ropelewski (2004) que obtiveram as pântadas entre 56 e 60 como iniciais.

Segundo Marengo *et al.* (2001), em estudos para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (bacia que engloba a BHRPP), o início da estação chuvosa ocorre na pântada de número 51 enquanto o final da estação chuvosa ocorre em finais de abril e início de maio (MARENGO *et al.*, 2001; SUGAHARA, 1991; FISCH, 1995 e SANSIGOLO, 1996).

**Tabela 9** - Quantitativo de vezes em que a pântada de maior frequência de início das estações secas (23) e chuvosas (54) se repetiram.

		NÚMERO DE VEZES EM QUE REPETE																
		Postos meteorológicos																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Período Seco		3	5	7	3	6	11	7	5	4	7	8	5	5	8	5	6	2
Período Chuvoso		3	2	10	8	10	7	6	7	5	4	5	3	6	7	4	2	9
Pentadas 21 a 24	Nº de anos	10	17	30	30	34	33	29	32	28	20	20	26	28	32	28	22	31
	% de anos	15	25	44	44	50	49	43	47	41	29	29	38	41	47	41	32	46
Pentadas 52 a 55	Nº de anos	13	22	23	22	26	29	22	26	22	27	27	22	26	30	25	24	20
	% de anos	19	32	34	32	38	43	32	38	32	40	40	32	38	44	37	35	29

Fonte: Organizado pela autora.

Silva e Reboita (2013), em estudos sobre o início da estação seca no estado de Minas Gerais, observaram que há uma diversidade de resultados de acordo com cada região do estado. Estas, porém, são similares às encontradas na BHRPP, visto que o início para as regiões Oeste e Sul ocorre, respectivamente, nas pântadas de número 57 a 58 e 59 e 60.

Veiga (2008), buscando identificar os limiares de início e de final do SMSA em um quadrante que engloba a região central do Brasil (Minas Gerais, Bahia, Tocantins e Goiás) concluiu que o início da estação chuvosa se dá nas pântadas 55 e 56 no oeste de Minas Gerais e na 59-60 no Norte do mesmo estado. O final da estação chuvosa, por sua vez, ocorre primeiramente na região nordeste de MG e ocorre na pântada 10-11.

Zhou e Lau (1998), ao analisarem o início da estação chuvosa para o ano de 1989 afirmaram que o período da pré-moção da América do Sul (início da estação

chuvosa) ocorre em 1 outubro e 19 novembro e da monção em desenvolvimento de 20 novembro a 29 dezembro.

Bombardi e Carvalho (2008, p.62), ao ressaltarem estudos que consideram o início do período chuvoso nas regiões Centro Oeste e Sudeste nas pêntadas 56 a 60, identificaram que “o início da estação chuvosa sobre estas regiões não parece ser tão bem organizado”. Tal confirmação se assemelha ao encontrado na presente tese, na qual foi observado haver anos em que suas similaridades os permitem ser agrupados.

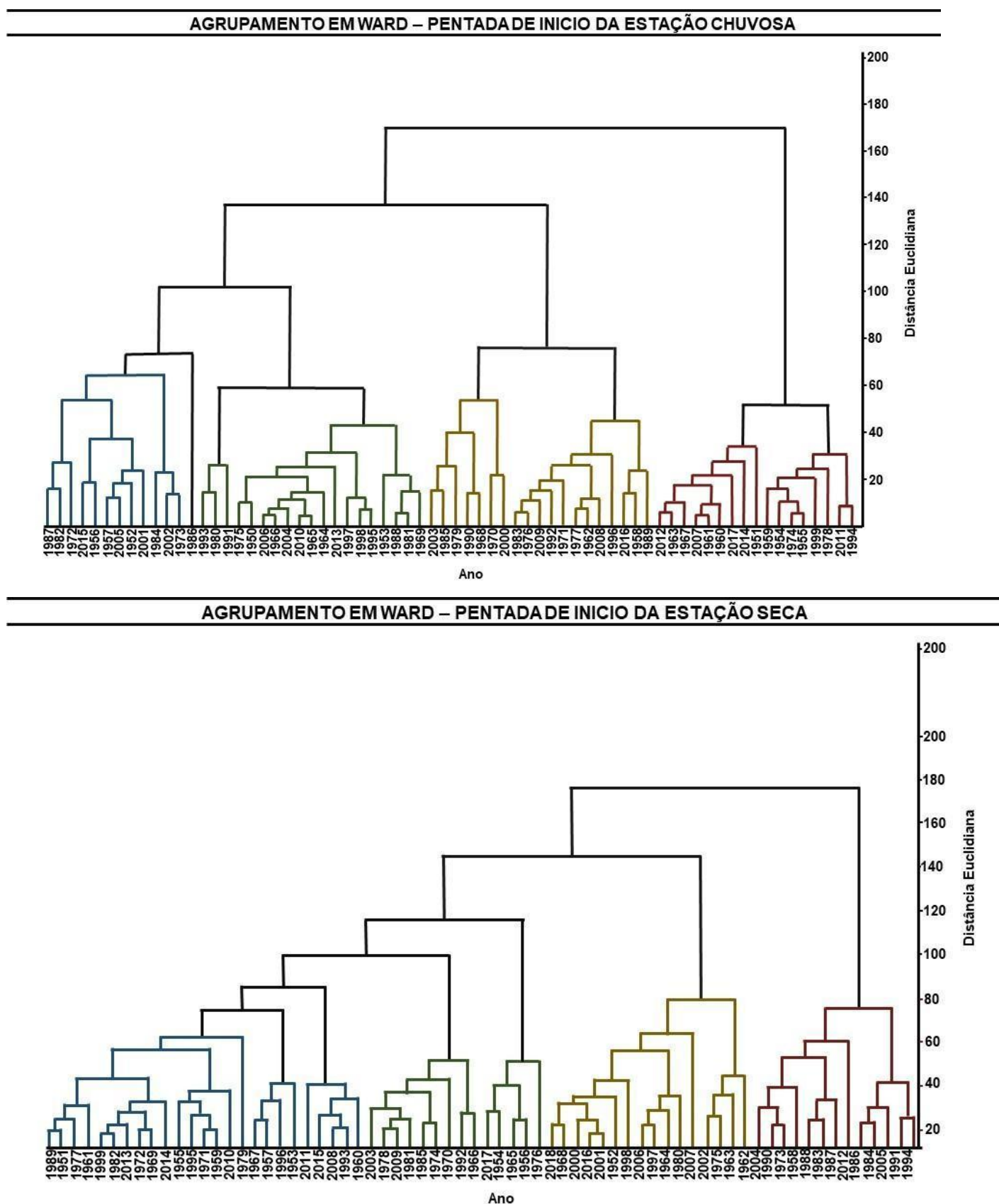
Em relação a uma classificação dos anos através de técnicas de agrupamentos (**Figura 16**; e **Tabela 10**), tem-se que os anos com características similares para os períodos chuvosos são:

- 1952, 1956, 1957, 1972, 1973, 1982, 1984, 1987, 2001, 2002, 2005 e 2015;
- 1950, 1953, 1964, 1965, 1966, 1969, 1975, 1980, 1981, 1986, 1991, 1993, 1995, 1997, 1998, 2004, 2006, 2010 e 2013;
- 1958, 1962, 1968, 1970, 1971, 1977, 1976, 1979, 1983, 1985, 1989, 1990, 1992, 1996, 2000, 2003, 2008, 200 e 2016;
- 1951, 1954, 1955, 1959, 1961, 1963, 1960, 1967, 1974, 1978, 1994, 1999, 2011, 2007, 2012, 2014 e 2017.

A possibilidade de agrupar anos similares é um indicativo de que pode estar ocorrendo a sobreposição de um ou outro controle atmosférico em tais conjuntos e serão retomadas na seção 4.3, quando serão discutidos os processos que definem o SC-BHRPP. Os anos com períodos secos similares, por sua vez, foram agrupados da seguinte forma:

- 1951, 1953, 1956, 1957, 1959, 1960, 1961, 1967, 1969, 1971, 1972, 1977, 1979, 1982, 1989, 1993, 1995, 1996, 1999, 2008, 2010, 2011, 2013, 2014 e 2015;
- 1954, 1956, 1965, 1966, 1970, 1974, 1976, 1978, 1981, 1985, 1992, 2003, 2009 e 2017;
- 1952, 1962, 1963, 1964, 1968, 1975, 1980, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2006, 2007, 2016 e 2018;
- 1958, 1973, 2004, 1983, 1984, 1986, 1987, 1988, 1990, 1991, 1994, 2005 e 2012.

**Figura 16 - Agrupamentos em Ward das pântadas de início e final do período chuvoso, distância euclidiana, da série 1950-2018.**



Fonte: Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

Tabela 10 - Pêntadas que delimitam o início dos períodos secos e chuvosos, agrupamentos em Ward.

PENTADA DE INICIO DO PERIODO CHUVOSO																		Estatística	
Ano	Postos meteorológicos																	Média	Moda
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1950	52	52	52	56	51	54	62	54	52	55	54	55	52	53	54	58	54	52	
1951	58	55	55	64	53	65	66	65	55	66	57	66	59	66	66	66	66	66	
1952	50	47	47	45	47	47	48	58	47	58	52	48	58	48	56	53	59	59	
1953	48	48	48	59	56	47	48	57	54	56	57	58	50	58	58	48	58	58	
1954	54	55	52	58	54	57	54	58	52	54	58	54	54	54	58	62	58	58	
1955	54	54	57	56	57	58	57	57	56	58	58	61	57	57	57	57	57	57	
1956	41	41	55	59	51	51	52	52	41	41	57	55	60	51	61	55	67	67	
1957	46	46	47	46	49	59	49	59	49	49	60	49	60	50	60	60	60	60	
1958	49	49	49	65	49	55	57	51	49	50	48	51	51	49	55	60	55	59	
1959	58	58	58	59	57	58	57	57	43	57	57	57	58	58	55	57	57	57	
1960	59	54	54	56	54	54	59	59	59	59	54	59	60	59	60	59	59	59	
1961	58	58	58	58	58	58	58	58	61	58	58	61	61	61	58	58	61	61	
1962	47	47	50	48	51	47	50	48	50	50	51	51	52	54	50	53	55	55	
1963	56	55	55	59	59	60	57	58	58	56	60	59	60	58	59	60	59	59	
1964	54	54	54	46	54	54	54	54	55	55	55	56	56	56	56	56	56	56	
1965	52	52	52	53	54	52	55	52	54	54	54	53	53	54	55	53	53	53	
1966	53	53	52	53	53	53	53	53	58	53	53	56	58	53	53	56	57	57	
1967	58	51	58	59	58	57	55	58	58	58	63	58	58	58	58	63	60	60	
1968	44	44	42	48	49	55	45	53	41	55	63	49	44	55	55	55	55	55	
1969	39	52	43	52	52	52	57	56	43	56	55	56	56	56	52	52	52	52	
1970	40	34	48	48	33	48	48	45	32	45	48	48	45	48	51	48	48	48	
1971	45	46	45	48	48	54	48	55	48	51	54	49	54	54	55	48	49	49	
1972	47	47	54	49	54	54	52	39	39	55	49	42	54	49	62	62	62	62	
1973	49	49	53	49	53	44	53	50	49	54	56	57	45	57	68	57	57	57	
1974	55	53	54	56	56	58	58	58	55	56	58	58	58	58	58	56	55	55	
1975	50	53	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	65	54	54	54	
1976	50	45	50	50	50	50	50	50	45	50	55	50	50	50	50	50	50	50	
1977	49	53	49	49	53	45	49	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
1978	55	57	57	57	57	57	58	46	57	57	64	57	55	57	57	57	57	57	
1979	45	45	45	45	45	45	51	61	45	45	45	45	45	61	61	45	45	45	
1980	40	51	51	58	57	52	63	44	57	61	63	63	63	63	63	53	53	53	
1981	39	54	55	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	54	55	55	55	55	
1982	41	54	54	56	53	54	54	43	42	55	61	55	55	55	56	61	61	61	
1983	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
1984	47	46	46	47	48	46	65	53	46	63	64	57	52	48	59	63	49	49	
1985	47	47	47	47	47	48	54	50	47	47	54	47	47	60	54	65	47	47	
1986	41	41	41	63	41	53	63	41	41	41	68	62	59	59	42	64	59	59	
1987	40	46	50	65	50	50	47	59	68	50	53	50	50	50	67	59	59	59	
1988	40	50	52	53	53	52	52	53	52	55	55	53	55	55	52	55	55	55	
1989	48	48	48	63	48	54	48	48	48	61	52	48	48	54	48	48	48	48	
1990	38	37	38	46	46	52	47	59	48	59	59	56	47	59	48	52	59	59	
1991	53	53	53	53	53	62	48	52	48	65	53	53	70	61	61	68	53	53	
1992	41	46	50	49	46	50	49	50	50	54	49	50	48	51	45	50	50	50	
1993	46	51	51	51	51	52	59	51	51	51	63	63	60	51	63	51	51	51	
1994	44	51	59	56	59	60	59	59	55	59	59	59	57	56	59	59	59	59	
1995	50	50	50	53	53	53	53	53	52	57	53	54	51	52	52	52	52	52	
1996	50	49	49	50	49	48	49	55	50	56	49	49	64	55	45	49	49	49	
1997	50	48	52	52	52	52	52	52	48	48	50	59	52	53	52	59	53	53	
1998	49	49	49	51	53	53	53	51	49	52	51	51	55	56	49	55	51	51	
1999	51	51	51	56	59	59	51	52	51	59	59	59	59	59	62	59	62	59	
2000	38	37	38	47	49	49	48	48	48	48	48	48	62	48	48	48	48	48	
2001	39	48	48	48	48	47	52	52	47	59	63	52	59	52	65	54	59	59	
2002	49	49	49	51	49	49	59	49	49	60	49	60	49	49	59	60	60	60	
2003	45	48	48	46	45	60	60	55	48	55	46	52	45	52	57	60	46	46	
2004	53	53	53	53	53	52	52	53	52	52	53	52	55	56	55	53	56	56	
2005	50	49	50	50	48	50	50	52	50	50	59	50	50	50	59	59	59	59	
2006	53	53	53	54	53	53	53	53	49	53	53	53	53	53	53	58	56	56	
2007	59	59	59	59	59	59	59	59	58	59	59	59	59	59	59	59	59	59	
2008	44	48	44	51	52	44	48	51	49	53	52	52	52	48	52	52	52	52	
2009	47	47	47	47	47	48	48	48	47	47	50	49	48	50	48	48	48	48	
2010	50	53	53	52	53	54	51	59	53	54	54	51	53	54	54	54	54	54	
2011	44	56	54	56	56	56	56	59	52	55	56	64	56	56	58	56	56	56	
2012	57	57	57	58	57	57	57	56	53	53	57	57	62	59	57	62	57	57	
2013	50	50	49	53	53	55	54	54	54	53	54	54	66	54	54	54	59	59	
2014	49	49	59	59	59	62	59	59	59	50	59	59	71	60	59	60	60	60	
2015	47	47	59	47	48	48	60	60	47	47	61	47	62	60	60	60	60	60	
2016	46	47	46	55	46	52	52	46	46	46	46	46	56	56	54	54	62	62	
2017	55	55	60	59	60	59	59	59	60	60	55	60	54	65	60	60	67	67	
<b>Média</b>	48	50	51	53	52	53	54	53	50	54	55	54	55	55	55	56	56	56	
<b>Moda</b>	50	53	54	56	53	54	48	59	52	55	54	59	56	54	59	60	59	59	
<b>Frequência</b>	50	53	54	56	53	54	48	59	52	55	54	59	56	54	59	60	59	59	
<b>Minimo</b>	38	34	38	45	33	44	45	39	32	41	45	42	44	48	42	45	45	45	
<b>Maximo</b>	59	59	60	65	60	65	66	65	61	66	68	64	71	65	68	68	67	67	

PENTADA DE INICIO DO PERIODO SECO																		Estatística	
Ano	Postos meteorológicos																	Média	Moda
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1951	26	26	28	26	25	23	20	22	26	26	22	25	19	23	26	26	23	23	
1952	24	24	20	20	23	24	25	20	18	24	15	16	19	24	24	24	24	24	
1953	28	32	24	21	21	24	19	20	12	34	27	27	31	23	27	13	13	13	
1954	30	36	19	33	20	20	20	31	20	19	20	30	20	15	20	21	21	21	
1955	17	34	27	23	23	32	22	23	25	20	25	25	23	21	23	23	23	23	
1956	34	35	23	35	21	25	15	20	35	19	34	17	21	21	21	17	16	16	
1957	31	29	22	22	20	21	21	21	21	30	34	21	21	21	21	21	21	21	
1958	30	30	35	28	28	30	18	35	35	30	35	30	30	35	17	31	24	24	
1959	26	25	26	24	24	25	20	20	26	21	19	19	20	19	19	19	19	19	
1960	32	19	19	21	28	21	18	19	22	30	22	30	19	20	22	15	22	22	
1961	28	29	27	21	27	21	28	26	28	18	28	27	21	21	21	27	19	19	
1962	31																		

Para os períodos chuvosos, foi possível identificar os seguintes grupos de anos:

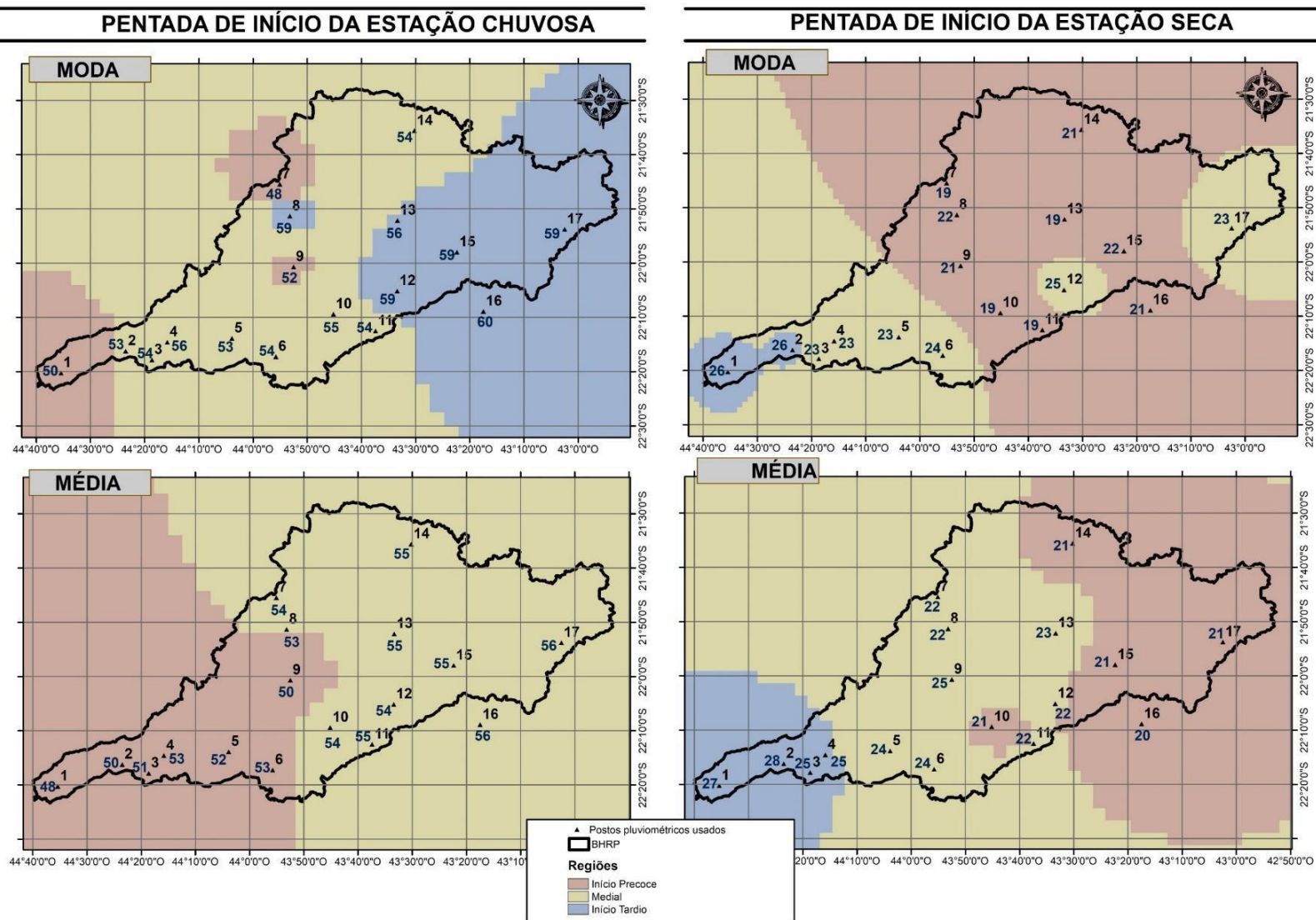
- 1951 a 1962: predominam os inícios mais tardios, posteriores à pântada de número 56;
- 1964 a 1982: predominam os inícios mediais e precoces, com apenas os anos de 1967, 1978 e 1980 se iniciando após a pântada de número 56;
- 1984 a 2006: predominam a ocorrência inícios discrepantes em relação aos dados médios, principalmente os precoces em meio a alguns poucos casos de inícios tardios;
- 2010 a 2017: similar ao grupo entre 1951 a 1962, em que predominam os inícios mais tardios, posteriores à pântada de número 56.

A visualização da distribuição espacial da pântada que demarca com maior frequência o início e o final dos períodos secos e chuvosos na BHRPP indicou haver similaridades entre alguns pontos e possibilitaram constatar um padrão espacial de sentido Oeste-Leste (**Figura 18**). Este segue o padrão hiposmétrico encontrado na bacia, com os locais com altitudes mais elevadas (acima dos 1500 metros) apresentando um início precoce da estação das chuvas, em média anterior a pântada de número 48. E postos localizados em áreas mais baixas, como a foz do rio Preto, iniciando tardiamente (pântadas 59 e 60).

Foi observado, portanto, um padrão inversamente proporcional, em que áreas mais elevadas registraram um início precoce do período chuvoso e tardio para o período seco, enquanto nas áreas mais baixas o período chuvoso se inicia depois e finaliza antes.

Analisando estes resultados, pode-se dizer que fatores de ordem local/regional sobrepuseram os mecanismos responsáveis pelo regime de monções, ao caracterizar uma variabilidade na distribuição espacial dos regimes. A principal suposição para justificar esta distribuição espaço-temporal está atrelada ao relevo regional. Os pontos de 1 a 9 são aqueles que apresentaram as maiores altitudes, o que pode refletir na ocorrência de chuvas orográficas mais abundantes e interferir na causalidade do adiantamento do início e do retardo do fim do período chuvoso. Todos os locais ficam em regiões serranas e de vegetação preservada, inseridos em Áreas de Proteção Ambiental – APA (rever **Figura 9**).

**Figura 18 – Pêntadas que iniciam as estações secas e chuvosas.**



Fonte: Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

Em relação ao quantitativo de pântadas de duração da estação chuvosa para a série de dados compreendida entre 1950 e 2018 (**Figura 19**) foi possível constatar que um período de 46 pântadas foi o mais frequente; representando aproximadamente 63% dos dias de cada um destes anos. A média do número de pântadas variou de 39, em Estevão Pinto (ponto 17), a 53, no ponto Fazenda Agulhas Negras (ponto 1). Este último é o local com maior quantitativo de pântadas com chuva para o maior número de anos.

Destaca-se que os pontos 1 e 2 estão dentre aqueles que mais tardiamente finalizam a estação chuvosa, tendo a pântada 26 como aquela que mais se repetiu como inicial na análise da série de dados. Estes pontos se localizam na porção mais elevada da bacia e, como dito nos parágrafos anteriores, foram caracterizados por apresentar anos em que não foi possível identificar um período seco.

Em relação ao quantitativo total de dias com chuva durante todos os períodos, secos ou chuvosos, da série de dados (**Tabela 11**), levantados com fins de identificar se haveria locais em que chovia mais dias que outros, indicou que o somatório não ultrapassa os 5000 dias. Tal informação é importante, pois além de demonstrar qual o recorte de duração dos períodos secos e chuvosos, possibilitou quantificar e visualizar o número de dias de chuva por ponto amostral.

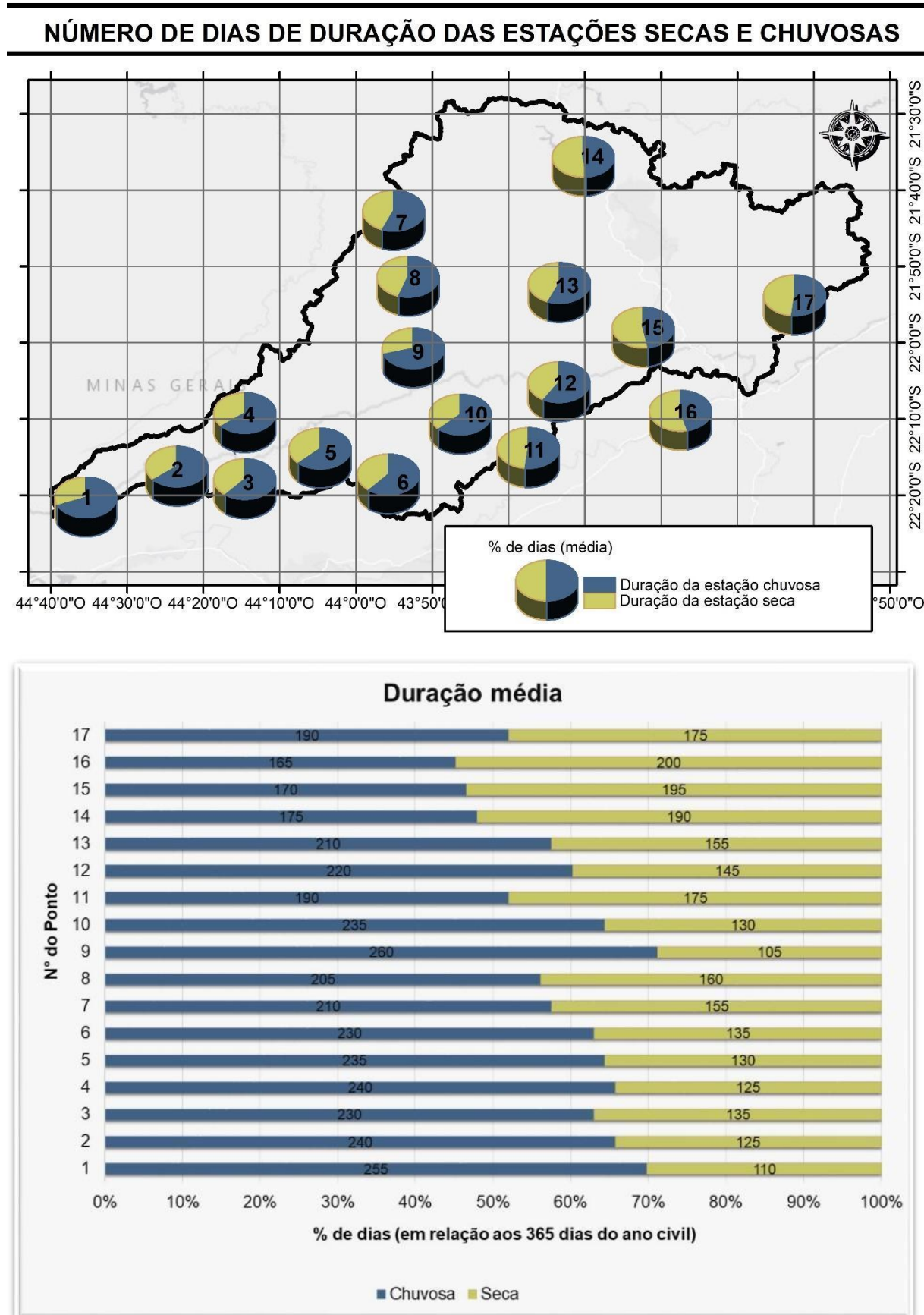
É durante o período chuvoso que há um maior quantitativo de dias com chuvas, sendo os pontos 1 (3.433 dias), 2 (3.456 dias), 3 (3.144 dias) e 9 (3.193 dias) os mais relevantes. Os pontos 12 (5.091 dias) e 14 (5.285 dias) foram aqueles que possuíram mais dias com presença de chuvas considerando para os anos meteorológicos.

**Tabela 11** – Dias com chuva por período analisado.

DIAS COM CHUVA POR PERÍODO																		
Período	Metodologia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Chuvoso	Móvel	3.433	3.456	3.144	2.960	2.989	2.942	2.725	2.808	3.193	2.678	2.646	2.806	2.739	3.044	2.578	2.369	2.552
	Fixa	3.246	3.296	3.292	3.291	1.317	3.294	3.299	3.283	3.281	3.288	3.268	3.290	3.292	3.298	3.291	3.260	3.277
Seco	Móvel	1.395	1.404	1.682	1.847	1.835	1.917	2.157	2.062	1.600	2.121	2.193	2.285	2.139	2.241	2.353	2.395	2.246
	Fixa	1.508	1.516	1.515	1.516	1.516	1.513	1.514	1.513	1.503	1.513	1.496	1.513	1.516	1.518	1.516	1.508	1.510
Total	Móvel	4.828	4.860	4.826	4.807	4.824	4.859	4.882	4.870	4.793	4.799	4.839	5.091	4.878	5.285	4.931	4.764	4.798
	Fixa	4.754	4.812	4.807	4.807	2.833	4.807	4.813	4.796	4.784	4.801	4.764	4.803	4.808	4.816	4.807	4.768	4.787

**Fonte:** Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

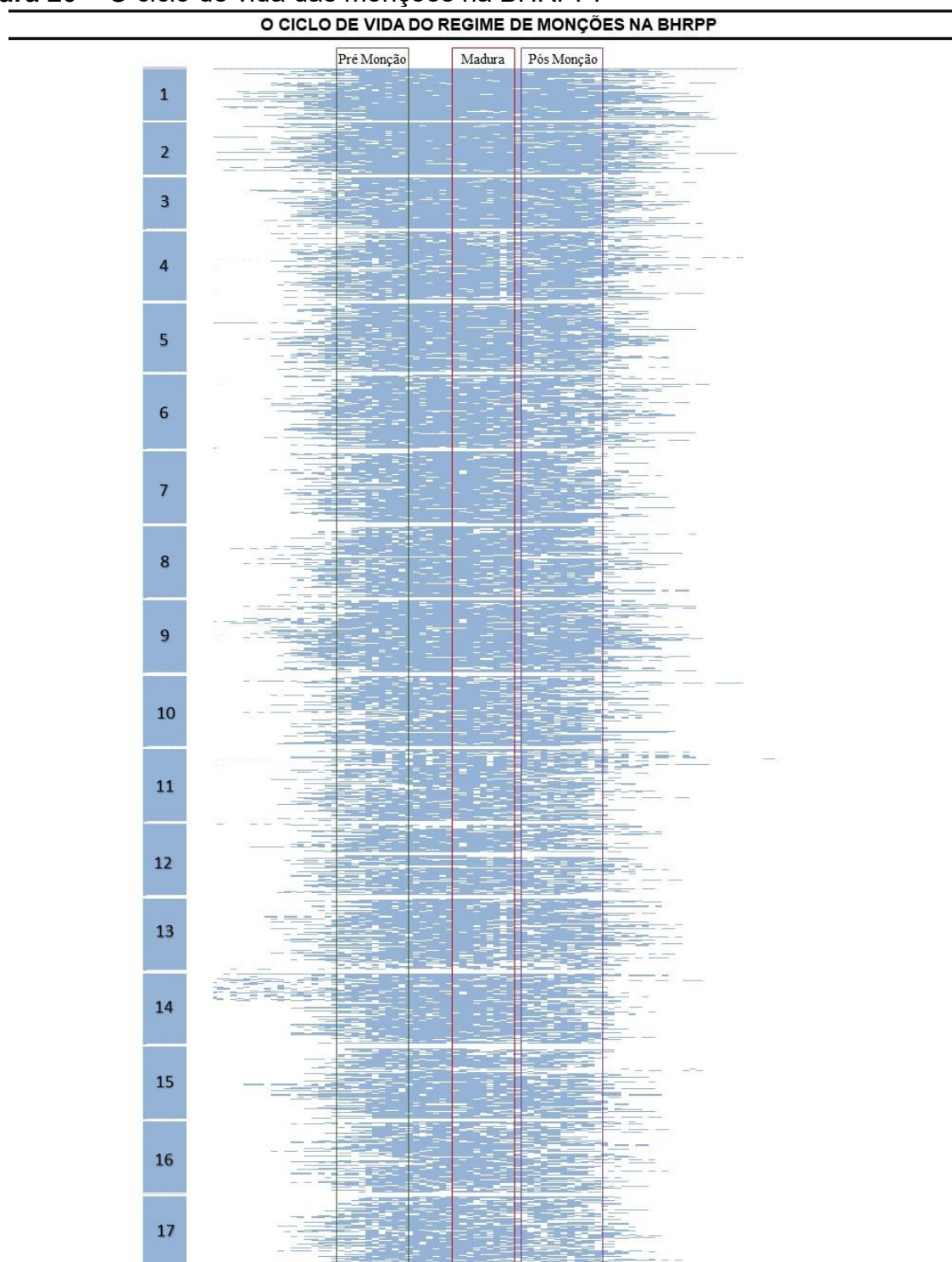
Figura 19 – Duração dos períodos secos e chuvosos.



Fonte: Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

Como síntese dos dados referentes aos limiares dos secos e chuvosos chegou-se a um esquema temporo-espacial que sintetiza o ciclo das monções na BHRPP (**Figura 20**). O ciclo foi caracterizado por apresentar chuvas durante as fases de desenvolvimento, madura e dissipação.

**Figura 20** – O ciclo de vida das monções na BHRPP.



**Fonte:** Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

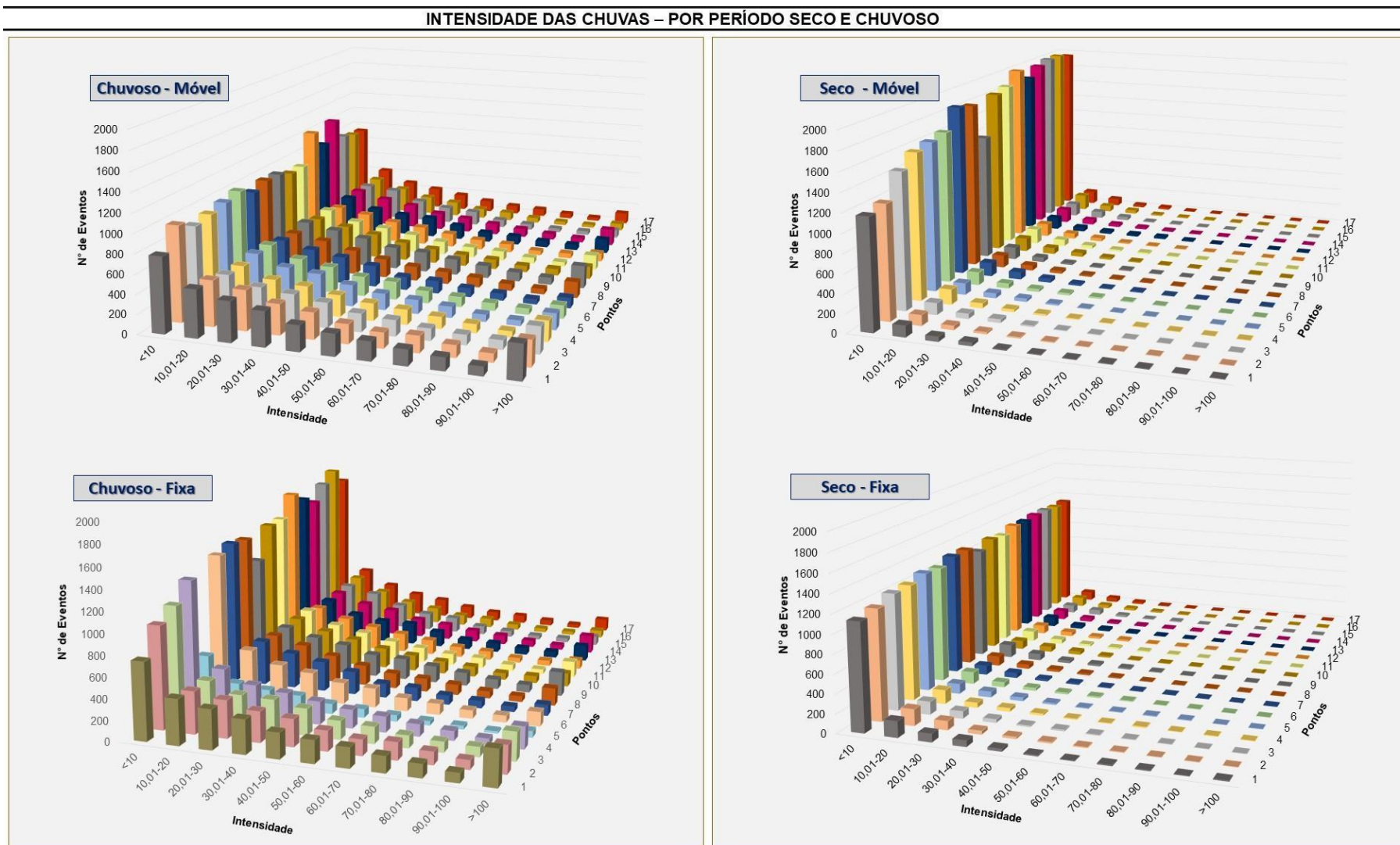
Os acumulados de precipitação (**Figura 21**), por sua vez, indicaram haver um padrão decrescente nos quantitativos por classe, com predominância das pântadas com valores inferiores aos 10mm em ambos os períodos (seco e chuvoso). É no período seco em que tais acumulados acontecem em maior frequência, principalmente quando consideram-se critérios móveis na delimitação do recorte temporal de análise. O recorte fixo para o período seco também indicou uma maior homogeneidade entre os pontos, o que não aconteceu quando foi utilizada uma delimitação móvel.

O período chuvoso, por sua vez, apresentou maior quantitativo de pântadas com precipitações inferiores aos 10mm com a utilização do recorte fixo, enquanto que os recortes móveis possibilitaram uma melhor visualização da dinâmica de cada local e trouxe resultados mais homogêneos. Tal constatação demonstra que utilizar critérios e limites rígidos para analisar um elemento climático pode não caracterizar a realidade do fenômeno, uma vez que a atmosfera é instável e possui uma velocidade de alteração acelerada.

As outras classes de acumulados indicaram que para o período seco foram registrados acumulados de, no máximo, 20 mm em 1 pântada, ou seja, para 5 dias consecutivos; confirmando que, além de serem registrados um menor quantitativo de chuvas para este período, estas não são concentradas. O período chuvoso, ao contrário, apresentou um padrão de distribuição das classes marcado pela existência de acumulados que podem ser superiores aos 100mm em uma pântada, havendo um perfil decrescente e inversamente proporcional entre “Intensidade das chuvas” e “Número de eventos”. Apenas a classe “> 100mm” destoa dessa distribuição, com quantitativos superiores às classes com valores menores.

A partir do agrupamento dos anos e locais com acumulados similares de chuvas (**Figura 22**) temos os seguintes resultados: 4 classes para o Chuvoso móvel, para o Chuvoso fixo e para o Seco móvel e 5 grupos de anos por período Seco fixo. Tais agrupamentos indicaram que, apesar da distância euclidiana entre as interações serem diferentes, houve certa similaridade entre os componentes de cada grupo, principalmente em relação à proximidade obtida entre os pontos de 1 a 5 e para 12 a 15.

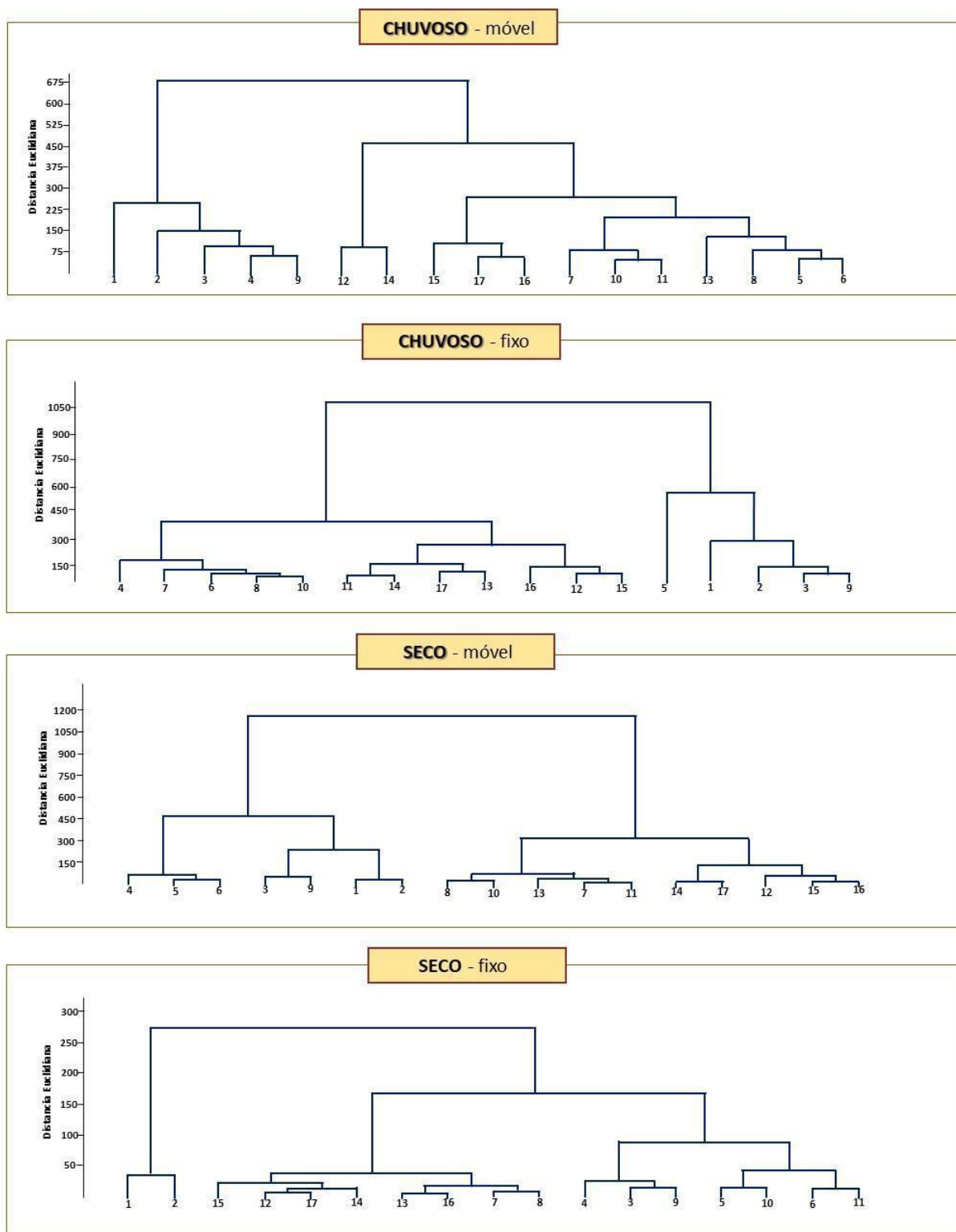
**Figura 21** – Acumulados de precipitação por classe de intensidade.



Fonte: Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

**Figura 22** - Agrupamentos em Ward de locais que apresentam intensidade das chuvas similares.

**AGRUPAMENTOS EM WARD – ITENSIDADE DAS CHUVAS POR PERÍODO**



Fonte: Organizado pela autora a partir das séries de dados da ANA (2020).

Espacialmente (**Figura 23**) tem-se que, para as chuvas não efetivas, há uma distribuição homogênea para o período seco. Em todos os pontos há mais de 75% dos dias com chuvas inferiores aos 10mm.

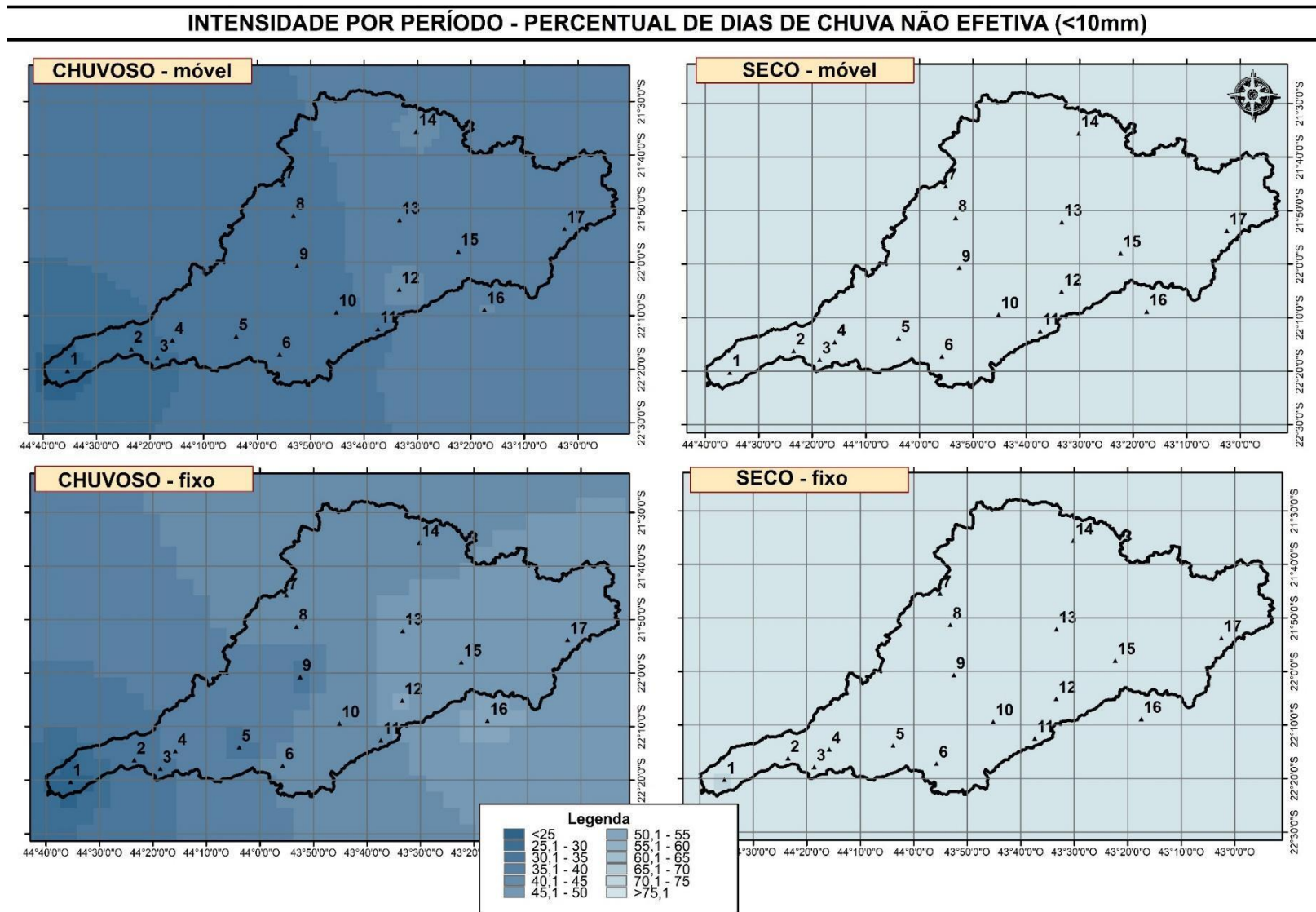
Tal resultado demonstra que, além de apresentar um período mais seco, em detrimento de um período chuvoso, a BHRPP não apresenta a probabilidade de ocorrência de acumulados superiores aos 10mm entre os dias 26 a 30 de maio (pêntada 30) e 23 a 27 de setembro (pêntada 54) (período seco). O período seco, além de ser caracterizado pela diminuição da ocorrência de chuvas, também foi qualificado pela prevalência de, em casos de chuva, estas serem inferiores aos 10mm.

Desta forma, no que tange ao planejamento territorial, nesses meses, seriam necessárias ações atreladas à demandas climáticas ligadas à estiagens, que poderiam produzir impactos em distintos setores socioeconômicos, sejam eles urbanos, rurais, industriais, entre outros. A dinâmica das chuvas da região Sudeste é questão que precisa estar dentre os debates públicos e privados, visto que esta região é a mais populosa do país, apresentando uma grande heterogeneidade socioeconômica, sendo grande o quantitativo de possíveis afetados em momentos de redução das chuvas.

Em contrapartida, constatou-se haver heterogeneidade espacial na ocorrência de chuvas não efetivas no período chuvoso, as quais foram registradas principalmente no Oeste da BHRPP. Tal fato se relaciona diretamente com as conclusões apresentadas anteriormente, acerca das pêntadas que iniciam os períodos secos e chuvosos, bem como da duração (em dias) destes períodos, pois seguem o mesmo padrão espacial de Oeste-Leste visto para outros parâmetros. Os pontos 1, 2 e 3 apresentaram porcentagens inferiores a 25% de ocorrência de chuvas não efetivas, enquanto que o ponto 12 apresentou 43,8% das chuvas sendo 10mm.

Os acumulados do ano civil apresentaram resultados que seguiram os padrões da morfologia do relevo, ou seja, há uma diminuição das chuvas no sentido Oeste-Leste. Tais resultados confirmam outros estudos realizados anteriormente para a mesma área (OLIVEIRA, 2016).

**Figura 23** - Distribuição espacial dos acumulados totais de chuva não efetiva (<10mm).



Fonte: Organizado pela autora a partir das séries de dados da ANA (2020).

As chuvas efetivas (>10mm) (**Figura 24**), por sua vez, apresentaram uma configuração que seguiu as dinâmicas particulares à cada classe de intensidade e local. Para o período chuvoso foi identificado que as classes entre 10,1 e 20mm, de 20,1 a 30mm e 30,1 a 40mm foram as mais recorrentes (acima de 200 eventos), vindo a diminuir progressivamente com as classes 70,1 a 80mm, 80,1 a 90mm e 90,1 a 100 milímetros, ocorrendo por volta dos 50 dias. Apenas a classe >100 não seguiu este padrão, apresentando um aumento do quantitativo dos eventos.

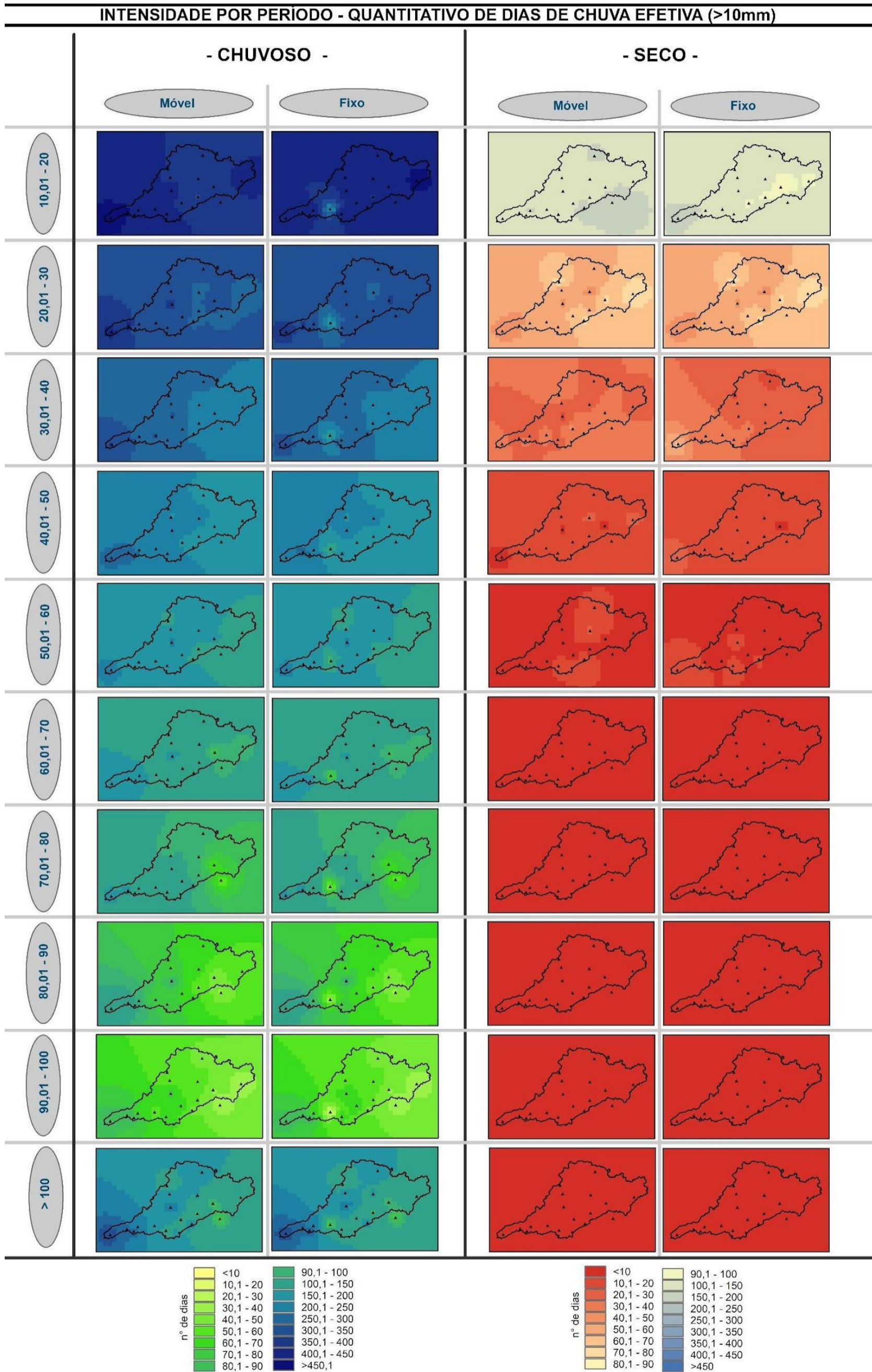
Foi constatado que todas as classes de dias apresentaram um padrão espacial em que as regiões com altitudes mais elevadas apresentavam maior quantitativo de dias com extremos, quando comparadas às demais. Tal padrão indica uma relação inversamente proporcional entre os resultados obtidos com as chuvas efetivas e não efetivas, ou seja, enquanto as áreas mais elevadas (pontos 1 a 5) apresentaram predominância de eventos com acumulados superiores aos 40mm; os pontos menos elevados (10 a 17) registraram acumulados predominantemente inferiores aos 40mm.

A região onde se localiza a Serra de Itatiaia (pontos 1 a 3) registrou mais de 400 dias com chuvas superiores aos 100 milímetros; enquanto os pontos 15 e 16 (localizados na foz do Rio Preto) concentram, principalmente, chuvas inferiores aos 40mm. Esta configuração indica haver uma heterogeneidade na distribuição dos acumulados de chuva no período chuvoso, enquanto há uma homogeneidade espacial constatada para o período seco.

Foi constatado que na região menos elevada, para a série de dados entre 1951 e 2018, houve menos que 10 episódios de chuvas acima dos 50,1mm e classes subsequentes. Abaixo de 50mm foi identificada uma maior variabilidade espacial na distribuição dos dados.

Nos pontos localizados ao Sul e à Leste da BHRPP (6, 10, 11, 12, 15 e 16) foram registrados mais de 60 dias com chuva.

Figura 24 - Distribuição espacial dos acumulados totais de chuva efetiva (>10mm).



Fonte: Organizado pela autora a partir das séries de dados da ANA (2020).

Numa comparação dos resultados obtidos com a utilização de um recorte móvel e um fixo, em contrapartida ao ano civil (**Tabela 12; Figura 25**) foi possível observar que são encontrados resultados distintos para cada delimitação temporal. Em média, a amplitude entre os acumulados anuais registrados nas pêntadas fixas (31-54) e nas pêntadas móveis (variável por ano) apresentaram pequenas variações, entre -1,5mm (ponto 3) e 27,4mm (ponto 2), prevalecendo as variações de 1,5 a -0,5 mm.

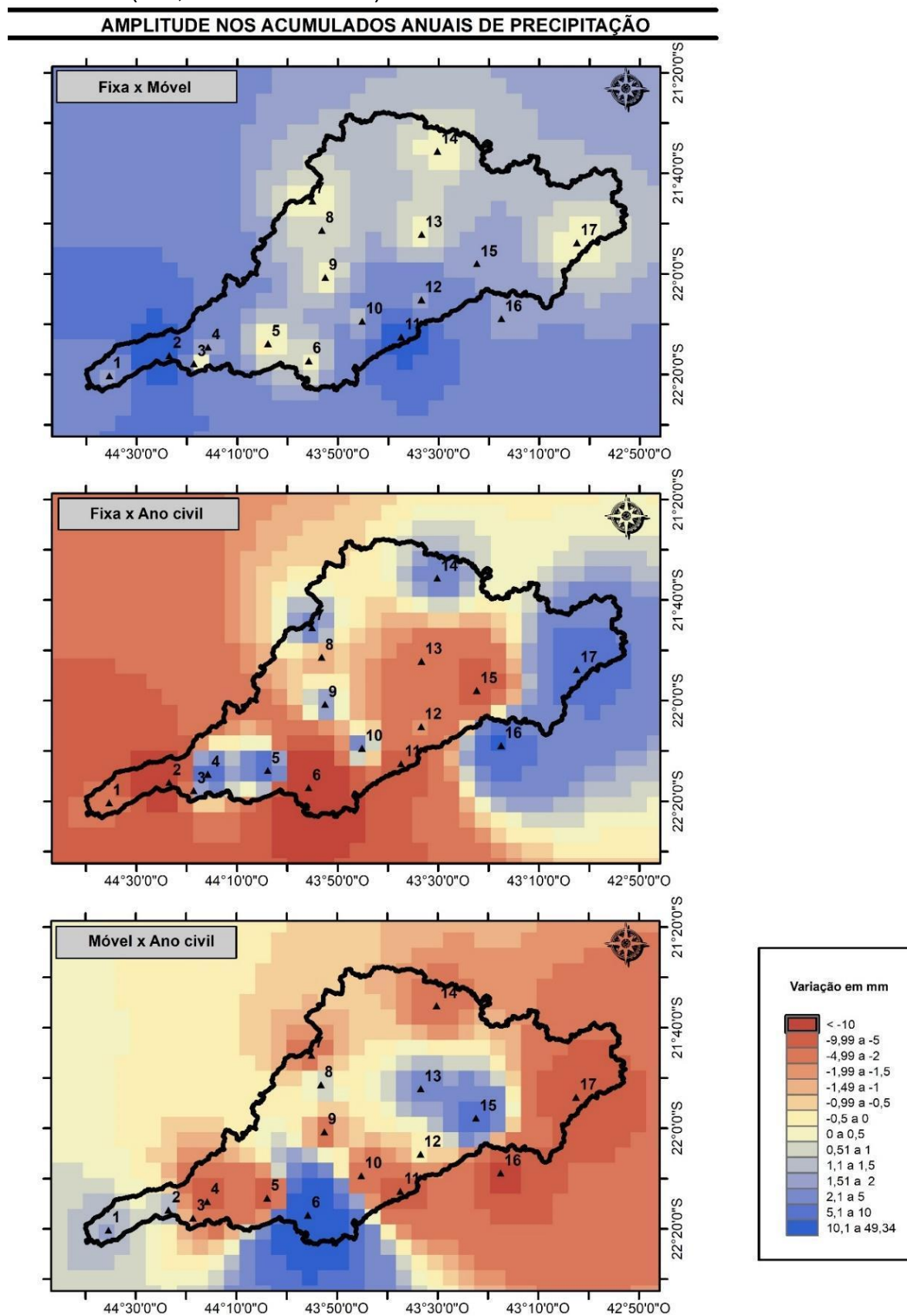
A comparação entre os resultados obtidos com a metodologia das pêntadas com a do ano civil, por sua vez, apresentou amplitudes maiores. Estas estiveram entre -10,00mm (ponto 15) e -49,5mm (ponto 6) e -13,1mm (ponto 16) e 49,4mm (ponto 6). Tais resultados comprovaram a eficiência na utilização de limites temporais naturais nos estudos climáticos, em contrapartida ao recorte civil.

**Tabela 12** - Acumulados anuais de precipitação por tipo de metodologia de recorte anual (fixa, móvel e ano civil).

Número	VARIACÃO NOS ACUMULADOS ANUAIS MÉDIOS DE CHUVA (em mm)			Variabilidade em relação as médias		
	Metodologia para delimitação do recorte			Entre: fixa x móvel	Entre: fixa x ano civil	Entre: móvel x ano civil
	Fixa (pentadas 31 e 54)	Móvel (variável em cada ano)	Ano civil (01 de janeiro a 31 de dezembro)			
1	2374,0	2372,4	2370,7	1,7	-3,3	1,7
2	2118,2	2090,9	2089,2	27,4	-29,1	1,7
3	1991,8	1993,3	1994,4	-1,5	2,6	-1,1
4	1757,5	1756,1	1765,1	1,4	7,6	-9,0
5	1620,8	1621,2	1631,5	-0,4	10,7	-10,2
6	1541,8	1541,6	1492,2	0,2	-49,5	49,4
7	1418,4	1418,4	1421,5	0,0	3,1	-3,1
8	1500,7	1500,2	1499,2	0,5	-1,5	1,0
9	1883,1	1882,9	1885,6	0,2	2,5	-2,7
10	1459,3	1458,5	1462,7	0,8	3,4	-4,2
11	1451,8	1434,2	1443,7	17,6	-8,0	-9,5
12	1204,1	1202,2	1202,5	1,9	-1,6	-0,3
13	1430,6	1430,6	1427,7	0,0	-2,9	2,9
14	1499,5	1499,4	1502,6	0,2	3,1	-3,2
15	1149,0	1147,5	1138,9	1,4	-10,0	8,6
16	1100,2	1098,7	1111,8	1,5	11,6	-13,1
17	1243,9	1243,8	1253,5	0,1	9,6	-9,7

Fonte: Organizado pela autora à partir de dados da ANA.

**Figura 25** - Distribuição espacial das alterações médias por tipo de metodologia de recorte anual (fixa, móvel e ano civil).



Fonte: Organizado pela autora a partir de dados da ANA.

A comparação entre a metodologia fixa e a móvel resultou em valores de amplitude positivos para quase todos os pontos (exceto pontos 3 e 5). Enquanto que as outras duas metodologias retornaram uma disposição mais equilibrada entre variações positivas e negativas.

Na análise destas amplitudes de forma espacializada, foi constatada a ocorrência de um padrão inversamente proporcional. Enquanto os pontos 1, 2, 6, 13 e 15 apresentaram amplitudes positivas para a comparação entre a metodologia móvel e o ano civil; os pontos 3, 4, 5, 7, 9, 14, 16 e 17 apresentaram amplitudes negativas para a comparação entre a metodologia fixa e o ano civil.

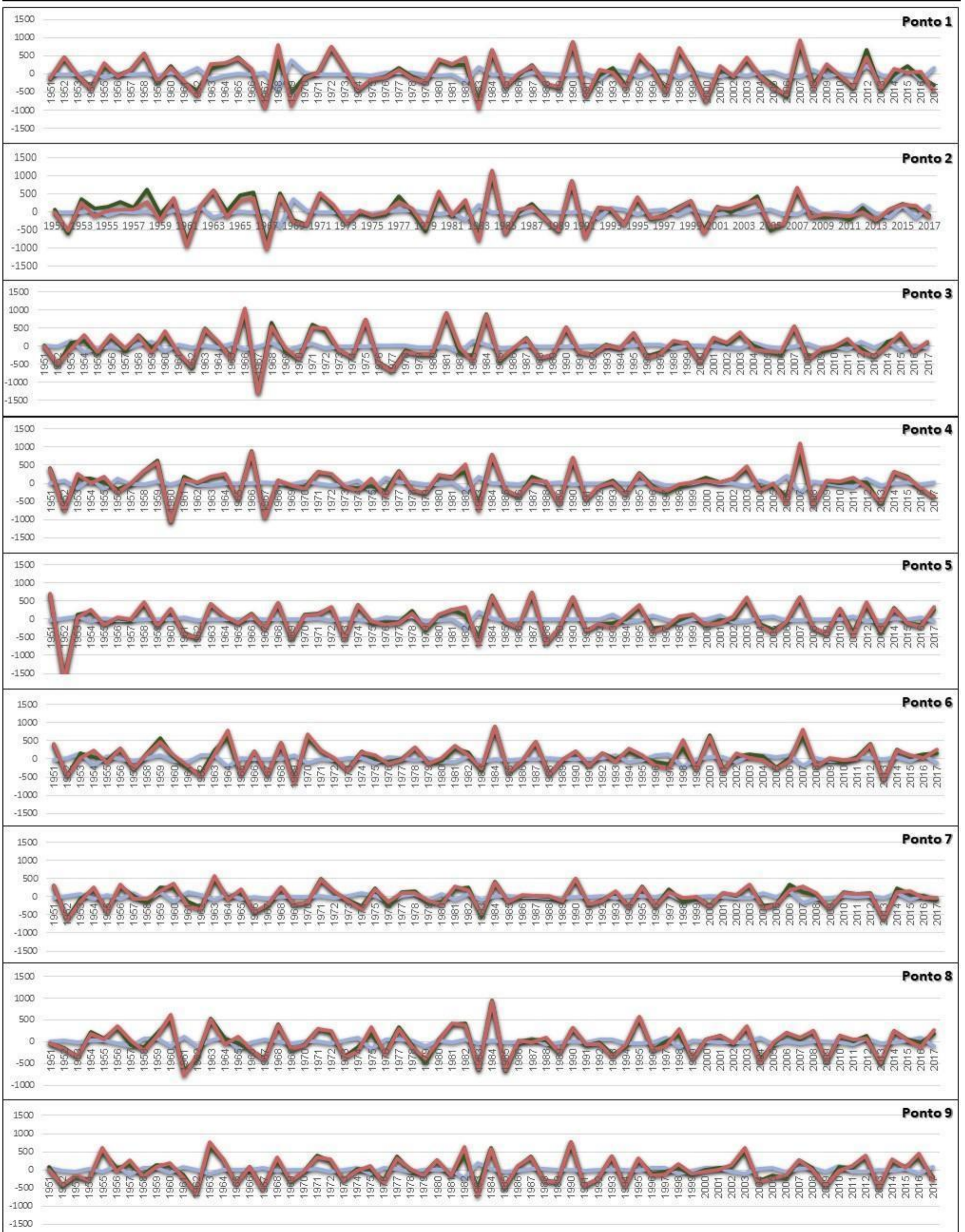
Vale ressaltar que, embora existam variações entre os acumulados registrados e selecionados a partir das metodologias fixa e móvel, foi notória a similaridade entre os resultados anuais resultantes de ambas, conforme destaca a figura 26 (**Figura 26**). Tal configuração permite afirmar que considerar as pântadas 55 como final de um ano meteorológico e 54 como o seu início se faz coerente e, considerando o seu emprego em estudos futuros, passível de ser aplicada enquanto um recorte temporal de análise.

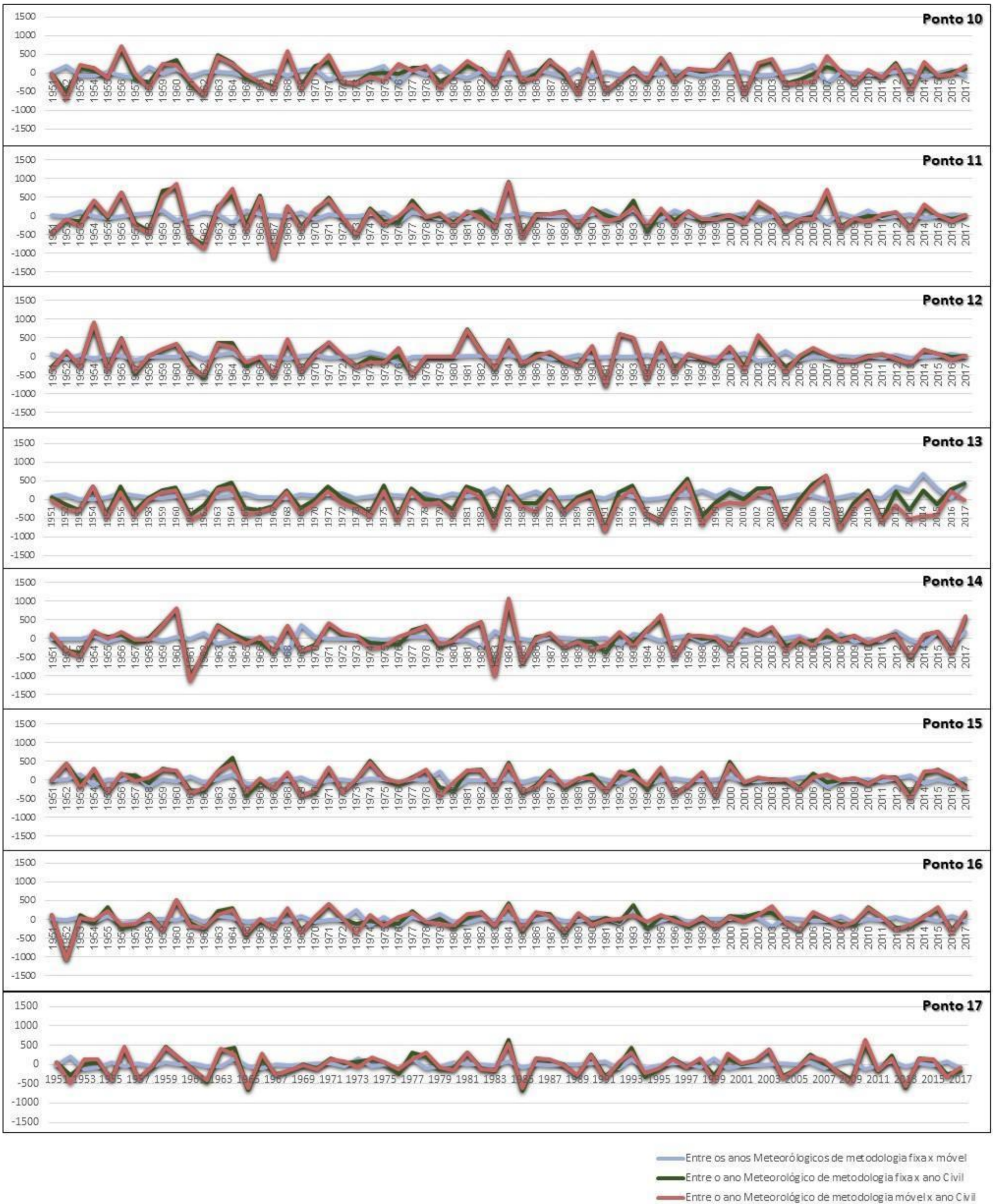
A metodologia das pântadas apresentou como vantagem o fato de trazer resultados interanuais homogêneos, demonstrando seguir o ritmo natural do clima ao apresentar pequenas alterações nas amplitudes dos registros de chuvas. O recorte do ano civil, em contrapartida, contribuiu para uma heterogeneização dos dados, resultando em valores menos representativos do ritmo climático espacializado na BHRPP.

Em uma análise de cada ponto foi constatado que, para todos os anos e locais, houve correspondência entre os limiares fixos e móveis do recorte das pântadas, apresentando apenas pequenas alterações, pouco significativas, como nos anos de 1969 (pontos 1, 2 e 14), 1983 (pontos 1, 2, 3, 4, 5, 9, 14 e 15) e 2012 (pontos 1, 2 e 13). As comparações entre os limiares obtidos com as pântadas e o ano civil, por sua vez, demonstraram haver diferenças mais pronunciadas, como nos anos de: 1957, 1958 e 1966 (ponto 2); 1973 (ponto 16); 1978 (ponto 10); 1980 (ponto 15); 1981 (ponto 5); 1993 (pontos 1, 11 e 16); 2006 (ponto 7); 2012 (ponto 1 e 13); e 2014 e 2016 (ponto 13); nos quais uma ou outra metodologia mais se aproximou com os resultados do recorte de ano civil.

Figura 26 - Gráfico com a variação entre os acumulados anuais para cada metodologia de recorte do que é considerado “ano”.

**VARIABILIDADE NOS ACUMULADOS ANUAIS ENTRE METODOLOGIAS**





Fonte: Organizado pela autora, a partir de dados da ANA (1951-2017).

Analisando as possíveis causas para os resultados citados nos parágrafos anteriores, tem-se que os anos de 1957, 1958, 1966 e 1983 foram anos de El Niño forte (NOAA). Com exceção do ponto 17, localizado a 452 metros de altitude, todos os demais pontos apresentaram alterações negativas nas chuvas do ano de 1993.

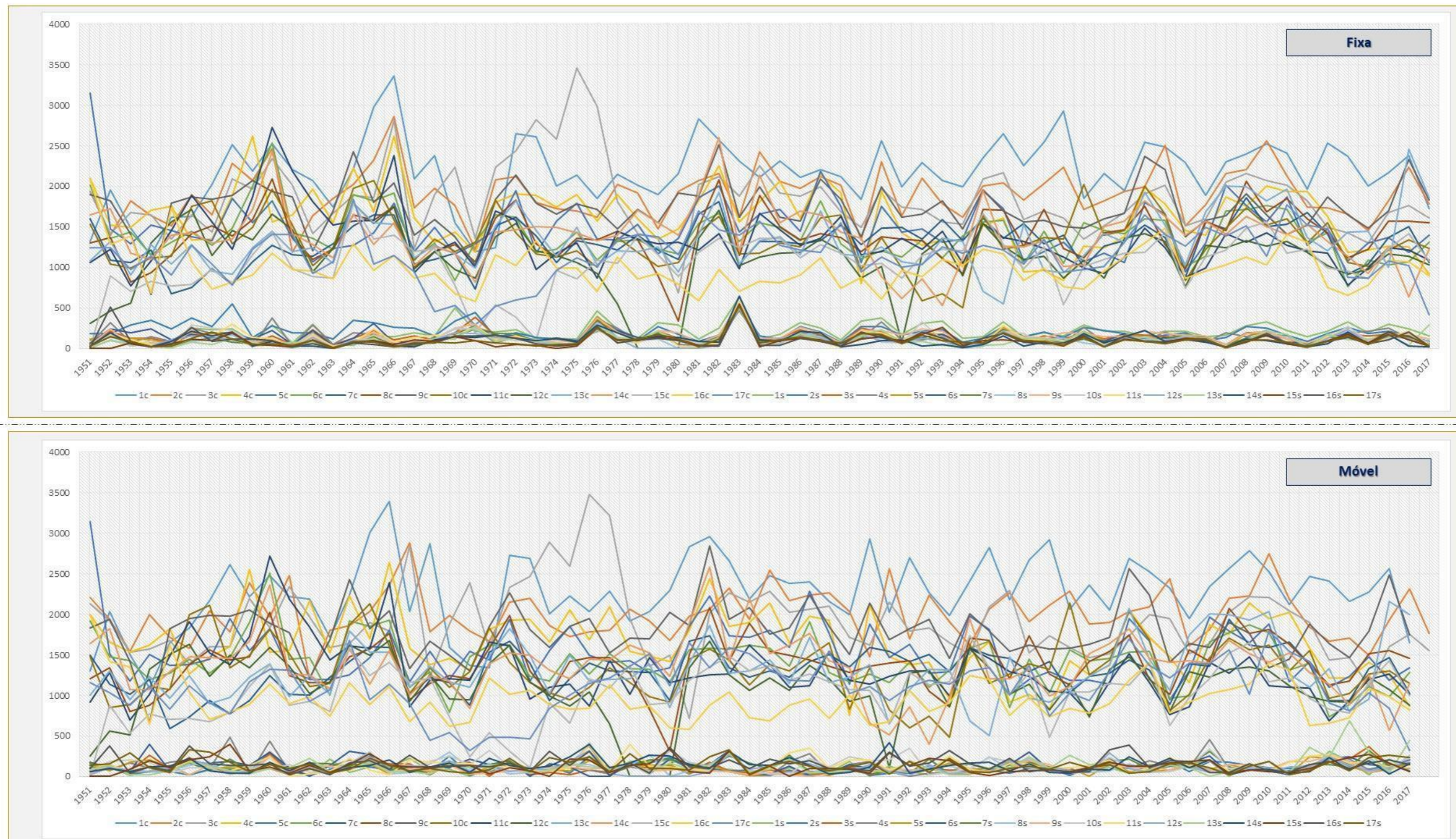
Conforme dados da NOAA (2016), para a série de dados entre 1950-2016, os registros indicam que os anos de 1957-1958, 1965-1966, 1982-1983 e 1997-1998 foram os que apresentaram eventos de El Niño considerados muito fortes. A La Niña, por sua vez, foi muito forte nos anos de 1973-1976 e 1988 -1989. Ao discorrer sobre a variabilidade das chuvas sobre a AS, Andreoli e Kayano (2007), constataram que existe uma relação entre estas e o fenômeno ENOS de acordo com as fases da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (GUERRA, 2012). Baptista (2016), por sua vez, faz ressalvas de que a influência dos fenômenos El Niño e ODP sobre os totais de chuvas da América do Sul pode não acontecer simultaneamente e variar durante o ciclo sazonal. Por outro lado, Veiga (2008, p.34), ao discorrer sobre a influência das anomalias nas chuvas de monções ao longo do globo, ressalta que há locais em que “as chuvas de monção são altamente dependentes do ciclo do ENOS”. Isso permite concluir que índices mais ou menos acentuados podem interferir no início e final dos períodos.

A análise dos acumulados anuais (**Figura 27**) indicou que o período seco apresentou maior similaridade entre os pontos, em termos de amplitude dos dados e variabilidade espacial. A redução, ou quase ausência, das chuvas durante o período seco ocorreu em praticamente todos os pontos.

Para os totais acumulados durante o período seco fixo foi constatado que os valores máximos calculados estiveram entre 477mm (ponto 3) e 647mm (ponto 14), enquanto que para o período seco móvel foi de 239,8mm (ponto 5) e 483mm (ponto 4). Os valores mínimos, por sua vez, indicaram haver pontos como o 7, 8, 11, 12, 15 e 17 (período Seco fixo) e 3, 5, 7, 8, 11, 12, 15 e 17 (período seco móvel) em que houve ausência de chuvas durante o recorte temporal. Em média, o período seco apresenta acumulados totais entre os 212,24mm (ponto 1) e 150,38mm (ponto 16). Para o período chuvoso, por sua vez, o maior acumulado total registrado foi de 3358,7mm (ponto 1), com a delimitação temporal fixa e de 3474,2mm (ponto 3) utilizando o recorte móvel.

**Figura 27** - Gráfico com os acumulados anuais de chuva por período, para o ano meteorológico.

### ACUMULADOS ANUAIS DE CHUVA



**Fonte:** Organizado pela autora, à partir de dados da ANA (1951-2017).

Dentre os anos analisados, tem-se que alguns anos merecem destaque por destoarem frente aos demais; por serem atípicos positivos, com chuvas acima das médias, temos 1973 e 1983, quando todos os pontos apresentaram excedentes de chuva no período Seco, independente do recorte de dados utilizados. Os anos atípicos negativos, abaixo da média, foram: 1960, 1971, 1981 e 2004.

Um dos anos com menores acumulados foi 2014. Estudos realizados por Coelho, Steinke e Steinke (2015) e Oliveira (2016) também demonstraram que 2014 foi um ano com chuvas abaixo da média na região Sudeste do Brasil, indicando ser este um dos mais secos. Coelho et. al (p.58), por sua vez, ao sintetizarem as possíveis causas da gênese de tal evento, destacam que

a seca sobre a região sudeste durante o verão 2014 teve como raiz as condições de atividade convectiva anômalas na região tropical ao norte da Austrália, desencadeando uma sequência de processos conectando a região tropical e extra-tropical do oceano Pacífico, até atingir o oceano Atlântico e a região sudeste do Brasil. Como resultado houve o estabelecimento de um sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico que apresentava-se aquecido, que forçou os sistemas frontais a realizarem trajetórias oceânicas, favoreceu a manutenção do aquecimento oceânico através da incidência de radiação solar, transportou umidade tropical (do Atlântico e da Amazônia) para o sul do Brasil, e desfavoreceu a formação de eventos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um dos principais mecanismos de produção de chuva sobre a região sudeste do Brasil.

As tendências para os acumulados (**Figura 28**) indicam locais com propensão ao aumento das chuvas (pontos 1, 8, 13, 15 e 17), enquanto outros apresentam tendência à diminuição (pontos 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 14 e 16). Os três recortes temporais (ano civil e ano meteorológico fixo e móvel) retornaram resultados similares, com pequenas variações pouco significativas, confirmando as tendências.

Analisando a localização espacial de tais pontos, observa-se uma tendência à seca ao Sul da BHRPP, porção territorial pertencente ao estado do Rio de Janeiro e localizada na sub-bacia do rio Preto. Tal região se caracteriza por altitudes não muito elevadas, próximas ao vale do rio Paraíba do Sul, posicionada geograficamente entre as Serras do Mar e Mantiqueira.

Em estudos das tendências para as chuvas na Bacia do Paraíba do Sul, Marengo e Alves (2005) encontraram resultados similares, com tendências negativas (-0,166) nas cotas do rio Paraíba do Sul no posto pluviométrico de Resende (RJ). Tais autores utilizaram da metodologia estatística do teste de Mann-Kendall para chegar a seus resultados, aplicando-o a uma série histórica de dados que compreendeu os anos de 1930-2000.

Também ao Norte da bacia, próximo ao município de Juiz de Fora (ponto 14), ocorrem tendências de diminuição das chuvas anuais. Analisando o fato de que o ponto 14 é um dos dois pontos que se localizam na sub-bacia do rio Paraibuna, pode-se aferir que está havendo uma correspondência entre a delimitação hidrográfica e a diferenciação de áreas na BHRPP.

Oliveira (2021), ao aplicar o teste de Mann-Kendall para os dados históricos da cidade de Juiz de Fora, observou diminuição das chuvas nos meses de janeiro, fevereiro, junho, agosto e outubro e aumento nos demais meses. Tal constatação implica em reafirmar a importância de que os estudos considerem as escalas anuais e mensais, visto que considerar apenas o recorte anual nos estudos de tendências pode mascarar os resultados. Pode haver uma variabilidade presente nos regimes e que precisa ser reconhecida.

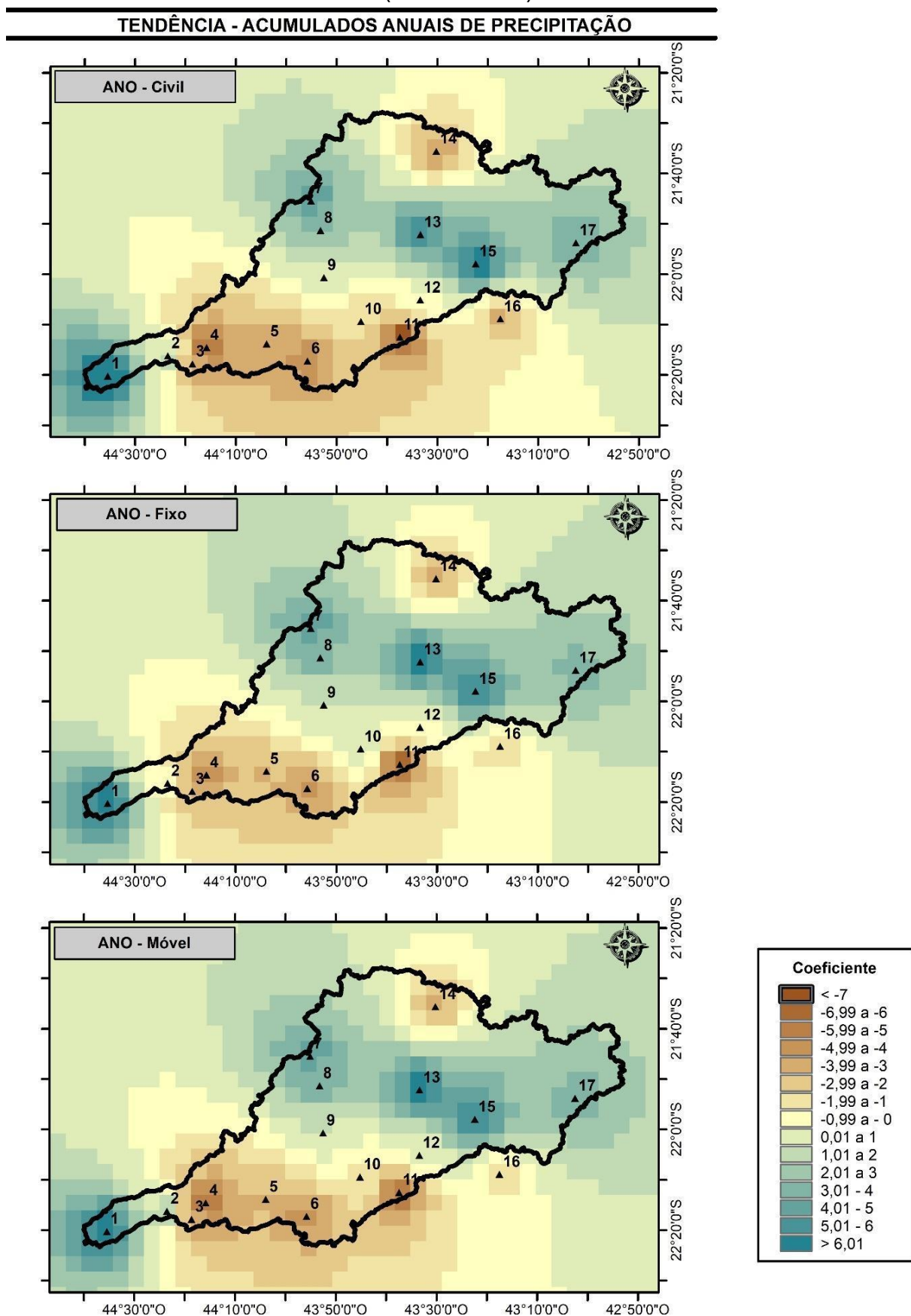
O mapeamento das tendências por período (**Figura 29**) trouxe resultados que se assemelhavam à distribuição espacial anual. As mesmas áreas com tendência anual de diminuição das chuvas apresentaram tendências de decréscimo para os períodos secos e chuvosos

No entanto, foi constatado que, enquanto a distribuição espacial das tendências para o período chuvoso foi análoga entre os recortes fixo e móvel, o período seco apresentou pequenas variações, demonstrando que o uso de recortes móveis para os limiares do período seco é mais adequado e trouxe um resultado mais próximo à dinâmica natural de redução das chuvas e suas tendências.

As tendências considerando as classes de intensidade dos acumulados (**Figura 30**) indicam resultados que confirmam as tendências anual e por período, demonstrando que:

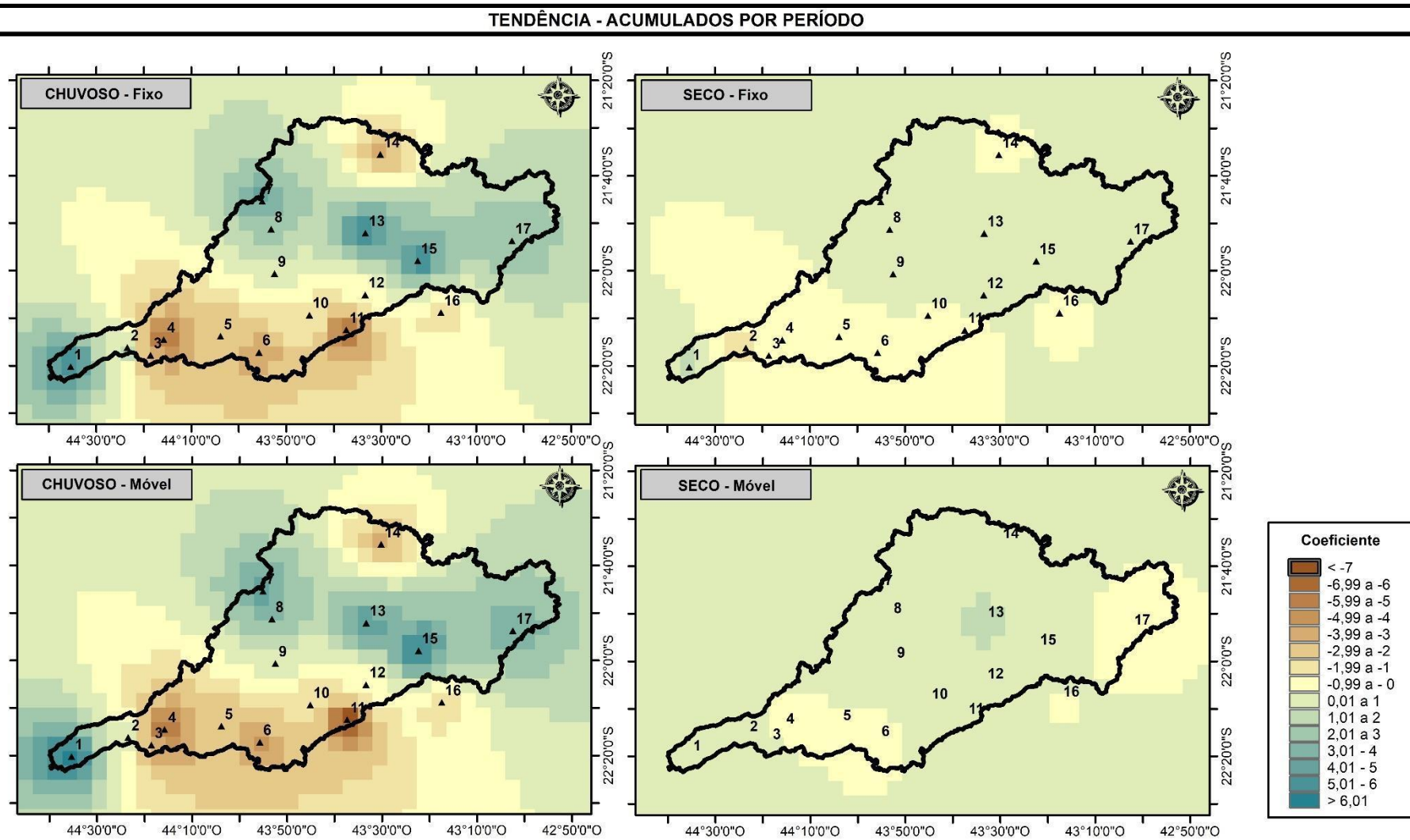
- A região que apresenta tendência à seca, ao sul da BHRPP e ponto 14, é a mesma com tendência ao aumento de chuvas <10mm. Esta área está, também, tendendo a ter eventos com acumulados superiores aos 100mm/pêntada, para o período seco móvel.
- Ao norte da BHRPP predomina uma tendência ao aumento dos eventos entre 20 e 40mm para o período seco; enquanto o período chuvoso segue um padrão inversamente proporcional, com redução das chuvas.
- Está havendo um aumento das chuvas com acumulados entre 40 e 70mm para a região norte e leste da BHRPP, tanto no período seco, como no chuvoso.

**Figura 28** - Distribuição espacial das tendências para os acumulados anuais de chuva (1951 a 2017).



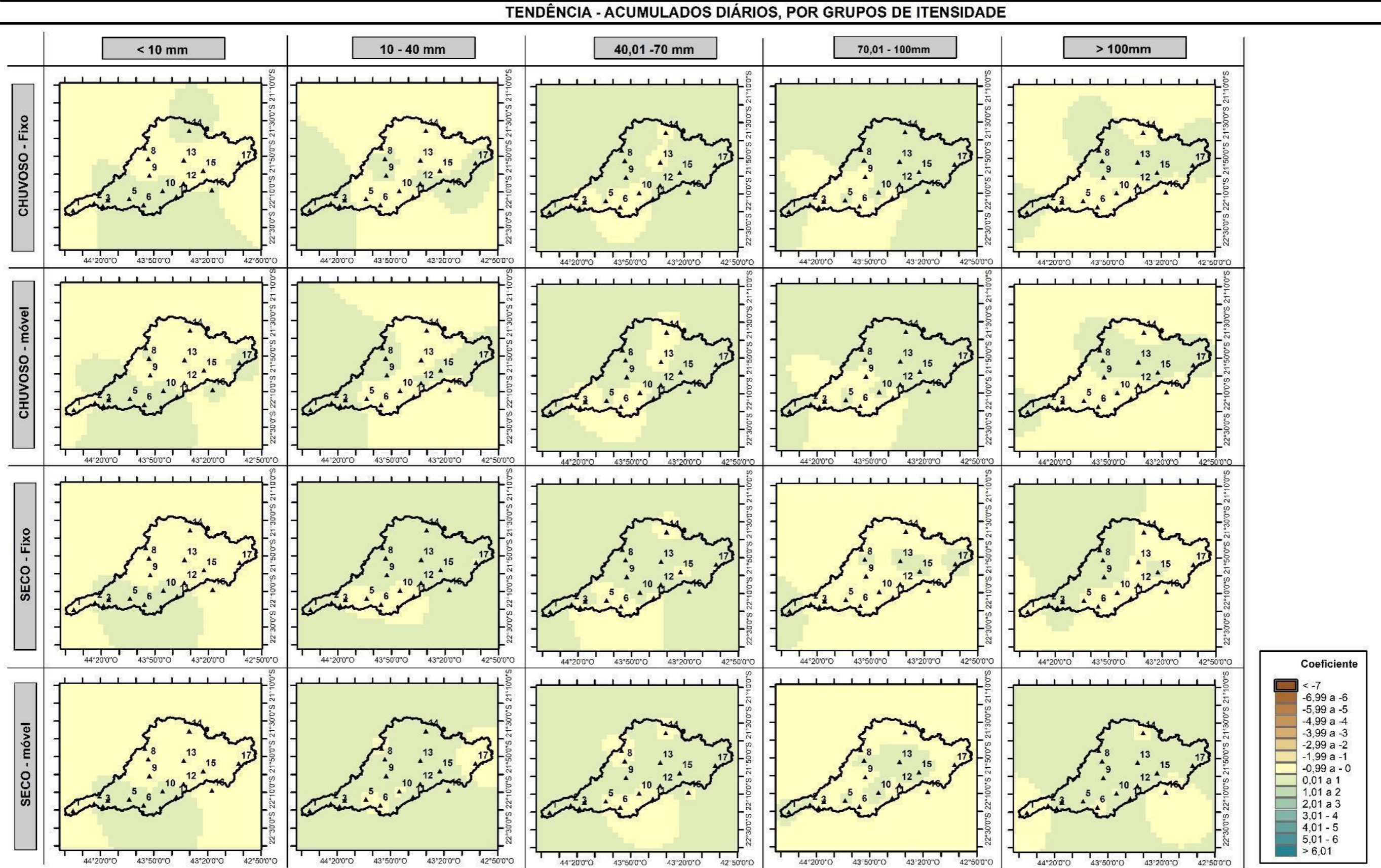
Fonte: Organizado pela autora à partir de séries de dados da ANA (2020).

**Figura 29** - Distribuição espacial das tendências para os acumulados por período de chuva (1951 a 2017).



Fonte: Organizado pela autora à partir das sries de dados da ANA (2020).

Figura 30 - Distribuição espacial das tendências para os acumulados diários de chuva (1951 a 2017).



Fonte: Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA (2020).

As tendências anuais e por período demonstraram haver padrões em sua distribuição espacial que seguiram os padrões do relevo, sejam eles as variações de altitude ou compartimentação geomorfológica.

Os resultados apresentados nesta seção do texto permitiram reconhecer a dinâmica das chuvas na BHRPP, com ênfase para a sua comparação entre um recorte temporal fixo e um móvel. A premissa de que a bacia integra o regime de monções foi confirmada e os limiares que datam o início e final de seus ciclos se mostraram como eficazes para a delimitação dos anos meteorológicos.

Um padrão espacial de Oeste-Leste foi identificado para duração dos períodos secos e chuvosos, demonstrando que a compartimentação do relevo da bacia exerce influências local e regionalmente. Os resultados representaram, ainda, esforços para averiguar a existência de unidades com grupos de pontos climaticamente similares, materializados pela dinâmica das chuvas na BHRPP e que podem ter suas gêneses explicadas pela análise dos fluxos e processos entre atmosfera-superfície. A seguir serão apresentados os resultados referentes aos processos e fluxos do SC-BHRPP, com destaque para aqueles ligados às chuvas orográficas e ao regime de monções da AS.

### **4.3 PROCESSOS E INTERAÇÕES: A GÊNESE DAS CHUVAS NA BHRPP**

Como ressaltado no item anterior (4.2), as monções Sul-Americanas constituem um dos processos que demarcam o regime das chuvas na BHRPP, responsáveis pela gênese da variabilidade temporal do clima da bacia. No entanto, apesar de ter sido comprovada a integração da bacia entre o SMSA através da variabilidade da precipitação, foi observado que houve anos em que esta esteve mais ou menos atuante. Nesta etapa do trabalho serão apresentados outros componentes que também se atrelam à origem das chuvas ao serem controladores da circulação atmosférica da América do Sul.

Em relação aos mapeamentos dos padrões de direção e velocidade dos ventos na América do Sul, com destaque para a BHRPP - figuras 31, 32, 33 e 34, nota-se haver uma variação dos valores médios de períodos específicos para a série considerada. A diferenciação no sentido dos ventos ocorre de maneira mais acentuada entre os anos e meses dos Períodos Seco e Chuvoso e menos significativa

entre anos distintos; já a intensidade dos ventos varia de forma mais expressiva entre anos específicos.

Estes padrões de anomalias nos ventos teriam relações com o enfraquecimento dos ventos Alísios, com influências diretas para um enfraquecimento do fluxo de unidade sobre a Amazônia no verão e para o enfraquecimento do JBN (Jatos de Baixos Níveis) a leste dos Andes, também no verão (REBOITA et al, 2022).

As figuras 31 (**Figura 31**) e 32 (**Figura 32**) demonstram os padrões de ventos durante o início das fases ativas e inativas de uma monção. Comparando tais figuras é possível observar que durante os meses que demarcam o início do período Chuvoso há uma intensificação na velocidade dos ventos próxima ao limite continente/oceano Atlântico, tendendo a adentrar continentalmente, enquanto nos meses que configuram o período Seco ocorre um recuo em direção ao mar. Tal configuração é progressiva, como visto na figura 32.

A figura 31 demonstra que nos anos em que o início do Período Chuvoso ocorreu nos meses de agosto e setembro há uma configuração semelhante entre as médias mensais da série (1950-2018) e as médias mensais destes. Anos com o período chuvoso iniciando tardiamente (em outubro ou novembro) indicaram que estes possuem padrões no comportamento dos ventos que se diferenciam das médias mensais da série.

Em novembro, por exemplo, tem-se uma inversão no comportamento considerado habitual na intensidade dos ventos ao Sul do Oceano Pacífico e no Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil. Tal padrão já foi citado por outros autores, como por exemplo Carpenedo (2018), que ressalta a variabilidade da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico como um dos componentes que influenciam o ciclo de vida do Sistema de Monção da América do Sul.

O mês de agosto foi caracterizado por apresentar uma configuração que se assemelha com o padrão médio encontrado entre 1950 e 2017. O início do SMSA neste mês ocorreu em apenas 16 anos, representando 23% da série de dados, o que estaria próximo ao esperado, visto que historicamente o mês ainda apresenta redução das chuvas (BOMBARDI, 2008).

Conforme ressalta Bombardi (2008, p.22)

durante o mês de agosto o escoamento em baixos níveis é predominantemente de leste sobre a maior parte da AS tropical, com exceção da região da Bolívia e Paraguai, que apresenta predominância de vento de norte [...]. Durante este período é evidente um escoamento anômalo de sudeste sobre a Amazônia,

que cruza o equador e torna-se de oeste sobre o Atlântico Norte tropical [...]. A maior parte do Brasil apresenta valores de precipitação inferiores a 50mm no mês de agosto.

No decorrer dos meses de setembro, outubro e novembro, há um fortalecimento do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, caracterizando um campo de geopotencial com ventos mais intensos próximos ao litoral do Nordeste e Sudeste do Brasil. Os meses que marcam o início do período seco (março, abril e junho), por sua vez, apresentam uma característica que se opõe a este padrão, com ventos menos intensos na região. Tal característica impacta na distribuição sazonal das chuvas (CARPENEDO e AMBRIZZI, 2020).

Outra constatação observada nas figuras 31 e 32 é a intensificação e alternância dos ventos na região Amazônica e a propagação gradativa mensalmente de sentido Leste e Sudeste, que foi seguida por uma estação úmida com chuvas mais abundantes próximo à bacia.

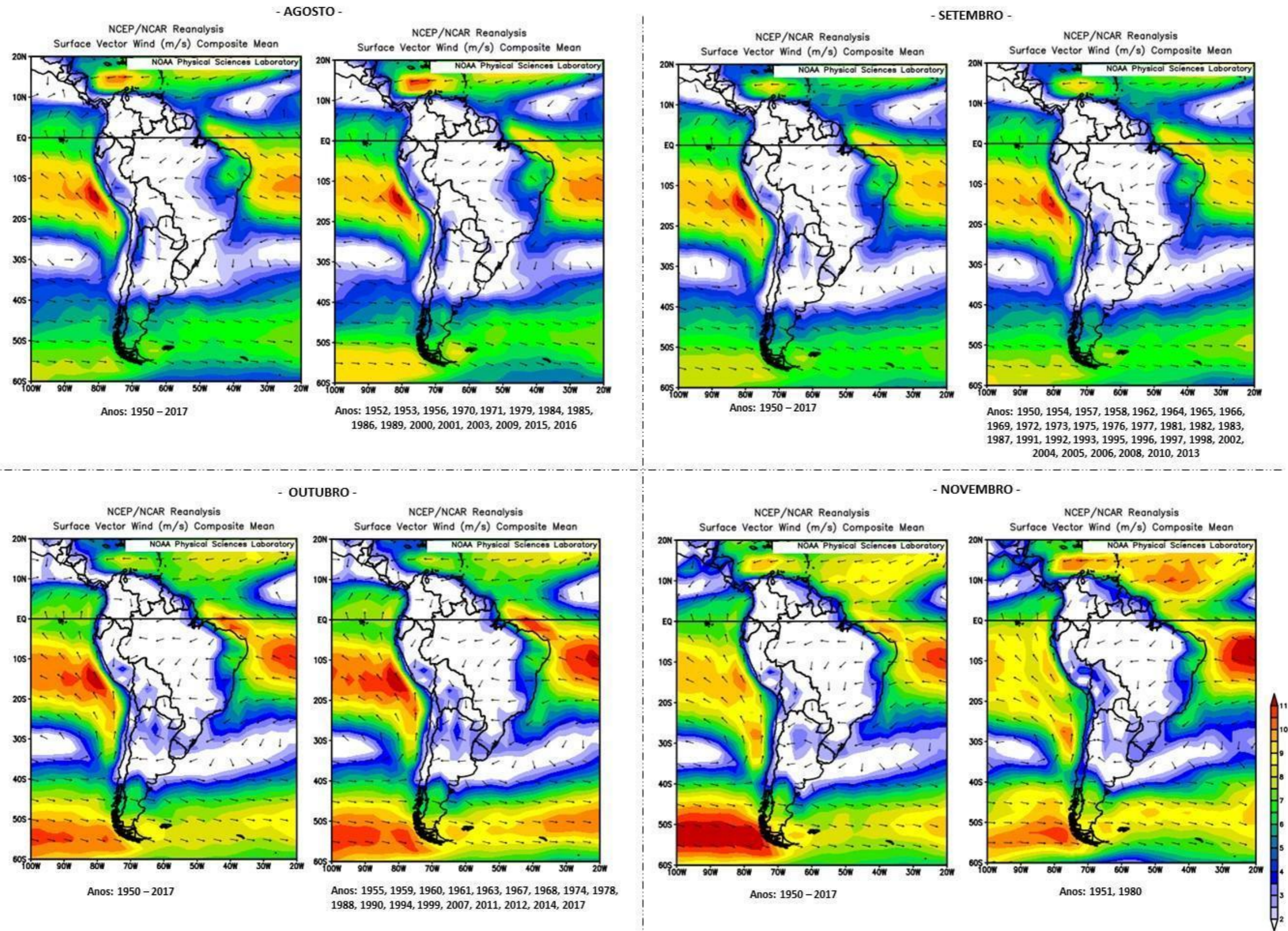
Resultados similares são encontrados por Reboita et al. (2022, p. 347), que ao estudarem o ciclo de vida do SMSA, constataram que “grande parte da umidade sobre a Amazônia é transportada do Atlântico Tropical Norte pelos ventos alísios de nordeste” havendo uma atenuação desses ventos que transportam menos umidade para o continente. Ainda segundo Reboita (et al., 2022, p. 347-348), ao citarem o Anticiclone SemiFixo do Atlântico Sul (ASAS),

além disso, tanto na primavera quanto no verão, o ASAS é projetado ser mais fraco, o que é desfavorável para o transporte de umidade do Atlântico para o sudeste do Brasil. Por outro lado, a circulação ciclônica anômala entre a costa sulsudeste do Brasil no verão [...] pode ser um mecanismo de transporte de umidade do oceano para a região sudeste, o que explicaria a projeção de aumento de precipitação em tal local”.

O ASAS oscila em função da época do ano, conforme a sazonalidade da radiação solar. Sendo que sua posição no verão é mais ao sul e deslocado zonalmente para leste, estando menos intenso e com um valor médio máximo de 1019 ha (PEZZI e SOUZA, 2009). As fases positivas e negativas do Modo Anular Sul (SAM), associado ao ASAS, impactam no regime de chuvas na BHRPP, visto que durante a sua fase positiva tem-se um aumento e intensificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, enquanto que durante sua fase negativa o oposto ocorre (CARPENEDO e AMBRIZZI, 2020).

**Figura 31 – Direção e velocidade dos ventos (média) nos meses que iniciam o período chuvoso (Início da fase madura do SMSA)**

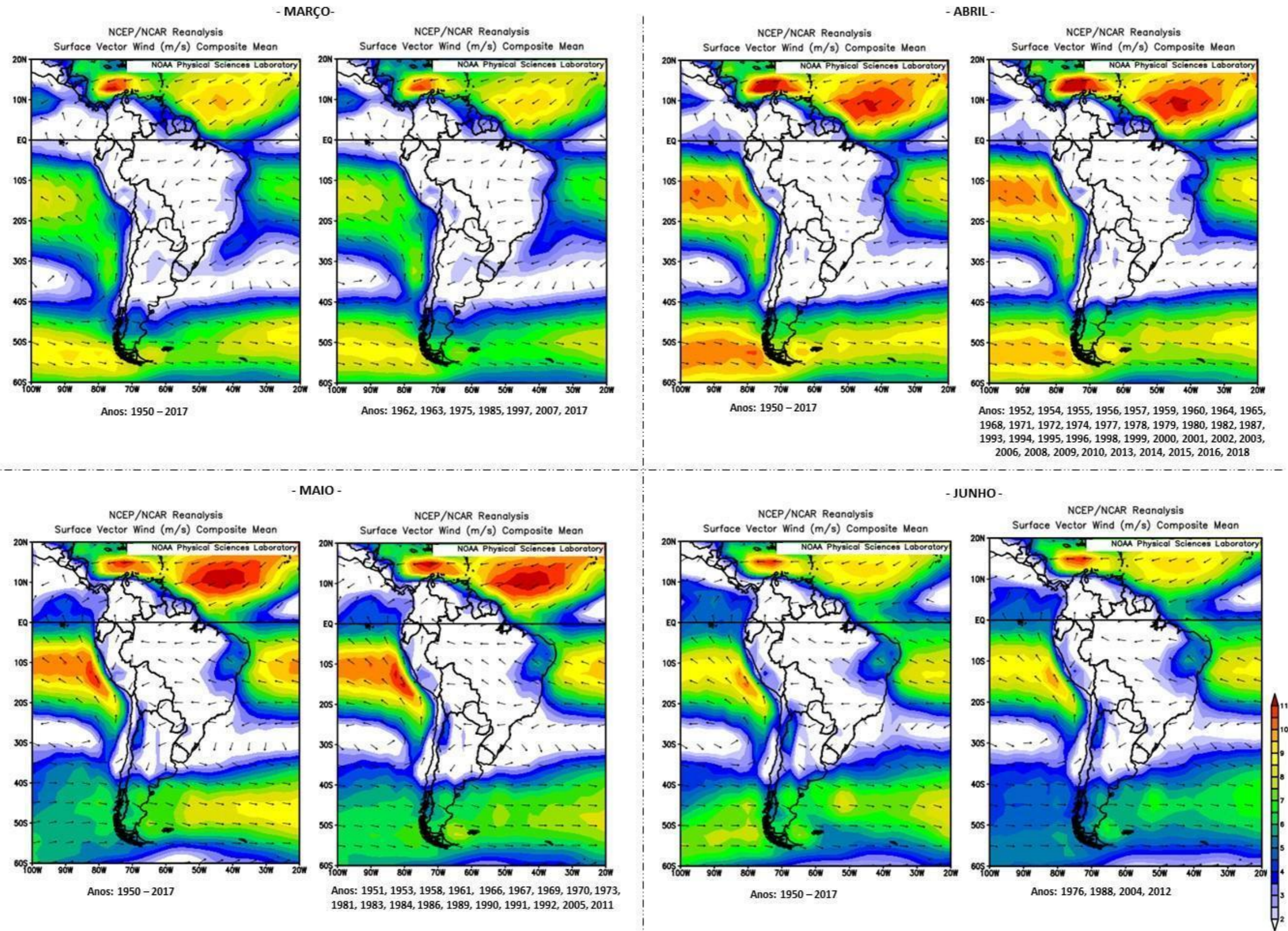
**DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO EM SUPERFÍCIE (MÉDIA COMPOSTA) – INÍCIO DO PERÍODO CHUVOSO**



Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2021). Adaptado pela autora.

**Figura 32 – Direção e velocidade dos ventos (média) nos meses que iniciam o período seco (Início da fase de dissipação do SMSA)**

**DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO EM SUPERFÍCIE (MÉDIA COMPOSTA) – INÍCIO DO PERÍODO SECO**



Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2021). Adaptado pela autora.

Tal configuração está associada aos sistemas transientes que chegam à região Sudeste e, quando há um deslocamento para Norte ou Sul em relação ao habitual, favorecem para que ocorra um período chuvoso mais precoce ou tardio, havendo, portanto, um padrão de dipolo.

A figura 31 indica uma configuração de distribuição espacial em abril e maio mais recorrentes para início do período seco, caracterizada por ventos de maiores intensidades na região do Pacífico Norte. Tal resultado vai de encontro às constatações obtidas por Bombardi (2008, p. 26), que demonstram que

em abril o escoamento de Leste em baixos níveis volta a se intensificar sobre a maior parte da AS e o escoamento de Noroeste ao longo do lado Leste dos Andes enfraquece. Consequentemente observa-se o enfraquecimento das anomalias de vento sobre o norte da AS, tornando-se de Sudeste sobre o Centro Oeste do Brasil, aliado a uma diminuição da precipitação” (BOMBARDI, 2008, p.26).

Também a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que durante o início do período seco se encontra mais ao Sul, enquanto que há um deslocamento para Norte no início do período chuvoso, é um aspecto que precisa ser citado. A configuração encontrada nas imagens foi similar aos padrões citados por Bombardi (2008) que de outubro a janeiro constatou um posicionamento da ZCIT mais ao sul de sua posição “habitual” (BOMBARDI, 2008). Estudos realizados por Ramirez Ruiz (2018, p. 31), ao pesquisar a influência da ZCIT na monção Sul-americana através de dados para a Colômbia, concluíram que “durante os meses de dezembro a fevereiro, ocorre o primeiro período de diminuição das chuvas na área central da Colômbia, marcado por um deslocamento para o sul da ITCZ”. Enquanto que “a primeira estação chuvosa na área de estudo começa no mês de março e se estende até maio, período que está relacionado ao início do deslocamento da ITCZ desde sua posição mais sul em direção ao norte [...] Nos meses de junho a agosto ocorre o segundo período de queda de chuvas na área” (RUIZ, 2018, p.34). O padrão climático de influências da ZCIT para a Colômbia apresenta-se como oposto ao encontrado na presente tese.

A análise dos anos agrupados por apresentarem data de início dos períodos secos e chuvosos similares (**Figura 33; Figura 34**) permitiu constatar que ocorreu particularidades nos valores médios da série e anos similares agrupados.

Para o período seco, tem-se um comportamento diferente entre o que é exposto em termos de médias para a série 1950-2018 e as médias dos anos com

características semelhantes. A média da série de dados indicou que em abril se organizou um campo de ventos no Atlântico Norte caracterizado por apresentar maior intensidade nos ventos, enquanto que os resultados para os anos similares não configuraram este padrão. Tal característica tem vínculos com um posicionamento anômalo do Anticiclone dos Açores. A Alta dos Açores (ou Anticiclone dos Açores) é uma área de alta pressão localizada próximo ao arquipélago de Açores, sobre o oceano Atlântico. Tal sistema pode mudar os ventos Alísios no verão e influenciar tanto a formação da ZCIT e ZCAS, quanto a convecção na Amazônia.

Para o período Chuvoso foi verificado que os agrupamentos entre média da série e a média dos anos similares foram menos discrepantes. São observadas apenas pequenas diferenciações como, por exemplo, a diferença de intensidade constatada nos ventos na região do Pacífico.

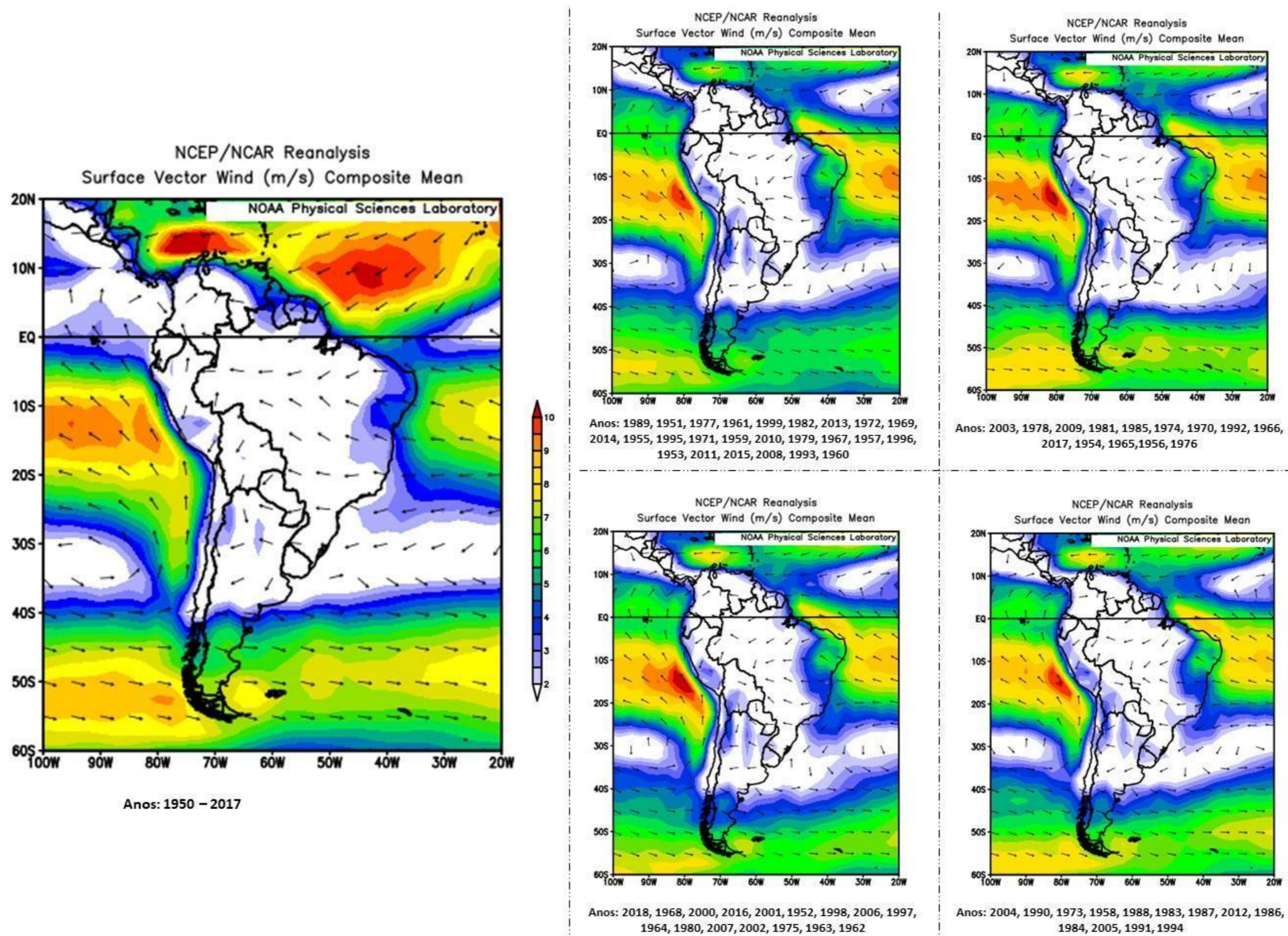
Também foi constatado um padrão em que nos meses que finalizam o ciclo de vida das monções (abril e maio) há um campo de maior intensidade ao norte dos mapas, enquanto que nos meses que iniciam o ciclo (setembro a outubro) não há.

Comparando os padrões observados durante os meses que demarcam o final e o início do período chuvoso, concluiu-se que os primeiros podem ter maior influência no regime das chuvas da BHRPP. Estes se diferenciam tanto em relação à média da intensidade, como em relação a direção dos ventos.

Outro processo importante na configuração da variabilidade sazonal das chuvas é a ZCAS. Ao estudar os anos de 2006 (habitual), 2007 (seco) e 2008 (chuvoso), Oliveira (2016) constatou que os episódios de atuação da ZCAS na BHRPP ocorrem principalmente entre os meses de primavera e verão (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) e que, sob atuação desta, em praticamente todos os dias foi registrada a ocorrência de precipitação. Em relação a sua variação entre os três anos padrão, constatou-se que “o ano de 2008, chamou a atenção dada a grande atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, a qual esteve presente em 19% dos dias, o que significa mais que o dobro de dias em relação aos anos anteriores” (OLIVEIRA, 2016, p. 79).

Figura 33 – Direção e velocidade dos ventos (média) em abril, considerando anos agrupados segundo a técnica Ward.

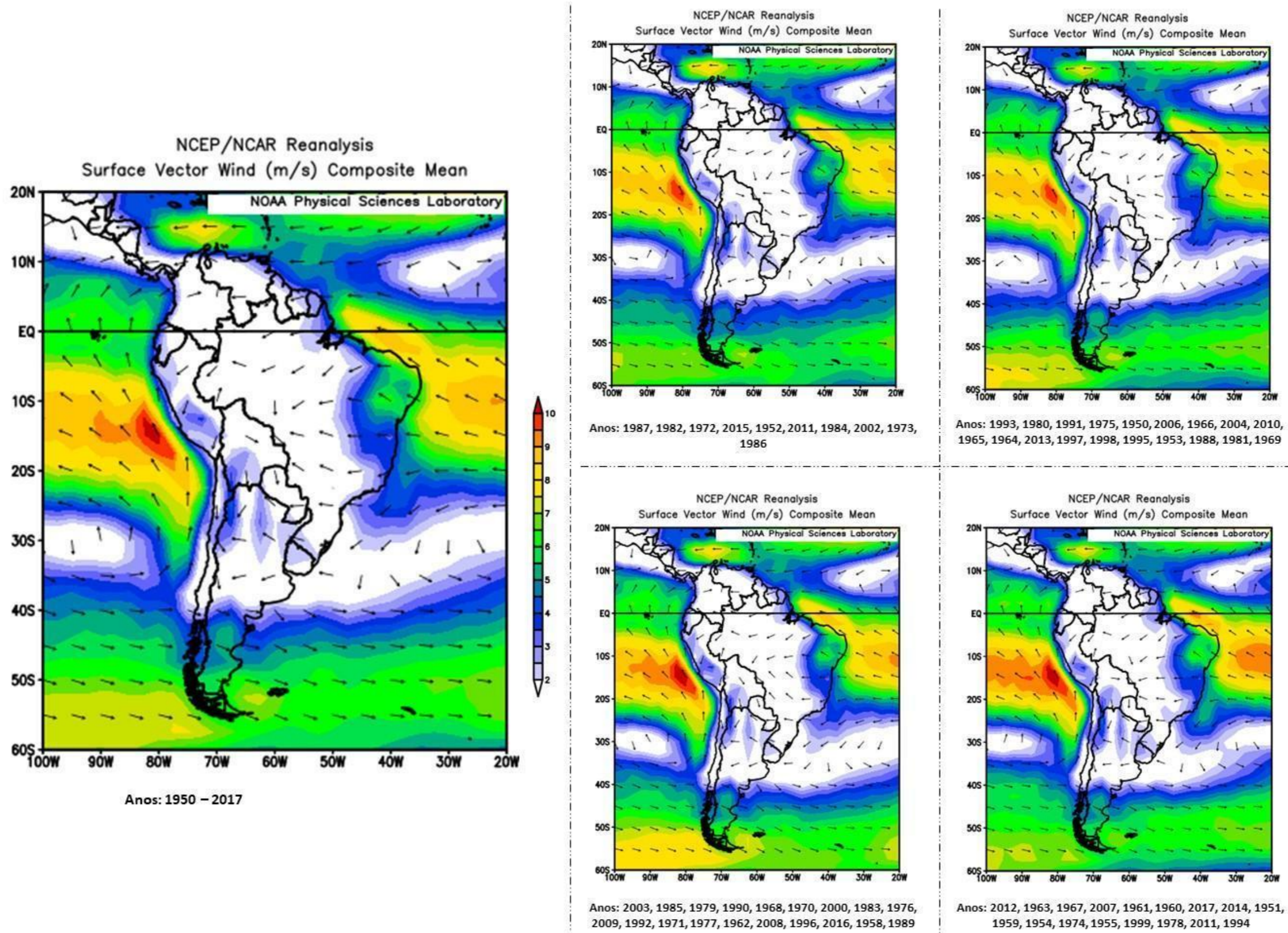
DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO EM SUPERFÍCIE (MÉDIA COMPOSTA) – INÍCIO DO PERIODO SECO / ABRIL



Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2021). Adaptado pela autora.

Figura 34 – Direção e velocidade dos ventos (média) em setembro, considerando anos agrupados segundo a técnica Ward.

DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO EM SUPERFÍCIE (MÉDIA COMPOSTA) – INÍCIO DO PERÍODO CHUVOSO / SETEMBRO



Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2021). Adaptado pela autora.

Os dados citados, referentes à circulação atmosférica, permitiram identificar alguns dos processos que delimitam a variabilidade climática na BHRPP. No entanto, é preciso destacar que a atmosfera é complexa e muitos outros componentes precisam ser estudados antes de se esgotarem as possibilidades desta enquanto objeto de pesquisa.

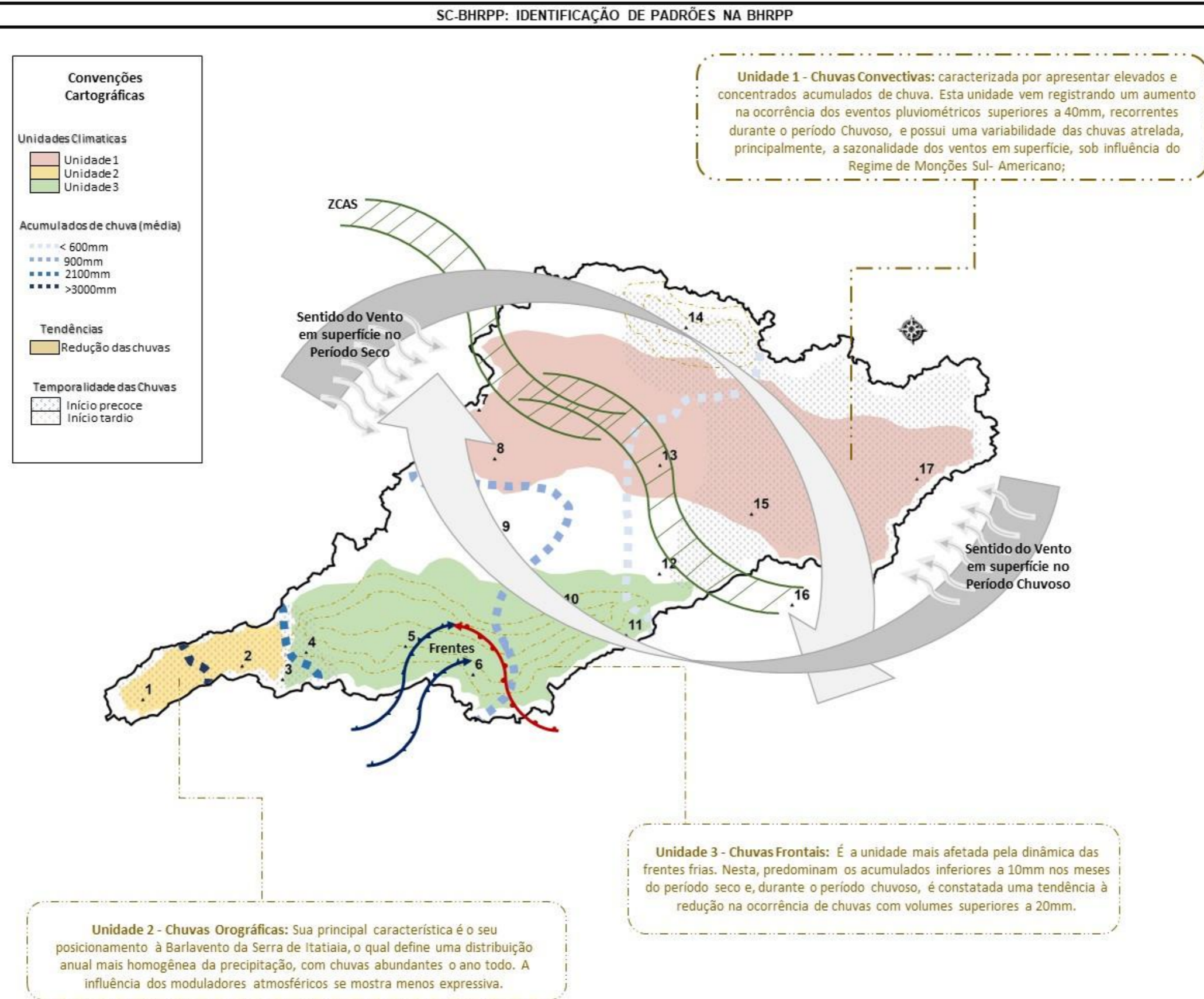
#### **4.4 SISTEMA CLIMÁTICO - BHRPP: ESBOÇOS PARA UMA SÍNTESE CLIMÁTICA**

Após o levantamento das estruturas que compõem as paisagens e organizam o SC-BHRPP, das dinâmicas das chuvas e os limiares de início e final das fases ativas e inativas do regime de monções da AS e dos processos que instituem a gênese da variabilidade climática, temos como resultado a conclusão de como seria, em linhas gerais, a configuração espacial deste sistema.

A análise dos resultados referentes aos mapeamentos oriundos das séries históricas da ANA (1950-2018), dos dados do NCEP/NCAR Reanalysis (2021) e outras bases de dados geoespaciais possibilitaram identificar os principais tipos de chuvas recorrentes na BHRPP e produzir um zoneamento que sintetizasse seus principais processos formadores (**Figura 35**). Destaca-se a ocorrência de 3 unidades principais para os tipos de chuva na BHRPP:

- “Unidade 1 – Chuvas Convectivas”: localizada ao Norte da área de estudo e engloba os pontos 7, 8, 13, 15 e 17. Tal unidade é caracterizada por apresentar elevados e concentrados acumulados de chuva, característicos das chuvas convectivas. Esta unidade vem registrando um aumento na ocorrência dos eventos pluviométricos superiores a 40mm, recorrentes durante o período Chuvoso, e possui uma variabilidade das chuvas atrelada, principalmente, a sazonalidade dos ventos em superfície, sob influência do Regime de Monções Sul- Americano;

**Figura 35 – O SC-BHRPP: principais padrões climáticos**



**Fonte:** Organizado pela autora à partir das séries de dados da ANA, análises de cartas sinóticas da marinha e mapas do NCEP/NCAR Reanalysis (2020).

- “Unidade 2 – Chuvas Orográficas”: engloba os pontos 1 e 2, a Sudoeste da bacia e se diferencia das demais devido às elevadas altitudes (superiores a 1500m). Sua principal característica é o seu posicionamento à Barlavento da Serra de Itatiaia, o qual define uma distribuição anual mais homogênea da precipitação, com chuvas abundantes o ano todo. A influência dos moduladores atmosféricos se mostra menos expressiva, de maneira que a sazonalidade das chuvas, em alguns anos, não foi possível de ser identificada;
- “Unidade 3 – Chuvas Frontais”: localizada ao Sul da BHRPP, próxima às áreas menos elevadas, é a unidade mais afetada pela dinâmica das frentes frias. Há, nesta, o predomínio da ocorrência de chuvas inferiores a 10mm nos meses do período seco e, durante o período chuvoso, é constatada uma tendência à redução na ocorrência de chuvas com volumes superiores a 20mm; o que pode ser indicativo de que nesta unidade ocorrem chuvas convectivas e volumosas em menor quantitativo.

Analisando tais unidades, torna-se possível dizer que estas trazem respostas bastante similares ao observado em campo, demonstrado ser um interessante instrumento a ser utilizado na tomada de decisões. Seu uso poderá contribuir para a tomada de decisões, podendo mitigar o impacto da variabilidade das chuvas nas atividades práticas do dia a dia.

# **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

A presente pesquisa teve como **motivação** a busca pela compreensão da gênese do clima da BHRPP e as inúmeras aproximações com o objeto de estudo durante as discussões realizadas na época da graduação e mestrado. Mesmo que estas pesquisas anteriores já demonstrassem que o relevo se constituía como um fator que delimitaria regiões homogêneas na bacia, havia a necessidade de se aprofundar nas análises e constatar como este afetava os regimes climáticos.

O fato é que, embora houvesse o anseio pelo aprofundamento teórico-metodológico do mesoclima delimitado pelos limites naturais da bacia, as pesquisas bibliográficas e o próprio percurso acadêmico vinham demonstrando a complexidade que é estudar os climas da região Sudeste do Brasil. Há nesta uma intrínseca integração entre a circulação atmosférica e a compartimentação do relevo regional, que dificulta identificar quais controles mais afetam uma ou outra localidade.

A análise do SC-BHRPP deveria integrar, portanto, uma rede de interações, nas quais a dinâmica climática resultaria em distintas possibilidades de tipologias de Tempo e Clima. Partindo de tal fundamentação, duas premissas principais foram inicialmente consideradas. A primeira, de que estudos climáticos realizados na região Sudeste deveriam levar em consideração o relevo entre seus controles, veio após um percurso acadêmico. A segunda, de que há um período seco e um chuvoso bem definidos e que afetam a vida cotidiana da sociedade, foi se construindo ao longo das necessidades pessoais enquanto moradora da Zona da Mata Mineira. Relevo e Regime de Monções se tornaram os pilares da presente tese e foram as forçantes selecionadas enquanto recorte de investigação.

A chuva, por sua vez, foi o fenômeno observado e sua análise ocorreu tendo a variabilidade enquanto aporte teórico-metodológico e a partir de uma perspectiva sistêmica. Os três recortes foram contemplados e trouxeram resultados satisfatórios.

Em relação aos procedimentos teórico-metodológicos adotados, têm-se que:

- o levantamento de dados e a posterior espacialização por meio da confecção de produtos cartográficos com fins de identificação e compreensão da estrutura da bacia foram satisfatórios. O uso de fonte de dados públicas garantiu que fosse realizado um estudo passível de ser replicado em outras localidades, visto não ter custos na aquisição das informações;

- os mapeamentos e processamentos da parte referente às estruturas

ocorreram sem dificuldades que merecem ser ressaltadas e possibilitaram a visualização e a análise espacial dos dados;

- a utilização da metodologia das pêntadas para a identificação das fases ativas e inativas do SMSA (períodos secos e chuvosos) foi satisfatória, porém, apresentou algumas lacunas metodológicas que foram sanadas no decorrer de sua aplicação. Uma delas foi a necessidade de que as duas pêntadas subsequentes à pêntada de início não fossem inferiores ao P5, visto haver casos em que não houve homogeneidade nos acumulados das pêntadas seguintes. O critério “seguida pela ocorrência de um evento  $Q3 > P15$ , onde Q3 é a média das precipitações nos três próximos quinquídeos consecutivos e P15 é o valor correspondente ao percentil 15” se mostrou ambíguo.

- a identificação dos acumulados exigiu um aprofundamento em leituras e discussões teórico-metodológicas, visto haver muitos dias com chuvas não efetivas, dificultando a clara visualização dos produtos resultantes e existir outras questões (como a dos nevoeiros, orvalho, outras) que ainda hoje possuem difícil detecção.

- a análise de tendências permitiram identificar áreas propícias ao aumento ou diminuição das chuvas, bem como as possíveis alterações em relação a duração dos períodos secos e chuvosos.

- a utilização dos dados de ventos em superfície se mostrou eficaz, pois possibilitou identificar os padrões de circulação atmosférica durante as fases do SMSA.

Os resultados demonstraram que o sistema delimitado pelos limites naturais da BHRPP possui uma estrutura que se formou fortemente influenciada pelas feições geomorfológicas regionais. Estas são caracterizadas por um relevo com variações de altitudes entre 200 e 2400 metros, havendo um decréscimo de altitudes de sentido Oeste para Leste, que influencia diretamente em sua estrutura, dinâmica e fluxos, sejam estes naturais ou antropizados.

A estrutura biogeoclimática da bacia é caracterizada por sua localização em meio aos Mares de Morros Florestados, caracterizada pela sequência de morros e apenas picos de maior expressividade, com chuvas abundantes (principalmente à Oeste, reduzindo à Leste) que garantem uma rede hidrográfica com suficiente disponibilidade hídrica e inserida totalmente no Bioma Mata Atlântica. Tal configuração ambiental garantiu que se consolidassem atividades socioeconômicas pautadas na agricultura e pecuária ao longo dos anos, em meio a fragmentos de

vegetação nativa, tendo como Juiz de Fora o município mais importante em termos populacionais e econômicos.

A dinâmica das chuvas demonstrou haver uma variabilidade pluviométrica identificada na distribuição espacial e temporal dos dados. Em termos temporais, foram reconhecidos dois períodos bem marcados na BHRPP (um Seco e um Chuvoso), os quais se iniciam na pântada 23 (Seco) e finalizam na pântada 54 (Chuvoso). Tais períodos, porém, podem apresentar pequenas variações entre os anos, conforme a ocorrência ou não de anomalias ligadas a outros fenômenos de escala global.

A variabilidade espacial destes dados, por sua vez, indicou que há uma heterogeneidade na distribuição dos limiares de início e final dos períodos, seguindo o direcionamento Oeste-Leste. Foi identificada uma unidade climática singular influenciada principalmente pela configuração do relevo a Sudoeste da BHRPP (próximo a Serra do Itatiaia); e ao Sul da bacia existe uma tendência à redução das chuvas, que se consolida para os resultados anuais, por períodos e por acumulados.

Os fluxos/processos indicaram que em macroescala são os mecanismos atmosféricos de escala global/zonal que mais atuam na definição das temporalidades climáticas na bacia. Foi constatado que anos com características similares possuem padrões na direção e intensidade dos ventos globais, que justificam as suas diferenciações. Em escala local/regional por sua vez, é a compartimentação do relevo que diferencia zonas climaticamente homogêneas.

Neste sentido, enquanto o relevo vem influenciando na distribuição espacial das chuvas, o regime de monções Sul-Americano pôde ser constatado na variabilidade temporal dos dados. A **hipótese** inicial da pesquisa, “que o clima da BHRPP integraria o regime de monções identificado na América do Sul e que o relevo seria um dos controles geográficos climáticos locais/regionais que influencia na dinâmica climática da bacia”, foi, portanto, confirmada.

O objetivo principal da presente tese, que foi “identificar e caracterizar a variabilidade espacial e temporal dos períodos secos e chuvosos de uma bacia hidrográfica localizada na região Sudeste do Brasil, Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna (BHRPP) e, à partir daí, confirmar ou refutar se o regime de chuvas de monções ocorre em toda a sua extensão ou se há áreas mais ou menos propícias a sua ocorrência, justificadas pelo relevo regional”, foi alcançado.

A transposição entre escalas e entre fenômenos e a identificação dos

principais padrões de interação foi o maior desafio desta pesquisa. A identificação dos mecanismos e a busca por uma perspectiva que contemplasse as escalas espaciais e temporais transpostas a um contexto regional, foi uma problemática que demandou esforços por parte da pesquisadora. Estes, porém, trouxeram resultados satisfatórios, pois permitiram desvendar o como se organiza o clima da BHRPP, expressando uma enorme satisfação pessoal e acadêmica"

Ao final desta tese o que fica é, novamente, a confirmação de que a atmosfera é incerta, instável e instigante. Se por um lado o texto se inicia com premissas em escala de Sudeste, o mesmo se finaliza com proposições específicas à BHRPP. Muitas outras hipóteses foram surgindo durante esta pesquisa e a ideia de que "o clima da BHRPP integra o regime de monções identificado na América do Sul" se torna, a partir de hoje, uma premissa para embasar estudos futuros, ampliando as discussões sobre clima na escala regional, do SE do Brasil.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *In: Geomorfologia*, [S.l.], n. 18, p. 1-23, 1969. Disponível em: <[biblio.fflch.usp.br/AbSaber\\_AN\\_1348929\\_UmConceitoDeGeomorfologia.pdf](http://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1348929_UmConceitoDeGeomorfologia.pdf)> Acesso em: 13 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. 1º edição.** São Paulo: USP, 1970.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** 7 ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Hidroweb.** Sistemas de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: out. 2019.

ALMEIDA, R.M.B. **Características climatológicas do regime de chuva em Minas Gerais.** 1995. 64f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1995.

ALTAMIRANO, R.J.A. **Climatologia dos eventos chuvosos e secos severos, extremos e muito extremos usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil.** 2010. 168f. Mestrado. (Mestrado em Meteorologia). - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010.

ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CASTRO, C.A.C. Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: análise climatológica. *In: Congresso Brasileiro De Meteorologia*, 12., 2002. Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228840206\\_Inicio\\_das\\_chuvas\\_na\\_regiao\\_Sudeste\\_do\\_Brasil\\_analise\\_climatologica](https://www.researchgate.net/publication/228840206_Inicio_das_chuvas_na_regiao_Sudeste_do_Brasil_analise_climatologica)> Acesso em: 16 mai. 2018.

ALVES, R. F. *et al.* Avaliação da precipitação efetiva de um fragmento de Mata Atlântica em diferentes estágios de regeneração no município de Viçosa, MG. *In: Revista Ambiente e Água*, v. 2, n.1, p.83-93, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/928/92820109.pdf>> Acesso em: 26 abril. 2018.

ALVES, L. E. R. **Análise espaço-temporal da chuva e grau de secura via dados observacionais e produtos orbitais para a bacia hidrográfica do médio São Francisco.** 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2019. Disponível em <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/6301>> Acesso em: 06 nov. 2019.

ANDRADE, H. **Bioclima humano e Temperatura do ar em Lisboa.** 2003. 435 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de Lisboa, Lisboa. 2033. Disponível em: <[http://zephyrus.ulisboa.pt/sites/default/files/pub/ts/phd\\_ha\\_2003.pdf](http://zephyrus.ulisboa.pt/sites/default/files/pub/ts/phd_ha_2003.pdf)> Acesso em: 29 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. O Clima Urbano - Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. *In: Finisterra*, [S. l.], v. 40, n. 80, p. 67-91, 2005. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/1479>. Acesso em: 13 abr. 2022.

ANDRADE, K.M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2005. 185 f. Dissertação. (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2005/06.15.17.12/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 09 jan. 2019.

ARAÚJO, R.S. **Classificação climatológica das nuvens precipitantes no Nordeste brasileiro utilizando dados do radar a bordo de um satélite TRM**. 2015. 102. Dissertação. (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2015. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/07.07.18.04/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 11 jan. 2019.

ARAÚJO, A.P.C.S.; et al. Balanço hídrico de sistema modular para telhado verde. *In: Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.10, n.18; p.636-642. 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/BALANCO%20HIDRICO.pdf>> Acesso em: 03 fev. 2019.

ARAÚJO, A.P.; et al. Ensaio Metodológico Sobre a Utilização de Transectos Móveis no Período Urbano Diurno em Presidente Prudente-SP. *In: Revista Formação*. Presidente Prudente, v.1, n.17, p.77-95.2010. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/415/453>> Acesso em: 23 mai. 2022.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 2009. 123 f. v.1. Tese. (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009. Disponível em < [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-02022010-145510/publico/GUSTAVO\\_ARMANI.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-02022010-145510/publico/GUSTAVO_ARMANI.pdf)> Acesso em: 29 jan. 2019.

ARMOND, N.B. **Entre eventos e episódios: as Excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. 2014. 239 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124041/000831399.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 04 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. **Dinâmica climática, excepcionalidades e vulnerabilidade – contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro**. 2018. 169 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2018. Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154354>> Aceso em: 04 abr. 2022.

ASSIS, D.C.; OLIVEIRA, D. E.; FERREIRA, C. C. M. Caracterização da influência do relevo local na geração de campos térmicos diferenciados, um estudo de caso da região central da cidade de Juiz de Fora - MG. *In: XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*,11.,2014. Curitiba. **Anais ...** Curitiba: ABCLIMA, 2014. p. 1327-1338. CD-ROM.

ASSIS, D.C. **O conforto térmico associado às variáveis de cobertura da terra na região central de Juiz de Fora–MG**. 2016. 196 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/3090/1/deboracoutodeassis.pdf>> Acesso em: 16 out. 2017.

AXIMOFF, I.; CARVALHO, R.R. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. *In: Ciência Florestal*, Santa Maria, v.21, n.1, p.83-92, jan.-mar.,2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/2750>> Acesso em: 04 ago. 2020.

AYOADE, J.O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 12<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2007.

BALDO, M.C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. 2006. 153 f. Tese. (Doutorado em Geografia. Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente. 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101431>> Acesso em: 04 mai. 2020.

BAPTISTA, G.C.Z; **Variabilidade climatológica da precipitação em Santa Catarina**. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. 2016. Disponível em: < [https://bu.furb.br/docs/DS/2017/362566\\_1\\_1.pdf](https://bu.furb.br/docs/DS/2017/362566_1_1.pdf)> Acesso em: 16 mar. 2020.

BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução de Ronaldo Cataldo Costa. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BORGES, V. V.; OLIVEIRA, D. C. G. de; ZAIDAN, R. T. Relação das diferentes altitudes com a temperatura superficial terrestre da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – MG/RJ. *In: XV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto*, 15.,2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p.7852-7858. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.20.12.29/doc/p0709.pdf>> Acesso em: 28 set. 2020.

BOMBARDI, R.J. **Variabilidade do regime de monções da América do Sul: O clima presente e projeções para o século XXI**. 2008. 131 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Atmosféricas) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008. Disponível em: <[http://www.dca.iag.usp.br/teses/2008/Rodrigo%20Bombardi%20\(ACA\)/Dissertacao\\_Rodrigo\\_Bombardi\\_vf.pdf](http://www.dca.iag.usp.br/teses/2008/Rodrigo%20Bombardi%20(ACA)/Dissertacao_Rodrigo_Bombardi_vf.pdf)> Acesso em: 02 out. 2021.

BOMBARDI, R.J; CARVALHO, L. M. V.; Variabilidade do regime de monções sobre o Brasil: o clima presente e projeções para um cenário com 2xCO<sub>2</sub> usando o modelo MIROC. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.], v. 23, n. 01, p.58-72, 2008. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/v5N6jtHgTGdTdZdfLyHrkRx/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 13 mai. 2020.

BRASIL. **Lei nº 810, de 6 de setembro de 1949**. Define o ano civil. Brasília: Presidência da República, 1949. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1930-1949/L810-49.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1930-1949/L810-49.htm)> Acesso em: 12 out. 2019.

BRITTO, M.C.; FERREIRA, C.C.M. Análise dos homicídios ocorridos em Juiz de Fora entre os anos de 1980 a 2012 e sua relação com as condições climáticas. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v.13, ano 9, p.214-235, jul./dez., 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33606/22591>> Acesso em: 27 nov. 2017.

CAI, W.; et al. Climate impacts of the El Niño – Southern oscillation in South America. *In: Nature Reviews Earth & Environment*. [S.l.], v.01, p. 215-231. 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/340635829\\_Climate\\_impacts\\_of\\_the\\_El\\_Niño-Southern\\_Oscillation\\_on\\_South\\_America](https://www.researchgate.net/publication/340635829_Climate_impacts_of_the_El_Niño-Southern_Oscillation_on_South_America)> Acesso em: 16 mai. 2022.

CÂNDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o Vale do Rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. *In: Geosp- Espaço e Tempo* (Online), [S.l.], n. 24, p.08-27, 2008. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/74094/77736>> Acesso em: 05 jun. 2022.

CAPRA, F. A. **Teia da Vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução de Newton R. Eichenberg; 9ª ed., São Paulo: Cultrix, 2000.  
CARACRISTI, I. **A natureza complexa da poiésis climática: contribuições teóricas ao estudo geográfico do clima**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04062007-142751/publico/TESE\\_ISORLANDA\\_CARACRISTI.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04062007-142751/publico/TESE_ISORLANDA_CARACRISTI.pdf)> Acesso em: 26 set. 2021.

CARPENEDO, C. B. Atividade convectiva associada às anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical e impactos climáticos no estado de Minas Gerais. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, [S.l.], edição especial, ano 14, p.64-86, nov., 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60355/36733>> Acesso em: 20 mai. 2022.

CARPENEDO, C. B.; AMBRIZZI, T. Célula de circulação meridional durante os eventos extremos de gelo marinho antártico, *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.], v.31, n. 03, p. 251-261, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/DZSgStPhdVGvML3VMJFmwFQ/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 30 mai. 2022.

\_\_\_\_\_. Anticiclone subtropical do Atlântico Sul associado ao modo anular sul e impactos climáticos no Brasil. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.], v. 35, n.04, p.605-613, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/DgpCSLppxxYyxWCVLX5sBZM/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 07 mai. 2021.

CARVALHO, A.C.B.; ROCHA, G.C.; ZAIDAN, R.T.; Diagnóstico ambiental pedológico da bacia hidrográfica do rio Paraíba a partir do projeto RADAMBRASIL. *In: Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Alta

Paulista, v.6, n.2, p.141-153. 2010. Disponível em:  
<[https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/89](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/89)> Acesso em: 15 out. 2017.

CARVALHO, L.M.V.; JONES, C. Zona de convergência do Atlântico Sul. *In*: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.95-109.

CARVALHO, L.M.V.; JONES C.; LIEBMANN. B. Extreme precipitation events in southeastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone. *In*: **Journal of Climate**, [S.l.], v. 15, p. 2377-2394, 2002. Disponível em: < [https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/15/17/1520-0442\\_2002\\_015\\_2377\\_epeiss\\_2.0.co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/15/17/1520-0442_2002_015_2377_epeiss_2.0.co_2.xml)> Acesso em: 20 set. 2020

\_\_\_\_\_. The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *In*: **Journal of Climate**, [S.l.] ,v. 17, p. 88-108, 2004. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/232804623\\_The\\_South\\_Atlantic\\_Convergence\\_Zone\\_Intensity\\_Form\\_Persistence\\_and\\_Relationships\\_with\\_Intraseasonal\\_to\\_I](https://www.researchgate.net/publication/232804623_The_South_Atlantic_Convergence_Zone_Intensity_Form_Persistence_and_Relationships_with_Intraseasonal_to_Interannual_Activity_and_Extreme_Rainfall) nterannual\_Activity\_and\_Extreme\_Rainfall> Acesso em: 13 jan. 2022.

CARVALHO, N.M.A. **Entre fazenda Fortaleza de Sant'anna e assentamento Dênis Gonçalves: Projeto de intervenção no conjunto edificado da sede**. 2018. 368 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2018. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/28821>> Acesso em: 13 abr. 2020.

CASTRO, I.E. O Problema da Escala. *In*: CASTRO I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (orgs). **Geografia: Conceitos e Temas**. 15.ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil. 2012.

\_\_\_\_\_. Escala e pesquisa na geografia. Problema ou solução?. *In*: **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 04, n.10, p. 87-100, 2014. Disponível em:<<https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/2435>> Aceso em: 03 mai. 2022.

CASTRO, T, N. **Modelo de previsão sazonal de chuva para o estado do Ceará baseado em redes neurais artificiais**. 2011. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/5009>> Acesso em: 27 nov. 2017

CAVALCANTI, I.F.A; et al. **Tempo e clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CECILIO, R.O. **Uma climatologia de ondas oceânicas para a plataforma continental Sul do Brasil**. 2015. 119 f. Tese. (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/133200?show=full>> Acesso em: 08 mai. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1 ed., 7 reimpressão. São Paulo: Edgar Blucher, 2013.

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geosistemas: uma introdução à geografia física**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

COELHO, C.A.S.; CARDOSO, D.H.F.; FIRPO, M.A.F. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil." *In: Revista Climanalise*, p. 55-66., 2016. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Coelhoetal.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2020.

COELHO, L.L.; STEINKE, E.T.; STEINKE, V.A. Caracterização prévia do início e fim da estação chuvosa no Distrito Federal: estudo de caso da bacia do lago Paranoá. *In: Revista Geonorte*, Manaus, v.3, n.8, p.441–450, 2012. Disponível em: < <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/download/2413/2231/6953>> Acesso em: 04 mai. 2020.

CONTI, J. B. A intensidade do efeito orográfico sobre as precipitações na região do Puy-De-Dôme (França). *In: Boletim Paulista de Geografia*, [S. l.], n. 44, p. 15–38, 1967. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/view/1177>. Acesso em: 15 jun. 2022.

\_\_\_\_\_. O meio ambiente Tropical. *In: Geografia*, São Paulo, v.14, n.28. p. 69-79, 1989.

DI CLEMENTE, M.A. **A influência da vegetação como elemento modificador do conforto térmico da ambiência urbana da cidade de Anápolis - Go**. 2009. 150 f. Dissertação. (Mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Anápolis, Anápolis. 2009. Disponível em: < <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/445>> Acesso em: 14 mai. 2018.

DIAS, M.A.F.; SILVA, M.G.A.J. Para entender tempo e clima. *In: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.15-21.

DIAS, M.A.F.; ROZANTE, J.R.; MACHADO, L.A.T. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. *In: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.181-194.

ELY, D. F. **Teoria e Método da Climatologia Geográfica Brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas**. 2006. 208 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105091>> Acesso em: 20 out 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Série Circular Técnica**. São Luís. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/cocais/serie-circular-tecnica>> Acesso em: ago. 2021.

ESTENDER, A. C.; PINHEIRO, A.A. Reutilização de água na indústria. *In: Revista de Administração da FATEA*, [S.l.], v. 11, n. 11, p. 06-127, jul./dez., 2015. Disponível em:<<http://unifatea.com.br/seer3/index.php/RAF/article/view/719/662>> Acesso em: 13 mai 2022.

FANTE, K.P.; DUBREIL, V.; SANT'ANNA NETO, J.L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao contexto Tropical, Presidente Prudente/Brasil. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba. v.21, ano 13, p.588-612, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/53839/34245>> Acesso em: 16 abr. 2019.

FARIA, R. L. DE; OLIVEIRA, D. C. G. DE; & Z Aidan, R. T. Zoneamento de áreas susceptíveis a ocorrência de escorregamentos na bacia do Rio Paraibuna – MG/RJ. *In: Principia: Caminhos Da Iniciação Científica*, Juiz de Fora. v.15, p.57–64, jan-dez. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/principia/article/view/25493>> Acesso em: 10 mar. 2018.

FECHINE, J. A. L.; GALVÍNCIO, J. D.; Agrupamento da precipitação mensal da bacia hidrográfica do rio Brigida-PE, através da multivariada. *In: Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife. v. 01 n. 01, p.39-46, mai./ago. 2008. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232616>> Acesso em: 12 abri. 2020.

FERREIRA, C. C. M. **Tipos de tempo de categorias climáticas na Bacia do Rio Paraibuna – MG**. 2002. 170 f. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

FERREIRA, L.C.M.; et al. A influência da temperatura na mortalidade por infarto agudo do miocárdio na microrregião de Juiz De Fora-Minas Gerais. *In: PINHEIRO, L.S.; GORAYEB, A.. (Org.). Geografia Física e as Mudanças Globais*. 1 ed. FORTALEZA: UFC, 2019. p. 53-63. *E-book*. Disponível em: <<https://imprensa.ufc.br/wp-content/uploads/2021/12/01-a-climatologia-no-contexto-dos-estudos-da-paisagem-e-socioambientais.pdf>> Acesso em: 12 mai 2020.

FERREIRA, P. M.; MOREIRA, E.I.; **Crises Hídricas na Região Sudeste do Brasil: Análise Têmporo-Espacial da Publicação de Decretos Municipais Relacionados às Situações de Seca e de Estiagem no Período 2003-2017**. 2018. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora. 2018. Disponível em: <<http://dspace.doctum.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1940/CRISES%20H%C3%8DDRICAS%20NA%20REGI%C3%83O%20SUDESTE%20DO%20BRASIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 23 out. 2021.

FIALHO, E. S. Topoclimatologia: Estudo de caso do transect Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. *In: Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2. p. 01-34, 2021. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/57374/36819>> Acesso em: 22 de fev. 2022.

FISCH, G. F. Caracterização Climática e Balanço Hídrico de Taubaté (SP). *In: Biociências - Revista da Universidade de Taubaté*, Taubaté, v.1, n.1, p.81-90, 1995.

\_\_\_\_\_. Distribuição da precipitação em Taubaté, Vale do Paraíba (SP). *In: Revista de Biociências*, Taubaté, v. 5, n. 2, p.7-11, 1999.

FOLHES, M.T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). *In: Revista Ambiente e Água*, Taubaté, v.1, n.1, p.61-71, 2006. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/928/92810108.pdf>> Acesso em: 19 jul. 2017.

FORGIARINI, F. R.; VENDRUSCOLO, D. S.; RIZZI, E. S. Análise das chuvas orográficas no centro do Estado do Rio Grande do Sul. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, [S.l.], v. 13, ano 09, p.107-119, jul./dez., 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33431/22584>> Acesso em: 04 jun. 2022.

FRANCISCO, A.B. As Escalas de Análise na Geografia dos Estudos Ambientais. *In: Revista Formação Online*, São Paulo, v. 02, n. 18, p. 39-62, 2011. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/714/1228>> Acesso em: 14 mai. 2022.

FREITAS, E.D.; GRIMM, A.M. Determinação de datas de início e fim da estação chuvosa para regiões homogêneas no Estado do Paraná. *In: X Congresso Brasileiro De Meteorologia*, 5., 1998, Brasília. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998, cd-rom.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. *In: Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau, v.10, n.1, p.49-64, 2008.

FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v.16, p.108-119, 2015.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual do conforto térmico**. 2 ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

GAN, M.A.; KOUSKY, V.E.; ROPELEWSKI, C.F. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over west-central Brazil. *In: Journal of Climate*, [S.l.], v. 17, p. 47-66, 2004. Disponível em :< [https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/17/1/1520-0442\\_2004\\_017\\_0047\\_tsamca\\_2.0.co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/17/1/1520-0442_2004_017_0047_tsamca_2.0.co_2.xml)> Acesso em: 20 mai. 2021.

GAN, M. A.; et al. Monção da América do Sul. *In: Revista Climanalise*, São José dos Campos, v.03, n. 01, p.01-06, 2006. Disponível em:< <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/ganetal.pdf>> Acesso em: 26 abri. 2021.

GAN, M.; RODRIGUES, L.R.; RAO, V.B. Monção na América do Sul. *In: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.297-316.

GARCÍA, G.C.; Escalas y ordenación del territorio. Un análisis desde la geografía regional. *In: Estudos Geográficos*, [S.l.], v. 51, n.199-200, p. 339-366. 1990.

Disponível em:

<<https://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/download/1013/1184/2966>> Acesso em: 04 abri. 2022.

GARCIA, S. R.; KAYANO, M. T. Relação dos sistemas de monção com as variabilidades tropical interanual e multi-decenal. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.]; v. 24, n.01, p.69-86, 2009. Disponível em:<

<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/JM8D8ghyLrm5cvcT5nkKnYh/?lang=pt>> Acesso em: 19 fev. 2022.

GOOGLE. **Google Earth website**. Disponível em: <<http://earth.google.com>> Acesso em: 2019, 2020, 2021.

GOMES, H.B. **Distúrbios Ondulatórios de Leste no Nordeste Brasileiro: Climatologia e Modelagem Numérica**. 2002. 99 f. Tese. (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012. Disponível em:

<[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-21062013-100722/publico/Tese\\_helber.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-21062013-100722/publico/Tese_helber.pdf)> Acesso em: 28 abri 2020.

GONZÁLEZ, M.; et al. The nature of the rainfall onset over central South América. *In: Atmósfera*, Cidade do México, v.20, n.04, p.377-394. 2007. Disponível em:

<<http://www.scielo.org.mx/pdf/atm/v20n4/v20n4a6.pdf>> Acesso em: 13 jun. 2019.

GOTARDO, R.; PIAZZAIA, G. A.; TORRES, E.; SEVERO, D.L.; KAUFMAN, V.; Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. *In: Geosul*, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 253-276, mai./ago. 2018. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p253/36740>> Acesso em: 03 ago. 2019.

GRIMM, A. M.; ZILLI, M. T. Interannual variability and seasonal evolution of summer monsoon rainfall in South America. *In: Journal of Climate*, [S.l.], v. 22, n. 09, p. 2257-2275. 2009. Disponível em:

<<https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/journals/clim/22/9/2008jcli2345.1.pdf>> Acesso em: 09 ago. 2018.

GUERRA, V.S. **Climatologia da precipitação do Rio Grande do Sul baseado em quatro esquemas convectivos do modelo climático regional ReGCM3**. 2012.

141 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10261>> Acesso em: 18 jul. 2018

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *In: Annales Geophysicae*, Berlin, v. 04, n. 04, p. 385-400, 1986.

HAIR, J.; et al. **Análise multivariada de dados**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HEDDINGHAUS, T.R.; KRUEGER, A.F. Annual and Interannual Variations in Outgoing Longwave Radiation over the Tropics. *In: Monthly Weather Review*, Estados Unidos. v.109, p.1208-1218, 1981. Disponível em: <

[https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals\\$002fmwre\\$002f109\\$002f6\\$002f15200493\\_1981\\_109\\_1208\\_aaivio\\_2\\_0\\_co\\_2.xml?t:ac=journals%24002fmwre%24002f109%24002f6%24002f1520-0493\\_1981\\_109\\_1208\\_aaivio\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals$002fmwre$002f109$002f6$002f15200493_1981_109_1208_aaivio_2_0_co_2.xml?t:ac=journals%24002fmwre%24002f109%24002f6%24002f1520-0493_1981_109_1208_aaivio_2_0_co_2.xml)  
Acesso em: 07 set. 2020

HOREL, J.D.; HAHMANN, A.N.; GEISLER, J.E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *In: Journal of Climate*, [S.l.] v.02, p.1388-1403, 1989. Disponível em: <  
[https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/2/11/1520-0442\\_1989\\_002\\_1388\\_aiotac\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/2/11/1520-0442_1989_002_1388_aiotac_2_0_co_2.xml)> Acesso em: 08 set. 2020.

HORTA, C.A.C.; SILVEIRA, M.L. Escala Espacial e Geografia: pela transposição da região. *In: Revista Geografias*, Belo Horizonte, v. 09, n. 02, p.87-103, 2013. Disponível em: <  
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/download/13363/10595/35433>> Acesso em: 30 mar. 2022.

HOTT, M. C.; et al. Estimativa de parâmetros morfométricos para a bacia do Rio Paraibuna. *In: III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*, 3., 2018, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora: UFJF, 2018. p.354-361. Disponível em: <  
<https://www.ufjf.br/srhps/files/2018/09/Anais-III-SRHPS.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2021.

HUSSAIN, M.S.; LEE, S.; A Classification of Rainfall Regions in Pakistan. *In: Journal of the Korean Geographical Society*, [S.l.] v. 44, n. 05, p.605-623, 2009. Disponível em: <  
<https://www.kgeography.or.kr/media/11/fixture/data/bbs/publishing/journal/44/05/01.PDF>> Acesso em: 18 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sidra**. Sistema IBGE de Recuperação Automática, Rio de Janeiro. Disponível em: <  
<https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>> Acesso em: jun. 2018.

\_\_\_\_\_. **Cidades**. Sistema agregador de informações do IBGE sobre os municípios e estados do Brasil, Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: mar. 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira**. Brasília: Detzel Consultores Associados S/S. 2018. Disponível em: <  
[https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo/plano\\_de\\_manejo\\_serra\\_da\\_mantiqueira\\_2018.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo/plano_de_manejo_serra_da_mantiqueira_2018.pdf)> Acesso em: 19 ago 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Boletins Climanalise**, Brasília. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>> Acesso em: 02 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. **Normais climatológicas do Brasil**, Brasília. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>> Acesso em: 30 out. 2021.

IWABE, C.M.N. **Ciclones Secundários no Sudoeste do Atlântico Sul: Climatologia e Simulação Numérica**. 2012. 144 f. Tese. (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-08042013-180829/pt-br.php>> Acesso em: 04 jun. 2019.

JANOWIAK, J.E.; KRUEGER, A.F.; ARKIN, P.A.; GRUBER, A. **Atlas of Outgoing Longwave Radiation Derived from NOAA Satellite Data**. NOAA Atlas nº 6. Maryland: NOAA/NWS/NESDIS. 1985.

JARDIM, C. H. Aspectos Multiescalares e Sistêmicos da Análise Climatológica. *In: Revista Geografias*, [S. l.], p. 40–52, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13480>>. Acesso em: 13 mai. 2022.

JARDIM, C. H.; FERREIRA, M. C. A correlação dos fatos geográficos em climatologia a partir da noção de sítio e situação. *In: X Encontro de Geógrafos da América Latina*, 10., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: DG/FFLCH/USP, 2005. 1 CD-Rom.

JONAS, A E. G. The scale politics of spatiality. *In: Environment and Planning D: Society and Space*, [S.l.] v.12, n. 03, p. 257-264, 1994. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1068/d120257>> Acesso em: 20 mai. 2022.

JUIZ DE FORA, Prefeitura Municipal. Prefeita assina decreto que declara situação de emergência e proíbe movimentação de terra no município. **Site da Prefeitura Municipal de Juiz de Fora**. 20 dez. 2021. Disponível em: <<https://tribunademinas.com.br/noticias/cidade/10-01-2022/rio-paraibuna-transborda-e-alaga-ruas-do-bairro-industrial.html>> Acesso em: 25 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº14.970 de 11 de janeiro de 2022**. Declara Situação de Emergência em decorrência de novos desastres em outras áreas do Município de Juiz de Fora, que geraram o agravamento das condições anteriormente identificadas no Decreto nº 14.934 - de 20 de dezembro de 2021, por força de Tempestade Local/Convectiva/Chuvas Intensas - Nº 1.3.2.1.4 - COBRADE, conforme a Instrução Normativa MDR nº 36/2020. Juiz de Fora: Prefeitura Municipal. 2022. Disponível em : <<https://leismunicipais.com.br/a1/mg/j/juiz-de-fora/decreto/2022/1497/14970/decreto-n-14970-2022-declara-situacao-de-emergencia-em-decorrencia-de-novos-desastres-em-outras-areas-do-municipio-de-juiz-de-fora-que-geraram-o-agravamento-das-condicoes-anteriormente-identificadas-no-decreto-n-14934-de-20-de-dezembro-de-2021-por-forca-de-tempestade-local-convectiva-chuvas-intensas-n-13214-cobrade-conforme-a-instrucao-normativa-mdr-n-36-2020?r=p;>> Acesso em: 05 fev. 2022.

JURAS, I. A. G. M. Os impactos da indústria no meio ambiente. *In: GANEM, R.S. (org). Políticas Setoriais e meio ambiente*. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015. Disponível em: < <https://livraria.camara.leg.br/politicas-setoriais-e-meio-ambiente>> Acesso em: 20 mai. 2022.

KAYANO, M.T. **Um estudo climatológico e sinótico utilizando dados de radiossondagem (1968- 1976) de Manaus e Belém.** 1979. 122 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: 1979.

KLASSEN, W.; LANKREIJER, H. J. M.; VEEN, A. W. L. Rainfall interception near a forest edge. *In: Journal of Hydrology*, n.185, p.349-361, 1996. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/232318449.pdf>> Acesso em: 08 jun. 2018.

KOUSKY, V.E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia.**, v.3, p.217-231, 1988.

KOUSKY, The South American monsoon system. In: Global Change Conference, 10., Dallas, Texas US, Jan. 1999. Proceedings. Dallas: American Meteorological Society, p. 215-218. 1999.

LACOSTE, Y. **A Geografia: Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra.** 13º ed. São Paulo: Papirus. 1985.

LAU, N.C.; NATH, M.J. ENSO modulation of the interannual and intraseasonal variability of the east Asian monsoon—A model study. *In: Journal of Climate*, [S.l.], v. 19, p.4508-4530, 2006. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/19/18/jcli3878.1.xml>> Acesso em: 19 abri. 2022.

LEE, D. S.; et al. Parametrisation of the orographic enhancement of precipitation and deposition in a long-term, long-range transport model. *In: Annales Geophysicae*, [S.l.], v. 18, n. 11, p. 1447-1466, 2000. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00316816/document>> Acesso em: 12 jun. 2022.

LEPETIT, B. Sobre a Escala na História. In: REVEL, J. (org). **Jogos de escalas: a experiência da microanálise.** Tradução de Dora Rocha. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1998. p.77-102.

LIEBMANN, B.; MARENGO, J. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. *In: Journal of Climate*, [S.l.], v.14, n.22, p. 4308-4318, 2001. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/14/22/1520-0442\\_2001\\_014\\_4308\\_ivotrs\\_2.0.co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/14/22/1520-0442_2001_014_4308_ivotrs_2.0.co_2.xml)> Acesso em: 19 abri 2019.

LIMA, P. R. A.; LEOPOLDO, P. R. Interceptação de chuva por mata ciliar na região central do Estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, v.14, n.3, p.25-33, 1999.

LIMBERGER, L. Abordagem Sistemica e Complexidade em Geografia. *Geografia - v. 15*, n. 2, jul./dez. 2006. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/geografia>

LIMBERGER, L. **Variabilidade da vazão de regiões homogêneas da bacia hidrográfica amazônica brasileira: teleconexões com a temperatura da superfície do mar (TSM) de 1976-2010.** 2015. 483 f. Tese. (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015. Disponível em:

<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-15122015-140500/pt-br.php>>  
Acesso em: 18 out 2017.

LIMBERGER, L.; SILVA, M.E.S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico uma revisão. *In: Geosp- Espaço e Tempo* (Online), [S.l.], v.20, n.3, p.657-675, 2016. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/105393>> Acesso em: 11 jun. 2021.

LOPES, M. N. G. **Aspectos regionais da variabilidade de precipitação no estado do Pará: estudo observacional e modelagem climática em alta resolução.** 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/6851>> Acesso em: 03 set. 2018.

LOPES, R. M.; SILVA, C. A. Aspectos topoclimáticos em bacia hidrográfica: estudo de caso na Bacia da UHE Caçu e Barra dos Correiros-GO. *In: Revista Equador*, Teresina, v.4, n. 03, ed esp. 02, p.1208-1215, 2015. Disponível em: < <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/3641/2121>> Acesso em: 14 jun. 2019.

LUCIO, P.S.; FORTES, L.T.G.; REBELLO, E.; FORTES, L.T. G.; DIAS, P.L.S. Um método estocástico para identificação do início da estação chuvosa em regiões secas. Estudo de caso: Centro-Oeste Brasileiro. *In: Xiv Congresso Brasileiro De Meteorologia.* Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/236588499\\_UM\\_METODO\\_ESTOCASTICO\\_PARA\\_IDENTIFICACAO\\_DO\\_INICIO\\_DA\\_ESTACAO\\_CHUVOSA\\_EM\\_REGIOES\\_SECAS\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO\\_CENTRO-OESTE\\_BRASILEIRO](https://www.researchgate.net/publication/236588499_UM_METODO_ESTOCASTICO_PARA_IDENTIFICACAO_DO_INICIO_DA_ESTACAO_CHUVOSA_EM_REGIOES_SECAS_ESTUDO_DE_CASO_CENTRO-OESTE_BRASILEIRO)

LYRA, G.B.; et al. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. *In: Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.2, p.205-215, fev. 2006. Disponível em: <<http://old.scielo.br/pdf/pab/v41n2/a04v41n2.pdf>> Acesso em: 19 ago. 2019.

MACHADO, L.A.; ASSIS, W.L.; Proposta metodológica de mapeamento de unidades topoclimáticas. *In: Revista Brasileira de Climatologia.* Curitiba, v. 21. a. 13, p.186-204. jul./dez, 2017. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50779/33496>> Acesso em: 18 nov. 2018.

MANGILI, F.B.; ELY, D.F.; Análise da Relação da Produção do Milho Safrinha com o Balanço Hídrico em Londrina (PR). *In: Revista de Geografia (Londrina)*, Londrina, v. 25, n. 1, p.65-85, jan./jun, 2016. Disponível em: < <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/22477>> Acesso em: 12 jul. 2018.

MANGILI, F.B. **Dinâmica das chuvas no Paraná: da análise rítmica à espacial.** 2021. 144 f. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2021. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000233933>> Acesso em: 07 jan. 2022.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R. The Pacific decadal oscillation. *In: Journal of Oceanography*, Japan, v.58, p.35-44, 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Steven-Hare/publication/225139766\\_The\\_Pacific\\_Decadal\\_Oscillation/links/00b7d518012d91c1c3000000/The-Pacific-Decadal-Oscillation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Steven-Hare/publication/225139766_The_Pacific_Decadal_Oscillation/links/00b7d518012d91c1c3000000/The-Pacific-Decadal-Oscillation.pdf)> Acesso em: 13 jul. 2021

MANTUA, N. J; et al. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *In: Bulletin of the American Meteorological Society*, Estados Unidos, v.78. n. 06, p1069-1079, 1997. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/236586140\\_A\\_Pacific\\_Interdecadal\\_Climate\\_Oscillation\\_with\\_Impacts\\_on\\_Salmon\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/236586140_A_Pacific_Interdecadal_Climate_Oscillation_with_Impacts_on_Salmon_Production)> Acesso em: 14 ago. 2021.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/o-projeto>> Acesso em: set. 2019

MARENGO, J. A.; et al. On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *In: Journal of Climate*, [S.l.], v. 14, n.5, p.833-852, 2001. Disponível em: < [https://iri.columbia.edu/~ousmane/print/Onset/Marengoetal01\\_JClim.pdf](https://iri.columbia.edu/~ousmane/print/Onset/Marengoetal01_JClim.pdf)> Acesso em: 17 dez. 2021.

MARENGO, J. A.; ALVES, L.M.; Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, v.20, n.2, p.215-226, 2005. Disponível em: < <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mtez/~edisp/inea0113198.pdf>> Acesso em: 10 ago, 2021.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; SOARES, W.R. Jatos de baixos níveis ao longo do Andes. *In: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.169-180.

MARINS, J.A.L. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da microrregião de Campo Mourão e sua associação com anomalias de temperatura da Superfície do mar**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon. 2019. Disponível em: < <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4363>> Acesso em: 10 ago. 2021

MARQUES, A. J.; GALO, M. L. T. Escala geográfica e escala cartográfica: Distinção necessária. *In: Revista Boletim de Geografia*, Maringá, v. 26/27, n. 01, p. 47-55, 2009. Disponível em:<<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/7998>**Erro! A referência de hiperlink não é válida.**

MATTOS, F.I.; et al. Identificação de grupos regionais de chuva por análise de agrupamentos. In: XXVIII Congresso Latinoamericano De Hidráulica, 28., 2018, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 2018. Disponível em: < [https://www.ina.gob.ar/congreso\\_hidraulica/resumenes/LADHI\\_2018\\_RE\\_203.pdf](https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_203.pdf)> Acesso em: 12 ago. 2021.

MELO, A.B.C.; CAVALCANTI, I.F.A.; SOUZA, P.P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. *In: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.25-41.

MELO JUNIOR, J.C.F.; et al. Determinação de regiões homogêneas quanto à distribuição de frequência de chuvas no leste do Estado de Minas Gerais. *In: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.02, p.408–416, 2006. Disponível em: <<http://old.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a23.pdf>> Acesso em: 13 ago. 2021.

MENDONÇA, F. **Clima e Criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana**. 1 ed. Curitiba: Editora UFPR, 2001.

MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I.M.; **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1 ed., 2 reimpressão. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

MILANESI, M. A. **Avaliação de efeito orográfico da pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela-SP)**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04012008-114406/publico/TESE\\_MARCOS\\_ALEXANDRE\\_MILANESI.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04012008-114406/publico/TESE_MARCOS_ALEXANDRE_MILANESI.pdf)> Acesso em: 03 jun. 2022.

MINUZZI, R.B.; et al. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da região Sudeste do Brasil. *In: Geografia (Londrina)*, Londrina, v.15, n.02, p.05-19, 2006. Disponível em: <<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6586>> Acesso em: 10 abri. 2021.

MINUZZI, R.B.; et al. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*. São Paulo, v. 22, n.03. p. 338-344, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/SfmzZ5dYNPbQqrvjnJLsCCc/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 29 abri 2021.

MINUZZI, R.B.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Oscilações climáticas em Minas Gerais. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*. São Paulo, v. 25, n.02. p.227–236, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/ktXZMj6TktpZC4MkwXhCnSN/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 08 jun. 2017.

MITTERSTEIN, M.R.; SEVERO, D.L. Análise de variabilidade intersazonal e interanual da precipitação no vale do Itajaí com a transformada de ondaletas. *In: Dynamis revista tecno-científica*, [S.l.], v. 13, n.01. p.01-10, out./dez.,2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/277857959\\_ANALISE\\_DE\\_VARIABILIDADE\\_INTRASAZONAL\\_E\\_INTERANUAL\\_DA\\_PRECIPITACAO\\_NO\\_VALE\\_DO\\_ITAJAI\\_COM\\_A\\_TRANSFORMADA\\_DE\\_ONDALETAS](https://www.researchgate.net/publication/277857959_ANALISE_DE_VARIABILIDADE_INTRASAZONAL_E_INTERANUAL_DA_PRECIPITACAO_NO_VALE_DO_ITAJAI_COM_A_TRANSFORMADA_DE_ONDALETAS)> Acesso em: 10 nov. 2021.

MONTEIRO, C. A. F. The environmental quality in the Ribeirão Preto region – SP: an attempt. Latin American Region Conference Brazil. 1982.

MONTEIRO, C.A.F. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. 1 ed. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1971.

\_\_\_\_\_. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. 1 ed. Florianópolis: UFSC, 1991.

\_\_\_\_\_. **Geossistemas: a história de uma procura**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2001.

\_\_\_\_\_. William Morris Davis e a teoria geográfica. *In: Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.02, n.01, p. 01-20, 2001. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/download/4/2>> Acesso em: 20 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. **Clima Urbano**. 1 ed. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (orgs). **Clima Urbano**. 1 ed. São Paulo: Contexto, 2009.

MOORE, A. Repensar a escala como uma categoria geográfica: da análise para a prática. *In: GEOgraphia*, Niterói, v. 20, n. 42, jan./abr., p. 03-24, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/geographia/article/download/13829/9032/53212>> Acesso em: 09 mai. 2022.

MORAES, B.C; et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *In: Revista Acta Amazônica*, Manaus, v. 35, n.2, p.207–214, 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/aa/a/3hcg8XkDqNqvqYFqTxkCXgB/?lang=pt>> Acesso em: 10 abr. 2021.

MORAES, S.L. **Interações de crianças por doenças respiratórias em São Paulo e suas relações com as condições climáticas e o contexto socioeconômico**. 2018.132 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2018. Disponível em: < [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22112018-095708/publico/2018\\_SaraLopesDeMoraes\\_VCorr.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22112018-095708/publico/2018_SaraLopesDeMoraes_VCorr.pdf)> Acesso em: 11 abri. 2021.

MOREIRA, B.; **As nanoflorestas nebulares do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil: análise florística, fitogeográfica e fitossociológica**. 2017. 106 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2017. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/6119>> Acesso em: 11 abri. 2021.

MORIN, E. **O Método 1: A Natureza da Natureza**. Tradução de Ilana Heinberg, 3 ed., Porto Alegre: Sulina, 2013.

MOURA, L.Z. **Transporte atmosférico de umidade para a bacia do Paraná: Análise da Climatologia, sazonalidade e variabilidade interanual via trajetórias de Massas de ar**. 2015. 140 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília. 2015. Disponível em: <

[http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/dissertacao\\_Moura\\_L\\_Z.pdf](http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/dissertacao_Moura_L_Z.pdf)> Acesso em: 06 abr 2021.

NASCIMENTO JÚNIOR, L.; SANT'ANNA NETO, J.L. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a Oscilação Décadal do Pacífico - ODP. *In: RA'EGA: o Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v.35, n.02. p.314-243, 2015. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42048/27812>> Acesso em: 02 mai. 2021

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 2013. 157 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) -Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2013. Disponível em: < [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96774/nascimentojunior\\_l\\_me\\_pr\\_ud.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96774/nascimentojunior_l_me_pr_ud.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Acesso em: 14 jun. 2019.

NICHOLLS, N.J.L.; MCBRIDE, R.J.; ORMEROD. On predicting the onset of the Australian wet season at Darwin. *In: Monthly Weather Review*, [S.l.] v.110, p.14-17, 1982. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/110/1/1520-0493\\_1982\\_110\\_0014\\_optoot\\_2\\_0\\_co\\_2.xml?tab\\_body=pdf](https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/110/1/1520-0493_1982_110_0014_optoot_2_0_co_2.xml?tab_body=pdf)> Acesso em: 14 abr. 2020.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NUNES, L.H. Impacto Pluvial na Serra de Paranapiacaba e Baixada Santista. Dissertação(mestrado). FFLCH-Universidade de São Paulo:São Paulo, 1990.

NUNES, L.H. Relação entre precipitação anual e altimetria no Estado de São Paulo. V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, São Paulo:FFLCH/USP, 1993, p.407-413.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2 ed. Londres: Routledge. 1987.

OLIVEIRA, D.E.; ASSIS, D.C.; FERREIRA, C.C.M. Definição de unidades climáticas para a bacia hidrográfica do Rio Paraibuna, MG/RJ. *In: XI Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica*.11., 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2014. p.01-12. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/17156460-Definicao-de-unidades-climaticas-para-a-bacia-hidrografica-do-rio-paraibuna-mg-rj.html>> Acesso em: 06 jun. 2017.

OLIVEIRA, D.E.; ASSIS, D.C. Distribuição espacial da sazonalidade nos tipos de tempo para a bacia do Rio Preto, MG/RJ. *In: XI Encontro Da ANPEGE*.11., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2015. p.7564-7575. Disponível em: <<http://www.enanpege.ggf.br/2015/anais/arquivos/26/729.pdf>> Acesso em: 06 jun. 2017.

OLIVEIRA, D.E. **Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmo das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Preto, MG/RJ - anos de 2006, 2007, 2008**. 2016. 149 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2016. Disponível em: < [https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/3099?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/3099?locale=pt_BR)> Acesso em: 07 jun. 2017.

OLIVEIRA, D.E.; FERREIRA, C.C.M.; ASSIS, D.C.; PIMENTEL, F.O. Geo-localização de eventos extremos de chuva na bacia hidrográfica do Rio Preto–MG/RJ. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2017. p.2467-2478. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2391>> Acesso em: 04 fev. 2018.

OLIVEIRA, D.E.; et al. Aspectos topoclimáticos da Serra de Itatiaia – um esboço para as vertentes da bacia hidrográfica do Rio Preto, MG/RJ. *In: Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v.07, n.10, p.235-252. jan./mar. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/323297424\\_ASPECTOS\\_TOPOCLIMATICOS\\_DA\\_SERRA\\_DE\\_ITATIAIA\\_-\\_UM\\_ESBOCO\\_PARA\\_AS\\_VERTENTES\\_DA\\_BACIA\\_HIDROGRAFICA\\_DO\\_RIO\\_PRETO\\_MGRJ/link/5d7c2b2b92851c87c388014f/download](https://www.researchgate.net/publication/323297424_ASPECTOS_TOPOCLIMATICOS_DA_SERRA_DE_ITATIAIA_-_UM_ESBOCO_PARA_AS_VERTENTES_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_PRETO_MGRJ/link/5d7c2b2b92851c87c388014f/download)> Acesso em: 10 jul. 2018.

OLIVERA, D.E.; ELY, D.F. Clima regional e variabilidade climática: um esboço de correlação linear entre a forçante TSM e as chuvas da bacia hidrográfica do Rio Preto- MG/RJ. *In: XVIII Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica*. 18., 2018, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: UFJF. 2018. p. 1619-16 28. Disponível em: <<http://www.abclima.ggf.br/sbcg2018/site/anais/arquivos/184/1beb2828d2c30a381a3dd752a4655db1.pdf>> Acesso em: 02 fev. 2019.

OLIVEIRA, D.E.; FERREIRA, C.C.M.; Utilização de SIG na criação de um inventário cartográfico e a definição de unidades geoambientais para a bacia hidrográfica do Rio Preto – MG/RJ. *In: Revista de Geografia*, Juiz de Fora, v. 09 n. 02, p.230-254. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18089/20357> > Acesso em: 02 mar. 2020.

OLIVEIRA, J.V. **A oscilação Madden-Julian na Amazônia Oriental: variáveis superficiais**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2021. Disponível em: <[http://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/6847/1/Dissertacao\\_OscilacaoMaddenJulian.pdf](http://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/6847/1/Dissertacao_OscilacaoMaddenJulian.pdf)> Acesso em: 10 jun. 2022.

OLIVEIRA, T.A.; **O clima urbano como risco climático: os impactos das chuvas em Juiz de Fora - no período de 1980-2018**. 2021. 312 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2021. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/12653>> Acesso em: 14 ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. (WMO). **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Washington: World Meteorological Organization, wcpd n.10. 1989. Disponível em: < <https://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-481-WMO-341.pdf>> Acesso em 22 fev. 2022.

ORLANDO, P.H.K. **Produção do espaço e gestão hídrica na bacia do rio Paraibuna (MG-RJ): uma análise crítica**. 2006. 295 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade do Estado de São Paulo, Presidente Prudente. 2006. Disponível em:

<[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_ed1348d8981985979ad00528c04961cf](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_ed1348d8981985979ad00528c04961cf)>  
Acesso em: 20 jul. 2018.

OSCAR JÚNIOR, A.C.S.; BRANDÃO, A.M.P.M. O Sistema Clima Urbano da Ilha do Fundão (Rj): Subsídio para o Planejamento Urbano. *In: Revista Brasileira de Geografia Física*. Recife. v. 08, n. 01, p. 113-127, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233163/27055>> Acesso em: 15 jan. 2022.

PAULA, G.M. **O Fenômeno El Nino Oscilação Sul e a erosividade das chuvas em Santa Maria-RS**. 2009. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7510/PAULA%2C%20GIZELLI%20MOLIANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 04 jan. 2022.

PÉDELABORDE, P. **Les Moussons**. Paris: Max Leclerc et Cie.1958.

PEZZI, L.; SOUZA, R. B. Variabilidade de mesoescala e interação oceano-atmosfera no Atlântico Sudoeste. *In: CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.385-405.

PIVA, E.D. **Cavados em médios níveis no hemisfério Sul: climatologia, energética e ciclogênese em superfície**. 2006. 238 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1913/2005/04.28.11.42/doc/publicacao.pdf>> Acesso em 05 mar. 2021.

QUADRO, M.F.L.; et al. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da zcas através da nova geração de reanálises. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.] v.27, n.02, p.152-162, 2021. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/xzL7Sg34JjBfyk9n679z3hb/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 15 mai. 2022.

RAMIREZ RUIZ, V. M. **Influência da zona de convergência intertropical na monção sul-americana durante o último período glacial com base em registros geoquímicos de espeleotemas da Colômbia**. 2018. 170 f. Tese. (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em:< <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44142/tde-30052019-131807/pt-br.php>> Acesso em: 20 jan. 2021.

REDAÇÃO. JF: Chuvas voltam a causar alagamentos no bairro Industrial. **Rádio Itatiaia**. Juiz de Fora.15 fev. 2022. Disponível em: <<https://radioitatiaiajf.com.br/jf-chuvas-voltam-a-causar-alagamentos-no-bairro-industrial/>> Acesso em: 25 mar. 2022.

REIS DE JESUS, E. F. Algumas reflexões teóricoconceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. *In: GeoTextos*, [S. l.], v. 4, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3301>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

REIS, T.C.S. **Extensões da Distribuição Weibull aplicadas na análise de séries climatológicas**. 2017. 100 f. Dissertação. (Mestrado em Matemática Aplicada e Computacional) - Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/152391>> Acesso em 08 dez. 2021.

REMPP, G. A. A respeito das fronteiras e relações entre Macroclima, Mesoclimas, Microclimas e entre o clima físico e o bioclima. La Meteorologia, França, 1937.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. *In: Boletim de Geografia Teorética*, [S.l.], v. 23, p. 288-294, 1993. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2951862/mod\\_folder/content/0/RIBEIRO\\_Antonio\\_Giacomini\\_As\\_escalas\\_do\\_clima.pdf?forcedownload=1](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2951862/mod_folder/content/0/RIBEIRO_Antonio_Giacomini_As_escalas_do_clima.pdf?forcedownload=1).> Acesso em: 29 jan. 2022.

RIBEIRO, B.Z. **Climatologia sinótica das frentes quentes no Sudeste da América do Sul**. 2014. 171 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2014. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18/2014/01.27.16.59/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 19 jan 2022.

RIBEIRO, C. M. O Desenvolvimento da climatologia dinâmica no Brasil. *In: Revista geografia e ensino*. Belo Horizonte, v. 01, n. 02. p. 48-59, 1982.

RIBEIRO, O. **Introdução ao estudo da geografia regional**. Reimpressão. Lisboa: João Sá da Costa, 1995.

RODELA, L.G.; TARIFA, J.R.; Unidades ambientais do parque estadual do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. *In: Revista GeoUSP Espaço e Tempo (Online)*, [S.l.] São Paulo, v.05, n. 09, p.97-115, 2001. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123523/119796>> Acesso em: 23 jan, 2022.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. *In: Revista do Departamento de Geografia*, [S. l.], v. 14, p. 69-77, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47314>. Acesso em: 18 jun. 2021.

RODRIGUES, J.M. **Influência dos modos de variabilidade oceânica no clima da América do Sul durante o Holoceno Médio**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123523>> Acesso em: 05 mar. 2022.

RODRÍGUES, J.M.M. Geografia das paisagens, geoecologia e planejamento ambiental. Formação, Presidente Prudente, n.10, v.1, 2003, p.09-27.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 4 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROE, G. H.; MONTGOMERY, D. R.; HALLET, B. Orographic precipitation and the relief of mountain ranges. *In: Journal of Geophysical Research*, [S.l.], v. 108, n. B6, p.01-12, 2003. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2001JB001521>> Acesso em: 10 jun. 2022.

ROSS, J.L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *In: Revista do Departamento de Geografia da USP*, São Paulo, n. 06, p. 17-30, 1992. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108/50829>> Erro! A referência de hiperlink não é válida.

ROZA DOS SANTOS, J. G.; VESPUCCI, A. G.; BAYER, M. Estações fluviométricas do estado de Goiás: qualificação dos dados hidrológicos disponíveis na base HIDROWEB/ANA. *In: Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 10, n. 03, p. 89–108, 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/35554>> Acesso em: 12 jun. 2022.

SALES, A.B. **Climatologia de dias de tempestades nas principais cidades da região Equatorial brasileira e projeções para o futuro**. 2014. 194 f. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial/Ciências Atmosféricas) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2014. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/05.09.21.40/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2022.

SAMPAIO, G.; et al. O Início Da Estação Chuvosa No Sudeste Do Brasil Pelo MCGA CPTEC/COLA. *In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 14., 2005, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: SBM, 2005. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.21.20.40/doc/Sampaio.In%EDcio.pdf>> Acesso em: 14 mai. 2022.

SANCHES, F.O.; et al. Chuvas no Rio Grande do Sul: um estudo sobre as precipitações acumuladas intensas no alto Uruguai Gaúcho. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v.15, ano 10, p.143-162, 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/38074>> Acesso em: 11 mar. 2021.

SANCHES, R.G. **As chuvas na região de São Carlos/SP: estudo do comportamento pluviométrico a partir de dados de estações climatológicas, 1993-2014**. 2015. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2015. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-16112015-100925/publico/DissertacaoRafaelGreccoSanches.pdf>> Acesso em: 29 dez. 2022.

SANSIGOLO, C. A. Análise das precipitações diárias de Piracicaba, São Paulo. *In: VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 6., 1989, Maceió. **Anais ...** Alagoas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p. 224-231. Disponível em: <<http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.09.09/doc/6069.pdf>> Acesso em: 14 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. Variabilidade interanual da estação chuvosa no estado de São Paulo. *In: Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.04, n.01, p.101-105, 1996.

Disponível em: <<http://www.sbagro.org/files/biblioteca/85.pdf>> Acesso em: 25 fev. 2022.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. *In: Boletim de Geografia*, [S.l.], v. 16, n. 01, p. 119-132. 1998. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12158>> Acesso em: 30 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, Rio de Janeiro, v.01, n.01, p.43-60, 2005. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25232/16936>> Acesso em 25 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima – gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, [S.l.] v.04, n.01, p.134-153, 2008. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6599/3599>> Acesso em: 25 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. O clima urbano com construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. *In: Revista Brasileira de Climatologia*. Curitiba, v.08, ano 07, p.45-60, 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25794/17213>> Acesso em: 25 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. **Escalas geográficas do clima**. Texto fornecido nas discussões em sala de aula. 2011, (texto digitado).

SANTIAGO, B. S.; REZENDE, R. F.; FERREIRA, C. C. M. Reserva Biológica Municipal de Poço D'Anta, Juiz de Fora/MG - aspectos da fragmentação de habitat e efeito de borda. *In: Gaia Scientia*, [S. l.], v. 1, n. 1, p.53-66. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/2228>. Acesso em: 12 jun. 2018.

SANTOS, D. D.; MORAES, S. L.; GALVANI, E. Variação da temperatura do ar média, mínima e máxima no perfil topoclimático da trilha caminhos do mar (SP). *In: Revista Equador*, Teresina, v. 5, n. 5, p.01-19. 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/4878/3215>> Acesso em: 14 nov. 2021.

SANTOS, E. O.; SILVA, F.A.C.; Revisitando o conceito de escala na geografia. *In: Boletim de Geografia de Maringá*, Maringá, v. 32, n. 03, p. 16-27, set.-dez., 2014. Disponível em: <[https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/download/19554/pdf\\_28/Erro! A referência de hiperlink não é válida](https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/download/19554/pdf_28/Erro!%20A%20refer%C3%AAncia%20de%20hiperlink%20n%C3%A3o%20%C3%A9%20v%C3%A1lida)>

SANTOS, J. B. Discussões sobre o conceito de escala e os mapeamentos de solos no Brasil. *In: Caminhos de Geografia*, [S.l.] v. 13, n. 44, p. 102–112. 2012. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/19633/11296>> Acesso em: 05 abr. 2022.

SANTOS, L.F.; GARCIA, S.R. Início e fim da estação chuvosa no estado de Minas Gerais: comparação de duas metodologias diferentes. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v.31, n.01, p.92-104, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/vN8nXQr3G7dDpVmhSw6hPWs/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em 10 mar. 2022.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**. 4 ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

SANTOS, R.S. **Homogeneidade e reconstrução de series climatológicas para localidades no Estado de Minas Gerais**. 2012. 82 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1510>> Acesso em: 02 abri. 2022.

SANTOS, S.R.Q. **Características dos eventos extremos secos e chuvosos em diferentes escalas de tempo na Amazônia: Climatologia e projeções futuras**. 2017. 260 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2017. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/04.11.13.22/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 04 jan. 2022.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. *In: Journal of Geophysical Research*, [S.l.] n. c08, v. 96, p.137-146, 1991. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/243787928\\_Simple\\_climatic\\_indices\\_for\\_the\\_tropical\\_Atlantic\\_Ocean](https://www.researchgate.net/publication/243787928_Simple_climatic_indices_for_the_tropical_Atlantic_Ocean)> Acesso em: 23 jan. 2022.

SILVA, A.C.; ZAIDAN, R.T.; Bacia hidrográfica do rio Paraibuna: o zoneamento do uso e cobertura da terra por imagens de satélite como subsídio para o planejamento e a gestão de recursos. *In: Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Alta Paulista, n. 02, v. 06, p. 124- 140, 2010. Disponível em: <[https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/86](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/86)> Acesso em: 05 fev. 2022.

SILVA, C.A. Pensar, fazer ciência e desafios da pesquisa em climatologia geográfica no Centro-Oeste. *In: Mercator*, Fortaleza, v. 09, n. 01, p. 39-51, 2011. Disponível em:<<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/532>> Acesso em 09 fev. 2022.

SILVA, D.F; et al. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. *Revista de Geografia (UFPE)*. [S.l.], v.29, n.02, p.114-135, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228968/23376>> Acesso em: 18 nov. 2021.

SILVA, E. D.; REBOITA, M.S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. *In: Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v.13, ano 09, p.120-136, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33345/22585>> Acesso em 18 nov. 2021.

SILVA, E.D. **Estudo da precipitação no estado de minas gerais-MG**. 2013. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em

Ciências do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2013. Disponível em: <  
<https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/845>> Acesso em: 05 nov. 2021.

SILVA, J.V. **El Niño e seus impactos na América do Sul: Clima atual e cenários futuros**. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 2015. Disponível em:<  
<https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12584>> Acesso em: 14 nov. 2021.

SILVEIRA, M. L. Escala geográfica: da ação ao império. *In: Terra livre*, v. 02, n. 23, p. 87-96, 2004. Disponível em:<<https://repositorio.usp.br/item/001501072>> Acesso em: 22 mar. 2022.

SILVESTRE, M.R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas**. 2016. 408 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade do Estado de São Paulo, Presidente Prudente. 2016. Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137946>> Acesso em: 20 out. 2020.

SORRE, M. Les Fondements de la Géographie Humaine. *In: Tome Premier: Les fondements biologiques*. Paris: Armand. Colin, 1951.

\_\_\_\_\_. Objeto e método da climatologia. *In: Revista do Departamento de Geografia*, [S.l.] n.18, p.89-94, 2006. Texto original em francês. Disponível em:<<http://docplayer.com.br/21446875-Objeto-e-metodo-da-climatologia-max-sorre-1.html>> Acesso em: 08 mai. 2022.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Traduzido por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora Amarante Romariz. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1977.

SOUZA, E.B.; AMBRIZZI, T. Precipitação climatológica pântadal sobre o Brasil e os mecanismos atmosféricos associados: resultados preliminares. *In: Congresso Brasileiro De Meteorologia*, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

SOUZA, L.B. **Chuvas e escorregamentos na região Noroeste da área urbana de Juiz de Fora – MG: uma abordagem genética em Climatologia**. 2003. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro. 2003. Disponível em:< <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/86527>> Acesso em: 23 out. 2017.

SOUZA JUNIOR, C.M.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine *In: Remote Sensing*, [S.l.], v.12, n.17, p.01-27.2020 Disponível em:<  
<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735/htm>> Acesso em: 03 fev. 2021.

SUGAHARA, S. **Flutuações interanuais, sazonais e intrassazonais de precipitação no estado de São Paulo**.1991. 140 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis – RJ. *In: Revista Brasileira*

**de Climatologia**, [S.l.], v. 26, ano 16, p.752-783, jan./jun., 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/71123/40905>> Acesso em: 05 jun. 2022.

TEIXEIRA, W.; et al. (orgs). **Decifrando a terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. São José dos Campos. Disponível em:<<http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>> Acesso em: set. 2021.

ULELE, D.I.; GUSTAVO, B.; LYRA, J. F. O.J.; Variabilidade Espacial e Intranual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.], v. 32, n. 03, p.473-484, 2017. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/CR7mxnsDYWDNKgmxSSFMT3H/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 30 out. 2021.

UGEDA JÚNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. de C.T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. *In: Revista Do Departamento De Geografia USP*, São Paulo, vol. esp., p.160-173. 2016. Disponível em:<<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/119402/118968>> Acesso em: 20 mar. 2022.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. *In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3595-3602. Disponível em:<<http://mar.te.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.29.11.41/doc/3595.pdf>> Acesso em: 09 jan. 2022.

VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata Mineira. *In: Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, n.01, ano 20, jan./mar., p. 03-82, 1958. Disponível em:<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg\\_1958\\_v20\\_n1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1958_v20_n1.pdf)> Acesso em: 30 out. 2017

VASCONCELOS JÚNIOR, F.C. **Pré-estação chuvosa e a estação chuvosa do Norte do Nordeste brasileiro: aspectos interanuais, intrasazonais e extremos**. 2014. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014. Disponível em:<[https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/t\\_francisco\\_c\\_vasconcelos%20junior\\_corrigeida.pdf](https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/t_francisco_c_vasconcelos%20junior_corrigeida.pdf)> Acesso em: 23 abr. 2022.

VEIGA, J.A.P. **A influência das TSMs dos oceanos Pacífico e Atlântico nas chuvas de monção da América do Sul**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/10.01.13.06/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 29 ago. 2017.

VERA, C.; et al. Toward a unified view of the american monsoon systems. *In: Journal of Climate*, [S.l.], v. 19, p.4977-5000, 2006. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/19/20/jcli3896.1.xml>> Acesso em: 19 abri. 2022.

VEYRET, Y. (org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2015.

VIANELLO, R.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2012.

VIRMANI, S.M., **The agricultural climate of the Hyderabad regions in relation to crop planning (A sample analysis)**. Internal Report, Farming Systems Program. Patancheru: ICRISAT, 1975. Disponível em: <<http://oar.icrisat.org/7788/1/RP%2002656.pdf>> Acesso em: 04 jan. 2022.

WANG, B.; DING, Q. Global monsoon: Dominant mode of annual variation in the tropics. *In: Dynamics of Atmospheres and Oceans*, v. 44, n. 3-4, p. 165-183, jan. 2008. Disponível em: <<https://people.geog.ucsb.edu/~qinghua/pdf/7.pdf>> Acesso em: 10 jan 2022.

WARD, J.H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *In: Journal of the American Statistical Association*, [S.l.], v. 58, n.301, p.236-244. 1963.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 1 ed. San Diego: Academic Press, 1995.

ZABALAGA, D. G. **Clima presente e tendências climáticas usando o modelo regional RegCM4 sobre regiões de topografia complexa dos Andes**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-20052019-153240/publico/ddeckercorrigido.pdf>> Acesso em: 22 mai. 2022.

ZAICOVIZKI, M.B. **Aspectos sinóticos-climatológicos associados a Zona de Convergência do Atlântico Sul**. 1999. 128 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1999. Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/05.20.17.42/doc/Marcelo%20Brauer%20Zaicovski.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2020.

ZANETTI, S.S.; et al. Programa computacional para geração de séries sintéticas de precipitação. *In: Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.01, jan./abr., p.96-104, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/LvB5mZnKs95zcNRWLKkjTbM/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 09 nov. 2018.

ZANETTI, S.S.; OLIVEIRA, V.P.S.; PRUSKI, F.F. Validação do modelo CLIMABR em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária. *In: Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.01, jan./mar., p.96-102, 2006. Disponível em:<

<https://www.scielo.br/j/eagri/a/gtQ4v4cmc6tYLgPSVWnwQPq/?format=pdf&lang=pt>  
Acesso em: 09 nov. 2018.

ZAVATINI, J.A. O tempo e o espaço nos estudos do ritmo do clima no Brasil. *In: Geografia*, Rio Claro, v. 27, n. 03, p. 101-131, 2002. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1913/5255>> Acesso em: 25 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. A climatologia geográfica brasileira, o enfoque e a noção de ritmo climático. *In: Revista Geografia*, Rio Claro, v. 23, n. 03, p. 5-24, 1998. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/2261/1974>> Acesso em: 25 mar. 2022.

ZHOU, J.; LAU, K.M. Does a Monsoon Climate Exist over South America? *In: Journal of Climate*, [S.l.], v. 11, p. 1020-1040, 1998. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/11/5/1520-0442\\_1998\\_011\\_1020\\_damceo\\_2.0.co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/11/5/1520-0442_1998_011_1020_damceo_2.0.co_2.xml)> Acesso em: 20 mai. 2021.