



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

FABIANA BEZERRA MANGILI

**DINÂMICA DAS CHUVAS NO PARANÁ:  
DA ANÁLISE RÍTMICA À ESPACIAL**

---

Londrina  
2021

FABIANA BEZERRA MANGILI

**DINÂMICA DAS CHUVAS NO PARANÁ:  
DA ANÁLISE RÍTMICA À ESPACIAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito prévio à obtenção do título de Doutora em Geografia.

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

Londrina  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração

M277d MANGILI, FABIANA BEZERRA.

DINÂMICA DAS CHUVAS NO PARANÁ : Da análise rítmica à espacial /  
FABIANA BEZERRA MANGILI. - Londrina, 2021.  
144 f. : il.

Orientador: DEISE FABIANA ELY.

Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro  
de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2021.  
Inclui bibliografia.

1. CLIMATOLOGIA - Tese. 2. CARTOGRAFIA - Tese. 3. DINÂMICA  
ATMOSFÉRICA - Tese. 4. VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA - Tese. I. ELY,  
DEISE FABIANA. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências  
Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 91

FABIANA BEZERRA MANGILI

**DINÂMICA DAS CHUVAS NO PARANÁ:  
DA ANÁLISE RÍTMICA À ESPACIAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito prévio à obtenção do título de Doutora em Geografia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Leila Limberger  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná –  
UNIOESTE

---

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

---

Prof. Dr. Lindberg Nascimento Junior  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

---

Prof. Dr. João Afonso Zavattini  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Londrina, 16 de abril de 2021.

## AGRADECIMENTOS

Março de 2021, dia 25, 17h23min – horário de Brasília -, 300.685 vidas brasileiras perdidas (até o momento) devido à pandemia da Covid-19. Neste instante, o único agradecimento que tenho é o de estar viva.

Contudo, esse é o encerramento de um ciclo, longo e dificultoso ciclo que perdurou por quatro anos e é com imensa satisfação e alívio que chego até aqui. E neste pequeno espaço faço questão de nomear e agradecer a todos e todas que participaram dessa minha trajetória.

Os meus primeiros e mais profundos agradecimentos à família Bezerra Mangili, minha mãe (Delcý), meu pai (Marcelo) e minhas irmãs (Fernanda e Flávia) que me deram e continuam me dando vida e acolhimento e que me ensinaram a sempre ser forte e persistente. É devido a vocês que cheguei até aqui.

A todos os professores e funcionários da Escolinha da Caieiras, da Vila de Fátima e do Trombi que me ensinaram a ler, escrever, estudar e a pensar, meus honestos agradecimentos.

Apesar de ser fruto do ensino público (aparentemente fui um pouco alheia ao que realmente é a vida desses trabalhadores), resolvi me tornar professora. Essa escolha me levou ao ingresso na Universidade Estadual de Londrina – carregando o vínculo de estudante dessa instituição até o presente momento.

Lá em meado de 2009, ao ingressar na vida acadêmica, fui levada à Iniciação Científica (claro, com o objetivo de ter uma bolsa) por meio do projeto de pesquisa da Professora Dra. Deise Fabiana Ely quem me orientou e me orienta dentro dos percursos geográficos até hoje. Obrigada Deise.

Durante meu processo de formação acadêmica foram e são diversas as pessoas mereceram e merecem meus agradecimentos, tanto colegas de formação, professores, funcionários do departamento de Geociências, do CCE e de toda a UEL, e as “tias” dos bombons. Muito, muito obrigada a todos e todas!

Nesta etapa em especial, gostaria de agradecer aos professores doutores Marciel Lohmann e Leila Limberguer pela banca de qualificação do meu doutoramento e por compor a banca de avaliação final da tese. Estendo o agradecimento ao Prof. Dr. João Afonso Zavattini por toda a contribuição à ciência geográfica e o aceite do convite para avaliar essa pesquisa.

Acresço também o agradecimento pela participação na avaliação dessa tese ao Prof. Dr. Lindberg Nascimento Junior, que contribui para a minha formação geográfica e pessoal desde o início da minha graduação. Aqui lanço mão da formalidade para dizer: - muito, mas muito obrigada por tudo Baiano -. Você é incrível e eu te amo.

Pessoas incríveis que contribuíram com a minha formação acadêmica e principalmente com minha formação pessoal e que também têm meus mais profundos agradecimentos: Alene, Betinha, Denis, Guilherme, Mariele, Marquinho, Margarida, Nathan, Silas e Daia (obrigada também pela leitura e orientações), Regina e Willian. Eu amo vocês.

Obrigada também aos colegas de sofrimento da pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, em especial a Daiane, Estevão, Hermiliano e Glauber.

Aos amigos da minha vida, pessoas que surgiram ao longo dos tempos e que hoje fazem-se essenciais na construção da minha trajetória, um agradecimento muito especial: Carlão (obrigada pela ajuda com as imagens), Edimê (mulher, eu te amo demais), Daniel, Fares, Gilvan, Gustavo, Luquinha, Marcela, Matheus, Thalles (obrigada pela força naquele “Xinguzão”) e Victor.

Agradeço em especial a quem acompanhou de perto as dificuldades de todo o processo de construção dessa pós-graduação, minhas mudanças por esse Brasil, meu amadurecimento pessoal e de pensamento: Leandro, muito obrigada, você é muito especial para mim.

Por fim e definitivamente não menos importante, um agradecimento que não cabe nesses parágrafos, que não cabem em mensagens e nem em chamadas de vídeos, é um agradecimento de vida. Obrigada: Isabelle (Beli), Jonas, Luana (Lu) e Paula (Benssinho). Vocês são a minha base, meu local de acolhimento e conforto. Eu não teria chego até aqui sem vocês. Amo vocês por demais da conta.

MANGILI, Fabiana Bezerra. **Dinâmica das chuvas no Paraná: Da análise rítmica à espacial.** 2021. 149 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

## RESUMO

O objetivo da presente investigação é propor uma metodologia que auxilie o reconhecimento dos mecanismos produtores de tempo associados aos controles geográficos das chuvas no estado do Paraná, subsidiada em técnicas de representação e análise espacial. Os procedimentos metodológicos foram aplicados a partir das etapas constituintes da análise rítmica e posteriormente incluído a averiguação espacial. Foram utilizados dados diários de postos pluviométricos e de estações meteorológicas instalados pelo estado, nos quais foram aplicados métodos estatísticos para determinação de anos representativos (1998 – extremamente chuvoso; 2005 – habitual; 2006 – extremamente seco) para as etapas de detalhamento atmosférico. Os resultados obtidos constituíram uma proposta de classificação espacial dos domínios de sistemas geográficos e atmosféricos produtores de chuva. A averiguação realizada indica uma representação do fenômeno climático a partir da sua dinâmica atmosférica é mais expressiva quando realizada de maneira mensal (ou sazonal – como sugestão) e ampara os processos analíticos das informações climáticas. Dessa maneira, foi possível apontar algumas constatações: como o maior deslocamento da umidade provinda da região norte do país em episódios de ENOS, de origem EP, que impulsiona essa dinâmica em anos extremamente chuvosos – provocando aumento das chuvas principalmente na primavera e verão. O recuo desse fluxo de umidade nortista repercute na diminuição de acumulados de chuvas, tanto pela falta desse transporte como pela influência no deslocamento e passagens de sistemas frontais sobre o estado do Paraná – principalmente nos meses de inverno e outono. Além desses apontamentos, destaca-se como principal responsável pelas chuvas na área de estudo os sistemas frontais, com contribuição de áreas baixa pressão continental e transporte de umidade originada dos corpos oceânicos.

**Palavras-chave:** cartografia; dinâmica atmosférica; variabilidade pluviométrica.

MANGILI, Fabiana Bezerra. **Dynamics of rain in Paraná**: From rhythmic to spatial analysis. 2021. 149 p. Thesis (PhD in Geography) - Londrina State University, Londrina, 2021.

### **ABSTRACT**

The goal of the following investigation is to propose a methodology that assists in the recognition of time-producing mechanisms associated with geographic rainfall control in the state of Paraná, supported by representation and spatial analysis techniques. The methodological procedures were applied starting from the constituent steps of rhythmic analysis and later included the spatial investigation. Daily data from state-owned rainfall and meteorological stations were used, in which statistical methods were applied in order to determine representative years (1998 – extremely rainy; 2005 – habitual; 2006 – extremely dry) for the atmospheric detailing steps. The obtained results formed a proposal for spatial classification of the rain-producing geographic and atmospheric systems domains. The investigation carried out indicates that a representation of the weather phenomenon from its atmospheric dynamics is more expressive when carried out monthly (or seasonally - as a suggestion) and supports the analytical processes of climate information. Thus, it was possible to point out some findings: such as the greater moisture displacement from the northern region of the country in ENSO episodes, of EP origin, which drives this dynamic in extremely rainy years - causing an increase in rainfall, especially in spring and summer. The retreat of this moisture flow from the north has an impact on the reduction of total rainfall amount, both due to the lack of this transport and the influence on the displacement and passage of frontal systems over the state of Paraná – mainly in the winter and autumn months. In addition to these notes, the frontal systems stand out as the main responsible for the rainfall in the study area, with contribution from low continental pressure areas and moisture transport originating from oceanic bodies.

**Keywords:** cartography; atmospheric dynamics; rainfall variability.

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> -	Análise rítmica para Cidade Gaúcha (Região Homogênea Norte) – 1998.....	140
<b>Gráfico 2</b> -	Análise rítmica para Londrina (Região Homogênea Norte) – 1998.....	140
<b>Gráfico 3</b> -	Análise rítmica para Palotina (Região Homogênea Centro-Oeste) – 1998.....	140
<b>Gráfico 4</b> -	Análise rítmica para Formosa do Oeste (Região Homogênea Centro-Oeste) – 1998.....	141
<b>Gráfico 5</b> -	Análise rítmica para São Miguel do Iguaçu (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 1998.....	141
<b>Gráfico 6</b> -	Análise rítmica para Francisco Beltrão (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 1998.....	141
<b>Gráfico 7</b> -	Análise rítmica para Inácio Martins (Região Homogênea Centro-Sul) – 1998.....	142
<b>Gráfico 8</b> -	Análise rítmica para Palmas (Região Homogênea Centro-Sul) – 1998.....	142
<b>Gráfico 9</b> -	Análise rítmica para Piraquara (Região Homogênea Leste) – 1998.....	142
<b>Gráfico 10</b> -	Análise rítmica para Paranaguá (Região Homogênea Leste) – 1998.....	143
<b>Gráfico 11</b> -	Análise rítmica para Cidade Gaúcha (Região Homogênea Norte) – 2005.....	143
<b>Gráfico 12</b> -	Análise rítmica para Londrina (Região Homogênea Norte) – 2005.....	143
<b>Gráfico 13</b> -	Análise rítmica para Palotina (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2005.....	144
<b>Gráfico 14</b> -	Análise rítmica para Formosa do Oeste (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2005.....	144
<b>Gráfico 15</b> -	Análise rítmica para São Miguel do Iguaçu (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2005.....	144
<b>Gráfico 16</b> -	Análise rítmica para Francisco Beltrão (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2005.....	145

<b>Gráfico 17</b> - Análise rítmica para Inácio Martins (Região Homogênea Centro-Sul) – 2005.....	145
<b>Gráfico 18</b> - Análise rítmica para Palmas (Região Homogênea Centro-Sul) – 2005 .....	145
<b>Gráfico 19</b> - Análise rítmica para Piraquara (Região Homogênea Leste) – 2005 .....	146
<b>Gráfico 20</b> - Análise rítmica para Paranaguá (Região Homogênea Leste) – 2005 .....	146
<b>Gráfico 21</b> - Análise rítmica para Cidade Gaúcha (Região Homogênea Norte) – 2006 .....	146
<b>Gráfico 22</b> - Análise rítmica para Londrina (Região Homogênea Norte) – 2006 .....	147
<b>Gráfico 23</b> - Análise rítmica para Palotina (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2006 .....	147
<b>Gráfico 24</b> - Análise rítmica para Formosa do Oeste (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2006 .....	147
<b>Gráfico 25</b> - Análise rítmica para São Miguel do Iguaçu (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2006.....	148
<b>Gráfico 26</b> - Análise rítmica para Francisco Beltrão (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2006 .....	148
<b>Gráfico 27</b> - Análise rítmica para Inácio Martins (Região Homogênea Centro-Sul) – 2006.....	148
<b>Gráfico 28</b> - Análise rítmica para Palmas (Região Homogênea Centro-Sul) – 2006 .....	149
<b>Gráfico 29</b> - Análise rítmica para Piraquara (Região Homogênea Leste) – 2006 .....	149
<b>Gráfico 30</b> - Análise rítmica para Paranaguá (Região Homogênea Leste) – 2006 .....	149

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> -	Localização da área de estudo .....	18
<b>Figura 2</b> -	Descrição esquemática das características sinóticas da circulação regional sobre a América do Sul .....	32
<b>Figura 3</b> -	Classificação climática do Brasil de acordo com as ações e influências das massas de ar .....	33
<b>Figura 4</b> -	Hipsometria do estado do Paraná .....	35
<b>Figura 5</b> -	Exemplo de cartas sinóticas.....	39
<b>Figura 6</b> -	Identificação da ZCAS .....	40
<b>Figura 7</b> -	Identificação dos Jatos de Altos Níveis.....	40
<b>Figura 8</b> -	Identificação do Complexo Convectivo de Mesoescala .....	42
<b>Figura 9</b> -	Tentativa de síntese dos tipos de climas do Brasil a partir das frequências dos TCA's .....	43
<b>Figura 10</b> -	Decêndios em que ocorre o início da estação chuvosa no Paraná (A) e Decêndios em que ocorre o fim da estação chuvosa no Paraná (B) .....	44
<b>Figura 11</b> -	Resultado do agrupamento com as regiões homogêneas de variabilidade identificadas para o estado do Paraná .....	46
<b>Figura 12</b> -	Fluxograma da síntese metodológica .....	50
<b>Figura 13</b> -	Estações pluviométricas representativas das regiões homogêneas de variabilidade de chuva .....	53
<b>Figura 14</b> -	Gráficos de comparação entre dados MERRA2 e dados do INMET – Paranaguá .....	56
<b>Figura 15</b> -	Esquema ilustrativo do processo de georreferenciamento, vetorização e união das camadas.....	59
<b>Figura 16</b> -	Escalas geográficas do clima (tempo longo e tempo curto) .....	61
<b>Figura 17</b> -	Variação das chuvas – Média mensal (1977 – 2016) .....	63
<b>Figura 18</b> -	Variação das chuvas - Total sazonal/Verão (1977 - 2016) .....	65
<b>Figura 19</b> -	Variação das chuvas - Total sazonal/Outono (1977 – 2016) .....	66
<b>Figura 20</b> -	Variação das chuvas - Total sazonal/Inverno (1977 - 2016) .....	67
<b>Figura 21</b> -	Variação das chuvas - Total sazonal/Primavera (1977 - 2016)....	68
<b>Figura 22</b> -	Variação das chuvas - Totais anuais (1977 - 2016) .....	70
<b>Figura 23</b> -	Padrões pluviométricos do Paraná (1977 - 2016) .....	72

<b>Figura 24 -</b>	Matriz MGCTI aplicada às precipitações totais anuais na área de estudo (1977 a 2016).....	74
<b>Figura 25 -</b>	Acumulado mensal de chuva (mm) em 1998.....	78
<b>Figura 26 -</b>	Participação dos sistemas atmosféricos (1998).....	85
<b>Figura 27 -</b>	Participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva (1998).....	87
<b>Figura 28 -</b>	Área de atuação da massa Equatorial continental em episódios de chuva mensal (1998).....	89
<b>Figura 29 -</b>	Área de atuação da massa Tropical atlântica em episódios de chuva mensal (1998).....	90
<b>Figura 30 -</b>	Área de atuação da Frente Polar Atlântica e da Linha de Instabilidade em episódios de chuva mensal (1998).....	91
<b>Figura 31 -</b>	Acumulado mensal de chuva (mm) em 2005.....	92
<b>Figura 32 -</b>	Participação dos sistemas atmosféricos (2005).....	99
<b>Figura 33 -</b>	Participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva (2005).....	101
<b>Figura 34 -</b>	Área de atuação da massa Equatorial continental em episódios de chuva mensal (2005).....	103
<b>Figura 35 -</b>	Área de atuação da massa Tropical atlântica em episódios de chuva mensal (2005).....	104
<b>Figura 36 -</b>	Área de atuação da Frente Polar Atlântica e da Linha de Instabilidade em episódios de chuva mensal (2005).....	105
<b>Figura 37 -</b>	Acumulado mensal de chuva (mm) em 2006.....	106
<b>Figura 38 -</b>	Participação dos sistemas atmosféricos (2006).....	111
<b>Figura 39 -</b>	Participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva (2006).....	113
<b>Figura 40 -</b>	Área de atuação massa Equatorial continental em episódios de chuva mensal (2006).....	115
<b>Figura 41 -</b>	Área de atuação da Frente Polar Atlântica e da Linha de Instabilidade em episódios de chuva mensal (2006).....	116
<b>Figura 42 -</b>	Síntese mensal de atuação dos sistemas atmosféricos produtores de precipitações no estado do Paraná.....	118
<b>Figura 43 -</b>	Mapa síntese do domínio dos mecanismos produtores das chuvas no estado do Paraná.....	121

<b>Figura 44</b> - Média mensal da direção e velocidade (m/s) do vento da superfície atmosférica - 1998.....	136
<b>Figura 45</b> – Média mensal da direção e velocidade (m/s) do vento da superfície atmosférica – 2005.....	137
<b>Figura 46</b> - Média mensal da direção e velocidade (m/s) do vento da superfície atmosférica – 2006.....	138

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> -	Contribuições da análise do clima a partir das percepções estática e dinâmica .....	25
<b>Tabela 2</b> -	Informações das estações pluviométricas selecionadas.....	53

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Limiares dos padrões anuais de chuva (mm) das estações representativas.....	54
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>O CLIMA COMO OBJETO DE ANÁLISE GEOGRÁFICA</b> .....	20
2.1	MÉTODOS DA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA .....	22
2.2	ASPECTOS METEOROLÓGICOS E CONTROLES GEOGRÁFICOS DAS CHUVAS NO PARANÁ .....	30
2.2.1	Climatologia Dinâmica das Chuvas no Paraná.....	42
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	49
3.1	VARIABILIDADE DAS CHUVAS .....	51
3.2	RITMO DAS CHUVAS .....	54
3.3	ANÁLISE ESPACIAL DAS CHUVAS .....	58
3.3.1	Síntese Cartográfica da Análise Espacial das Chuvas no Paraná .....	59
<b>4</b>	<b>VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS NO ESTADO DO PARANÁ</b> .....	61
<b>5</b>	<b>ANÁLISE RÍTMICA DAS CHUVAS</b> .....	75
5.1	ANO PADRÃO EXTREMAMENTE ÚMIDO (1998) .....	77
5.1.1	Síntese mensal - Frequência e Área de atuação dos sistemas atmosféricos .....	84
5.2	ANO PADRÃO NORMAL (2005) .....	92
5.2.1	Síntese mensal - Frequência e Área de atuação dos sistemas atmosféricos .....	98
5.3	ANO PADRÃO EXTREMAMENTE SECO (2006) .....	106
5.3.1	Síntese mensal - Frequência e Área de atuação dos sistemas atmosféricos .....	110
<b>6</b>	<b>SÍNTESE CARTOGRÁFICA DA DINÂMICA DAS CHUVAS NO PARANÁ</b> .....	117
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	122

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** .....126

**APÊNDICES**.....135

APÊNDICE A – Média mensal da direção e velocidade (m/s) do  
vento da superfície atmosférica .....135

APÊNDICE B – Gráficos de análise rítmica.....139

## 1 INTRODUÇÃO

A partir de uma concepção sistêmica, o clima é entendido como um sistema complexo com diversas variáveis de entrada e saída. Os componentes do sistema climático não podem ser considerados individualmente e são divididos em fatores internos e externos, sendo agrupados como fatores externos: radiação solar, a forma da Terra, movimentos de translação e sua rotação, influência dos continentes e oceanos; e como fatores internos a topografia, natureza da superfície, cobertura vegetal e proximidade com corpos hídricos, esses fatores interagem com as propriedades intrínsecas da atmosfera, como a composição atmosférica, várias instabilidades e a circulação geral (PEIXOTO; OORT, 1992).

Esses fatores motivam o deslocamento do ar em diferentes níveis atmosféricos que resultam em sistemas produtores de tempo em cada localidade do planeta. A combinação deles vai resultar nas características gerais dos elementos climáticos de um dado lugar (clima) e na situação atmosférica diária do mesmo lugar (tempo).

Essa dinâmica é fundamental para o desenvolvimento de mecanismos que irão desencadear a precipitação pluviométrica. O fenômeno atmosférico das chuvas é essencial para o sistema natural do planeta e conseqüentemente é de importância condicionante para o desenvolvimento das relações socioeconômicas. Compreender a dispersão espacial desse fenômeno se torna necessário para entender as relações sociais, a produção e a organização do espaço geográfico.

Como importante elemento climático, a chuva direta e indiretamente é essencial e insumo para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, abastecimento, geração de energia, mobilidade, produção industrial, dentre outras. No estado do Paraná é fundamental a compreensão da gênese deste fenômeno meteorológico visto que desempenha importante papel nas relações socioeconômicas do estado com as demais unidades da federação brasileira e internacionais; bem como dos diferentes regimes pluviométricos produzidos por sua localização entre os domínios tropicais e subtropicais.

Como justificativa para a busca por este entendimento, há a relação do regime pluvial com a produção de energia a partir de hidrelétricas, pois essa atividade é inerente à vazão dos corpos hídricos que a compõem. O Paraná abriga mais de 40 empreendimentos hidrelétricos localizados nos principais rios e de menores portes do estado. A energia elétrica produzida a partir das usinas hidrelétricas paranaenses corresponde a cerca de 16% da produção nacional (SILVA, 2018) e demarca importância no cenário econômico nacional e internacional.

Mesmo que o desenvolvimento tecnológico indique um caminho possível para a independência da relação produtividade x elementos do clima, as atividades agropecuárias

são outro exemplo de conexão com o regime de precipitação pluviométrica (CARMELLO, 2017). Os rendimentos das atividades agrícolas do Paraná frente ao cenário brasileiro representaram em 2018 a primeira colocação na produção de centeio, cevada, feijão e trigo. Os produtores paranaenses ainda foram responsáveis por cerca de 16% da produção nacional de soja e 14% da produção brasileira de milho durante o referido ano (SEAB/DERAL, 2019).

Esses valores demonstram a importância econômica do Paraná no contexto da economia brasileira, sendo destaque em atividades que estão intrinsecamente relacionadas à variabilidade das chuvas.

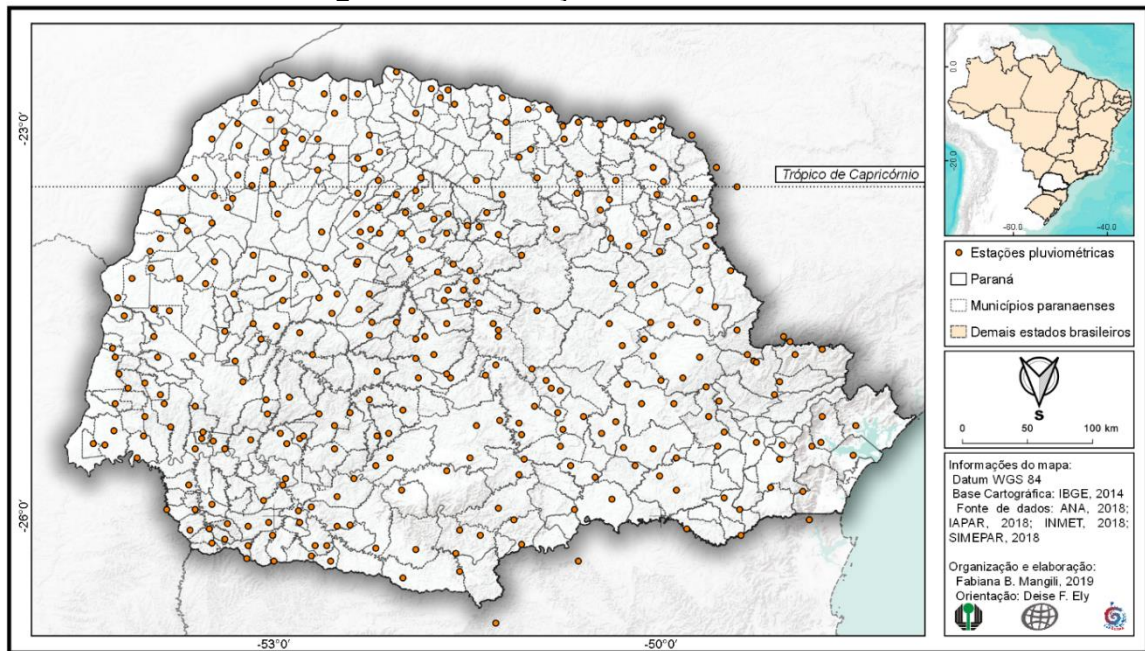
Para além do rendimento econômico, as chuvas no Paraná também repercutem em impactos nos ambientes construídos, sendo transformada também em problema social, devido à lógica de ordenamento territorial encontrada no estado. Os municípios da Mesorregião Sudoeste e Oeste do estado apresentam maiores níveis de vulnerabilidade aos eventos de seca e estiagem, enquanto as chuvas intensas impactam com maior destaque negativo os municípios da Mesorregião Metropolitana de Curitiba, devido a ocorrência de eventos de enxurrada, deslizamento e alagamentos (NASCIMENTO JUNIOR, 2013).

Em vista do exposto, o estado do Paraná (figura 1) foi elegido como área da presente investigação, em virtude de sua importância econômica nacional e dos impactos ocorridos devido à produção do espaço paranaense, assim como a particularidade da localização da unidade federativa mencionada, delimitada em uma posição entre dois grandes domínios climáticos (clima tropical e subtropical) e sua área de transição.

A área de estudo é privilegiada por uma vasta cobertura de postos pluviométricos (figura 1) com disponibilidade de dados de registro diário dos episódios de chuva em funcionamento a partir da década de 1970 até os dias atuais, operados por diversas instituições.

A partir dessa distribuição e de um trabalho de organização dos dados já desenvolvido pelo Laboratório de Climatologia Geográfica (LabCLIMA), do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Londrina (DGEO/UEL), foram selecionadas algumas estações localizadas no estado do Paraná (323), assim como postos em área limítrofes ao estado (7), com o objetivo de contribuir para uma maior cobertura da análise espacial e para atingir os objetivos da presente pesquisa.

**Figura 1 - Localização da área de estudo**



Há diversos estudos elaborados para compreender a distribuição, tendências e eventos de teleconexões das chuvas para o recorte do estado do Paraná (NASCIMENTO JUNIOR, 2013; FRANCO, 2017; ELY, 2017; LIMBERGER; ELY, 2019; ELY, 2019), assim como pesquisas sobre a gênese atmosférica do fenômeno climático das chuvas para regiões próximas ou que envolvam áreas do estado, como em Boin (2000); Borsato (2006); Vanhoni (2009); Borsato; Mendonça (2015) e Hiera (2017), dentre outros.

Dessas produções, há de se destacar duas contribuições significativas para o entendimento da dinâmica climática do fenômeno pluviométrico na área de estudo. Boin (2000), que elaborou mapas sínteses quanti-qualitativos da dinâmica das massas de ar sobre a bacia do Rio Paraná, com maior ênfase sobre a região Oeste Paulista e Zandonadi (2013) que caracterizou o ritmo das chuvas para toda a Bacia do Rio Paraná.

Apesar de grande contribuição, as análises citadas que foram realizadas não contemplam a integralidade da área do estado do Paraná, nem suas particularidades de circulação atmosférica e entendimento do ritmo climático nesta escala territorial.

Além dessa constatação, foi observado na literatura levantada que os estudos da dinâmica atmosférica ou do entendimento do ritmo das chuvas em território paranaense (ou partes dele) não resultaram em algum produto espacial que se proponha uma classificação climática ou específica, de modo a privilegiar a dinâmica do clima de maneira qualitativa, pois há tradição de representação cartográfica produto das análises rítmicas a partir de critérios quantitativos, como a frequência e índice de participação dos sistemas produtores dos tipos de tempo.

A partir dessas averiguações, a presente tese se propõe a preencher essas lacunas subsidiada na hipótese de que a complexidade da dinâmica das chuvas no Paraná pode ser entendida por meio da aplicação de técnicas de representação espacial.

Portanto, o objetivo geral da presente investigação é propor uma metodologia que auxilie a determinação dos mecanismos produtores de tempo associados aos controles geográficos das chuvas no estado do Paraná subsidiada em técnicas de representação e análise espacial.

Para tanto, faz-se necessário dividir o objetivo central em duas perspectivas analíticas, ou seja: a variabilidade espaço-temporal das chuvas e o ritmo climático das mesmas. A partir dessas duas concepções foram delimitados os objetivos específicos para compor o escopo geral da tese:

- 1) Compreender os fatores e mecanismos geográficos e determinações nos processos de distribuição das chuvas na área de estudo;
- 2) Determinar, a partir da variabilidade espaço-temporal das chuvas, anos-padrão (seco-habitual-chuvoso) e sua distribuição espacial no Paraná;
- 3) Produzir uma análise quali-quantitativa do fenômeno pluviométrico na área de estudo que possibilite o reconhecimento da gênese dos principais sistemas produtores nos anos-padrão selecionados;
- 4) Definir um método para classificação espacial dos domínios de sistemas geográficos e atmosféricos produtores de chuva.

## 2 O CLIMA COMO OBJETO DE ANÁLISE GEOGRÁFICA

Compreende-se aqui o objeto de estudo da ciência geográfica por meio da visão de Santos (2017, p. 38) que concebe o espaço geográfico como um sistema complexo, indissociável, contraditório e dialético de “sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá”.

Em razão da história humana “tudo tende a ser objeto, já que as próprias coisas, dádivas da natureza, quando utilizadas pelos homens a partir de um conjunto de intenções sociais, passam, também, a ser objetos (SANTOS, 2017, p. 41)”, e são manipulados a partir das ações, que se dão por meio de um processo atribuído de propósito subordinado à normas submetidas a algum tipo de projeto (SANTOS, 2017).

A relação que permeia esse espaço geográfico é a intenção das ações sobre os objetos. As ações são aplicadas a partir do contexto histórico, portanto, subjugado à intencionalidade.

A intencionalidade é um dos elementos principais do sistema espaço geográfico, pois além de motivar as ações sobre os objetos, indica a intensidade da modificação e apropriação do meio. A partir da intenção da transformação é que se desenvolve a técnica, que é definida como “um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o homem realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço (SANTOS, 2017, p. 29) ”.

O tempo e o espaço são demarcações conhecidas a partir das técnicas, “As épocas se distinguem pelas formas de fazer [...]. Os sistemas técnicos envolvem formas de produzir energia, bens e serviços, formas de relacionar os homens entre si, formas de informação, formas de discurso e interlocução (SANTOS, 2017, p. 177)”.

Estas são desenvolvidas na tentativa de obter maior controle sobre os trabalhadores e a natureza, tendo como motor fundamentalmente a ordem política, instituída a partir de relações intersubjetivas, portanto não é neutra, ela reflete e se compromete com a razão que venceu, assim o desenvolvimento técnico de intermediação entre o social e o natural não pode ser analisada independente do contexto social, político e cultural em que ela é empregada (PORTO GONÇALVES, 2006).

No período histórico atual os níveis de intencionalidade sobre as ações promoveram o acréscimo da ciência e da informação aos meios técnicos, garantindo ao ser humano “a capacidade de acompanhar o movimento da natureza, graças aos progressos da teledeteção [sic] e de outras técnicas de apreensão dos fenômenos que ocorrem na superfície da terra (SANTOS, 2017, p. 241)”.

O referido autor demarca esse período histórico pela valoração e disseminação do conhecimento, definindo-o por meio-técnico-científico-informacional (MTCI) e promovendo

uma demarcação importante na ciência geográfica; o que faz alcançar uma mudança extrema de nossa relação com a natureza (SANTOS, 1994).

Nessa nova relação com a natureza, que compreende seu caráter dinâmico, sistemático e “vivo”, as novas formas de relação social a partir do modo de produção capitalista complexificam ainda mais a relação dos fenômenos naturais com as relações sociais, resultando em variados espaços geográficos e tipos de ambientes. No processo produtivo, considerado como insumo de energia no sistema terrestre, as variáveis provenientes do sistema climático são as mais significativas (SANT’ANNA NETO, 2001).

Dessa forma, o clima – concebido enquanto sistema de objetos - é um sistema extremamente complexo e dinâmico (NIMER, 1979), sendo condicionante para as atividades sociais – sistema de ações -, principalmente as econômicas – intencionalidade, como bem sintetiza Nascimento Junior (2018, p. 43):

O clima, nesta perspectiva, é um fenômeno qualificado pela divisão territorial do trabalho, indissociável dos sistemas de ações, sendo tanto a produção de natureza quanto natureza produzida [...] Enquanto fator natural, o clima é natureza transformada em sistema de objetos, e cada vez mais tecnificado, cientificizado, informatizado, tende a ser fundamentado como insumo dos processos produtivos.

A natureza (clima) e seu domínio passam a ser socialmente condicionados ao MTCL, o que leva a incessante necessidade de proposição de novas técnicas que permitam o detalhamento da dinâmica natural do clima para a reprodução das atividades humanas estabelecidas com a lógica política - econômica dominante.

Para além de produzir esse detalhamento, dentro da perspectiva do espaço geográfico, deve-se considerar que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre ocorre num território, transformado e produzido pela sociedade a partir da intencionalidade dos agentes sociais (SANT’ANNA NETO, 2008).

Ou seja, o clima aparenta ser abstrato, não-palpável, longe de uma visualização, porém é algo que se sente e que está presente na materialidade das relações humanas. Para entender a atmosfera e a repercussão da sua dinamicidade no território que produz diferentes relações e percepções deve-se seguir um caminho que admite:

[...] uma compreensão que trata a reprodução ideal dos objetos da Climatologia não como limitada à dimensão da atmosfera como um fim em si – o que incorreria no exercício de uma dialética especulativa ou mesmo de um materialismo mecanicista –, mas que a trata a partir de um movimento que é expresso por meio da identificação e análise das contradições imanentes à relação entre clima e sociedade na esfera capitalista [...] É necessário, fundamentalmente, analisar tal interação com os objetos sociais produzidos. Ou seja, se as leis se configuram como a reprodução dos aspectos e das ligações necessárias e internas próprias na sua correlação natural, a natureza do clima muda à medida que os fenômenos naturais e sociais materialmente se intercambiam e, portanto, mudam as ligações internas das leis e da essência do clima (ARMOND; ZANGALLI JUNIOR, 2020, p.25 -29).

Essa perspectiva teórica e metodológica qualifica a análise geográfica do clima, tratando-a não como exclusivamente uma discussão climática com um fim em si mesmo, mas a partir da construção de um caminho proponente a um substrato que permita aprimorar o conhecimento do ritmo climático na área objeto.

A intenção da geração de um produto de síntese cartográfica a partir dos pressupostos apresentados é encaminhá-lo como subsídio às discussões que devam ser realizadas no âmbito geográfico. Portanto, para atender a complexidade do fenômeno climático é necessária a abordagem conceitual da Climatologia dinâmica.

## 2.1 MÉTODOS DA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

O clima, conceituado e reconceituado ao longo da história da ciência geográfica é entendido na modernidade por meio da definição de Sorre (1957) como a “série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”.

A reformulação conceitual proposta por Sorre (1957) objetiva uma crítica à insuficiência do entendimento de uma situação média dos estados atmosféricos, por compreender que a noção estática e matemática do clima não condizem com a materialidade concreta observada nas relações humanas e se torna um conceito eminentemente geográfico (SANT’ANNA NETO, 2008).

Essa crítica resultou em dois caminhos metodológicos para os estudos climáticos, do ponto de vista geográfico, em que a síntese climática a partir dos elementos considerados de forma isolada seguiu denominada como climatologia estática e aquele conhecimento integrado e abrangente dos estados atmosféricos foram denominados como climatologia dinâmica, assim como a divisão metodológica conhecida na meteorologia (ZAVATTINI, 2000).

Ely (2006) aponta o avanço do conhecimento da atmosfera e, portanto, das ciências meteorológicas a partir da formulação das leis da termodinâmica, decorrentes do desenvolvimento de forças produtivas a partir das máquinas a vapor.

A partir dessa condição histórica, acúmulo teórico, desenvolvimento técnico e absorção de domínios meteorológicos, houve maior disseminação da corrente metodológica da climatologia dinâmica, principalmente com a síntese proposta por Pédèlaborde (1959).

A Climatologia Dinâmica “se insere em um contexto amplo dos fenômenos atmosféricos e suas interferências, fato este que pode ser elencado a partir do tratamento dinâmico do clima (SANCHES; PEREIRA, 2020, p.28)”, compreendendo-o enquanto sistema, abordando a origem do fenômeno meteorológico, seus deslocamentos, fluxos nas diversas camadas atmosféricas, assim como sua espacialidade, portanto, compromisso da ciência geográfica (NIMER, 1968; MONTEIRO, 1971).

Os aportes teóricos da Climatologia Dinâmica exigem um método de pesquisa que objetive entender o clima de um dado lugar em conjunto com os tipos de tempo produzidos no contexto das relações com o território ocupado e quais as dinâmicas são responsáveis pelas suas gêneses. A sequência dos tipos de tempo deve ser entendida a partir de um método analítico dinâmico, pois é um método que garante “a compreensão da mecânica geral e da termodinâmica da atmosfera e com a vantagem de ser sintético, visto considerar os estados atmosféricos em bloco, isto é, o tempo e as massas de ar (ZAVATTINI, 2000, p. 29)”.

Esse método foi difundido na comunidade geográfica brasileira a partir das aplicações de Monteiro, principalmente com a difusão do conceito de ritmo climático (MONTEIRO, 1971), mas já tendo como subsídio as definições de circulação atmosférica e deslocamentos de massas de ar, tanto para o entendimento do tempo como para modelos de classificação climática; visto em Pédalaborde (1959); Strahler (1951); Serra (1954).

O citado autor propôs que o entendimento do ritmo climático é definido pelas variações anuais percebidas através das variações mensais dos elementos climáticos. O conhecimento das variações é apreendido por meio de uma análise qualitativa dos tipos de tempo, denominada de análise rítmica (MONTEIRO, 1971).

Esse método se baseia na “representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelos menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (MONTEIRO, 1971, p. 9)”.

O entendimento da dinâmica atmosférica como produtor dos tipos de tempo já vinha sendo aplicado na ciência geográfica brasileira desde a década de 1940, com maior detalhamento espacial e temporal a partir dos anos de 1970 (ZAVATTINI, 2002) devido aos encaminhamentos e orientações de Monteiro.

Zavattini (2002) qualificou as produções acadêmicas que seguiam o entendimento da dinâmica atmosférica subsidiadas no método da análise rítmica realizadas na Geografia brasileira até o ano de 2000 e destacou que o estado de São Paulo foi o melhor detalhado em diversas escalas espaciais e temporais, enquanto que a região norte do país se mantinha escassa em pesquisas subsidiadas neste método até o ano da conclusão de seu estudo.

Armond (2018) produziu uma complementação deste levantamento e quantificou as publicações quanto aos temas de pesquisa nos principais disseminadores de conhecimento da climatologia geográfica brasileira - Anais do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (1992 a 2016) e Revista Brasileira de Climatologia (2005 a 2017) – identificando uma maioria de trabalhos voltados à análise da dinâmica climática e atribui a grande influência da obra monteriana.

Assim como em Zavattini (2002), que aponta uma deficiência de trabalhos pautados na análise rítmica que cubram as diversas escalas do território nacional, a citada concluiu que o uso do método de Monteiro não tem sido utilizado com um fim de classificação do clima, onde os resultados dos trabalhos se finalizam sem proposição de “referência que pudessem ter proposto classificações de caráter genético e dinâmico (ARMOND, 2018, p. 73)”.

Para além dessas conclusões, vale destacar que apesar do avanço das produções sobre a ótica da climatologia dinâmica, o uso da climatologia estática não é descartável e nem é indicado o seu desuso. Para a linha metodológica que se propõe aqui, a noção estática do clima se faz necessário como subsídio para uma análise genérica das variáveis. A utilização combinada dos dois métodos enriquece a classificação climática de um lugar, pois “a individualidade climática só pode ser alcançada quando, num mesmo estudo, à representação qualitativa da sucessão dos tipos de tempo (ou encadeamento dos estados atmosféricos) associamos as variações quantitativas dos principais elementos do clima (BARROS; ZAVATTINI, 2009, p. 260)”.

Com o objetivo de mapear e sistematizar as contribuições produzidas para a análise do clima a partir da percepção estática e dinâmica na Geografia brasileira no século XX foi elaborada a tabela 01, demonstrando que muitos trabalhos apresentam uma divisão metodológica entre climatologia estática e dinâmica. Estudos do entendimento do clima a partir do método estático apresentam um avanço de resultados devido à maior disponibilidade de rede de dados, demonstrando que os avanços dos meios técnicos propiciaram resultados mais descritivos.

Koppen (1900) constitui uma referência em classificação do clima em termos estáticos, considerando as médias históricas de temperatura, precipitação e características fitogeográficas. Thornthwaite (1933) aprimorou os critérios de classificação de Koppen utilizando índices de umidade efetiva e de eficiência térmica que também propiciou o desenvolvimento da técnica do cálculo do balanço hídrico.

No contexto do estado do Paraná, Maack (1981) elaborou mapas climáticos síntese das chuvas a partir de 10 estações distribuídas no estado e propôs uma regionalização quantitativa das chuvas, considerando o relevo como principal fator de diferenciação regional dos valores médios; além de destacar certa influência do desmatamento na variação anual da precipitação.

**Tabela 1 - Contribuições da análise do clima a partir das percepções estática e dinâmica**

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Principais resultados</b>
<b>Climatologia estática</b>		
Köppen (1900)	Classificação mundial. climática	Proposição de um método envolvendo médias históricas climáticas aliada à cobertura vegetal para geração de um mapa sintético dos tipos de climas mundiais.
Thornthwaite (1933)	Classificação mundial. climática	Classificação climática dos continentes a partir da adaptação do método de Köppen, utilizando duas novas variáveis: índice efetivo de umidade e índice de eficiência térmica.
Maack (1981)	Descrição dos aspectos físicos do Estado do Paraná.	Descrição, mapas e análises das características geográficas do estado do Paraná.
Aparecido <i>et al.</i> (2016)	Zoneamento climático para o Estado do Paraná.	Uso das clássicas classificações para a proposição de um zoneamento climático para o estado paranaense utilizando fontes alternativas de dados.
Dubreuil <i>et al.</i> (2017); (2018a); (2018b); (2018c)	Classificação climática para o Brasil.	Adaptação do método de Köppen para gerar uma classificação climática baseada na frequência dos tipos climáticos anuais e geração de um mapa síntese.
Nitsche <i>et al.</i> (2019)	Atlas climático do Estado do Paraná.	188 mapas das características climáticas do Paraná a partir de dados observados.
<b>Climatologia dinâmica</b>		
Strhaler (1951)	Classificação climática de base genética.	Determinação de 3 grupos climáticos baseados nas áreas-fontes e movimentos das massas de ar e de frentes.
Pédèlaborde (1959)	Sistematização metodológica para análise da dinâmica da atmosfera.	Método de análise de cartas sinóticas para incorporação da dinâmica das massas de ar na análise da frequência dos tipos de tempo.
Nimer (1968, 1979)	Circulação atmosférica do Brasil e análise climática das regiões brasileiras.	Descrição da circulação atmosférica do Brasil por grandes regiões em diferentes níveis de circulação e padrões sazonais.
Monteiro (1971, 1973)	Método da análise rítmica e	Proposição de um roteiro metodológico para análise climática a partir do ritmo

	classificação climática com base genética do Estado de São Paulo.	atmosférico e aplicação do método na geração de um atlas para o Estado de São Paulo.
Aouad (1982)	Sistema de classificação climática com base genética do Estado da Bahia.	Atlas climático do estado da Bahia elaborado a partir do ritmo climático; análise fatorial e de agrupamento e de estruturação espacial dos elementos clima, além da proposição metodológica de um sistema de classificação climática.
Boin (2000)	Identificação de áreas de risco à erosão e desenvolvimento metodológico de análise ambiental por meio da climatologia dinâmica no oeste paulista.	Proposição de unidades climáticas associadas ao tipo de impacto provocado pelas chuvas, analisadas em uma série temporal de 30 anos por meio de dados mensais e diários e da identificação dos anos-padrão.
Nery (2005)	Dinâmica climática da Região Sul do Brasil.	Análise da variabilidade da precipitação pluvial na região sul ser complexa, com atuações de diversas dinâmicas importantes, como massas polares, sistemas convectivos, maritimidade e continentalidade. Os eventos El Niño e La Niña não determinam a chuvas na região sul, mas são importantes para a sua intensidade.
Borsato (2006); Borsato; Borsato (2008)	Ferramenta para geração de gráficos para estudo de análise rítmica.	Proposição de uma ferramenta para geração de gráficos de análise rítmica - <i>Software Rítmico</i> – e utilização desta para estudo de casos em Maringá e na bacia do Rio Paraná.
Grimm (2009)	Dinâmica climática e caracterização do clima da Região Sul do Brasil.	Variabilidade da normal climatológica sazonal das chuvas e das temperaturas na Região Sul do Brasil relacionada com campos atmosféricos, pressão, vento e umidade, relevo e teleconexões.
Zavattini (2009)	Classificação climática com base genética do Estado do Mato Grosso do Sul.	Classificação climática do Mato Grosso do Sul a partir da análise rítmica de anos-padrão (habituais e excepcionais) e proposição de uma tipologia espacial a partir de um mapa síntese.
Rossato (2011)	Classificação climática com	Classificação climática do Rio Grande do Sul a partir da análise rítmica de anos-

base genética do Estado do Rio Grande do Sul. padrão (habituais e excepcionais) e estudo da frequência e tendência climática, assim como a proposição de uma tipologia espacial a partir de um mapa síntese.

Armond (2018)

Classificação geográfica do clima do Estado do Rio de Janeiro. Classificação climática do estado do Rio de Janeiro a partir da dinâmica climática de anos-padrão (habituais e excepcionais) e Índice de Vulnerabilidade Social (SoVi).

---

**Organização:** Própria autora, 2021.

Essa primeira contribuição de Maack foi marcante para os estudos regionais do clima do Paraná, sendo utilizado como referência até os dias atuais. Esta contribuição se subsidia no método estático para classificação climática, com maior aparato tecnológico, disponibilidade de séries históricas completas e maior número de locais de registros de dados meteorológicos. Nitsche *et. al.* (2019) apresentaram resultados mais detalhados e diferenciados daqueles obtidos por Maack, como pode ser observado no Atlas Climático do Paraná, no qual a regionalização das médias dos totais anuais já não segue as orientações das divisões das estruturas geomorfológicas como delimitadores espaciais das chuvas, apontando, inclusive, um forte aspecto latitudinal de diferenciação nas médias. Além de apresentarem as áreas do estado caracterizadas pelos tipos climáticos de Köppen (1900).

Sob essas contribuições, Aparecido *et al.* (2016) utilizaram dos métodos de classificação climática propostos por Köppen (1954), Thornthwaite (1948) e Camargo (2000) e novas fonte de dados, como os do modelo de previsão do tempo ECMWF, com o objetivo de facilitar a geração de um zoneamento climático; independente da disponibilidade de estações meteorológicas convencionais para o estado do Paraná.

Dubreuil *et al.* (2017); (2018a); (2018b); (2018c) trazem um maior detalhamento e atualização do método da classificação climática de Köppen, pois utilizaram as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas para calcular as temperaturas médias e os totais pluviométricos mensais para 208 localidades brasileiras e estipularam os Tipos Climáticos Anuais (TCA's) para as diferentes estações meteorológicas localizadas no Brasil, baseados na frequência dos TCA's obtidos.

Com base nas informações constates na tabela 1 percebe-se um crescente interesse nos estudos do clima subsidiados no método dinâmico e no aprimoramento de técnicas em busca de resultados mais representativos. Observa-se uma maior densidade espacial das análises climáticas a partir das contribuições de Monteiro, bem como uma busca pelo aprimoramento das técnicas empregadas.

Os trabalhos de Strhaler (1951) e de Pédèlaborde (1959) demarcam a climatologia produzida por geógrafos no Brasil, principalmente a contribuição deste último autor que propõe uma crítica ao uso da climatologia estática para o entendimento geográfico e ainda propõe um roteiro para a análise de cartas sinóticas; que naquele momento eram incipientes no território nacional.

Nimer (1979) apresenta grande contribuição quando descreveu o percurso dos centros de ações, massas de ar e correntes perturbadoras para toda a América do Sul enfatizando as principais características provocadas nas grandes regiões brasileiras, instrumentalizando ainda mais os pesquisadores da ciência geográfica.

A partir do acúmulo teórico produzido pelos autores citados, a contribuição que mais vale destaque é a de Monteiro (1971), pois sintetiza um método de análise do clima a partir

da dinâmica atmosférica por meio da concepção de representação conjunta dos elementos do clima e aplicação desse método para o estado de São Paulo propondo uma classificação climática (MONTEIRO, 1973), assim como realizado para o estado do Mato Grosso do Sul por Zavattini (2009).

A partir dessa contribuição e também do uso da climatologia estática Aouad (1982) elaborou um atlas climático para o estado da Bahia. A autora sintetiza na sua publicação o resultado de um grupo de estudos que, além da análise rítmica, utilizou técnicas estatísticas de agrupamento para aprimorar a representação espacial.

A disseminação do método da análise rítmica produziu outras pesquisas além das destacadas na tabela 1 para diferentes escalas espaciais, destacando-se Baldo (2006); Berezuk (2007); Vanhoni (2009); Zandonadi (2013); Oliveira (2016), dentre outros. Assim como pesquisas com a identificação do sistema atmosférico atuante no dia ou no episódio do fenômeno específico, mas sem o uso da análise rítmica, como em Hiera (2016) e Neves (2018).

Além de Nimer (1966, 1968, 1971), também cabe destacar outras grandes contribuições, – principalmente para a região Sul do Brasil – de Nery (2005) e Grimm (2009) com a análise dos deslocamentos e influências de sistemas atmosféricos na produção do clima, demarcando a influência das ZCAS como controle do regime de chuvas nas regiões sudeste e sul (incluindo o estado do Paraná).

A análise rítmica permitiu maior entendimento da configuração da atmosfera na caracterização de um determinado fenômeno climático e de uma determinada parcela espacial, porém é um método que demanda tempo (cronológico) e instrumentalização tecnológica do pesquisador para a elaboração e representação de gráficos dos elementos do clima de maneira conjunta; além de um domínio teórico da dinâmica atmosférica. Partindo dessa premissa, Borsato (2006) e Borsato; Borsato (2008) desenvolveram um programa para a elaboração desses gráficos em escala mensal ou anual, com uma interface simples e direta. O *software* RitmoAnálise é certamente um destaque de desenvolvimento dos meios técnicos que permitem o aprimoramento do conhecimento geográfico, ressaltando a necessidade da instrumentação de geotecnologias dos profissionais de Geografia.

Essa preocupação pode ser vista nas pesquisas das últimas 2 décadas, nas quais é possível encontrar diferentes usos de softwares que permitem a inserção de diversas técnicas estatísticas e de representação para obter, principalmente, uma melhor cartografia da dinâmica atmosférica e sua repercussão no território ocupado, como em Boin (2000) e em Rossato (2011).

Destaca-se uma inquietação em Armond (2018) que utiliza da análise dinâmica da atmosfera para entender os impactos dos eventos extremos na população socialmente

vulnerável. A autora aprimora parte da análise rítmica utilizando mapas para representar a frequência espacial de atuação de determinado sistema.

Com a incorporação das técnicas de representação espacial automatizadas, percebe-se um avanço metodológico associado à facilidade de acesso às ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's); indicando uma preocupação com o aprimoramento da cartografia da dinâmica atmosférica para melhor entender a sua atuação nos espaços apropriados pelas atividades sociais.

## 2.2 ASPECTOS METEOROLÓGICOS E CONTROLES GEOGRÁFICOS DAS CHUVAS NO PARANÁ

Para compreender a dinamicidade do fenômeno da precipitação pluviométrica é necessário o entendimento de que esse fenômeno é “[...] 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 e remotos (DIAS; SILVA, 2009, p. 18) ”.

Como discutido anteriormente, é necessário recorrer ao método da climatologia dinâmica para inferir sobre os mecanismos que originam as diferentes precipitações sobre um determinado lugar. A atividade atmosférica é regida pelo deslocamento de ar que segue movimentos de maneira repetida e constante; resultado das diferenças térmicas e de pressão do sistema atmosférico (AYOADE, 1996). Os deslocamentos provocados por esse processo produzem distintos tipos de tempo e são induzidos pelos fluxos de ventos originados nos centros de ação ou pressão.

Os centros de ações são extensas áreas de alta ou de baixa pressão atmosférica, resultando em um deslocamento do ar que parte dos centros de ações positivos, que são de alta pressão (anticlones), para os centros de ações negativos, de baixa pressão (ciclones). Esse movimento ocorre devido ao gradiente de pressão e sofre os impactos do efeito Coriolis (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Na América do Sul os anticlones e ciclones que vão contribuir para a circulação atmosférica regional são: Anticlone dos Açores; Anticlone da Amazônia; Anticlone Semifixo do Atlântico Sul; Anticlone Semifixo do Pacífico; Anticlone Migratório Polar; Depressão do Chaco e Depressão dos 60° Sul. Destes, há alguns que atuam diretamente na caracterização geral dos climas e nos sistemas formadores do tempo na área de estudo.

De acordo com Danni-Oliveira; Mendonça (2007); Nimer (1979), as características gerais desses centros de pressão são:

- Anticlone da Amazônia: formado sobre a bacia amazônica, funciona como uma área de baixa pressão em superfície atmosférica (em relação ao oceano Atlântico),

mas em altitude, em virtude da ascensão do ar, apresenta alta pressão nas áreas mais altas da troposfera.

- Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul: decorrente do movimento subsidente do ar nas proximidades da latitude 30°S, influencia consideravelmente o clima na região, principalmente no verão. É o anticiclone que dá origem à massa Tropical atlântica e possui normalmente temperaturas elevadas ou amenas e forte umidade específica oriunda da intensa evaporação marítima, sendo limitada à camada superficial.

- Anticiclone Migratório Polar: formado em latitudes subpolares, devido ao acúmulo do ar polar originado dos turbilhões polares sobre o oceano, durante o inverno esse centro de ação migra até as proximidades de 30° de latitude sul.

- Depressão do Chaco: centro de baixa pressão de origem térmica que provoca a atração do ar quente e úmido dos centros anticiclônicos que o circundam para o interior do continente sul-americano e durante o inverno geralmente atrai o anticiclone migratório polar facilitando a entrada do ar polar até baixas latitudes da América do Sul.

- Depressão dos 60° de Latitude Sul: apesar de se formar em altas latitudes (como sugere o nome) esse centro de ação negativo reforça a propagação de áreas de alta pressão, pois atrai os sistemas intertropicais em direção sul.

Durante o verão os anticiclones (Atlântico Sul e Migratório Polar) estão enfraquecidos enquanto os centros de ações depressivos estão aprofundados. No inverno, a inexistência da Depressão continental permite forte avanço do anticiclone do Atlântico para o interior do continente. Nas estações de transição (primavera e outono), a entrada de ventos com sentido leste sobre o Brasil é bem maior que em janeiro e menor que em julho, propiciando maior domínio da massa de ar tropical de origem atlântica, indicando controle do anticiclone do Atlântico sobre o continente e uma posição mais setentrional da Alta da Bolívia (AB), representada pela massa de ar de origem amazônica (NIMER, 1966).

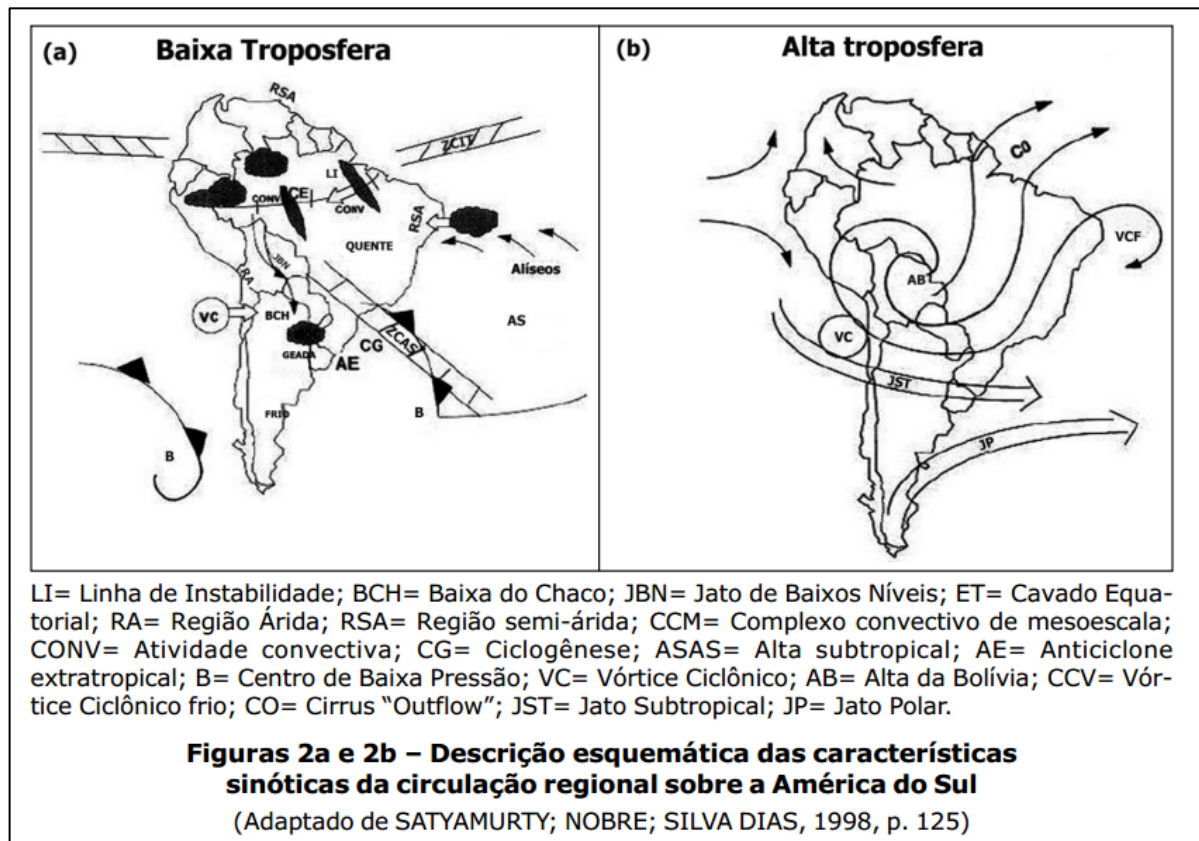
Os centros de ação dão origem a alguns outros sistemas em diversos níveis atmosféricos. De maneira geral essa circulação compreende o fluxo do ar atmosférico proveniente de diferentes regiões vizinhas ao continente sul-americano:

[...] da região do Atlântico norte originária do centro de alta pressão subtropical que flui ao longo do oeste dos Andes, na Colômbia e no Peru, onde os ventos são bloqueados pelo declive e pela alta topografia e retornam gradualmente com direção norte e noroeste a leste das montanhas. Sobre a costa leste, os fluxos penetram o continente com ângulos e velocidades levemente diferentes nas diversas estações e têm um efeito significativo sobre a precipitação costeira. A região deprimida entre os dois anticiclones (do Atlântico e do Pacífico) conecta-se sobre o continente no cinturão latitudinal entre 15° e 40°S, constituindo uma região frontogenética. Nesta região existe uma indicação da presença de um jato de baixos níveis de direção norte (com velocidade dos ventos da ordem de 15m/s-1) abaixo de 850hPa que é responsável pelo transporte de vapor d'água e calor da Amazônia para a região do Paraguai e norte da Argentina.

As regiões do Paraguai, norte da Argentina, Uruguai e o sul do Brasil experimentam os efeitos do rápido desenvolvimento dos complexos convectivos de mesoescala (ELY; PEREIRA, 2011, p. 593).

Essa descrição é complementada pela figura 2, que ilustra a circulação atmosférica no continente sul-americano na baixa e alta troposfera:

**Figura 2** - Descrição esquemática das características sinóticas da circulação regional sobre a América do Sul



Fonte: Ely; Pereira (2011, p. 593).

De acordo com as autoras citadas e com a figura 2 têm-se noção sobre a complexidade da circulação atmosférica sobre o continente sul-americano. Para determinar exatamente os componentes que produzem determinado fenômeno atmosférico é necessário uma série de dados e informações, assim como conhecimento específico sobre as relações termodinâmicas desses componentes.

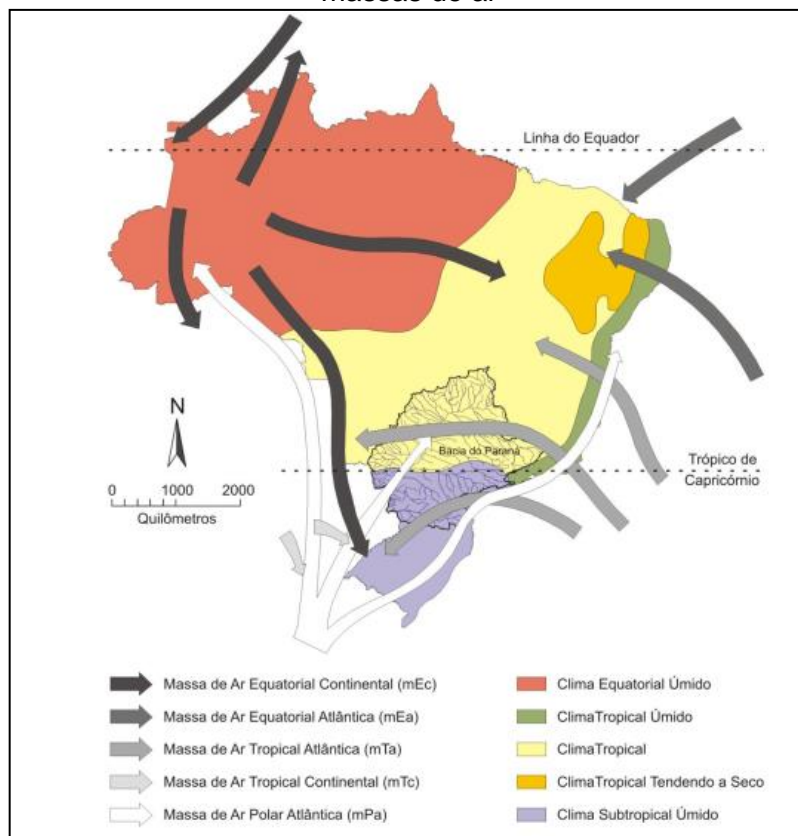
Na ciência geográfica o método mais usual para a caracterização do estado atmosférico é a determinação da massa de ar dominante. A massa de ar é descrita como “uma unidade aero lógica, ou seja, uma porção da atmosfera, de extensão considerável, que possui características térmicas e higrométricas homogêneas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 99)” e são classificadas de acordo com a sua região de origem.

Para a caracterização da massa de ar atuante em uma determinada região são utilizadas cartas que representam a situação sinótica na superfície atmosférica juntamente

com valores de elementos climáticos registrados em estações meteorológicas. A análise conjunta dessas informações é qualitativa e, portanto, subjetiva, o que demonstra a dificuldade do entendimento e representação da situação atmosférica; associada à inexistência de uma padronização desta interpretação.

Os referenciais teóricos produzidos pela ciência geográfica buscam sintetizar as principais características sinóticas desta dinâmica sobre o território brasileiro. Como referência principal, Monteiro (1963) produziu uma classificação climática para o Brasil partindo de um compêndio sobre a região de domínio das massas de ar (figura 3), no qual apresenta os tipos climáticos considerando a frequência e as áreas de atuação desses sistemas.

**Figura 3 -** Classificação climática do Brasil de acordo com as ações e influências das massas de ar



**Fonte:** Zandonadi (2013, p. 15).

Na área considerada no presente estudo é possível observar a ocorrência de dois tipos climáticos predominantes: o Subtropical úmido e o Tropical, estando sob influência de sistemas atmosféricos de origem Equatorial, Atlântica e Polar (figura 3). As massas de ar produtoras de tempo no estado do Paraná são caracterizadas de acordo com Monteiro (1963), Nimer (1966), Baldo (2006) e Zandonadi (2013), assim como suas trajetórias a partir de Boin (2000):

- Tropical Atlântica (mTa): originária do anticiclone semifixo do Atlântico Sul e adentra no interior do continente devido ao seu sentido de circulação anti-horário, tem característica quente (temperaturas entre 20 a 30 graus) e úmida, com céu claro ou parcialmente encoberto, tendendo a estabilidade, ventos fracos e moderados. É uma massa de ar com carga de umidade somente na camada superficial, absorvida do oceano, durante os meses de verão, devido ao aquecimento da corrente marítima, gera instabilidade. O deslocamento e penetração desse sistema no continente decorre a partir do litoral paranaense.

- Tropical Continental (mTc): tem sua origem e deslocamento pelo estado do Paraná vinculada à depressão do Chaco. Esse sistema possui atuação dominante no verão, trazendo baixa umidade, pressão baixa e temperatura acima dos 30 graus. Essa massa de ar é a principal responsável por veranicos na área de estudo, sobretudo nos períodos de fins da primavera ao início do outono.

- Equatorial Continental (mEc): originária na planície amazônica e que recebe ventos que carregam umidade da região do Atlântico Norte, quente, sua atuação produz alta umidade relativa do ar, formação de grandes CB, precipitação abundante e temperatura acima dos 30°C resultando em instabilidade atmosférica, sobretudo nos meses de verão. Seu deslocamento pelo estado do Paraná está associado ao transporte de umidade da Depressão Amazônica para a Bacia do Rio Paraná, por meio do jato subtropical.

- Polar Atlântica (mPa): massa de ar extratropical com origem associada ao Anticiclone Migratório Polar Atlântico, produz rápido declínio da temperatura, maiores amplitudes térmicas durante o dia, umidade relativa do ar muito baixa, céu limpo e claro, pressão atmosférica em elevação, favorece a formação de geada nas regiões subtropicais e próximas às latitudes médias. O deslocamento e penetração desse sistema no território paranaense se dão por duas vias canalizadoras: o vale do Rio Paraná e o vale do Rio Tibagi.

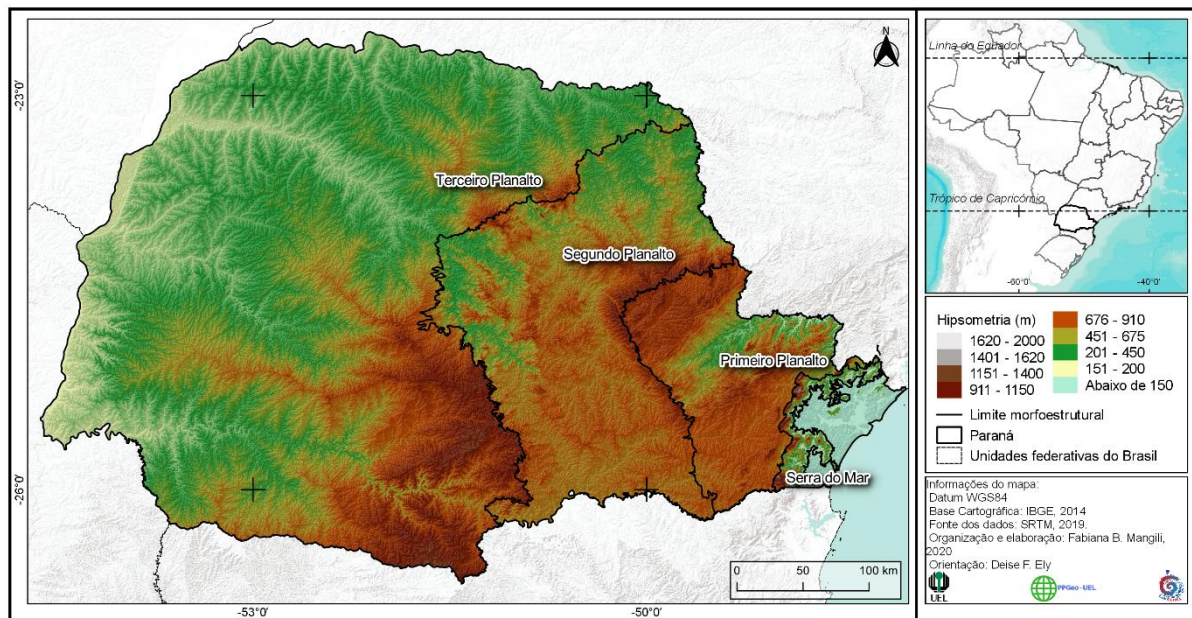
Como Boin (2000) destacou as características hipsométricas como elemento importante na canalização de sistemas atmosféricos produtores de chuva na região oeste do estado de São Paulo e para Nimer (1966) o relevo, a latitude e a continentalidade são fatores geográficos que complementam a circulação atmosférica, fatores importantes para o entendimento climático, cabe descrever as estruturas geomorfológicas do estado do Paraná como etapa importante na análise que se propõe a fazer nessa pesquisa.

O relevo é precedido das estruturas geomorfológicas que, no estado do Paraná, são categorizadas em quatro grandes Unidades Morfoesculturais (MINEROPAR, 2006): Serra do Mar e Primeiro Planalto Paranaense, que fazem parte da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico; Segundo Planalto Paranaense e Terceiro Planalto Paranaense

inseridos na Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná (MINEROPAR, 2006), conforme a figura 4.

A Serra do Mar é o limite entre o primeiro planalto e a planície litorânea. Esta última apresenta altitudes que variam entre 0 a 10 metros acima do nível do mar (BIGARELLA, 1947), enquanto a Serra do Mar é composta por escarpas e serras que se elevam em média de 500 a 1000m (figura 4); compreendida por um complexo tectonismo de falhas, tendo como maior zona de elevação o Pico Paraná que atinge 1965m acima do nível do mar (MAACK, 2002). Devido a essas altitudes, as composições das serras funcionam como uma barreira que impede o avanço de massas de ar que se deslocam da planície litorânea em direção ao interior do continente, interferindo na distribuição de umidade, manutenção de temperatura e intensidade dos ventos (PEREIRA, 2012).

**Figura 4 - Hipsometria do estado do Paraná**



O Primeiro Planalto Paranaense ou Planalto de Curitiba estende-se entre a Serra do Mar e a escarpa devoniana, compreendendo uma estrutura de rochas cristalinas. Sua forma é afetada pela presença do rio Ribeira e seus afluentes que retalham a sua parte norte em virtude da erosão regressiva, resultando em uma região montanhosa. Na região meridional, onde se localiza o município de Curitiba, a topografia é ondulada de colinas suavemente arredondadas com altitudes dentre 850 a 950 metros (BIGARELLA, 1947). O vale do Rio Ribeira também influencia na dispersão dos ventos, orientando para direção nordeste, contribuindo para a constante advecção de umidade para a área com ar quente e úmido vindo da costa (PEREIRA, 2012).

O Segundo Planalto Paranaense ou Planalto de Ponta Grossa está localizado entre o primeiro planalto e o terceiro planalto, sendo limitado com o planalto de Curitiba pela escarpa devoniana (linha constituída por escarpa) e a oeste a Serra da Esperança configura

o limite do planalto de Ponta Grossa. As camadas apresentam uma suave inclinação para o oeste (bacia do Rio Paraná) e norte, em direção ao rio Paranapanema, com altitudes que variam entre 445 metros até 1200 metros (MAACK, 2002).

Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava é a região mais simples pelas suas formas e estruturas, apresenta relevo levemente ondulado com chapadas de encostas suaves, localizado a oeste da escarpa triássica da serra da Esperança até o vale do Rio Paraná, com altitudes que variam entre 350 a 1220 metros (BIGARELLA, 1947). É uma área densamente ocupada por atividades agrícolas (PEREIRA, 2012). O vale do Rio Paraná apresenta importante componente para o deslocamento de sistemas atmosféricos, pois “às trajetórias, predominantemente continentais, com perda da umidade ao longo de seu percurso; à ampla morfologia de seu vale, pouco encaixado, favorecendo a descompressão das massas de ar polar, ressecando-as (BOIN, 2000, p. 196)”.

A geomorfologia paranaense é um importante fator para o deslocamento regional de sistemas produtores de chuva. Boin (2000) utiliza os vales dos cursos dos principais rios do Paraná para explicar o percurso das massas de ar de origem polar e atlântica, destacando que o trajeto que cada sistema faz sobre sua área de estudo está interligado com a posição do seu respectivo centro de ação.

Nascimento Junior; Silvestre; Sant’Anna Neto (2020) discutiram que as tendências das precipitações pluviométricas no Paraná estão interligadas com as feições do relevo. Os autores observaram que a variabilidade das chuvas na área de estudo mostra quedas a partir de um gradiente latitudinal-longitudinal importante, indicando que o efeito orográfico tem uma contribuição significativa nesse apontamento em virtude dos maiores valores de chuva devido às brisas do mar oriundas do Oceano Atlântico Sul e a direção média dos ventos dessa região, que são perpendiculares ao setor costeiro e esbarram na Serra do Mar. Os autores encontraram correlação para aumento de precipitação nos postos pluviométricos que estão localizados em áreas de costa e nos vales das principais bacias hidrográficas, assim como nas regiões de altitudes mais elevadas, indicando que em termos quantitativos as feições do relevo paranaense são os principais fatores para a distribuição das chuvas no estado.

Se há o indicativo da participação das feições geomorfológicas na configuração climática do Paraná, sendo determinante para a dispersão dos sistemas atmosféricos e, portanto, das chuvas, é necessário compreender quais são os demais fatores que colaboram para a formação do fenômeno pluviométrico na área de estudo.

Em grande parte da América do Sul, devido principalmente à sua posição geográfica, prevalece um regime de chuva classificado como monção de verão. Apesar desse regime ser caracterizado principalmente pelas reversões sazonais na direção dos ventos que causam verões chuvosos e invernos secos, o regime de monção na América do Sul é um

pouco diferente pois no verão ocorre o ápice do período chuvoso e no inverno ocorre a diminuição dos totais de chuva, principalmente nas áreas localizadas ao norte do paralelo 24 (GAN; RODRIGUES; RAO, 2009).

Isso ocorre em virtude de alguns fatores: 1) transporte de umidade em baixos níveis proveniente da Amazônia; 2) redução da pressão sobre a região da Baixa do Chaco; 3) influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre o escoamento continental e 4) configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); 5) formação da Alta da Bolívia e a configuração do Jato de Altos Níveis (GAN; RODRIGUES; RAO, 2009).

No Sul do Brasil, durante os meses de verão parte do transporte do vapor dos trópicos se dirige para essa região e outra parte converge na região da ZCAS com o fluxo originário do Atlântico. O fluxo de umidade que atinge o sul do Brasil durante o inverno é originado do oceano, coerente com o deslocamento para oeste da ASAS, esse padrão se repete também durante as estações de transição, nos meses de abril e outubro (GRIMM, 2009).

O estado do Paraná possui uma característica climática peculiar, pois está localizado em uma região de transição climática que se expressa nos padrões anuais de chuva pela “passagem do regime de chuvas de verão para o regime de chuvas distribuídas por todo o ano, sem que se registre um período relativamente seco no outono e inverno (SIMÕES, 1954, p. 126)”.

Essa distribuição no Paraná ocorre devido à frequência constante, mais ou menos semelhante sobre todo o território, dos sistemas de circulação atmosférica que são provocadores de chuva (NIMER, 1979).

A convecção na área de estudo ocorre no verão devido ao aquecimento da superfície e aporte de umidade para o interior do continente associado com o sistema de monção da América do Sul, esse aporte é maior no norte da região Sul do Brasil (portanto grande parte do Paraná) devido à proximidade com a região de atuação da ZCAS. Durante todo o verão, assim como nas estações de transição (de outubro a abril), há também a participação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) na produção das chuvas. No inverno as ondas baroclínicas dos ventos de oeste também produzem significativa convergência transiente somada à convergência média (GRIMM, 2009).

Na metade oeste do Paraná os meses de novembro-dezembro-janeiro correspondem ao período mais chuvoso, enquanto que os meses de dezembro-janeiro-fevereiro na porção leste do Estado representam os maiores valores de chuva (NIMER, 1979), com diminuição das chuvas no período de inverno, principalmente na porção dominada pelo clima tropical, porém sem períodos definitivamente secos (SOUSA, 2006).

A distribuição espacial e quantitativa das chuvas na área de estudo foi observada por Nascimento Junior (2013) que destaca uma média anual entre 1200 a 1600 mm na região

norte e no planalto de Curitiba, sendo os menores valores do Paraná. As áreas das regiões centro e sul, o norte da região sudoeste, Serra do Mar e toda a região oeste possuem valores médios anuais entre 1600 a 2000 mm. No litoral e no sul da região sudoeste são encontradas médias pluviométricas superiores a este último intervalo.

Vanhoni (2009) e Vanhoni; Mendonça (2008) descrevem com mais detalhes a variabilidade das chuvas no litoral paranaense, a região com maiores totais anuais do estado (cerca de 2300 mm) assim como a região da Fachada do Atlântico Sul. O fator preponderante dessa característica é a região serrana que provoca chuvas orográficas, pois os ventos em superfície tendem a divergir da ASAS e dirigir perpendicularmente à costa, onde uma ascensão íngreme lhes é imposta pela Serra do Mar (GRIMM, 2009). A distribuição anual é mais concentrada em períodos de verão, quando sofre forte atuação da mTa e leve decréscimo nos meses de inverno, sendo a FPA responsável por grande parte das chuvas.

A porção paranaense da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná raramente apresenta volumes de chuvas muito baixos, causada principalmente pela maior frequência e intensidade de entrada de sistemas frontais, que atingem a região durante o ano todo. A incursão desses sistemas está relacionada a um relevo de altitudes mais elevadas, de até 1500 metros, que corrobora para a intensificação dos episódios de chuvas (ZANDONADI, 2013).

Os autores citados anteriormente apontam que o principal sistema atmosférico de superfície responsável pelas chuvas na região sul e sudeste do Brasil, principalmente em período hibernal é a FPA, devido a uma série de combinações geográficas, sendo uma delas o relevo que “facilita as trocas meridianas entre os sistemas intertropicais e polares. Na falta de anticiclones térmicos continentais, são anticiclones migratórios marítimos que controlam a circulação de inverno, caracterizado por invasões espasmódicas, produtoras de resfriamentos efêmeros (MONTEIRO, 1969, p. 58)”.

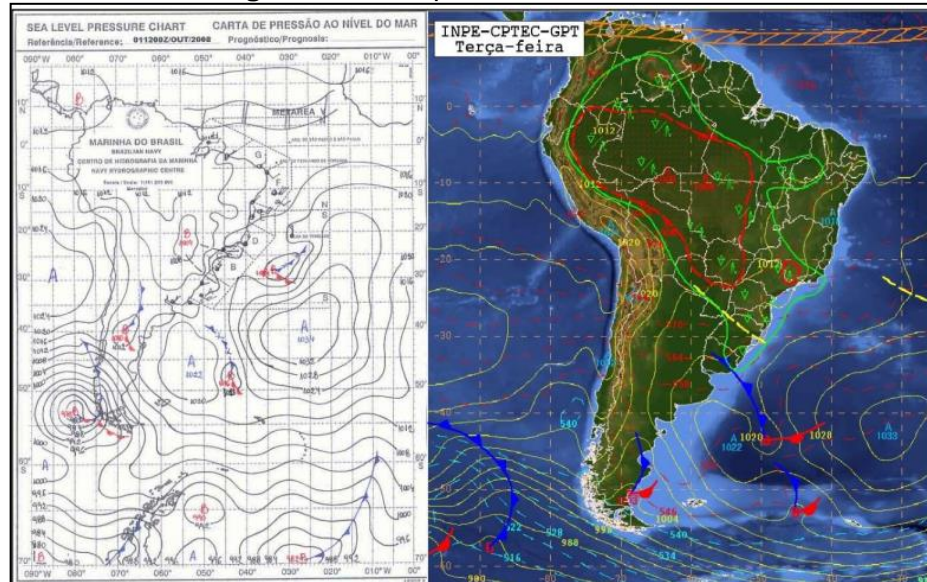
A FPA é um sistema que corresponde à zona de encontro entre duas massas de ar com propriedades térmicas distintas. Na ocorrência de frentes frias, a massa de ar frio força a massa de ar mais quente a subir, uma vez que esta é menos densa. Isso favorece a formação de nuvens de chuva (REBOITA *et al.*, 2012).

Para identificação desse sistema causador do regime pluviométrico Monteiro, (1969), Vanhoni (2009) e Zandonadi (2013) utilizaram dados observados em estações meteorológicas e dados de pressão atmosférica em superfície a partir de cartas sinóticas disponibilizadas pelo Centro Hidrológico da Marinha do Brasil e pelo CPTEC/INPE.

A utilização dessas cartas permite a identificação dos sistemas atmosféricos por meio dos valores de pressão (linhas de isóbaras) e de algumas simbologias utilizadas de maneira padrão pelos meteorologistas. A atuação e posição de uma FPA é representada

pelo símbolo das frentes frias (linha azul com triângulos em azul que indicam o sentido de deslocamento do sistema) que são discriminadas nas cartas sinóticas de superfície, como é possível observar nas imagens da figura 5.

**Figura 5 - Exemplo de cartas sinóticas**



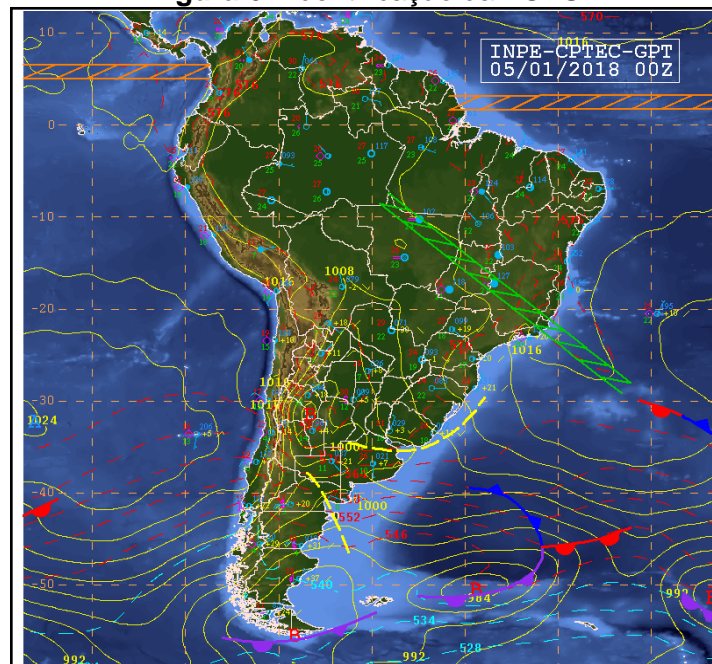
**Fonte:** Zandonadi (2013, p. 57).

De acordo com os autores existem outros sistemas atmosféricos que produzem chuvas no estado do Paraná (ZANDONADI, 2013), como a Linha de Instabilidade (LI), responsável pela formação de tempo instável, aumento da umidade relativa do ar e nebulosidade alta, é um sistema que geralmente antecede a entrada da FPA e provoca chuvas intensas e rápidas (NIMER, 1966). Esse sistema é representado pela linha amarela pontilhada na figura 5 e nas cartas sinóticas; porém em cor preta.

Outro sistema de controle das chuvas no estado do Paraná, já citado anteriormente, é a ZCAS. Sua configuração é observada em todos os verões e é caracterizada pela presença de uma banda de nebulosidade localizada entre a Amazônia até o sudoeste do Brasil e tem orientação noroeste-sudeste. É originada de um escoamento convergente de umidade na baixa troposfera. Seus efeitos no tempo muitas vezes provocam eventos severos de chuva e a descaracterização desse sistema pode apresentar longos períodos de seca ou irregularidade na distribuição das chuvas sobre grandes regiões do território brasileiro (CARVALHO; JONES, 2009).

Essa zona de convergência é facilmente identificada nas cartas de tempo de superfície que são disponibilizadas pelo serviço de previsão do tempo do CPTEC/INPE, pois são destacadas por um símbolo de uma “escada” verde, como demonstrado na figura 6.

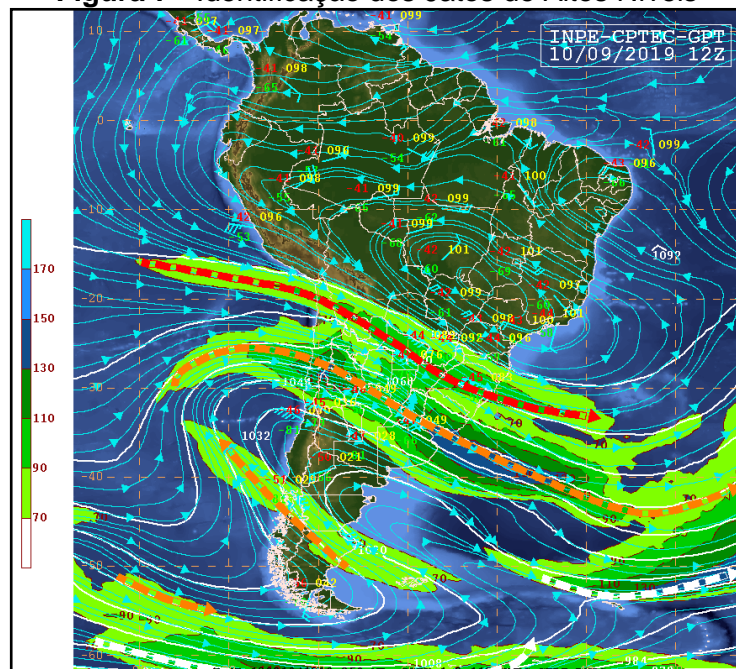
**Figura 6 - Identificação da ZCAS**



Fonte: CPTEC/INPE (2019).

Para além da superfície atmosférica, há outros sistemas em diferentes altitudes que são preponderantes para a formação das chuvas no território, como os jatos de Altos Níveis que são identificados em altitudes altas da atmosfera. É possível determiná-los em cartas de altitude de 250hPa<sup>1</sup>, como exemplificado na figura 7.

**Figura 7 - Identificação dos Jatos de Altos Níveis**



Fonte: CPTEC/INPE (2019).

<sup>1</sup>Disponível em <<http://tempo.cptec.inpe.br/cartas.php?tipo=Altitude>>.

Há a distinção dos jatos de altos níveis, como ilustrado na figura 7, padronizados da seguinte forma:

- Linhas tracejadas vermelha: Jato Subtropical
- Linhas tracejadas laranja: Jato Polar Norte
- Linhas tracejadas branco: Jato Polar Sul

Formado próximo à tropopausa, os Jatos de Altos níveis são definidos como uma corrente de ar, quase horizontal, com velocidade do vento máximo (tanto na vertical como na horizontal) próximo ao núcleo da corrente do jato. O Jato Subtropical (JST) é relativamente constante em sua posição em determinada estação do ano e predomina nos campos médios sazonais do vento, enquanto os Jatos Polares (JP) são altamente variáveis em sua posição diária entre uma faixa de latitudes médias e subtropicais. Quando o JP se desloca para o norte, seus movimentos são seguidos em superfície pelos sistemas de alta e baixa pressão e pelas frentes frias e quentes (ESCOBAR, 2009).

Há também os Jatos de Baixos Níveis (Jato de Baixos Níveis da América do Sul - JBNAS) que constituem uma “[...] esteira de transporte de umidade das regiões tropicais (Bacia Amazônica) para regiões subtropicais (Bacia Paraná-Prata) no lado leste dos Andes, em níveis baixos da atmosfera (MARENGO; AMBRIZZI; SOARES, 2009, p. 170)”. Os JBNAS não são discriminados em imagens de superfície ou de altitude como os de altos níveis, porém é possível determinar sua presença analisando a direção e velocidade do vento em baixa altitude atmosférica (850mPa). Santos; Campos; Lima (2008) utilizaram gráficos de radiossondagens<sup>2</sup> para determinar a atuação dos JBN’s.

Outro sistema responsável por atividade convectiva no Paraná, como já citado anteriormente é composto pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), constituídos por uma aglomeração de nuvens CB que apresentam forma circular e com forte desenvolvimento vertical. O tempo de vida de um CCM deve ser superior a 6 horas (SILVA DIAS, 1996), definido por sua duração, formato e temperatura (MADDOX, 1980) e, a partir desses limiares, é possível determinar a formação e atuação dos mesmos.

A intensificação do CCM está relacionada com a mudança sazonal da posição do jato subtropical de altos níveis e sua interação com o vento em baixos níveis, úmido e quente, vindo do norte e frequentemente intensificado como jatos de baixos níveis (GRIMM, 2009). A ocorrência dessa atividade convectiva está interligada a eventos severos de precipitação, fortes rajadas de ventos, queda de granizo e até tornados no estado do Paraná (BORSATO; MASSOQUIM; RODRIGUES, 2019; DIAS, 2019).

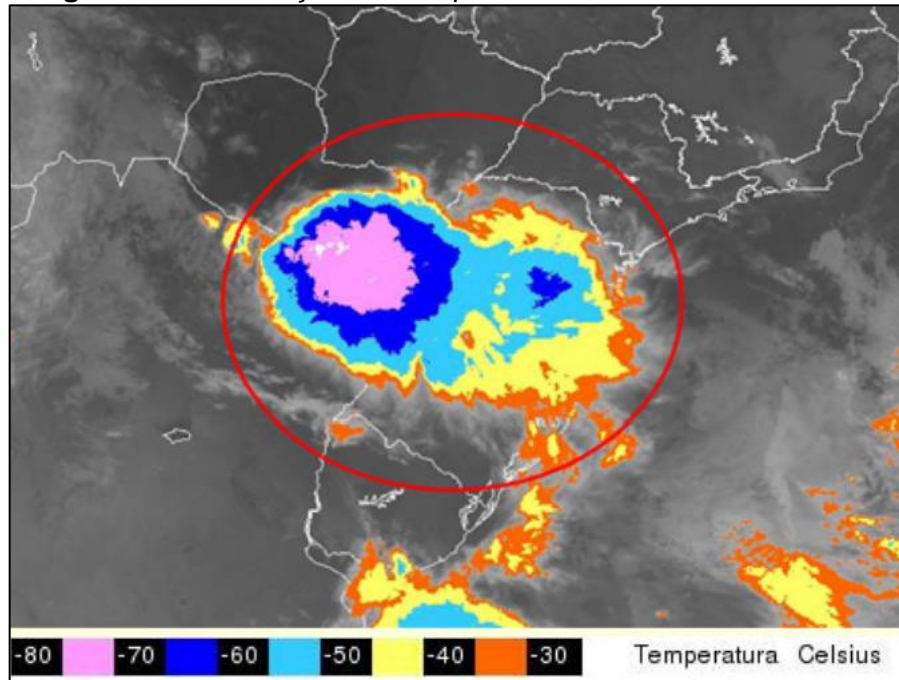
A formação dos CCM's pode ser acompanhada por imagens de satélite em baixa altitude atmosférica, como a figura 8. As imagens podem ser obtidas por meio do satélite

---

<sup>2</sup>Disponível em <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>.

GOES<sup>3</sup> e para identificar o CCM é necessário utilizar imagens em infravermelho para observar a temperatura das nuvens.

**Figura 8** - Identificação do Complexo Convectivo de Mesoescala



Fonte: Passos *et al.* (2019, p. 3).

A caracterização de todos estes sistemas meteorológicos demonstra a complexidade dinâmica que produz o regime das chuvas no Paraná, investigada por diversos autores que buscaram analisar a distribuição, origem, frequência e tendência das chuvas no estado e que a seguir apresentaremos os principais resultados alcançados nas respectivas pesquisas.

### 2.2.1 Climatologia Dinâmica das Chuvas no Paraná

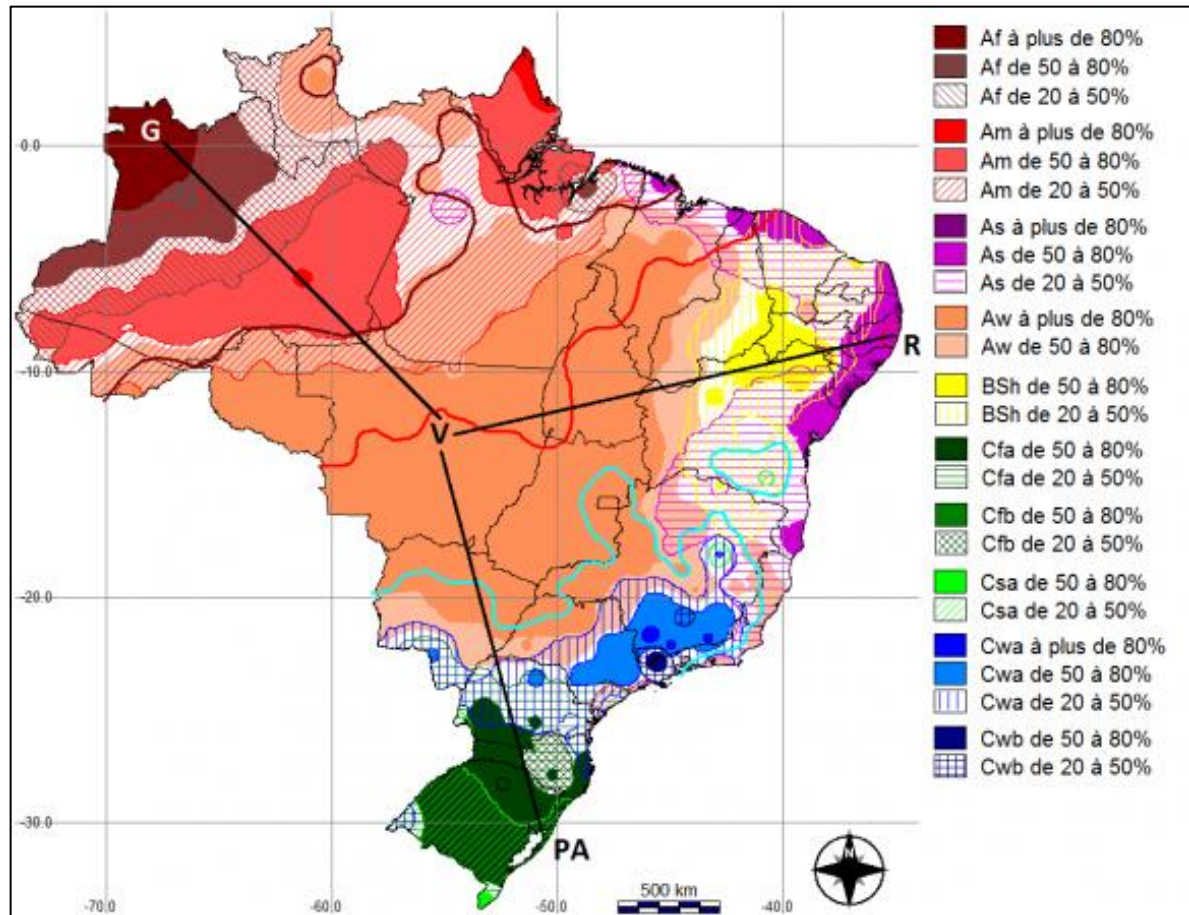
Para uma primeira aproximação visando o entendimento das chuvas no estado do Paraná apresentamos a proposta adaptada de classificação climática de Dubreuil *et al.* (2018a), já citada anteriormente. Os resultados alcançados pelos autores estão representados na figura 9.

Na referida proposta de classificação, o estado do Paraná apresenta maior pluralidade de tipos climáticos do que usualmente é conhecido (NITSCHKE *et al.*, 2019). O estado está sob o limite setentrional do TCA de tipo C (linha azul) e com maior frequência de seus subtipos. Na região sudoeste é predominante o clima Cfa (50 – 80%), enquanto nas regiões oeste, norte e leste os climas Cwa (20 – 50%) e Cfa (20 – 50%). No extremo noroeste e extremo oeste (região de Foz do Iguaçu) e região de Curitiba tem-se a frequência

<sup>3</sup>Disponível em <[http://www.inmet.gov.br/satelites/?area=0&produto=G12\\_AS\\_TN](http://www.inmet.gov.br/satelites/?area=0&produto=G12_AS_TN)>.

de 20 a 50% do subtipo Cfa e na região norte (Londrina e adjacência) Cwa com uma frequência de 50 a 80%.

**Figura 9** - Tentativa de síntese dos tipos de climas do Brasil a partir das frequências dos TCA's



Fonte: Dubreuil *et al.* (2018a).

Os TCA's utilizados são os mesmos que foram determinados por Köppen, sendo: Cwa corresponde ao clima temperado com verão quente e úmido - temperatura média do mês mais quente acima dos 22°C e temperatura média do mês mais frio abaixo dos 18°C e chuvas máximas no verão; o Cfa é definido por clima temperado, sem estação seca e verão quente – precipitações distribuídas em todo o ano e temperatura média do mês mais quente acima dos 22°C e do mês mais frio abaixo dos 18°C. Essas variações das frequências e predominâncias dos TCA's são orientadas pela variabilidade das chuvas.

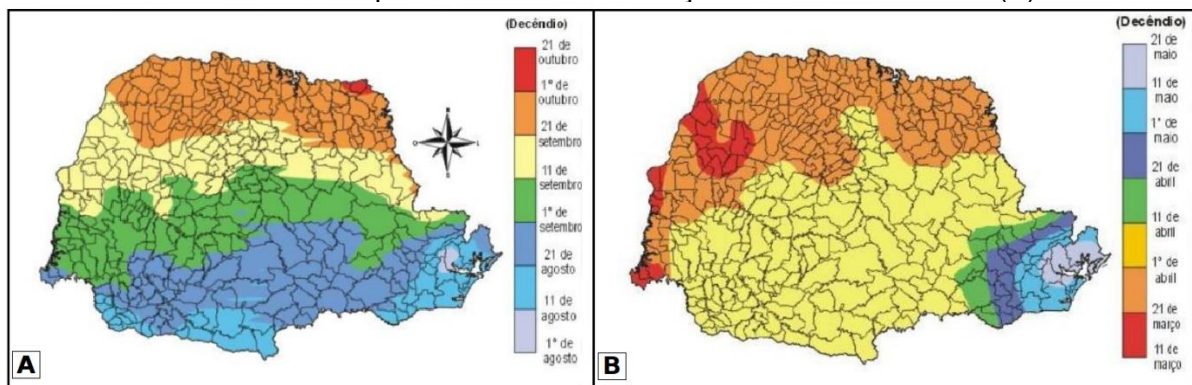
No que se refere à variabilidade espacial e temporal das chuvas no Paraná, Sousa (2006) realizou uma análise de correlação do fenômeno atmosférico das chuvas com algumas anomalias de TSM. E concluiu que as chuvas na região norte do estado têm um gradiente de menor valor se comparado com as regiões sul e leste devido às características do relevo e das entradas de massas de ar, principalmente no verão. A região próxima ao Trópico de Capricórnio sofre atuação da mTc que está associada à Baixa do Chaco e inibe a

atuação da FPA. Enquanto que as regiões sul e leste ficam sob maior influência das FPA, ZCAS e mEc nos períodos de primavera e verão. Para essa relação espacial com as massas de ar, Sousa utilizou principalmente a produção bibliográfica de Nimer (1979). A autora identificou uma significativa correlação da variabilidade das chuvas (períodos secos e períodos úmidos) no estado com os eventos ENOS.

Berezuk (2007) se propôs a entender as adversidades climáticas incluindo possíveis alterações do clima no oeste paulista e norte do Paraná a partir da noção do ritmo atmosférico (MONTEIRO, 1971). O autor constatou o aquecimento de até 1°C na área de estudo e indicativo de estações mais secas e/ou mais chuvosas cada vez mais definidas, que podem repercutir em aumento na quantidade de eventos extremos e adversidades climáticas possíveis de impactar cada vez mais as atividades humanas.

A investigação conduzida por Pereira *et al.* (2008) buscou determinar os decênios que iniciam e finalizam o período chuvoso no estado do Paraná. Para tanto, os autores utilizaram como critério de determinação do início do período chuvoso a ocorrência de “pelo menos 20 mm em 2 dias consecutivos, a partir de 1° de julho e, em um período subsequente de 30 dias não deverá ocorrer mais de 10 dias consecutivos sem precipitação (PEREIRA *et al.*, 2008, p. 1)”. E para determinar o fim da estação chuvosa, foi estabelecido “a primeira data após o dia 1° de março, a partir da qual não houve chuva por um período subsequente de 10 dias (PEREIRA *et al.*, 2008, p. 1)”. O principal produto resultante dessa pesquisa é a figura 10.

**Figura 10** - Decênios em que ocorre o início da estação chuvosa no Paraná (A) e Decênios em que ocorre o fim da estação chuvosa no Paraná (B)



Fonte: PEREIRA et al. (2008, p. 6 – 7). Org.: Própria autora, 2019.

Os autores identificaram o início da estação chuvosa entre o primeiro decênio de agosto no litoral do estado e progressivamente mais tarde nas demais regiões no sentido norte-sul (primeiro decênio de outubro), enquanto que o fim da estação chuvosa ocorre entre o segundo decênio de março no norte e o primeiro decênio de maio nas áreas localizadas no sul. Os autores destacam a demarcação da característica de transição climática e maior diferenciação entre estação seca e chuvosa no norte e oeste, enquanto

que no sul as chuvas são mais uniformemente distribuídas e se prolongam ao longo do ano (PEREIRA *et al.*, 2008), como é possível observar na figura 10.

Com o objetivo de analisar a variabilidade das chuvas no território paranaense, considerando a repercussão dos impactos dos eventos extremos e da influência da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), Nascimento Junior (2013) utilizou técnicas estatísticas para o cálculo da variabilidade, identificação de tendências, rupturas, correlações lineares e técnicas geoestatísticas. O autor encontrou fraca participação da ODP nos valores totais das chuvas e indicou diminuição de dias com chuva, porém aumento nos valores de chuva. Também compuseram a análise informações sobre desastres oriundos da Defesa Civil estaduais, produção agrícola e vazão dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu. Os resultados deste estudo apontaram grande vulnerabilidade frente à diminuição de precipitação e ocorrências de chuvas intensas em algumas mesorregiões do estado.

Franco (2017) procurou relacionar a variabilidade das chuvas no Paraná com outros índices de teleconexões e concluiu que episódios de eventos severos de ENOS repercutem sobre a pluviosidade do estado e que a variabilidade das chuvas apresenta relações com a variabilidade positiva/negativa dos índices de teleconexões Antarctic Oscillation (AAO); Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO); North Atlantic Oscillation (NAO); Tropical Northern Atlantic Index (TNA); Atlantic Meridional Mode (AMM).

Ely e Dubreuil (2017) aplicaram uma análise geoestatística aos totais anuais de chuva de 330 estações distribuídas no estado do Paraná e áreas limítrofes com o objetivo de determinar tendências nos padrões da variabilidade pluviométrica. Os autores demonstraram que as tendências estaticamente significativas indicam aumento nos totais anuais de chuva, principalmente nas regiões de Curitiba e norte do litoral, nas mesorregiões Centro-Sul; Oeste; Centro-Occidental; Norte Central e Norte Pioneiro.

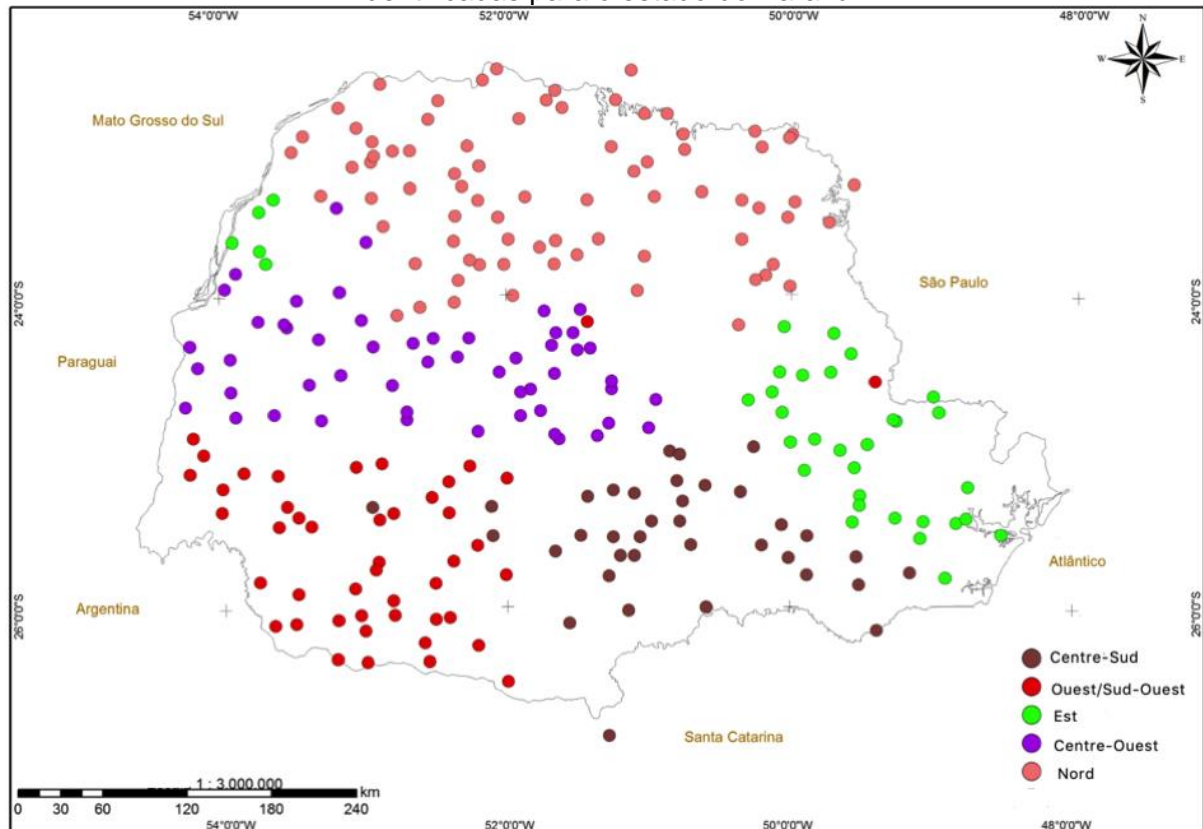
Ely (2019) aprofundou o objetivo de mapear as tendências pluviométricas no Paraná manipulando também os dados sazonais e mensais para os mesmos 330 postos distribuídos no estado. A autora acrescenta ainda uma correlação da variabilidade pluviométrica com alguns fenômenos de teleconexões e reafirma a tendência ao aumento nos totais sazonais e mensais de chuva, principalmente no verão, inverno e primavera, nos meses de janeiro, fevereiro, junho, julho e outubro, assim como observa que as variabilidades das médias anuais acompanham as fases dos índices da Oscilação Sul e da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do El Niño 3.4.

Limberger e Ely (2019), com o objetivo de entender os padrões espaciais das chuvas no Paraná e compreender possíveis influências remotas nesta variabilidade, propuseram uma regionalização dos totais mensais de chuva a partir da técnica de agrupamento. Após a identificação das áreas homogêneas de chuva (figura 11), as autoras submeteram as médias das precipitações mensais nas respectivas áreas à uma correlação linear da TSM e

concluíram que a TSM global influencia com intensidades diferentes cada região pluviométrica homogênea do estado.

A região Oeste/Sudeste apresenta maior associação com a TSM do Pacífico Equatorial, enquanto as demais regiões estão melhores associadas com a variabilidade da TSM no Atlântico Norte.

**Figura 11** - Resultado do agrupamento com as regiões homogêneas de variabilidade identificadas para o estado do Paraná



Fonte: Limberger; Ely (2019, p. 496).

Nascimento Junior; Silvestre; Sant'Anna Neto (2020) tiveram como objetivo demonstrar possível tendência do processo de tropicalização das chuvas no estado do Paraná a partir de dados mensais de 63 postos pluviométricos. Por meio da aplicação de métodos estatísticos (homogeneidade e tendências usando o Mann-Whitney-Pettitt, Mann-Kendall e regressão linear) seus resultados apontam um processo gradual e baixo de aumento das chuvas com uma ligeira concentração na estação chuvosa, principalmente no setor costeiro e sul, permitindo inferir que há um processo moderado de tropicalização das chuvas no Paraná.

As pesquisas elaboradas sobre a temática pluviométrica no estado do Paraná respondem sobre a variabilidade espaço-temporal do fenômeno, suas tendências, impactos e quais eventos externos estão correlacionados com a formação e intensidade das chuvas.

Nesse sentido, as principais conclusões obtidas no que se refere à variabilidade pluviométrica um aumento dos totais anuais (BEREZUK, 2007; NASCIMENTO JUNIOR,

2013; ELY, DUBREUIL, 2017; ELY, 2019) com concentração na estação chuvosa e indicativa de processo de tropicalização do regime das chuvas (NASCIMENTO JUNIOR, SILVESTRE, SANT'ANNA NETO, 2020). Assim como há relação de períodos chuvosos e períodos secos em diferentes regiões do estado com índices de teleconexões (SOUSA, 2006; NASCIMENTO JUNIOR, 2013; FRANCO, 2017; ELY, 2019; LIMBERGER, ELY, 2019).

Dos resultados demonstrados nas pesquisas levantadas nesse item da tese observou-se que ainda são poucos os estudos que buscam compreender a gênese das chuvas para a integralidade do território paranaense; bem como foi identificado que os estudos que utilizaram da técnica da análise rítmica para a compreensão da dinâmica das chuvas não apresentaram uma proposta de classificação climática, seja em escala local ou regional.

A inexistência de uma representação cartográfica da classificação climática de base genética, ou mesmo uma regionalização das precipitações subsidiada no predomínio da atuação dos sistemas produtores de chuvas, resulta de uma dificuldade metodológica para delimitar e sistematizar a complexidade (área de atuação, permanência, frequência e deslocamento do sistema atmosférico) da dinâmica atmosférica que se materializa no clima do estado.

Esta constatação nos leva ao questionamento de como é possível produzir um mapeamento da complexidade climática do Paraná e colaborar para a complementação do roteiro metodológico proposto por Monteiro (1971) por meio do incremento da análise espacial do ritmo atmosférico, pois as técnicas geoestatísticas e informáticas atuais permitem “mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer (CÂMARA et al., 2002, p. 2)”.

O conjunto de procedimentos que envolvem a análise espacial permite um encaminhamento para um modelo inferencial que explicita os relacionamentos espaciais que constem no fenômeno analisado. Os procedimentos iniciais são a análise exploratória e a visualização dos dados (por meio de mapas e cartas) que permitem descrever as variáveis do estudo e identificar padrões e *outliers* na distribuição espacial (CÂMARA et al., 2002).

Essa análise já é uma incorporação na Geografia, mas há de se destacar as dificuldades quanto à representação de fenômenos que compõem o espaço geográfico, como o fenômeno climático (objeto de estudo da presente pesquisa). Para os estudos de objetos geográficos:

A análise espacial faz a ligação entre o domínio essencialmente cartográfico e as áreas de análise aplicada, estatística e a modelagem, permitindo combinar variáveis georreferenciadas e, a partir delas, criar e analisar novas

variáveis. Analisar significa fragmentar, decompor em partes ou componentes visando uma identificação da estrutura e compreensão de um sistema. A complexa realidade do espaço geográfico pode ser, em um contexto de análise espacial, fragmentada nas suas componentes ou derivadas obtidas a partir de uma base informativa geral. Assim análise espacial significa também extrapolação e criação de nova informação susceptível de permitir uma melhor compreensão, numa perspectiva isolada ou integrada (ROSA, 2011, p. 276).

Partindo dessa premissa, se busca fragmentar os fenômenos para extrair novas informações e gerar produtos para subsidiar uma proposta metodológica de representação de resultados e de cartografia da dinâmica do clima a partir do elemento chuva - elemento climático – no estado do Paraná – recorte espacial.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

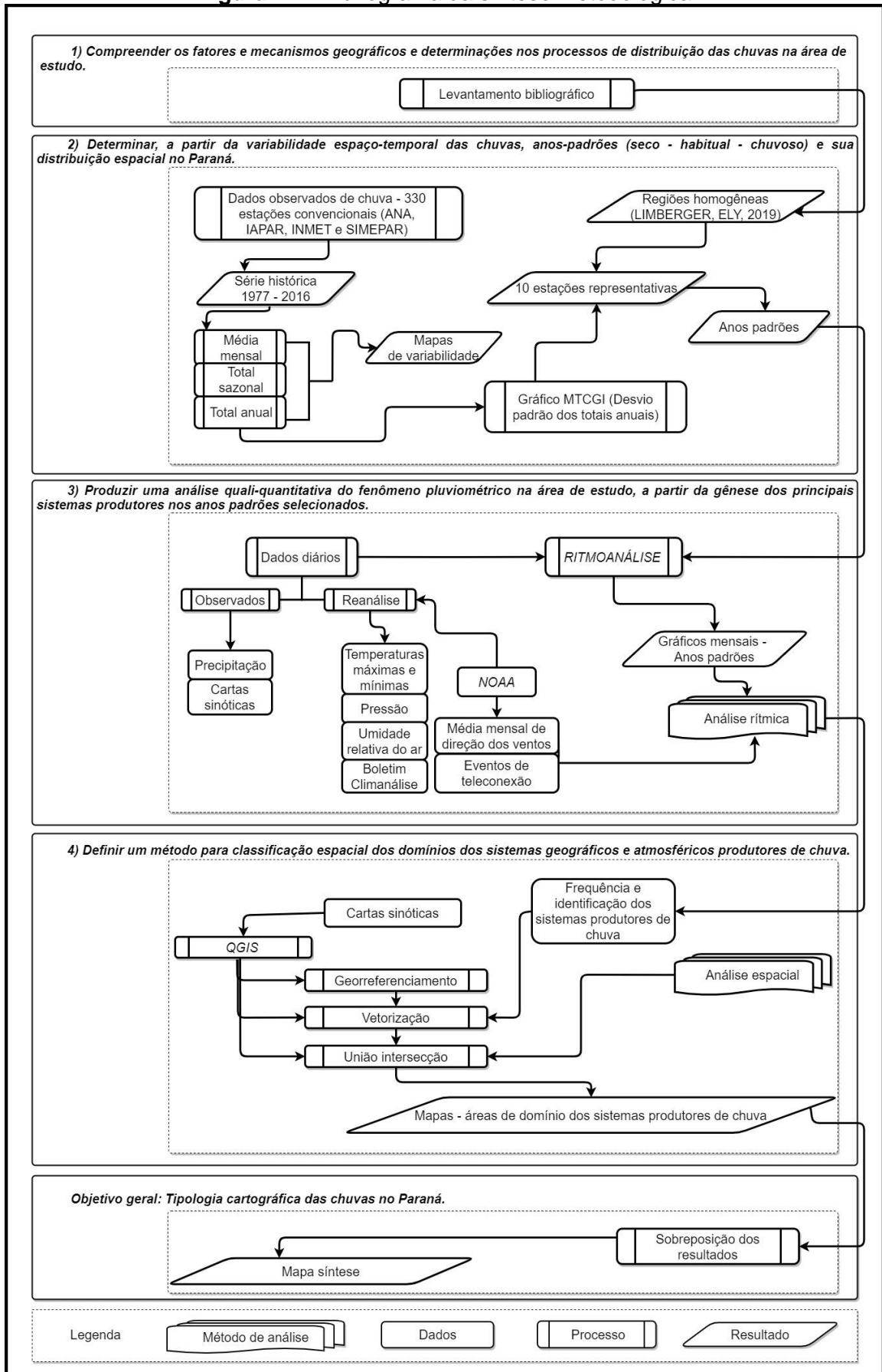
Os caminhos metodológicos percorridos na presente pesquisa estão apresentados em formato de fluxograma (figura 12) e serão expostos com mais detalhamento na sequência do texto.

As etapas estão divididas por objetivos específicos, demonstrando os dados utilizados, os processos realizados e a perspectiva dos resultados obtidos e como todo esse procedimento se encaminha para a concretização do alcance do objetivo geral da presente investigação.

O desenvolvimento da pesquisa se iniciou a partir do levantamento bibliográfico que subsidiou a compreensão sobre quais mecanismos físicos produzem as chuvas no estado do Paraná. Assim, foi produzida uma síntese bibliográfica referente aos sistemas atmosféricos que repercutem em precipitação ou manutenção de tempo seco e quais as técnicas utilizadas para identificar a influência desses sistemas no espaço analisado.

Os resultados desse levantamento convergiram para as próximas etapas de forma a orientar os métodos necessários para atingir o objetivo geral. A partir disso, o percurso da averiguação foi em direção à obtenção de dados secundários de chuva e aplicação de tratamentos estatísticos e processamento de informações para gerar a análise final.

**Figura 12 – Fluxograma da síntese metodológica**



Fonte: Própria autora, 2021.

### 3.1 VARIABILIDADE DAS CHUVAS

As informações pluviométricas observadas foram obtidas na base de dados armazenados e organizados pela equipe de pesquisadores do LabClima do DGEO/UEL. O levantamento desses dados foi realizado por meio da plataforma Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto Águas Paraná<sup>4</sup>, que disponibiliza os totais mensais de chuva de todos os operadores de estações pluviométricas localizadas no estado do Paraná (ANA, IAPAR, INMET e SIMEPAR).

Foram selecionadas as estações que continham registros completos a partir de 01/01/1977 a 31/12/2016. Após a aplicação desse filtro, foi selecionado um total de 323 estações pluviométricas localizadas em território paranaense (figura 1) e adicionadas mais 7 estações pluviométricas que estão alocadas em regiões próximas às divisas estaduais com o Paraná, pertencentes aos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina que auxiliaram numa espacialização mais precisa do recorte territorial. Os dados diários de postos pluviométricos fora do Paraná foram obtidos na plataforma Hidroweb<sup>5</sup> da Agência Nacional de Águas (ANA).

As informações diárias foram organizadas em planilhas eletrônicas para subsidiar os procedimentos seguintes. Após essa ordenação foram realizados os cálculos: média mensal, total anual e totais sazonais para a série histórica (verão, outono, inverno e primavera). Esses resultados são representados em mapas que foram confeccionados a partir da técnica de interpolação de dados pontuais (coordenadas geográficas das estações pluviométricas).

Esse método é utilizado para a construção de informações espaciais a partir de um conjunto de dados pré-existentes que, de forma matemática, se dá por meio de “uma função que, aproximadamente, “se encaixa” nesses dados pontuais, conferindo-lhes, então, a continuidade desejada para localidades que não possuem tais informações (MURARA, 2019, p. 112)”.

O método de interpolação de dados utilizado na presente pesquisa foi o *Inverse of Distance Weighted* (IDW), que “determina valores utilizando uma combinação linear ponderada de um conjunto de dados da amostra. Dessa forma, o peso atribuído a esse dado “criado” é uma função da distância inversa (MURARA, 2019, p. 115)”. De acordo com o autor, o IDW aplicado aos dados climáticos apresenta melhor resultado quando se tem uma boa distribuição de pontos amostrais equivalentes e equidistantes.

---

<sup>4</sup>Disponível em <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-264.html>>.

<sup>5</sup>Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>.

A distribuição espacial das estações pluviométricas na área de estudo atende aos critérios pontuados, portanto foi utilizada a ferramenta *v.surf.idw* do *software GRASS GIS* (aplicação disponível no QGIS) para produzir a interpolação dos dados.

Para complementar o entendimento do desdobramento da variabilidade pluviométrica no território paranaense foi necessário analisar os padrões das tendências regionais dessas chuvas. Para tanto, foi aplicado o método gráfico cronológico de tratamento da informação (MGCTI) do tipo Matriz de Bertin (NOUACEUR; LAIGNEL e TURKI, 2014) utilizando os mesmos totais anuais da série histórica. O MGCTI consiste em uma sequência de procedimentos estatísticos e de organização das informações. Esse sistema se baseia em 2 etapas:

- 1) os dados pluviométricos anuais são organizados em ordem crescente. Posteriormente cada ano é classificado de acordo com valores – limites definidos por meio do método dos quantis que, de acordo com S. Xavier, Xavier e Alves (2007), permitem identificar ou separar não apenas observações numéricas pertencentes as categorias extremas; mas ainda, aquelas posicionadas em categorias intermediárias (uma classe centralizada compreendendo, em princípio, a mediana ou a média). Desta forma foram estabelecidos os intervalos quantílicos Q1 –extremamente secos, Q2 -secos, Mediana, Q3 -úmidos e Q4 –extremamente úmidos para todos os postos e estações e para todos os anos da série;
- 2) substituição dos totais pluviométricos anuais dos intervalos quantílicos por uma legenda de cores que compõe um quadro com as precipitações pluviométricas anuais de cada estação e posto pluviométrico. Em seguida foi feito um reordenamento das colunas partindo dos postos mais secos para os mais úmidos, seguindo o princípio da matriz de Bertin (NOUACEUR; LAIGNEL e TURKI, 2014). E, para determinar os diferentes períodos da variabilidade das precipitações anuais, foram atribuídos os números de 1 (ano extremamente seco) a 5 (ano extremamente úmido) para cada quadrícula colorida que compõe o quadro. O total da soma dos números atribuídos para cada ano de cada estação posteriormente, foi submetido à estatística da padronização e, assim, obteve-se um índice que varia de + 2,0 a -2,0 (ELY, 2019, p. 87).

Esse índice padronizado auxilia na identificação de períodos predominantemente úmidos ou secos regionalmente. O método foi aplicado para a base de dados do estado do Paraná em Ely (2019), conforme será apresentado posteriormente. Os resultados encontrados pela autora foram submetidos à espacialização via interpolação de dados para enriquecer o entendimento espacial das chuvas na escala do estado nessa investigação.

Conforme o objetivo central foi realizado a seleção de dez estações para a produção de uma análise mais detalhada da dinâmica atmosférica dos eventos de chuva. A escolha das dez estações foi subsidiada na classificação de áreas homogêneas de chuva produzida por Limberger; Ely, (2019), na qual as autoras utilizaram a técnica de agrupamento para uma categorização quantitativa das chuvas no Paraná; que trabalhou a mesma base de dados utilizada na presente pesquisa.

De acordo com os passos descritos, foi realizada a escolha das estações representativas, sendo: 2 estações localizadas na região homogênea denominada de Centro-Oeste; 2 localizadas da região Norte; 2 pontos na região Oeste/Sudoeste; 2 estações no Centro-Sul e mais 2 na região homogênea Leste, conforme figura 13.

**Figura 13** - Estações pluviométricas representativas das regiões homogêneas de variabilidade de chuva



Estas estações pluviométricas são operadas principalmente pela ANA (tabela 2) e foram selecionadas por terem registros com menos de 5% de falhas nos totais mensais referentes ao intervalo temporal compreendido pelo presente estudo (1977 – 2016).

**Tabela 2** - Informações das estações pluviométricas selecionadas

Código da estação	Operador	Município	Sigla	Altitude (m)
83844	INMET	Paranaguá	PR	4,5
2351003	IAPAR	Londrina	LO	585
2352046	ANA	Cidade Gaúcha	CG	400
2453003	IAPAR/SIMEPAR <sup>6</sup>	Palotina	PL	310
2453010	ANA	Formosa do Oeste	FO	370
2549004	ANA	Piraquara	PI	900
2551014	ANA	Inácio Martins	IM	1268
2554006	ANA	São Miguel do Iguaçu	SMI	309
2651029	ANA	Palmas	PA	1150
2653012	IAPAR	Francisco Beltrão	FB	650

**Fonte:** Instituto Águas Paraná, 2018. Org.: Própria autora, 2019.

<sup>6</sup>A operação do IAPAR foi encerrada em 2015, portanto foram utilizados os dados de 2016 oriundos do SIMEPAR que opera na mesma localização desde então.

Como observa-se na tabela 2, seis das dez estações são gerenciadas pela ANA, portanto, realizam coleta e registro somente da precipitação pluviométrica. As outras quatro são administradas pelo IAPAR, INMET e SIMEPAR e registram as precipitações, além de outras variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade de ventos); mas de forma temporal heterogênea.

A partir da filtragem do número de estações foi organizado um novo quadro baseado no MGCTI para determinar os períodos chuvosos e secos e delimitar os limiares para anos normais e extremos de cada posto pluviométrico, como descritos no quadro 1.

**Quadro 1 - Limiares dos padrões anuais de chuva (mm) das estações representativas**

	<b>FB</b>	<b>LO</b>	<b>CG</b>	<b>FO</b>	<b>IM</b>	<b>PA</b>	<b>PI</b>	<b>SMI</b>	<b>PR</b>	<b>PL</b>
<b>Muito seco</b>	1637,6	1381,5	1217,2	1401	1498,5	1392,9	1174	1329,6	1659,9	1408,2
<b>Seco</b>	1881,9	1496,7	1370,1	1518,7	1655,7	1687,8	1336,4	1554,2	2031	1564,4
<b>Normal</b>	2082,2	1629,2	1524	1680	1818,8	1845,7	1408,6	1688,5	2146,8	1678,8
<b>Úmido</b>	2149,5	1626,6	1594	1664,9	1869,7	1814,5	1475,5	1723,6	2280,4	1662,2
<b>Muito úmido</b>	2454,9	1880,8	1789	1933,8	2157,3	2163,3	1625,5	1994,8	2510,7	1951,1

**Fonte:** Própria autora, 2019.

A organização desses limiares permitiu a escolha de anos representativos de cada fase (chuvosa ou seca). O ano de 1998 representa um ano extremamente úmido, enquanto o ano de 2005 foi escolhido para exemplificar um ano padrão normal e para um ano com padrão extremamente seco foi selecionado o ano de 2006, conforme será exposto mais adiante. Definidos os anos representativos, foi realizada a análise da dinâmica atmosférica de cada ano para cada uma das localidades selecionadas e que propiciaram atingir os objetivos da Tese.

Essa primeira etapa permitiu o entendimento da variabilidade das chuvas no estado do Paraná e quais fatores geográficos são relevantes nesta análise. A próxima etapa, subsidiada nos pontos espaciais e anos representativos, abarcará a discussão acerca do ritmo das precipitações pluviométricas e a definição dos sistemas produtores de chuva no estado.

### 3.2 RITMO DAS CHUVAS

Antes de adentrar na análise da gênese dos tipos de tempo dos anos-padrão, foi realizada uma associação dos anos representativos com alguns índices climáticos que indicam a influência de processos de teleconexão. Essa análise contribui para a caracterização da interação oceano-atmosfera geradora dos mecanismos de grande escala que contribuem para a variabilidade pluviométrica na área de estudo; elemento essencial para o entendimento da circulação atmosférica (LIMBERGER, 2016).

O índice considerado foi o ENOS devido à sua atuação marcante em períodos de eventos extremos de chuva no estado do Paraná (LIMBERGER; ELY, 2019). A intensidade dos eventos foi considerada a partir dos índices padronizados das anomalias de TSM obtidos no *site* do NOAA Earth System Research Laboratory<sup>7</sup> e na literatura disponível sobre o tema. A caracterização do ENOS é feita através do cálculo do Índice de Oscilação Sul (IOS) resultado da diferença de pressão entre duas regiões distintas: Taiti e Darwin e dos índices nomeados Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), que representam as anomalias médias de TSM em diferentes regiões do Pacífico equatorial (CPTEC, 2020).

A próxima etapa da pesquisa compreendeu a elaboração da análise rítmica (MONTEIRO, 1971), que demanda uma série de variáveis meteorológicas (pressão do ar; direção e velocidade dos ventos; precipitação; temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar; cobertura do céu) associadas às informações das cartas sinóticas e imagens de satélite, para sintetizar a dinâmica atmosférica produtora dos diferentes tipos de tempo que caracterizam o clima das localidades consideradas.

No entanto, a disponibilidade de registros de outras variáveis que não seja a precipitação pluviométrica é escassa tanto para a escala do estado quanto para aquela dos anos elencados, conforme discutido na tabela 2.

Para contornar essa dificuldade, a análise rítmica foi realizada utilizando dados diários oriundos de reanálise meteorológica. A reanálise é um método que combina modelos numéricos e observação do sistema terrestre “[...] desenvolvido para a obtenção de um quadro abrangente da situação do sistema terrestre, dando uma descrição numérica do clima recente (PENNA, 2018, p. 22)”.

As informações de reanálise foram adquiridas no portal *Prediction Of Worldwide Energy Resource*<sup>8</sup>, que disponibiliza diversos dados diários de reanálise, mensais ou de normais climatológicas, podendo ser selecionados a partir de conjuntos de coordenadas geográficas (em formato de graus decimais) ou áreas diversas. As informações meteorológicas obtidas foram os registros diários de temperatura máxima e temperatura mínima<sup>9</sup>; umidade relativa do ar e pressão atmosférica.

Esses dados foram gerados a partir do modelo *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications* (MERRA)<sup>10</sup>, que possui uma resolução espacial de 0,5° x 0,625° (lat x long).

---

<sup>7</sup>Disponível em <<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>>.

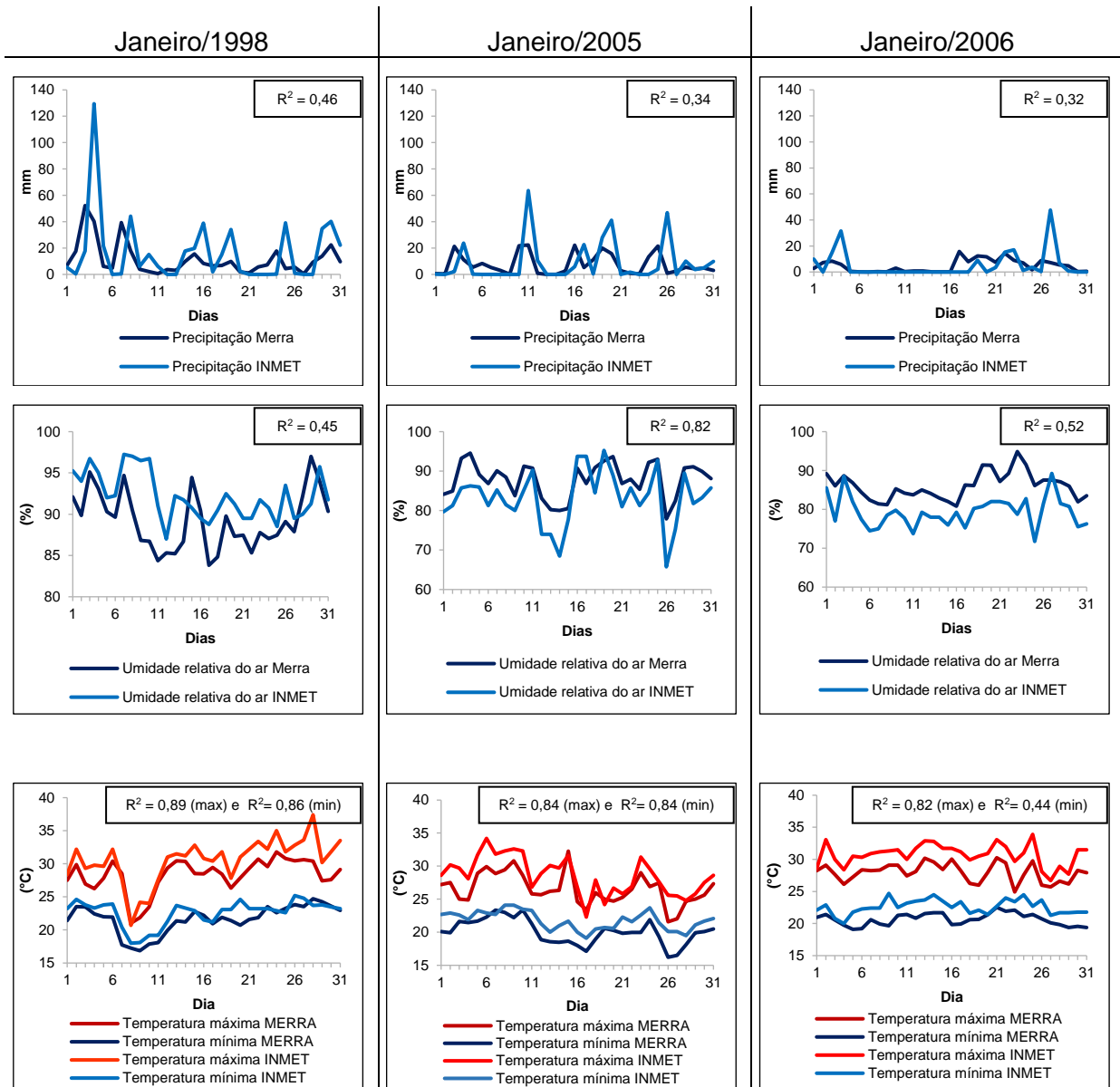
<sup>8</sup>Disponível em <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>.

<sup>9</sup> A temperatura média diária foi gerada a partir das temperaturas máximas e mínimas.

<sup>10</sup> O MERRA foi produzido com o objetivo de melhorar o balanço hidrológico global a partir do modelo Goddard Earth Observing System version 5.2.0 - GEOS-5. A montagem observacional da reanálise MERRA parte de reanálises do NCEP (CFRS) e do centro europeu (ERA-Interim). O MERRA-2 segue as atualizações do modelo atmosférico GEOS-5, sendo a primeira reanálise com assimilação da profundidade óptica dos aerossóis atmosféricos por um longo período de tempo (PENNA, 2018).

A título de comparação, os gráficos que compõem a figura 14 demonstram os registros diários do mês de janeiro realizados pela estação meteorológica do INMET, em Paranaguá (PR), com os dados de reanálise produzidos pelo projeto MERRA2.

**Figura 14** - Gráficos de comparação entre dados MERRA2 e dados do INMET – Paranaguá



Na figura 14 observa-se uma similaridade de padrões de oscilações entre os dados observados e oriundos da reanálise MERRA 2 para a umidade relativa do ar e as temperaturas conforme o valor de  $r^2$  significativo encontrado na correlação linear. Quanto à precipitação, há maior discrepância nos valores, para os quais o MERRA 2 subestima dias com valores de chuva elevados e apresenta correlação abaixo de 0,5, portanto não significativa

Diante disso, para a elaboração dos gráficos de análise rítmica e em virtude da disponibilidade dos dados de precipitação, optou-se por continuar utilizando os dados registrados em postos pluviométricos, enquanto que para os demais (umidade relativa do ar; temperaturas máxima e mínima e pressão) foram utilizados aqueles provenientes da reanálise do MERRA 2.

Para compor a análise rítmica foram geradas informações do deslocamento dos sistemas atmosféricos de superfície a partir das cartas sinóticas que são produzidas e disponibilizadas pelo Centro Hidrografia da Marinha do Brasil<sup>11</sup>. A obtenção desses produtos foi realizada via solicitação por e-mail <chm.bndo@marinha.mil.br><sup>12</sup>.

A identificação das massas de ar atuantes nos dias analisados foi subsidiada no processo de identificação sintetizado por Fontão (2018, p. 75), onde há a conferência dos elementos meteorológicos juntamente com as isóbaras de baixa ou alta pressão discriminadas nas cartas sinóticas.

Vale ressaltar que o acesso às informações apresentadas no capítulo 2 sobre outros sistemas atmosféricos (Jatos de Baixo Níveis, Jatos de Altos Níveis, CCM's, ZCAS) que participam da dinâmica da produção da precipitação pluviométrica na área de estudo, bem como a metodologia para sua identificação em diversos produtos gráficos e cartográficos é recente; principalmente imagens de satélite meteorológicos, onde a disponibilidade mais acessível de informações é pós 2010.

Em virtude do recorte temporal considerado na presente pesquisa, justifica-se que foram utilizadas somente as informações disponíveis para os 3 anos-padrão escolhidos para a produção da análise rítmica.

Um caminho encontrado como alternativa para entender a atuação destes sistemas, que podem ter atuado no Paraná durante os anos-padrão escolhidos, foi a consulta às análises meteorológicas produzidas pelo CPTEC/INPE e disponibilizadas em formato de boletim mensal. O Boletim Climanálise<sup>13</sup> publica as análises de diversos níveis atmosféricos, sendo possível encontrar as publicações em edições mensais desde o ano de 1996. Esse levantamento bibliográfico possibilitou agregar informações para o entendimento dos fatores motivadores da dinâmica das chuvas no Paraná, principalmente para os anos de 2005 e 2006, quando foi adicionado um item de análise específica na publicação dos boletins mensais referentes às atividades convectivas na América do Sul.

Ainda para complementar a análise dos tipos de tempo que contribuiu com a identificação da origem dos sistemas atmosféricos atuantes nos meses analisados, foram utilizadas informações geradas pela NOAA/ESRL *Physical Sciences Laboratory*<sup>14</sup>. Os

---

<sup>11</sup> Disponível em <<https://www.marinha.mil.br/chm/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>.

<sup>12</sup> Para datas anteriores à 2015.

<sup>13</sup> Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/#>>.

<sup>14</sup> Disponível em <<https://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>>.

produtos obtidos a partir dessa plataforma são as cartas da média mensal da direção dos ventos em superfície atmosférica.

Os dados meteorológicos diários observados e de reanálise, juntamente com a análise dos sistemas atmosféricos atuantes foram organizados em gráficos anuais para cada uma das 10 localidades, para cada ano padrão, utilizando o *software* RítmoAnálise (BORSATO, 2006; BORSATO; BORSATO, 2008) que compôs a etapa de representação conjunta das características do tempo; considerando os sistemas atmosféricos identificados por meio da proposta de Monteiro (1971).

Vale ressaltar que o RítmoAnálise é um *software* fechado, que permite a inserção dos dados e geração dos gráficos. Não é possível fazer qualquer edição nos resultados, como alteração de cor, adequação de escala ou alteração de formato.

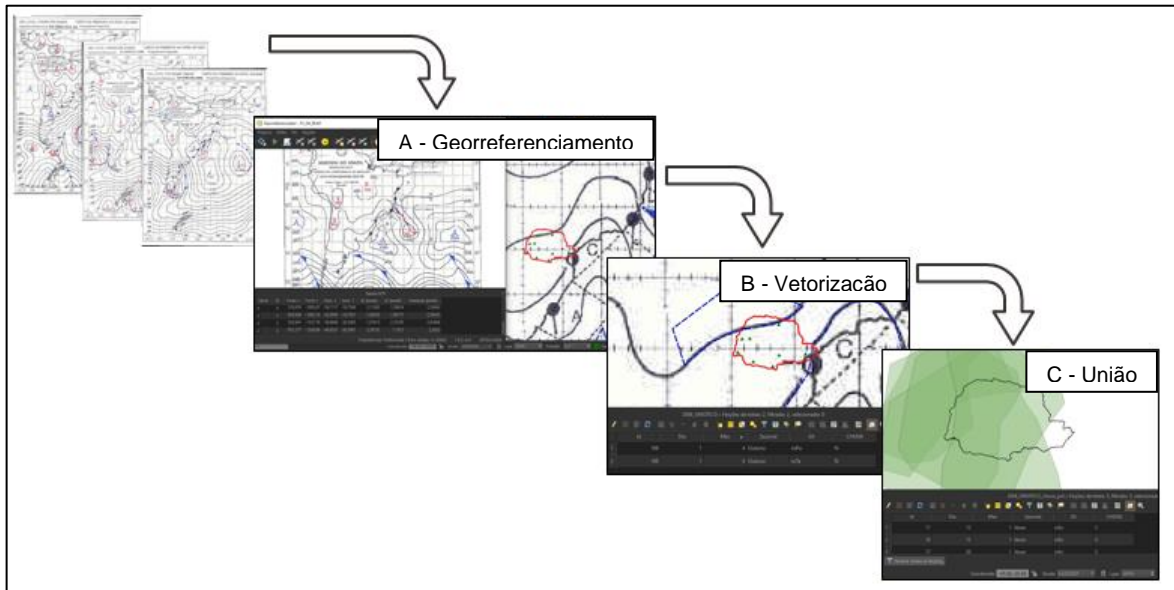
A partir da construção da análise rítmica usual viu-se a necessidade de aprofundar a discussão da dinâmica dos sistemas atmosféricos geradores de chuva no Paraná, motivando o desenvolvimento de procedimentos para representar espacialmente as informações afim de garantir o compromisso geográfico do método. Para tanto, só há duas maneiras de traduzir espacialmente o fenômeno: “(1) georreferenciando-os, de forma absoluta, a partir de pares de coordenadas; (2) ou associando-os às unidades espaciais de representação e análise (CARDOSO, et al. 2020, p. 129)”; conforme será descrito no item a seguir.

### 3.3 ANÁLISE ESPACIAL DAS CHUVAS

Para a complementação do método da análise rítmica, foram incorporadas técnicas de investigação espacial. Primeiramente foi realizado o georreferenciamento dos dados matriciais, ou seja, das cartas sinóticas da Marinha do Brasil utilizadas nas etapas anteriores. Procedimento realizado por meio da ferramenta Georreferenciador do QGIS 3.12. Essa técnica consiste em gerar pontos de controle (PC's) e atribuir pares de coordenadas para esses PC's. Esse processo foi aplicado em cada uma das cartas sinóticas diárias dos anos de 1998, 2005 e 2006, como ilustrado na etapa A da figura 15.

Além de se configurar essencial à análise espacial, o georreferenciamento das cartas sinóticas facilitou a identificação do território da área de estudo, pois a maioria dessas imagens não tem a delimitação das unidades federativas do Brasil.

**Figura 15** - Esquema ilustrativo do processo de georreferenciamento, vetorização e união das camadas



**Fonte:** Própria autora, 2021.

Posterior ao georreferenciamento, as cartas sinóticas que representavam os dias dos episódios de chuva foram submetidas ao processo de vetorização em uma escala de 1:100.000 (etapa B da figura 15). Nessa fase, foram geradas camadas dos sistemas atmosféricos que provocaram chuva no Paraná por meio das linhas de pressão ou representação gráfica (no caso das Frentes e das Linhas de Instabilidade). Esses sistemas foram identificados na elaboração da análise rítmica.

Para a representação dos resultados foram elaborados mapas com *frames* mensais de cada um dos sistemas produtores de chuva por meio da união das camadas que foram vetorizadas, respeitando a escala de 1:100.000 (etapa C da figura 15). “Esta operação corresponde a uma intersecção onde o corte não foi efetuado, ou seja, ao fazer uma união entre duas camadas, a camada resultante terá a área da camada maior e manterá os atributos de ambas as camadas (ROSA, 2011, p. 283)”.

A cartografia dessa junção de camadas utilizou uma simbologia com níveis de transparência com o objetivo de demonstrar maior frequência do domínio de determinado sistema atmosférico em determinada porção territorial, como será analisado nos capítulos subsequentes.

### 3.3.1 Síntese Cartográfica da Análise Espacial das Chuvas no Paraná

Essa etapa constitui o resumo de todos os processos executados anteriormente. As informações levantadas nas fases anteriores e os produtos espaciais produzidos serviram para a realização da composição cartográfica dos sistemas produtores de chuva no estado do Paraná, atendendo ao objetivo geral da pesquisa.

Inicialmente foi realizado o método de intersecção das camadas produzidas anteriormente, para selecionar somente as informações contidas dentro dos limites do estado do Paraná.

O resultado cartográfico foi elaborado a partir da sobreposição de todas as camadas geradas (dos 3 anos representativos), retratados em *frames* mensais, caracterizados por uma simbologia que passou por refinamento e adequação a partir dos apuramentos obtidos nas análises anteriores e objetivou destacar as áreas de maior frequência de passagem dos sistemas atmosféricos que produziram precipitação pluviométrica.

Todas as informações geradas, como os gráficos de análise rítmica (visualização comprometida no presente documento devido ao tamanho das imagens) e as cartas sinóticas georreferenciadas estão disponíveis em um *drive* pessoal, podendo ser acessado a partir do link: <<https://drive.google.com/drive/folders/17mSArMQoVj7FNis1NpAg46jSWbU7E6eM?usp=sharing>>.

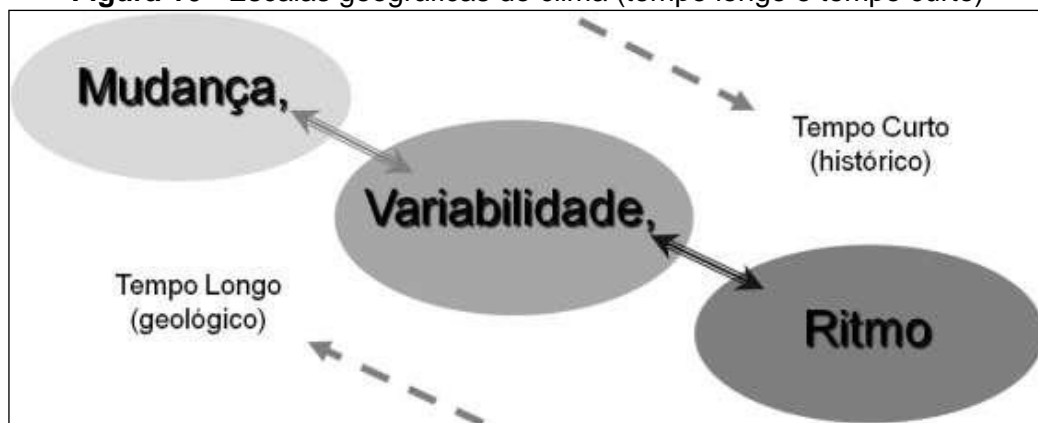
## 4 VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS NO ESTADO DO PARANÁ

Para atingir o objetivo da presente pesquisa faz-se necessário categorizar a análise das chuvas por meio de divisões espaciais e temporais. Para subsidiar a categorização foi utilizado o conceito de escalas geográficas do clima de Sant'Anna Neto (2013).

A proposta permite uma complexidade analítica do fator cronológico e espacial, pois demanda a consideração dos fatores climáticos assim como dos processos de produção capitalista do espaço (ARMOND, 2018), ou seja, admite uma interpretação geográfica do fenômeno climatológico, compreendendo que há processos dinâmicos sujeitos aos “ritmos, variações e alterações de todas as forças terrestres, atmosféricas e cósmicas que de alguma forma exercem, ou provocam qualquer tipo de interferência no sistema climático (SANT'ANNA NETO, p. 75, 2013)”.

As dimensões espaço-temporais do sistema climático estão exemplificadas na figura 16 e devem ser entendidas a partir de três conceitos chaves para a definição das escalas: mudança, variabilidade e ritmo, partindo da sua intensidade, duração e velocidade que atua no espaço geográfico, desdobrando-se temporalmente de forma curta e longa.

**Figura 16 - Escalas geográficas do clima (tempo longo e tempo curto)**



Fonte: Sant'Anna Neto (2013, p. 76).

O tempo curto (histórico) reflete os desdobramentos das variações do clima relacionado à realidade concreta no espaço geográfico e em escalas mais reduzidas, e o tempo longo (geológico) corresponde aos processos atmosféricos e terrestres em diferentes níveis espaciais, que perduram milhares ou milhões de anos e modificam o clima em nível global (SANT'ANNA NETO, 2013).

A escala geográfica do clima pertinente ao desenvolvimento desta etapa é a da variabilidade. É entendida como uma ruptura na continuidade de determinadas situações (MONTEIRO, 1976), “produto tanto do espaço quanto do tempo, ela envolve a atmosfera,

oceano, superfícies sólidas, neve, gelo, etc., e sua atuação nunca é igual de um ano para o outro, e nem de década em décadas, pois são verificadas flutuações em curto, médio e longo prazo (CARMELLO, 2017, p. 1721)”.

As rupturas podem ser entendidas como a variação (para mais ou para menos) de um dado parâmetro climático, em torno do seu valor de referência central, com por exemplo a variação de anos mais ou menos quentes ou mais úmidos e mais secos dentro da normal climatológica (DUBREUIL *et al*, 2012 *apud* ELY, 2017).

[...] E destacam que o desenvolvimento técnico das sociedades permitiu sua adaptação a estes referenciais climáticos. No tocante à variação climática os autores se referem a uma alteração progressiva e duradoura no clima, tornando- se década após década mais frio ou mais quente. Esta não é a observação de um ou dois anos, mesmo se ela for consecutiva e, para afirmar a ocorrência desse tipo de tendência são necessárias observações durante um longo período de tempo, da ordem de meio século (DUBREUIL *et al*, 2012 *apud* ELY, 2017, p. 554).

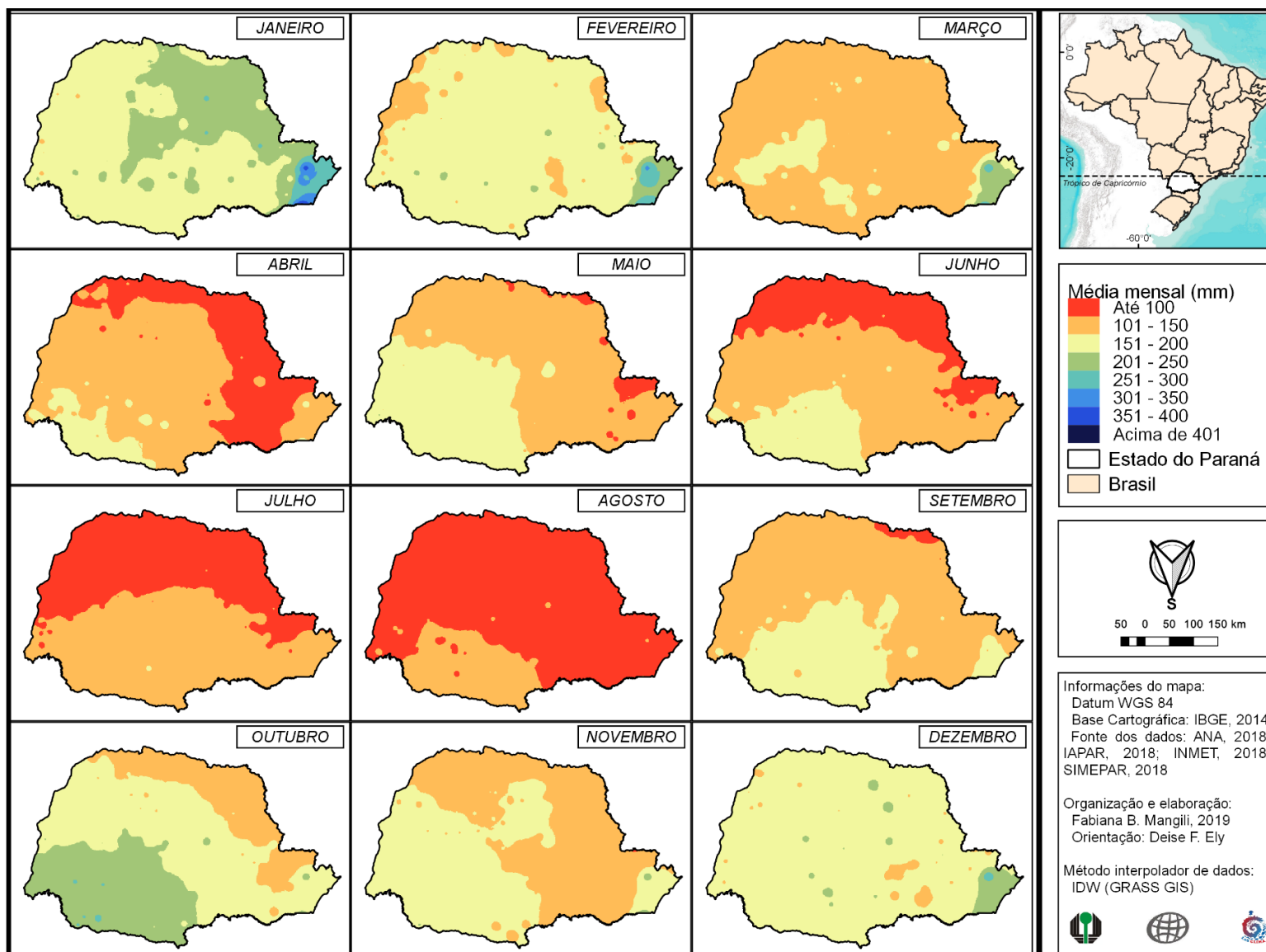
Portanto, para compreender melhor as tendências e correlações do fenômeno geográfico das chuvas é necessário esmiuçar a sua distribuição espaço-temporal a partir do conceito de variabilidade climática.

Na figura 17 é possível visualizar as médias mensais históricas ocorridas no território paranaense. Não é verificado um período seco, porém, há evidente redução das precipitações nos meses de inverno, destacando-se o mês de agosto como o mês em que são registradas as menores médias mensais da série histórica, com valores abaixo de 100mm em praticamente todo estado, com exceção da região sudoeste.

Dezembro, janeiro e outubro apresentam os maiores valores de chuva ao longo de todo território paranaense, especialmente no litoral e região serrana e parte da porção sudeste, que ultrapassam a média mensal de 400 mm (figura 17).

Além da representação mensal da figura 17, foi elaborado mapas de variação das chuvas em escala sazonal (figuras 18, 19, 20 e 21) considerando os totais de dezembro, janeiro e fevereiro para o trimestre de verão; março, abril e maio para o trimestre de outono; junho, julho e agosto para o inverno e; o trimestre da primavera composto por totais mensais de setembro, outubro e novembro.

**Figura 17 - Variação das chuvas – Média mensal (1977 – 2016)**



Em termos espaciais é possível sublinhar que a região sul do primeiro e segundo planalto paranaense tem menores valores de totais sazonais na maioria dos anos (com exceção de 2011 e 2012), assim como a área limítrofe do extremo oeste do estado (nas proximidades com o Mato Grosso do Sul) (figura 18).

O verão (figura 18) evidencia a estação mais chuvosa, conforme apontado na análise das médias mensais, sendo confirmada pela manutenção de maiores valores ao longo dos anos da série histórica, acima de 760 mm no litoral e região serrana, com algumas exceções. Há totais sazonais com menores valores de chuva numa área maior do território paranaense, como os anos de 1977 a 1979; 1984; 1988; 1991; 2004 a 2006; 2012 e 2014.

Seguindo a mesma lógica, os maiores valores de chuva (acima de 600mm) que afetaram a maior porção do espaço do estado do Paraná foram observados nos anos 1989; 1995; 1997 e 2016.

No decorrer dos meses de outono (figura 19) é possível observar o início da diminuição dos totais de chuvas, mas pode-se constatar a variabilidade das chuvas ao longo dos anos com algumas regionalizações espaciais demarcadas. Nas regiões sudoeste, oeste e litorânea é possível visualizar os maiores totais de chuva ao longo da série histórica, enquanto que na porção norte do estado do Paraná a chegada do outono resulta em menores valores.

A variabilidade temporal das chuvas nesta estação do ano resultou em outonos com menores totais na maioria do território paranaense em 1977; 1978; 1981; 1982; 1989; 1991; 1995; 1997; 2000; 2003 a 2006; 2009; 2011 e 2014. Enquanto que foram observados totais de chuva mais elevados na maior parte do Paraná nos anos de 1983; 1992; 1998.

O inverno é o período do ano em que chove menos em quase todo o estado do Paraná, apresentando, em média, totais menores que 400 mm (figura 20). As regiões sudoeste e centro sul são aquelas com maiores totais de chuva nessa época do ano. O litoral do estado, no entanto, não apresenta os mesmos padrões das estações anteriores, sendo uma das áreas com menores totais de chuva.

Os invernos com menores valores de chuva no território paranaense são observados em 1981; 1985 a 1988; 1995; 1999; 2002; 2003; 2006 e 2010. Enquanto que em 1982; 1983; 1990; 1997; 2009; 2011; 2013 a 2015 ocorreram altos volumes de chuva para quase que a totalidade da área do estado.

**Figura 18 – Variação das chuvas - Total sazonal/Verão (1977 - 2016)**

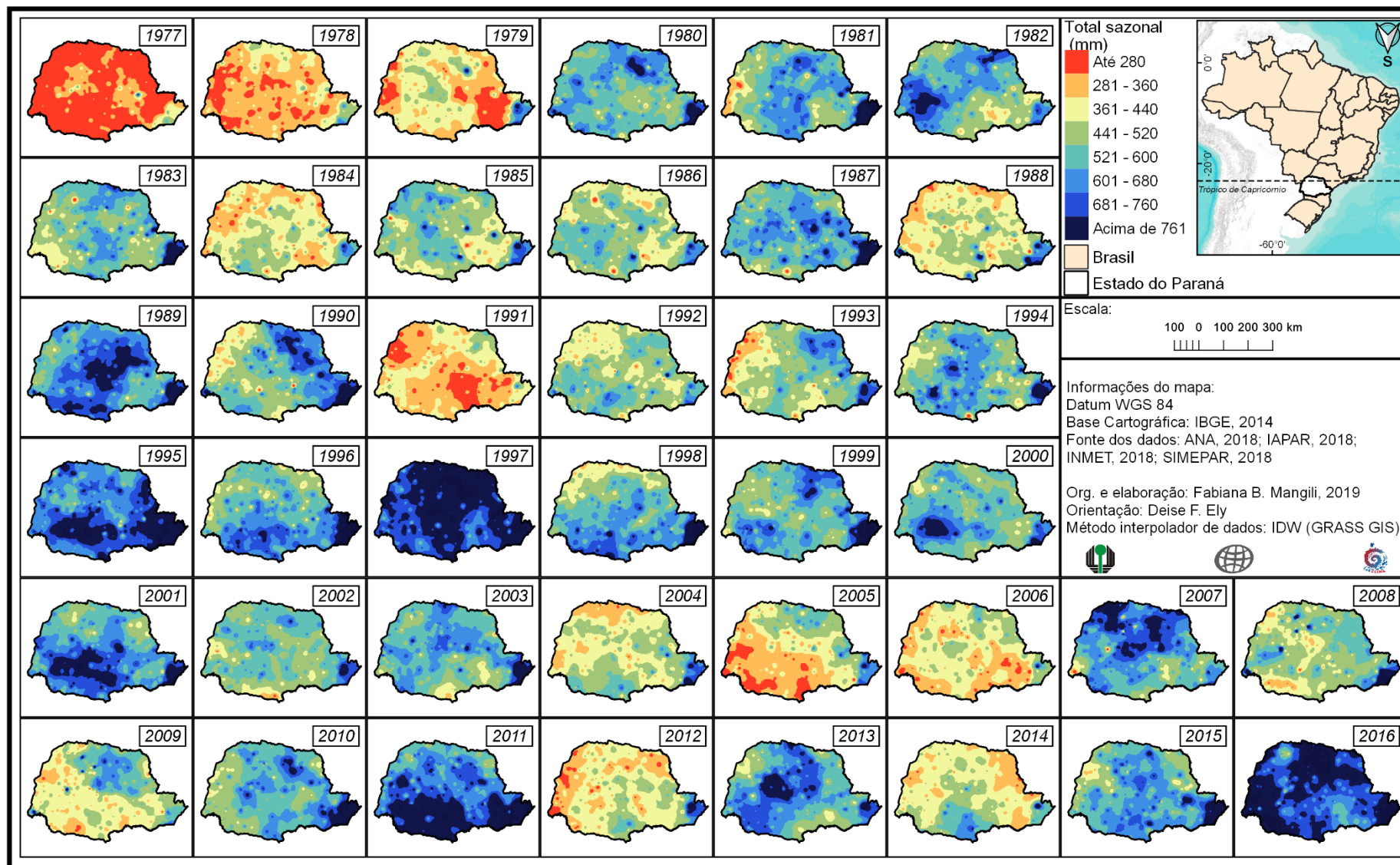


Figura 19 – Variação das chuvas - Total sazonal/Outono (1977 – 2016)

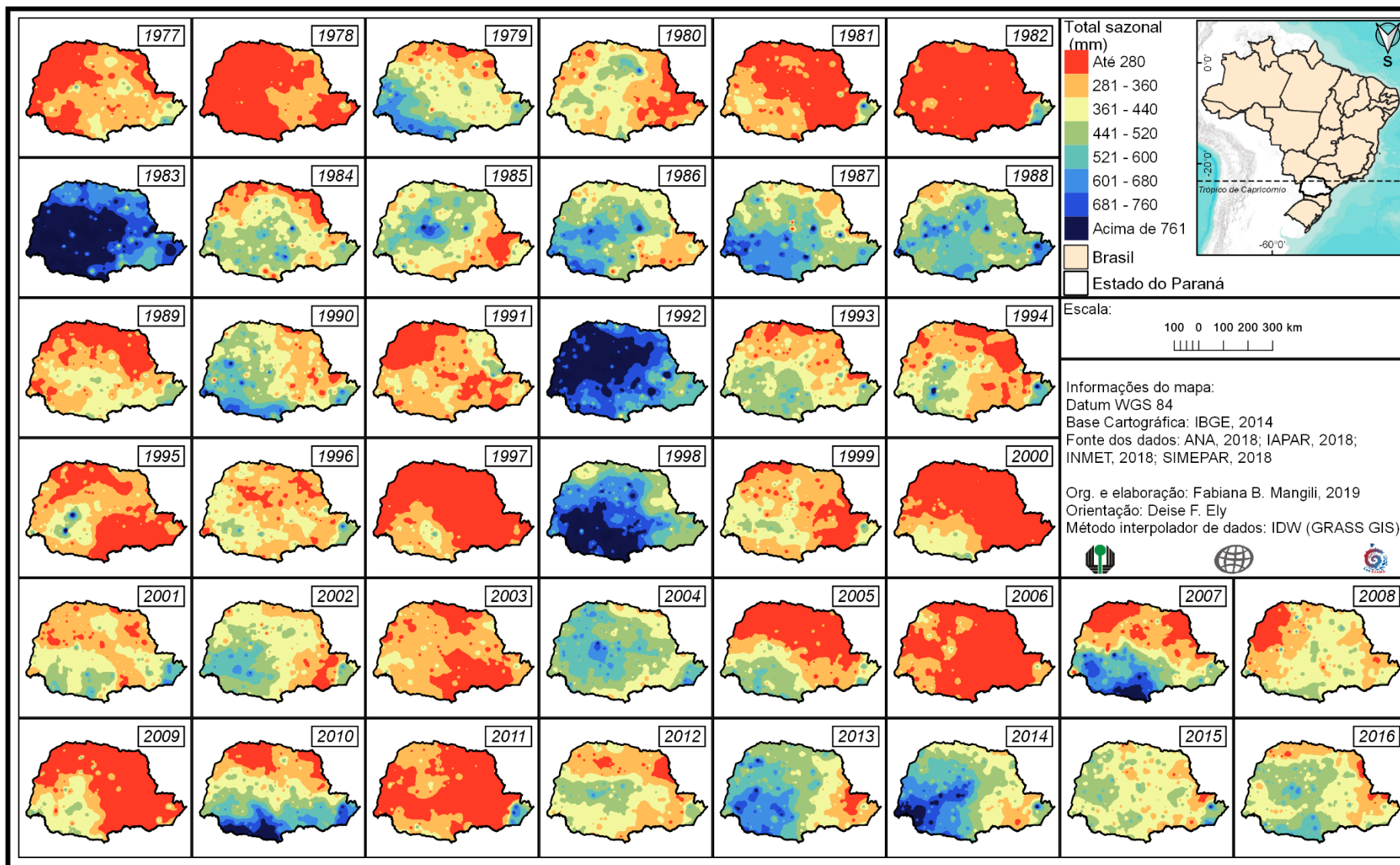


Figura 20 – Variação das chuvas - Total sazonal/Inverno (1977 - 2016)

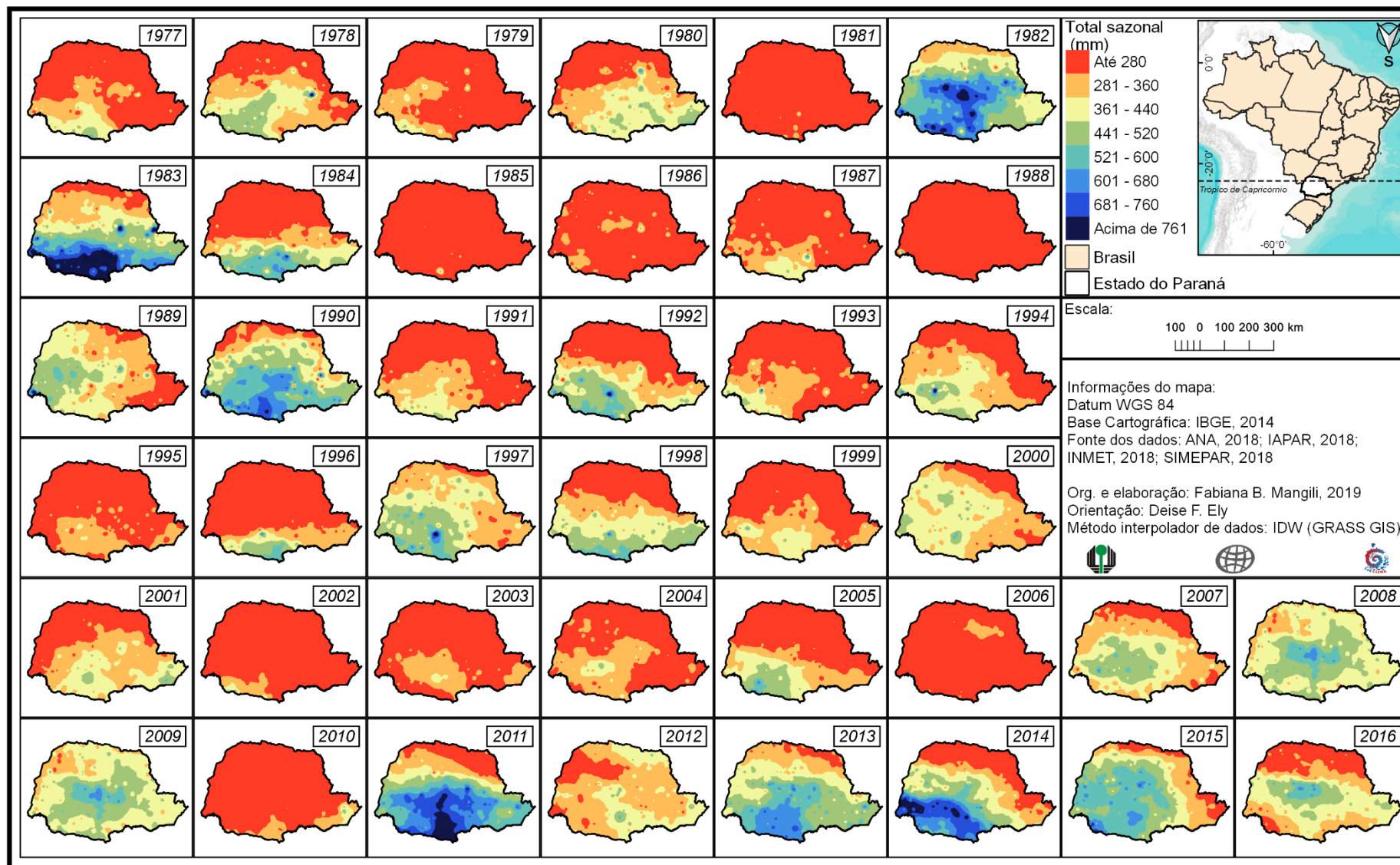
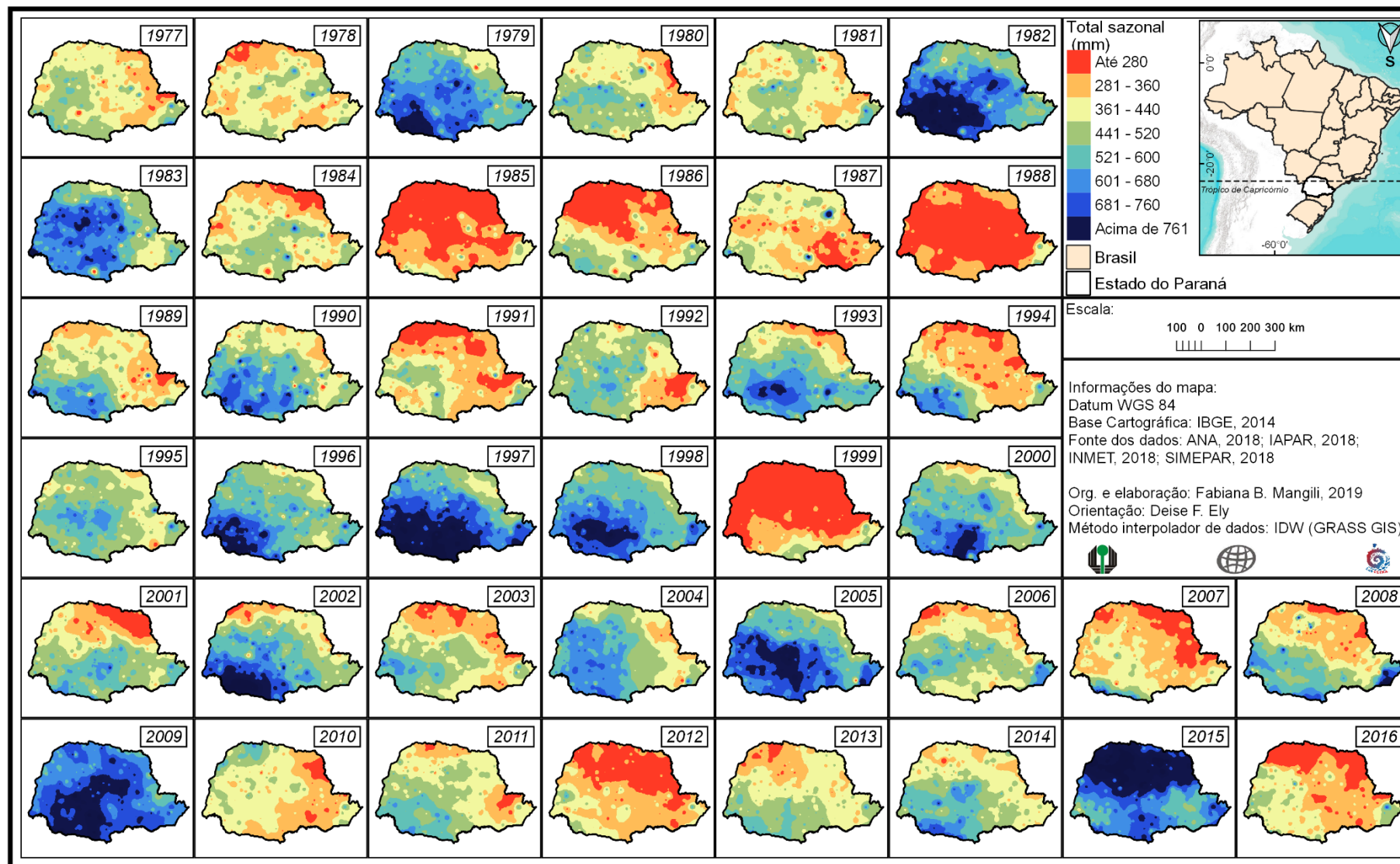


Figura 21 – Variação das chuvas - Total sazonal/Primavera (1977 - 2016)



A primavera demarca a retomada do aumento das médias mensais de chuva (PEREIRA *et al.*, 2008). Os menores valores desse período ocorrem nas mesmas áreas em que ocorrem os menores valores durante os meses de verão (entre 200 e 300 mm) e regionalização semelhantes ao outono no que se refere aos maiores valores de chuva (entre 400 a 600 mm), justificado pelas características da estação de transição (figura 21).

A região sul do primeiro e segundo planalto paranaense tem menores valores (até 400 mm) na maioria dos anos, assim como a área norte e nordeste e regiões oeste e centro sul com maiores valores, normalmente acima dos 400 mm. Os trimestres de primavera com menores valores de chuva por todo o território paranaense são correspondentes aos anos de 1985; 1988; 1999. Enquanto que as primaveras com maiores valores de chuva na maior parte do estado paranaense são dos anos de 1982; 1983; 1996 a 1998; 2005; 2009 e 2015.

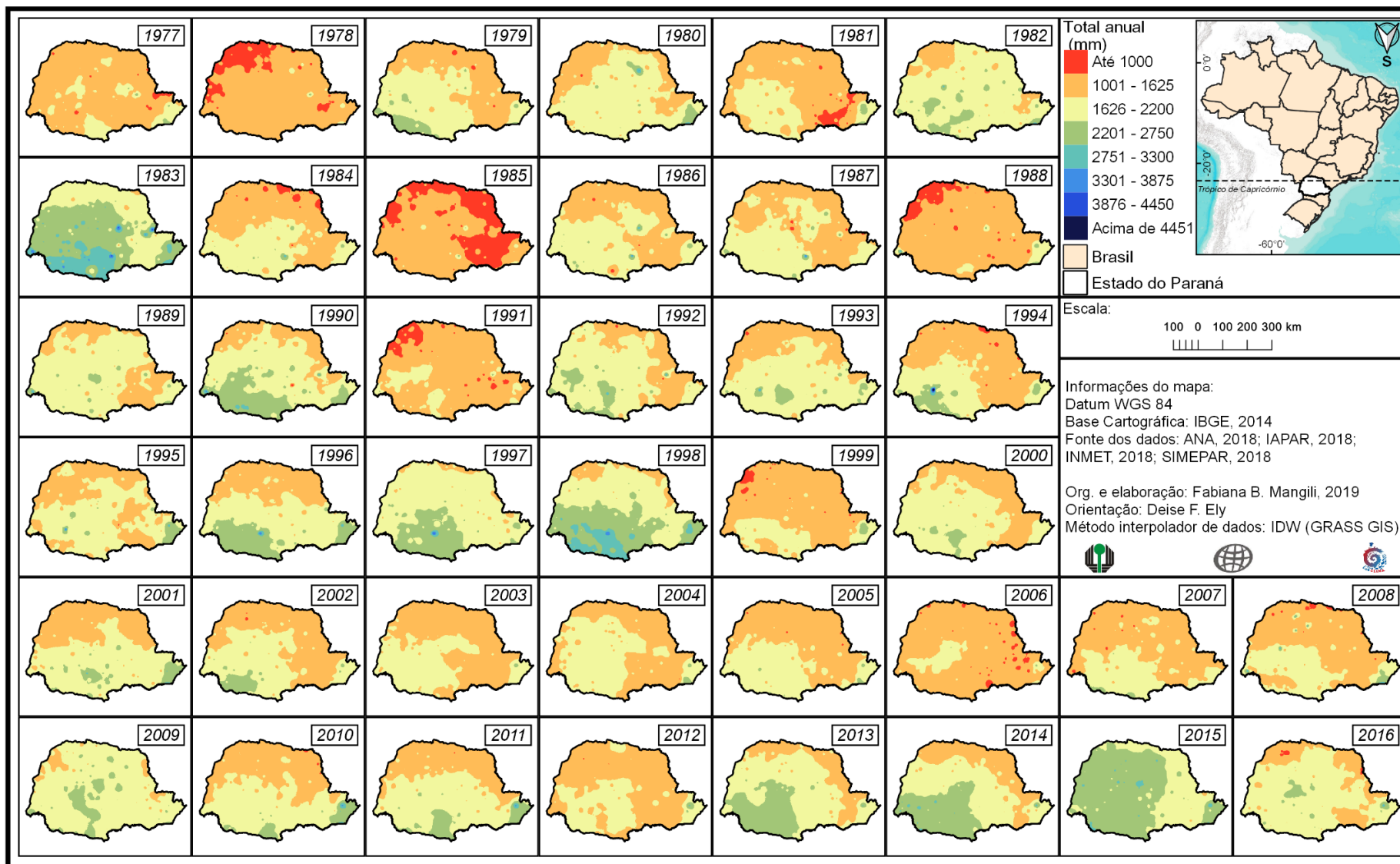
A análise temporal dos totais anuais (figura 22) indica que os maiores acumulados de chuva são os mesmos anos de maiores acumulados encontrados nas primaveras com altos totais de chuva (figura 21). Enquanto que anos com menores valores pluviométricos são também observados em invernos com a mesma característica (figura 20).

As regiões sudoeste e centro-sul apresentam maiores valores de chuva ao longo do ano e no noroeste e sul do primeiro e segundo planalto com menores totais. Anualmente precipita no estado do Paraná o mínimo de 1000mm, sendo possível encontrar registros de totais de 4500mm na região de Inácio Martins (sul do estado).

Os anos com menores valores de chuva distribuídos por grande parte do território paranaense foram 1978; 1985; 1988; 1991 e 2006. Já os totais anuais mais elevados encontrados na maior parte do estado são os anos de 1983; 1997; 1998 e 2015.

Observa-se também que a distribuição das chuvas segue (tanto totais anuais como sazonais) um padrão espacial semelhante às regiões homogêneas (LIMBERGER; ELY, 2019), sendo bem evidente principalmente na região Oeste/ Sul-Sudoeste e região Leste, indicando certa regionalidade das mesmas.

**Figura 22 - Variação das chuvas - Totais anuais (1977 - 2016)**



Observada a variação das chuvas no Paraná no decorrer da série histórica, é possível inferir um questionamento sobre o ritmo das chuvas (tempo curto), que podem melhor explicar as variações interanuais.

Mas antes faz-se necessário delimitar o recorte espacial e temporal para uma melhor representação e caracterização do ritmo pluviométrico no estado. Para tanto, foi escolhida a metodologia dos anos-padrão, frequentemente denominados como “secos”, “chuvosos” e “normais”. Compreende-se o padrão “normal” das chuvas, como:

[..] aquele em que a distribuição da precipitação anual de um determinado lugar fosse semelhante à distribuição das precipitações médias, obtidas através de vários anos para esse local. Como essa distribuição estaria de acordo com a típica circulação atmosférica regional, em um período de décadas, teria ocorrência maior do que os padrões extremos “secos” ou “chuvosos” (TAVARES, 1976, p. 81).

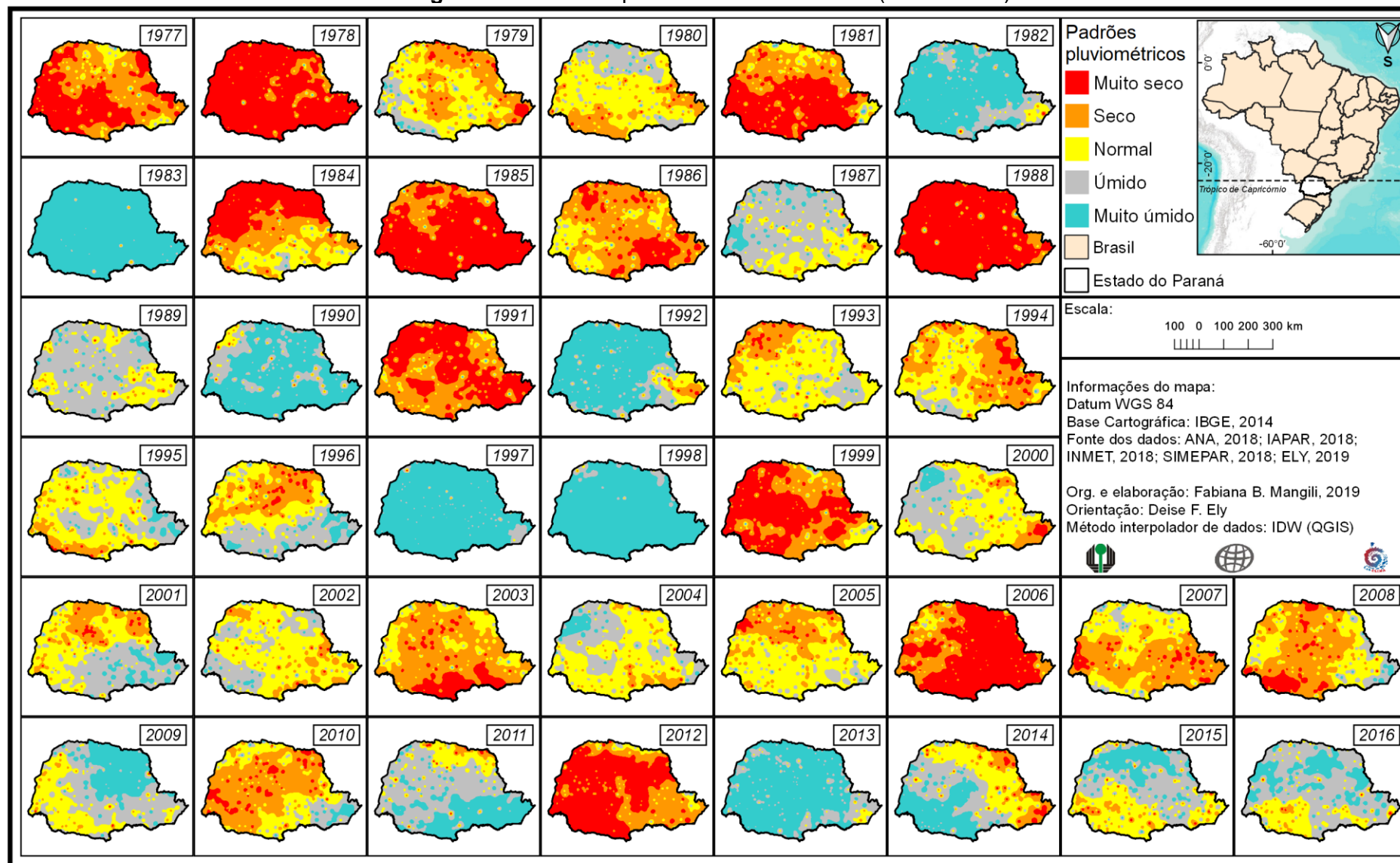
Anos-padrão “secos” ou “chuvosos” se referem à distribuição dos totais anuais das chuvas no decorrer do ano, sendo o ano padrão “seco” aquele com distribuição das chuvas com grande desvio negativo em relação aos dados médios “normais”, enquanto que os anos-padrão “chuvosos” compreendem a distribuição de excesso de chuva (desvio positivo) em relação aos dados habituais (TAVARES, 1976).

A classificação de períodos com predominância de tipos de tempo mais secos ou chuvosos é parte fundamental para o entendimento da dinâmica climática e como ela repercute no território ocupado. Partindo desse pressuposto, a partir do desvio padrão dos totais anuais foram calculados os limiares para identificar os diferentes anos-padrão considerando a média pluviométrica para cada uma das estações consideradas, representados na figura 23 para a série histórica de 1977 a 2016.

Na figura 23 pode-se verificar que ocorreram anos muito secos em praticamente todo o estado do Paraná em 1978, 1985, 1988, 1999, 2006 e 2012. Esse padrão temporal pode ser observado durante os meses que compõem o inverno e, principalmente, a primavera (respectivamente figuras 20 e 21).

Anos úmidos foram registrados na maior parte do estado em 1987, 1989 e 2011, enquanto que anos muito úmidos são 1982, 1983, 1990, 1992, 1997, 1998 e 2013. Os anos úmidos são refletidos nos trimestres de verão e primavera, enquanto que os anos muito úmidos são refletidos em todas as estações do ano; porém ficam mais evidentes nos meses de inverno (figura 20).

**Figura 23 – Padrões pluviométricos do Paraná (1977 - 2016)**



Ely (2019) determinou intervalos temporais em que predominaram padrões chuvosos ou secos no Paraná usando o método gráfico cronológico de tratamento da informação - MGCTI (NOUACEUR; LAIGNEL; TURKI, 2014), conforme já exposto. A autora concluiu que ocorrem alguns períodos da variabilidade das chuvas no estado do Paraná, divididos em 4 fases de padrões secos ou úmidos:

- 1) uma seca entre 1977 a 1981 com índices padronizados inferiores a -1;
- 2) uma úmida entre 1982 e 1998 na qual os índices, em sua maioria, são positivos e em 6 anos superiores a +1;
- 3) uma fase seca entre 1999 e 2012, com predominância de índices negativos e para três anos (1999, 2006 e 2012) com valores negativos inferiores a -1 e;
- 4) uma última fase úmida entre 2013 e 2016, que apresentam índices positivos (2013 ultrapassa o valor +1, caracterizado por excedentes pluviométricos).

O mesmo método foi empregado para o conjunto das dez estações pluviométricas representativas consideradas neste estudo com o objetivo de selecionar anos que representam o padrão normal e o padrão extremo (chuvoso / seco) das chuvas.

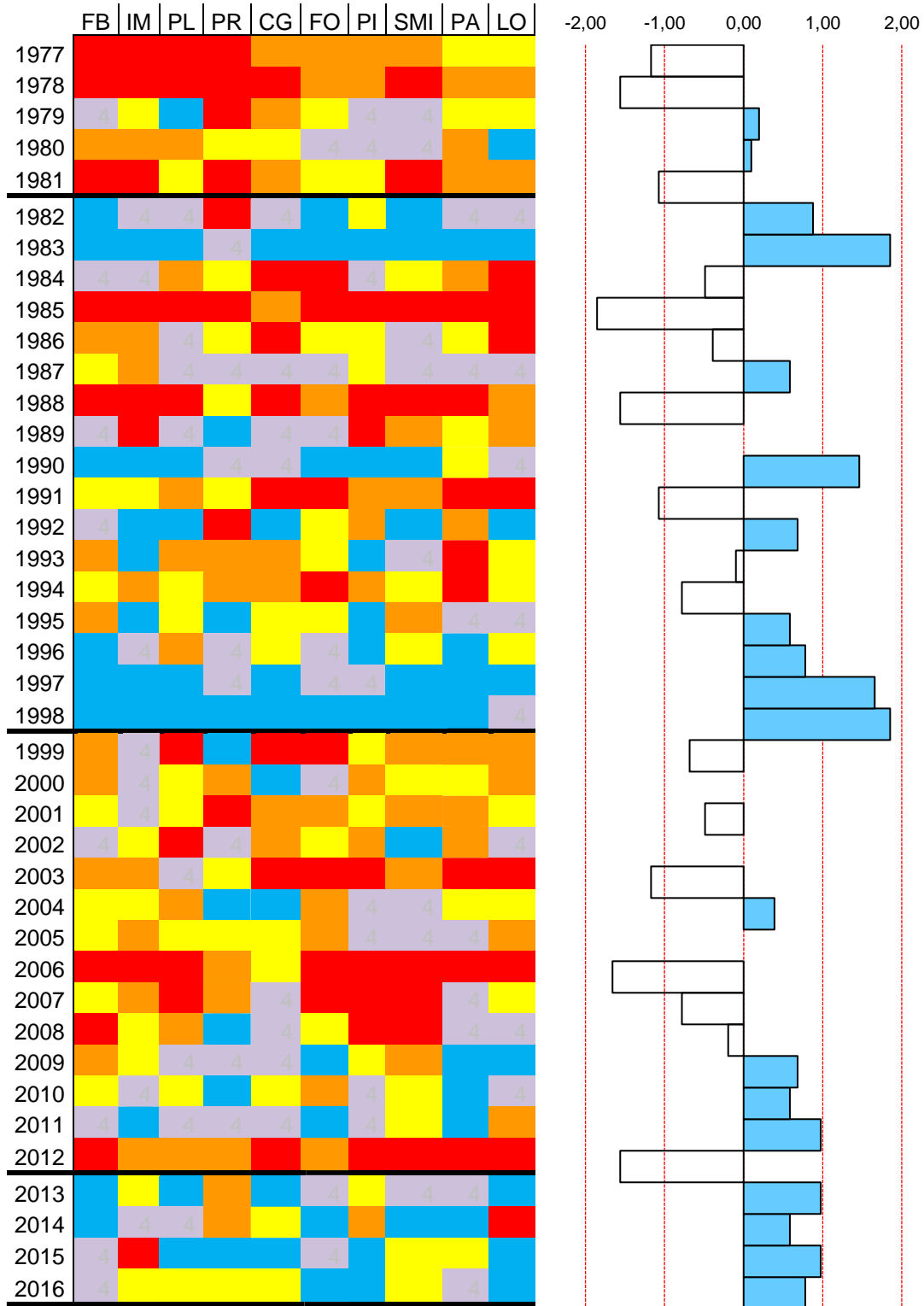
Observa-se que as fases dos períodos predominantes secos e chuvosos indicados anteriormente (ELY, 2019) são mantidas nessa escala com número reduzidos de estações. Essas fases estão destacadas na figura 24 a partir de uma linha preta indicando a passagem de uma fase à outra.

Para a escala das 10 estações, o resultado da metodologia aplicada demonstra algumas modificações nos índices padronizados e nos anos identificados como tendentes a úmidos e que, de acordo com a figura 23, foram alterados para tendentes a secos, como 2001 e assim como o oposto ocorreu em 1979 e 2010 que passam a ser classificados como tendentes a úmidos.

A aplicação da referida metodologia colaborou para a escolha de anos-padrão representativos para o prosseguimento das análises. O critério de seleção desses anos foi a escolha do ano mais atual de cada padrão, para garantir maior disponibilidade de material de subsídio para as próximas análises.

Assim, foram definidos os anos representativos de padrões muito úmido: 1998; normal: 2005 e muito seco: 2006 para os quais serão produzidos os gráficos de análise rítmica.

**Figura 24 - Matriz MGCTI aplicada às precipitações totais anuais na área de estudo (1977 a 2016)**



Fonte: Própria autora, 2019.

## 5 ANÁLISE RÍTMICA DAS CHUVAS

Mapear os padrões e as influências de algumas anomalias que envolvam variação de temperatura e pressão na superfície do mar pode contribuir para compreender mais profundamente os padrões da variabilidade das chuvas identificados para o estado do Paraná (SOUSA, 2006; NASCIMENTO JUNIOR 2013; FRANCO, 2017; ELY, 2019; LIMBERGER, ELY, 2019). O monitoramento das temperaturas da superfície do mar (TSM's), por exemplo, só foi possível em virtude da fase técnica em que a ciência geográfica se encontra. Limberger (2016, p. 10) salienta que “[...] entender a atmosfera como um todo complexo torna-se possível devido ao aprimoramento dos meios de obtenção e distribuição de imagens de satélites, softwares livres e computadores com adequada capacidade de processamento”.

Este desenvolvimento técnico-científico também possibilitou Cavalcanti; Ambrizzi (2009, p. 318) a definirem o termo teleconexão como “um padrão recorrente e persistente de anomalias de uma determinada variável, por exemplo, pressão e circulação de grande escala, que cobre vastas áreas geográficas”.

Subsidiados neste conceito e antes de entender pontualmente os sistemas atmosféricos dominantes na ocorrência das chuvas nos anos selecionados para o Paraná, é preciso elencar as atividades e intensidades dos fenômenos de teleconexões que podem produzir variações nos padrões das chuvas no estado.

A anomalia que foi analisada é aquela definida pelo El Niño Oscilação Sul (ENOS), apresenta significativa contribuição para a variação das chuvas em várias regiões do Brasil, sobretudo no Paraná, além de representar um importante fator da variabilidade de alta frequência. A formação desse fenômeno é caracterizada pela variação dos valores de TSM no oceano Pacífico em relação à média climatológica. A fase fria do ENOS - *La Niña* – é representada por valores da TSM menores que a média climatológica e na fase quente - *El Niño* - a TSM encontra-se acima da média climatológica (NASCIMENTO JUNIOR, 2013; GRIMM, 2009). Dentre os processos de teleconexões, o ENOS

[...] é o mais relevante para a variabilidade climática interanual em escala global. A influência deste modo no clima da América do Sul (AS) processa-se por sua componente atmosférica, que no setor tropical resulta das alterações nas células de Walker e de Hadley, e no setor extratropical, pelo padrão de trem de ondas de Rossby (Zhou e Lau, 2001; Nogués-Paegle et al., 2002). A componente oceânica deste modo oscila entre dois extremos, com o El Niño (EN) em sua fase quente, e a La Niña (LN), na fase fria. [...] chuvas excessivas no sudeste da AS associadas ao EN na primavera e verão são causadas por alterações na circulação atmosférica local que fortalecem a corrente de jato subtropical em altos níveis e o Jato de Baixos Níveis da AS (JBNAS), que intensificados contribuem para a ancoragem das frentes frias nesta região, e para o transporte de umidade equatorial para os subtrópicos. O EN pode também causar alterações nas posições e intensidades de duas zonas de convergência, a do Atlântico Sul (ZCAS)

durante o verão e, a intertropical (ZCIT) durante o outono e, portanto, alterar a distribuição de chuvas no sudeste e nordeste do Brasil. Durante a LN, os padrões anômalos de circulação atmosférica e climáticos são inversos aos descritos para o EN (KAYANO *et al.*, 2016, p. 7).

Há diferenciações em dois tipos do EN, o EN do Pacífico oriental ou Canônico (EP, sigla em inglês) e EN do Pacífico Central ou Modoki (CP, sigla em inglês). A diferença entre os dois tipos é o posicionamento longitudinal das anomalias de TSM positivas no Pacífico, e sua propagação longitudinal, sendo o EN EP propaga essa anomalia para oeste no Pacífico Equatorial Oriental, o EN CP tem essas implicações na região do Pacífico Equatorial Central. Essa diferenciação resulta, na América do Sul, em padrões de anomalias de precipitação com sinais opostos entre os dois tipos, o padrão de chuvas excessivas ou reduzidas é mais acentuado para o EN EP do que para o EN CP (VIEGA; *et al.*, 2019).

No sul da América do Sul, o impacto nas precipitações é devido às variações de circulação da célula de Walker (atuando principalmente nos trópicos) e nas modificações dos trens de ondas no EP, assim como variações da intensidade de fluxo de umidade sobre o continente (TEDESCHI; *et al.*, 2012).

Kayano, *et al.* (2016); VIEGA, *et al.*, (2019); TEDESCHI, *et al.*, (2012) apontam que o ENOS vai influenciar na produção de chuvas na América do Sul a partir da circulação atmosférica. Dessa forma é preciso detalhar a atuação desse evento de teleconexão em cada um dos anos representativos.

No ano de 1998 o ENOS estava em sua fase quente de forte intensidade e ocorreu no primeiro semestre do ano, mas a partir de agosto foi identificada a instalação da fase negativa com fraca intensidade (CPTEC, 2020). O EN ocorrido no verão desse ano foi caracterizado como o “mais intenso já registrado (1997-98), e que foi seguido por uma LN (1998-01) de longa duração (KAYANO *et al.*, 2016, p. 7)” formado na região do EP.

Em 2005, ano de padrão normal das chuvas no Paraná, constituiu uma fase positiva do ENOS somente no verão, com formação de EN CP (KAYANO *et al.*, 2016) de intensidade fraca e fase negativa (LN) a partir de outubro do mesmo ano (NASCIMENTO JUNIOR, 2013).

Já em 2006 houve a ocorrência de EM de intensidade fraca (CPTEC, 2020) para o ano de padrão extremamente seco no Paraná, assim como em 1998, o posicionamento longitudinal das anomalias de TSM positivas no Pacífico foi originado na região EP (KAYANO *et al.*, 2016).

A partir do pressuposto de que a variação da produção de chuvas na América do Sul tem em certa medida ligação à configuração do ENOS, atuando diretamente na dinâmica atmosférica, é preciso esmiuçar a sucessão de tipos de tempo, de forma a compreender

como essa relação se dá no estado do Paraná. Para esse detalhamento foi utilizada a proposta da análise rítmica e espacial.

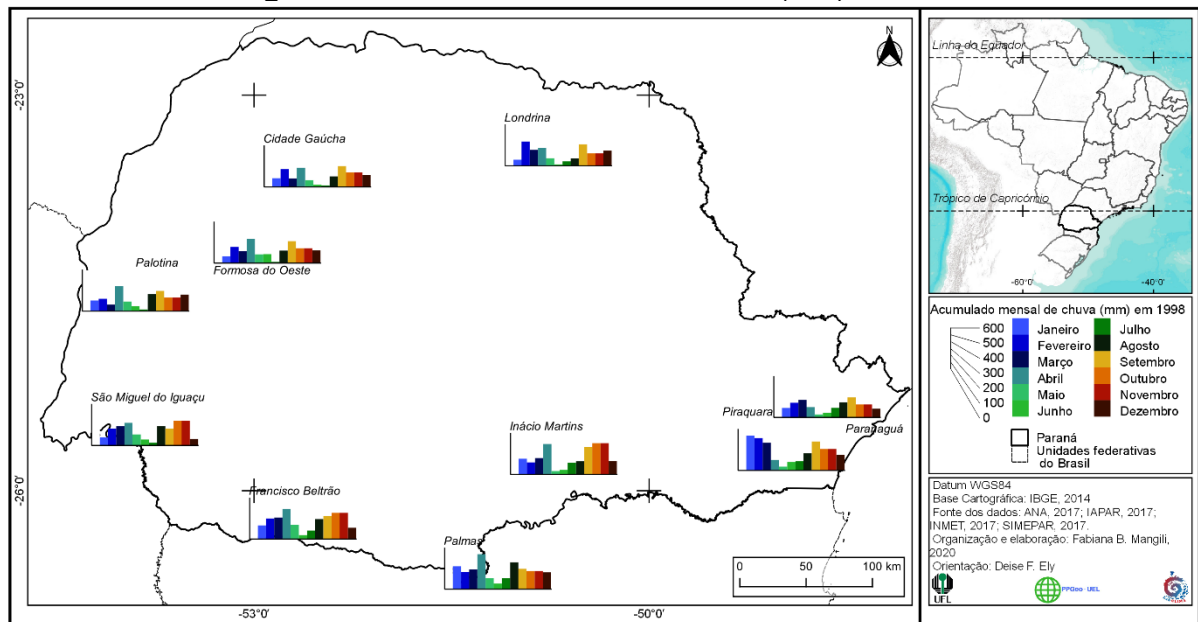
As informações extraídas dessa análise foram subsidiadas no material disponível (cartas sinóticas e dados das variáveis meteorológicas) e complementadas com os apontamentos sobre atividades convectivas realizadas pelo boletim CLIMANALISE. A indisposição de imagens de satélites meteorológicos não permitiu maior descrição da situação atmosférica do período a ser analisado.

### 5.1 ANO PADRÃO EXTREMAMENTE ÚMIDO (1998)

As chuvas durante os meses de verão (figura 18) estiveram acima dos 600 mm nos meses de janeiro e fevereiro em todo o estado do Paraná, com exceção da porção norte que, em média, apresentou totais acima dos 400mm. Na região centro-sul do estado, durante os meses de outono, os totais pluviométricos estiveram acima dos 600 mm (figura 19), enquanto que na porção norte e litorânea os totais pluviométricos foram em média de 360 a 600 mm. De acordo com a figura 20, os meses de inverno totalizaram valores entre até 280 a 600 mm, sendo a região norte com os menores valores, aumentando gradativamente na porção sul do Paraná. No sudoeste do estado, durante os meses de primavera (figura 21), os totais pluviométricos estiveram acima dos 600 mm, enquanto o restante do Paraná registrou chuvas entre 360 a 600 mm.

Os maiores totais de chuva em Londrina, Piraquara e Paranaguá ocorreram nos primeiros 3 meses do ano (Figura 25), sendo Paranaguá a localidade com os valores mais elevados nesse período. Já no restante do estado o mês com maiores acumulados de chuva foi abril, com destaque a Palmas, onde o total atingindo nesse mês foi de 512 mm. Nos meses de inverno há diminuição de valores totais de chuva, sendo retomado o aumento das chuvas a partir de setembro (início da primavera).

**Figura 25 - Acumulado mensal de chuva (mm) em 1998**



Para melhor compreender as variabilidades sazonais e mensais observadas das chuvas na área de estudo no ano de 1998, é necessário entendermos a dinâmica atmosférica a partir da noção do ritmo climático. Para tanto, esta análise foi produzida em escala diária da sucessão dos tipos de tempo. Devido ao tamanho e volume de informações que compõem os gráficos de análise rítmica, optou-se por sua apresentação no apêndice B, gráficos 1 a 10.

Episódios de chuva ocorridos em janeiro tiveram influência da presença de um jato em 850 hPa que organizou convecções na região Sul do Brasil. Estas chuvas atingiram o extremo leste do Paraná, enquanto o norte do estado apresentou os maiores desvios negativos de precipitação (por volta de 50 mm abaixo da média climatológica). Em altos níveis atmosféricos a AB se deslocou para oeste de sua posição climatológica e inibiu a organização da ZCAS durante o mês em questão. O vórtice ciclônico de alto nível atuou sobre o leste da Região Sul do Brasil no dia 17, assim como cavados em altos níveis nos dias 17 e 26 se formaram sobre região Centro-Oeste até a região Sul (CLIMANÁLISE, 1998a).

Nos dias 1 e 2 desse mês, o tempo se manteve sem chuva e com temperaturas máximas acima dos 30°C sob atuação da mTc no norte e no oeste do estado. No dia 2 a mEc atuou no sul e no leste provocando chuva e temperaturas máximas de aproximadamente 26°C. A atuação da mEc se estendeu por todo o estado entre os dias 3 a 7, provocando chuva, principalmente no sul e no leste. No dia 8 houve o deslocamento de uma FPA sobre o Paraná. As chuvas continuaram em Piraquara até o dia 9 e em Paranaíba até o dia 11, devido ao deslocamento da FPA para o Atlântico. Já no restante do estado o tempo se manteve praticamente seco, com diminuição das temperaturas máximas entre os

dias 9 a 11 devido ao domínio de uma mPa. Dos dias 12 a 14, com mais intensidade de atuação na porção oeste do estado, a mTc manteve o tempo seco, com diminuição nos valores de umidade e temperaturas elevadas. Entre 15 e 16 a mEc provocou chuva, principalmente no dia 16, com possivelmente passagem rápida de uma frente fria, pois houve diminuição nos valores de temperatura máxima (destaca-se que não houve sinalização na carta sinótica). As temperaturas máximas voltaram a se elevar entre os dias 18 a 23, com valores acima dos 30°C na porção norte e oeste do estado, sem chuva e com diminuição da umidade devido ao domínio da mTc. No dia 24 houve incursão da mEc que provocou chuvas pelo estado a partir do dia 25 (com exceção de Cidade Gaúcha) e se manteve até o último dia do mês. Nos dias 29 a 31, em Inácio Martins, Francisco Beltrão, Palmas, Piraquara e Paranaguá, além das chuvas, a umidade estava acima dos 90% e as temperaturas em torno de 25°C, indicando a passagem e influência de um sistema frontal nessa região (mas que não está sinalizado na carta sinótica).

No mês de fevereiro, entre os dias 1 a 8 houve várias incursões da mEc garantindo o domínio por todo o estado, provocando chuvas e mantendo o tempo quente. No dia 9 a entrada de um sistema frontal elevou a umidade relativa do ar e diminuiu as temperaturas máximas, inicialmente na porção sul e leste do Paraná e no dia seguinte nas regiões oeste e norte. O sistema provocou chuvas nos dias 10 e 11. Isso se constatou a partir dos valores observados, pois não há cartas sinóticas disponíveis para o período dos dias 10 a 15. Entre os dias 16 a 28 o tempo no Paraná foi dominado pela mEc, que acarretou chuvas por todo o estado, praticamente todos os dias. Destaque para chuvas acima dos 30 mm no dia 28, na porção norte e oeste do Paraná. O escoamento em altos níveis alcançou ventos de magnitude superior a 50 m/s, caracterizando a corrente de jato subtropical sobre o continente e cavados e vórtices ciclônicos atuaram durante o mês na Região Sul do Brasil, causando chuvas e anomalias positivas de precipitação em quase toda a região (CLIMANÁLISE, 1998b).

O padrão meteorológico do fim do mês de fevereiro adentra o mês de março, com o tempo sendo controlado pela mEc até o dia 3. Entre os dias 4 e 7 o tempo permaneceu quente, porém estável, sob o controle da mTa que deixou o tempo estável e quente. Na porção oeste do estado, no dia 8 o tempo foi dominado pela mEc que avançou para o Paraná em sentido leste no dia 9, permanecendo até o dia 11 e contribuindo para a formação e deslocamento de uma FPA sobre o estado no dia 12, responsável pelas chuvas precipitadas em todo o território paranaense. Entre os dias 13 a 15 a posição da mEc manteve a FPA sobre o Paraná, provocando chuvas e mantendo a temperatura elevada. Após a passagem desse sistema frontal, entre os dias 16 e 17 a mPa atuou sem muita intensidade, sendo substituída no dia 18 pela incursão de uma nova mEc, que provocou chuvas e dominou o tempo até o dia 20. Em seguida a mPa atuou no estado no dia 21.

Entre os dias 22 a 24 a mEc volta ao domínio do tempo provocando chuvas e acarretando na formação de uma FPA que atuou sobre a área de estudo no dia 25. Após essa dinâmica, entre os dias 26 e 27 o tempo se configurou de maneira estável e com diminuição das temperaturas devido a atuação de uma mPa. Do dia 28 ao dia 31 o tempo voltou a ficar instável e quente, com chuva por todo o Paraná devido à incursão de uma mEc. Nesse mês houve intensificação do jato subtropical, provocada pelo fenômeno El Niño que favoreceu uma maior instabilidade dos sistemas sinóticos na região Sul do país e, também, ocorreram três cavados em altos níveis que acarretaram em nebulosidade (CLIMANÁLISE, 1998c).

Abril se inicia ainda sob o domínio da mEc. Do dia 02 ao dia 04 as temperaturas caíram e o tempo ficou estável, pois a mPa esteve atuando. Ainda no dia 4 uma LI se formou sobre o estado que estava sob o domínio da mPa e se deslocou no sentido leste no dia 05. No dia 06 a mEc provocou instabilidade no Paraná e acarretou na incursão de uma FPA que atuou sobre o estado nos dias 07 e 08 provocando chuvas. Entre os dias 09 e 16, a mEc voltou a atuar mantendo as temperaturas máximas acima dos 30°C no norte e oeste do estado, umidade elevada e chuva nos dias 15 e 16. Esse sistema atraiu um sistema frontal para o interior do Paraná no dia 17 e 18. Entre 19 e 22 a mPa adentrou ao Paraná mantendo o tempo seco e estável e com temperaturas mais baixas. A mPa atuou ainda no dia 23 na porção sul e litorânea do estado, mas nas demais regiões do Paraná houve a atração de uma mEc que se deslocou para o restante do estado no dia 24 provocando a incursão de uma FPA nesse dia. Entre os dias 25 e 27 a mEc continuou atuando, provocando chuva e atraindo um novo sistema frontal que atuou nos dias 28 e 29 por todo o estado. O mês finaliza com o domínio de uma mPa mantendo o tempo estável e com diminuição das temperaturas. O leste do Paraná registrou os maiores volumes de chuva motivados pela atuação das FPA's e foram observados três cavados em altos níveis (CLIMANÁLISE, 1998d).

O mês de maio iniciou sob o domínio da mPa, com temperaturas máximas próximas a 20°C e com o tempo seco até o dia 11 em todo o Paraná. No dia 12 no extremo oeste e sudoeste do estado ocorreu o predomínio da mEc que produziu instabilidade e atraiu a entrada de um sistema frontal no decorrer dos dias 13 a 16. Nos dias 17 a 24 o avanço da mPa manteve o tempo seco, frio e estável. No dia 25, na porção oeste do estado, houve a influência da mEc provocando instabilidade e acarretando no deslocamento de uma FPA sobre o Paraná nos dias 26 e 27, que provocou chuva. Após a passagem desse sistema, a mPa volta a dominar o tempo, com diminuição de umidade e temperatura até o final do mês. Maio foi demarcado pela atuação de quatro cavados em altos níveis, pela presença da corrente de jato sobre o continente sul-americano e uma pequena participação da Alta Troposférica (CLIMANÁLISE, 1998e).

Junho começou com tempo seco, estável e frio devido a atuação de mPa até o dia 10. Na porção oeste, a incursão de uma mEc nesse mesmo dia e incursão no sentido leste no restante do Paraná, provocando chuva e tempo instável no dia 11, mas sem muitas alterações nos valores de temperatura. Entre os dias 12 a 15 a mPa volta a atuar. Há formação de uma LI no dia 13 no extremo oeste do estado, mas que não provocou chuvas nesse dia. No dia 16 no extremo oeste do estado há o avanço da mEc que vai dominar o tempo no restante do Paraná no dia 17. Nesse mesmo dia há a incursão de uma FPA sobre a região provocando chuva. Ainda há episódios de chuva no dia 18 devido ao predomínio da mEc. Na porção leste e norte o tempo está sob influência da mEc, enquanto há a incursão de uma mPa no sul e sudeste do Paraná no dia 19. Entre os dias 20 a 23, uma mPa mantém o tempo frio e seco. Durante os dias 23 e 24, há a passagem de uma FPA sobre o Paraná provocando chuva. Do dia 25 ao dia 30 o tempo fica dominado pela mPa provocando frio e estabilidade. O mês de junho marca o encerramento do evento El Niño 1997/98 na região Niño-3 e Niño-4. A Corrente de Jato Subtropical encontrava-se centrada em parte do estado do Paraná e durante este mês foram observados quatro cavados em altos níveis que inibiram a produção de nebulosidade significativa (CLIMANÁLISE, 1998f).

Em julho domínio passageiro de uma mEc que se deslocou sentido litoral manteve mais influência e provocou instabilidade nos dias que seguiram. No dia 02 houve o ingresso de uma mPa, mas que dividiu o domínio do tempo com a mEc do dia anterior, principalmente na região sul e leste. Esse domínio acarretou na formação de uma LI no dia 03, provocando chuva na região supracitada. Entre os dias 04 e 07 a mPa estabelece seu domínio por todo o Paraná, mantendo o tempo frio e estável. No dia seguinte até o dia 09, a incursão de uma FPA provoca instabilidade por todo o estado causando precipitação no dia 09. Depois da passagem desse sistema entre os dias 10 até o final do mês o domínio do tempo é exercido pela mPa, com a exceção de incursões de FPA nos dias 18 e 19, 22 e 25, provocando chuvas. Nos dias que antecederam as entradas dos sistemas frontais, havia um sistema de baixa pressão posicionado sobre o oeste do país. Em altos níveis atmosféricos houve a presença da corrente de jato extratropical e do jato subtropical, assim como quatro cavados em altos níveis que causaram forte nebulosidade na região sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 1998g).

Agosto foi um mês que sofreu atuação de quatro cavados em altos níveis e presença do Jato subtropical na área de estudo (CLIMANÁLISE, 1998h). O mês começa sobre o domínio de uma FPA, provocando chuvas por todo o Estado até o dia 3. No dia 4, o tempo é dominado pela mPa, garantindo instabilidade, mas com a aproximação de uma mEc na porção oeste e sudoeste do Paraná há a formação de uma instabilidade, acarretando no deslocamento de uma FPA no dia 5, que provocou chuvas e manteve o tempo frio. Entre os dias 6 e 8, o tempo se manteve estável devido ao domínio de uma mPa. No dia 9 a

aproximação de uma mEc gera instabilidade provocando chuva nos dias que seguem, em todo o Paraná. Esse sistema de baixa pressão provoca a formação e domínio de sistemas frontais até o dia 11. Nos dias 12 e 15 a mEc fica posicionada sobre o Paraná gerando instabilidade atmosférica e acarretando em chuva. Durante esses dias a mTa está posicionada bem próxima ao Estado e ingressa a partir do dia 16, permanecendo até o dia seguinte, mantendo a umidade elevada. No dia 18, devido à aproximação de uma mEc, há o domínio de uma FPA pelo Paraná provocando chuvas por todo o Estado até o dia seguinte. No dia 20, a mTa exerce domínio sobre o tempo no Estado, mantendo a umidade elevada, mas com tempo estável, que é modificado no dia 21, com episódios de chuvas oriundas da aproximação de uma mEc. Nos dias 22 a 24, a mEc exerce influência no tempo do Estado, mas o domínio é de um sistema de alta pressão (mTa). A posição da mEc muda no dia 25 quando se desloca sobre o Paraná e provoca a passagem rápida de uma FPA, atuando somente no sul e leste do Estado no dia 26. Entre os dias 27 a 31 a mPa exerce seu domínio acarretando em temperaturas mais baixas e tempo seco.

Até o dia 02 de setembro o tempo seguiu seco e estável devido ao domínio de uma mPa. Entre os dias 03 e 05 houve mudança nessa situação, como instabilidade e chuva devido à incursão e domínio de uma mEc. Devido a posição dessa massa, no dia 04 houve uma passagem de uma FPA provocando chuva, no sul e no leste do Paraná. No dia 06 teve a passagem de uma mPa causando diminuição das temperaturas. Esse sistema perdeu forças no dia 07, permitindo o domínio da mEc, configurando uma situação atmosférica de instabilidade que acarretou em chuvas por todo o estado. Essa instabilidade provocou a passagem de uma FPA no dia 08. Entre os dias 09 a 11 o tempo foi dominado por uma mPa mantendo a instabilidade característica, que foi modificada no dia 12 com a chegada de uma nova mEc, na região oeste do Paraná. Essa massa gerou a passagem de uma FPA no dia 13, sistema que dominou o tempo nesse dia. Com o deslocamento dessa FPA, houve a incursão da mPa que atuou entre os dias 14 a 17. No dia 15 o domínio desse sistema de alta pressão foi enfraquecido com a instabilidade atmosférica gerada por um sistema de baixa pressão posicionado na parte central do país, causando chuva no Paraná. No dia 18, com a incursão de uma nova mEc, o tempo foi dominado e chuvas geradas na parte sul e leste do Paraná por uma FPA. No dia seguinte a mEc dominou o tempo no estado, cedendo atuação para a mPa no dia 20. Nos dias que se seguiram (21 a 30) o tempo foi controlado de maneira intercalada pela estabilidade da mPa (dias 22, 23 e 24) e instabilidade provocados pelo deslocamento sobre o Paraná de sistema de baixa pressão nos dias 21, 25, 26, 27, 28, 29 e 30. Nesse mês foram observados quatro cavados em altos níveis, associados a frentes que produziram intensa nebulosidade (CLIMANÁLISE, 1998i).

Em outubro o tempo se manteve úmido e com certa estabilidade nos três primeiros dias do mês, pois esteve sobre atuação de uma mTa. Dos dias 4 a 7, chuvas foram

provocadas por todo o estado devido à instabilidade causada por uma mEc, seguida de uma possível passagem de FPA no dia 08 pois no dia 09 o sistema frontal se encontra no Atlântico e o tempo paranaense é denominada por uma mPa, que se manteve até o dia 10. No dia 11 o domínio do tempo é feito por uma mTa que perdia força no dia 12 para uma instabilidade atmosférica causada pela incursão de uma mEc. Nos dias 13 e 14 uma área de alta pressão originada no Atlântico (mTa) volta a interiorizar e dominar o tempo no Paraná, mas já perdendo força no dia 15, com o avanço de uma mEc sobre a região oeste e sul do estado. Devido a esse deslocamento, no dia 16 a instabilidade e chuvas provocadas são pela passagem de uma FPA que influencia também o tempo no dia 17, juntamente com a mEc. Entre os dias 18 a 20, há a predominância de um tipo de tempo estável recorrente do domínio da mPa, seguida pela mTa, que elevou os valores de umidade e temperatura nos dias 21 a 23. No dia 24 há passagem de nova FPA provocando chuvas, seguida de domínio de uma mEc entre os dias 25 e 26, que provocou chuvas pelo estado todo, trazendo a passagem de uma nova FPA no dia 27. Entre os dias 28 e 29 a passagem da mPa manteve o tempo estável até o estabelecimento de um novo domínio de uma mTa, provocando aumento na umidade, mas sem provocar chuvas.

Nos meses de outubro e novembro a América do Sul esteve sob a influência de jatos subtropicais mais fracos e favoreceram a rápida passagem dos sistemas frontais pelo Sul do país (CLIMANÁLISE, 1998I; j).

Em novembro, o domínio da mTa segue nos três primeiros dias deste mês em todo o Paraná. No dia 4, no sul e leste do Estado houve instabilidade e chuva provocada pela mEc, enquanto o restante esteve sob domínio da mTc. Esse sistema manteve o tempo seco em todo o Estado até o dia 07. No dia 08 houve a passagem de uma FPA provocando chuvas somente no sul do Paraná, seguido de um domínio da mEc no dia 09, que causou instabilidade atmosférica e se estendeu até o dia 11. Dos dias 12 a 15, o tempo se manteve quente e seco devido ao controle da mTc. No dia 15 há o deslocamento da MEC, que causou instabilidade na região sul do Paraná nos dias 17 e 18, com rápida passagem de uma FPA no dia 18. No dia 19 houve um rápido domínio no sul do estado de uma mPa, enquanto no restante o tempo seco e quente devido a influência da mTc. No dia 20 esse sistema de baixa pressão controla o tempo em todo Paraná, cedendo nos dias 21 e 22 para a instabilidade atmosférica provocada pela mEc. Em 23 e 24 o tempo se manteve estável e quente devido a presença de uma mTc. Nos três dias que se seguiram a mEc provocou instabilidade em todo o estado, com chuva em algumas áreas. Do dia 28 ao dia 30, a mTc voltou a dominar o tempo mantendo as temperaturas máximas acima dos 30 °C (na porção norte e oeste) e sem chuva.

Em dezembro, nos três primeiros dias do mês o tempo quente e seco foi de responsabilidade da mTc. A incursão de uma mEc provocou chuva nos dias 04 e 05 em todo

o Paraná, assim como a passagem de uma FPA no dia 05. A mEc atuou ainda no dia 06, enquanto os dias 07 e 08 foram influenciados por uma MTC. Nos dias 09 a 12 uma nova incursão de mEc volta a provocar chuvas pelo estado. No dia 13 a mTc volta a exercer domínio diminuindo os valores de umidade, mas perde força com a chegada de uma nova mEc no dia 14 e provoca instabilidade até o dia 16. Esse sistema de baixa pressão provoca a passagem de uma FPA no dia 17. Entre os dias 18 e 19 há estabilidade por todo o Paraná devido a mTc, enquanto que no dia 20 o tempo é dominado pela mTa. No dia 21 a incursão de uma mEc provoca tempo instável e passagem de uma FPA no dia 22. Esse sistema frontal provocou chuvas por todo o estado. A mEc continuou atuando no dia 23 enquanto houve produção de tempo seco com baixa umidade em todo o Paraná entre os dias 24 e 27, devido ao domínio de uma mTc. No dia 28 houve uma nova incursão de uma mEc, causando instabilidade no tempo e provocando o deslocamento de uma FPA no dia 29, que trouxe chuva ao estado. O tempo fica seco e quente nos dois últimos dias do ano devido ao domínio de uma mTc. O jato subtropical volta a se intensificar nesse mês (CLIMANÁLISE, 1998m).

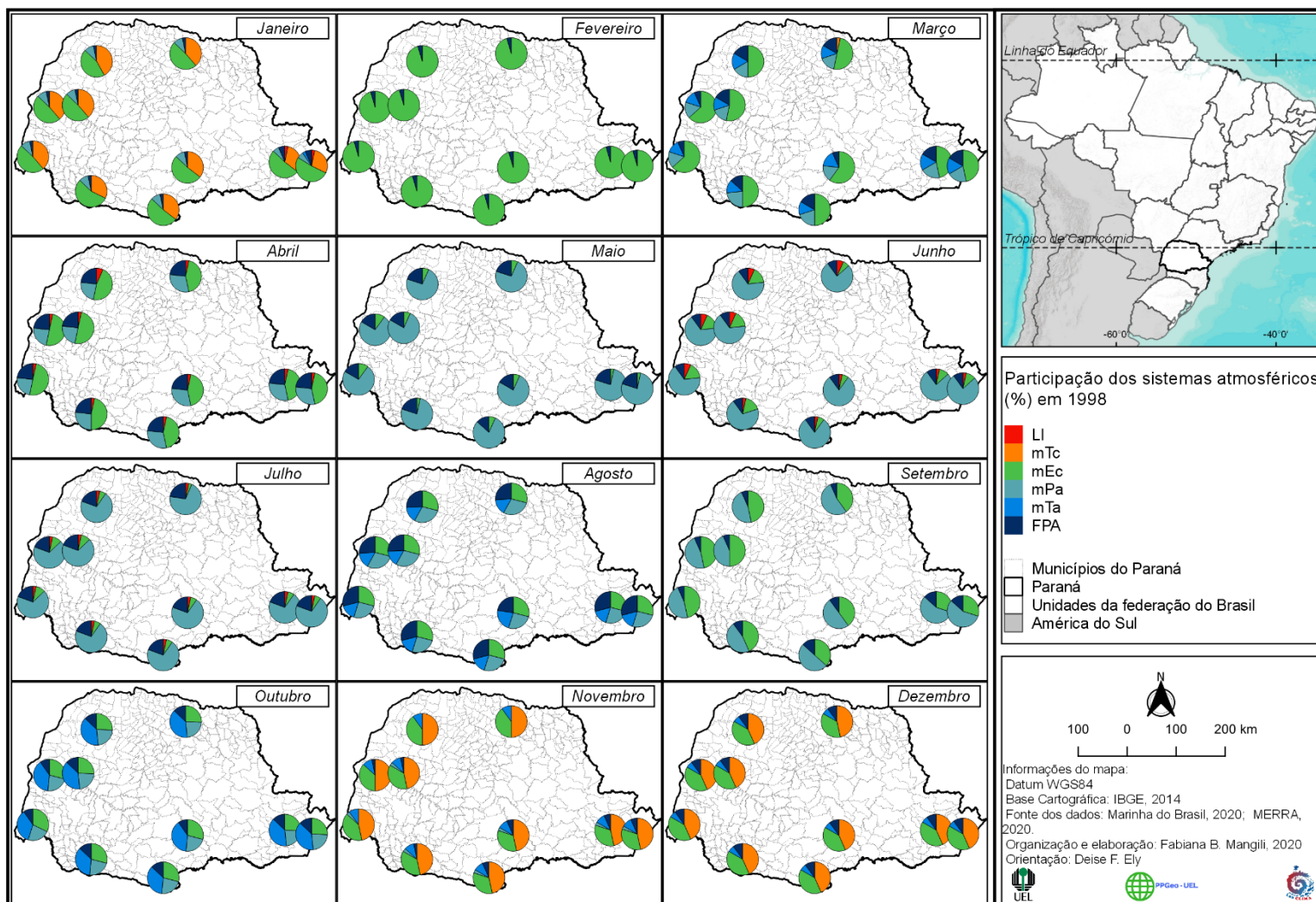
### 5.1.1 Síntese mensal - Frequência e Área de atuação dos sistemas atmosféricos

Nesse ano de 1998 (extremamente chuvoso) observou-se uma frequência de domínios de sistemas úmidos (mEc, FPA e mTa) como produtores e controladores do tempo, representados na figura 26. Observa-se que a frequência de domínio dos sistemas atmosféricos é similar para todas as localidades, com exceção de Piraquara e Paranaguá, que por serem próximas à costa marítima apresentam maior domínio de frentes frias e, conseqüentemente, linhas de instabilidades.

O sistema atmosférico que mais atuou no Paraná em janeiro (figura 26) foi a mEc, seguida pela mTc. A presença desses sistemas de origem continental foi reforçada pela direção média mensal dos ventos em superfície (apêndice A - figuras 43) com sentido oeste-leste, oriundos da região centro – oeste da América do Sul, enquanto a parte central e litoral do Paraná recebeu, predominantemente, ventos de sentido leste-oeste, originados no Atlântico. Fevereiro se manteve com a mesma dinâmica dos ventos em superfície originários da região amazônica que provocaram aumento da participação da mEc no Paraná.

Em março verifica-se a atuação da mPa em todo o Paraná (figura 26), mas o sistema predominante ainda foi a mEc, seguido da mTa e de passagens de FPA's. A média mensal de direção dos ventos em superfície demonstra que os ventos de sentido noroeste-sudeste concentraram na região noroeste do estado, enquanto que o centro e litoral receberam ventos de direção leste-oeste (apêndice A - figuras 43).

Figura 26 - Participação dos sistemas atmosféricos (1998)



A massa de ar mais recorrente no mês de abril foi a mEc seguida de constante atuação da mPa e de sistemas frontais (figura 26). De acordo com a média mensal os ventos vindos do leste (oceano atlântico) se direcionaram à oeste, com exceção da região norte do estado, aonde a orientação é de norte (apêndice A - figuras 43).

Nos meses de outono e início do inverno (maio, junho e julho) verifica-se a presença mais constante da mPa no Paraná, associado ao deslocamento da FPA, principalmente no mês de julho (figura 26). Nesse período, a média de direção dos ventos em superfície prevalece no sentido de leste-oeste e sul-norte, principalmente nos setores centro sul e leste do estado (apêndice A - figuras 43).

Em agosto a mPa continuou o protagonismo de atuação dividida com a mEc, seguida pela FPA (figura 26). No extremo oeste do estado a média mensal dos ventos em superfície demonstra uma origem continental (sentido noroeste-sudeste), enquanto na porção central e litoral do Paraná os ventos foram de direção leste-oeste e no extremo sul os ventos apresentaram direção sul-norte (apêndice A - figuras 43), mesmo padrão observado no decorrer do mês de setembro, mas com uma atuação secundária da mEc (figura 26).

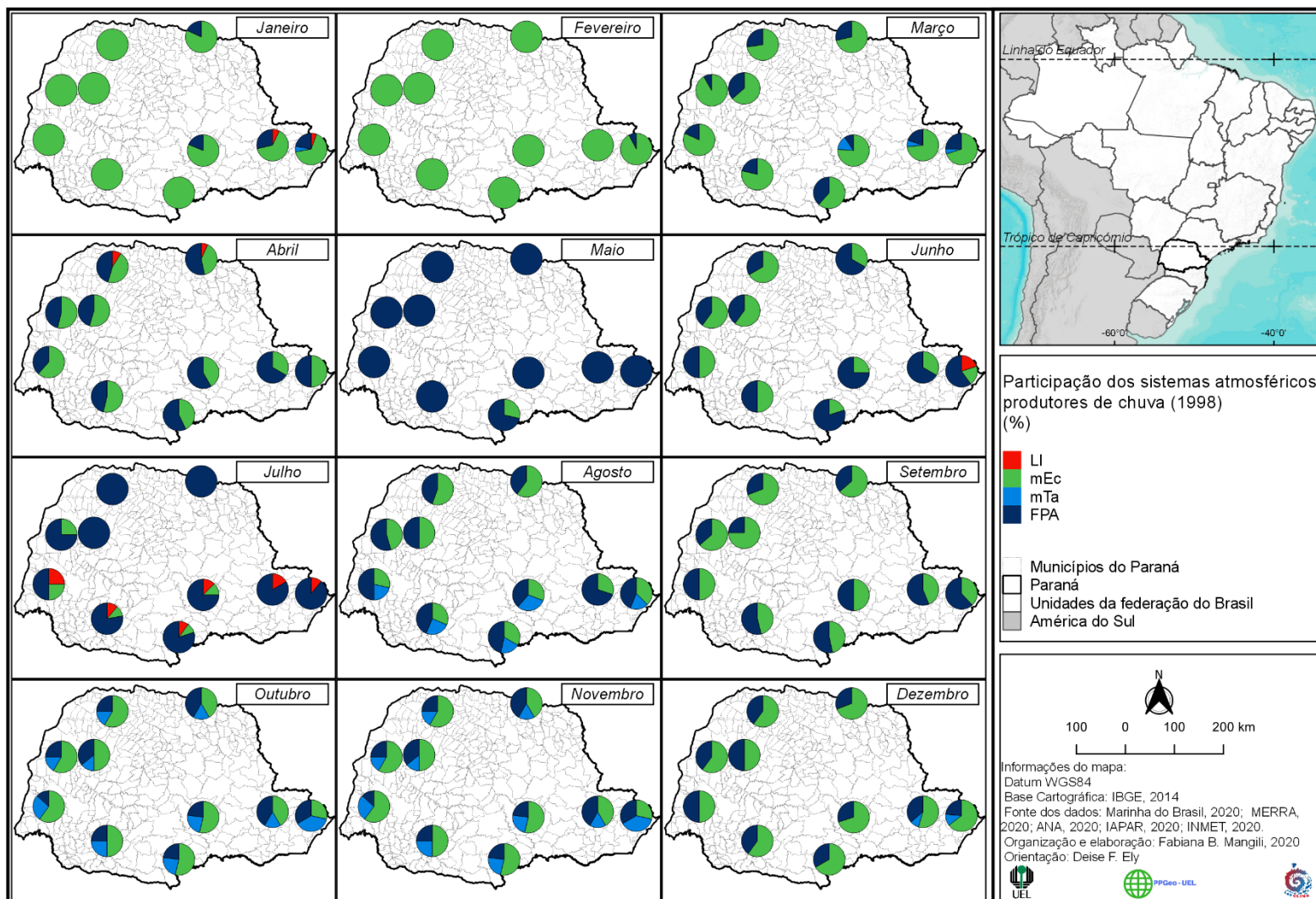
Em outubro, a mTa e a mPa desempenharam um protagonismo na caracterização sinótica no estado (figura 26), influenciada pelos ventos de direção leste-oeste recebidos pela porção central e litoral do Paraná. O extremo oeste recebeu ventos oriundos da região amazônica. Essa dinâmica espacial da média mensal dos ventos em superfície também foi observada em novembro, porém com forte atuação da mTc. Com o início do verão e aquecimento do continente passam a predominar os sistemas continentais no Paraná (mTc e a mEc), quando se verifica que a orientação média mensal dos ventos em superfície na região oeste e norte tem origem amazônica (noroeste-sudoeste), enquanto que no sul e litoral ocorre a predominância da direção leste-oeste. No extremo sudoeste a direção média dos ventos foi sul-norte (apêndice A - figuras 43).

Os sistemas atmosféricos de superfície responsáveis pelas precipitações pluviométricas no Paraná possíveis de serem identificados por meio das cartas sinóticas no ano de 1998 foram as massas mEc e mTa, as FPA's e LI's (figura 27). Foi observada a ocorrência de uma sazonalidade na atuação das massas, principalmente da mEc durante os meses de primavera e verão. Mas durante o inverno houve uma preponderância da FPA.

Nos meses iniciais de 1998 (janeiro a março) a mEc foi a responsável pela formação de chuvas em todo Paraná, com passagens frontais significativas em janeiro (porção leste do estado) e março.

Em abril, a região leste do Paraná teve a maior quantidade de chuva provocada pelas FPA's, enquanto na porção oeste (com chuvas frontais) as chuvas foram predominantemente provocadas pela mEc.

**Figura 27 – Participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva (1998)**



Durante os meses de maio a outubro a FPA foi a principal responsável pelas chuvas em todo o Paraná, nesse período, assim como as linhas de instabilidades. Observou que a posição do sistema de baixa pressão (mEc), mais ao norte do estado permitiu maior deslocamento desses sistemas para o interior do Paraná.

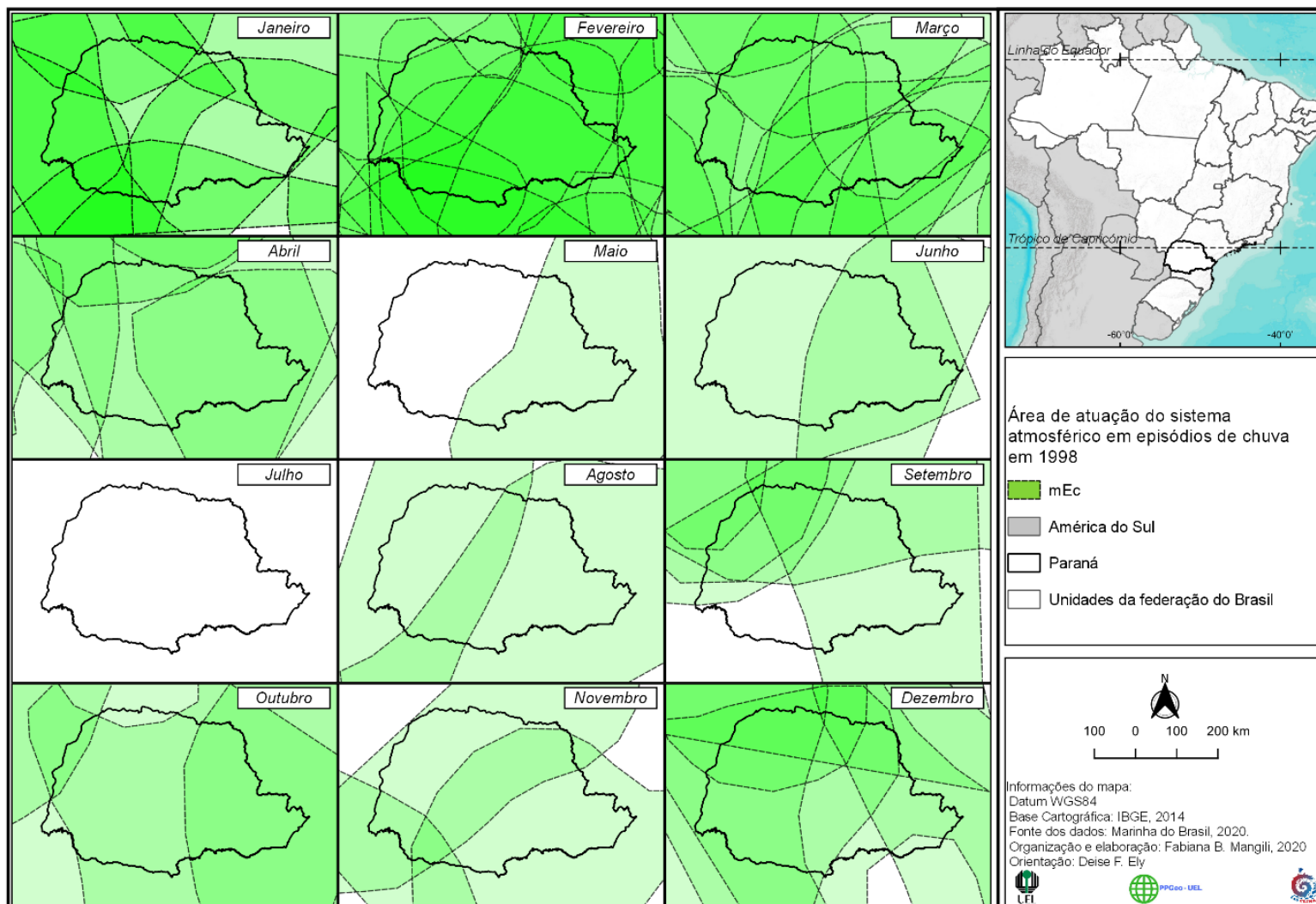
Em novembro e dezembro as chuvas foram provocadas principalmente pela mEc, seguida da FPA e pela mTa (principalmente na costa litorânea do Paraná), ilustrado na figura 26.

Além da quantificação do domínio dos sistemas atmosféricos produtores de chuvas em escala mensal, a compreensão do deslocamento, dinâmica e predomínio espacial, representa mais qualidade ao se inserir uma representação cartográfica desses fenômenos, além da usual exposição gráfica.

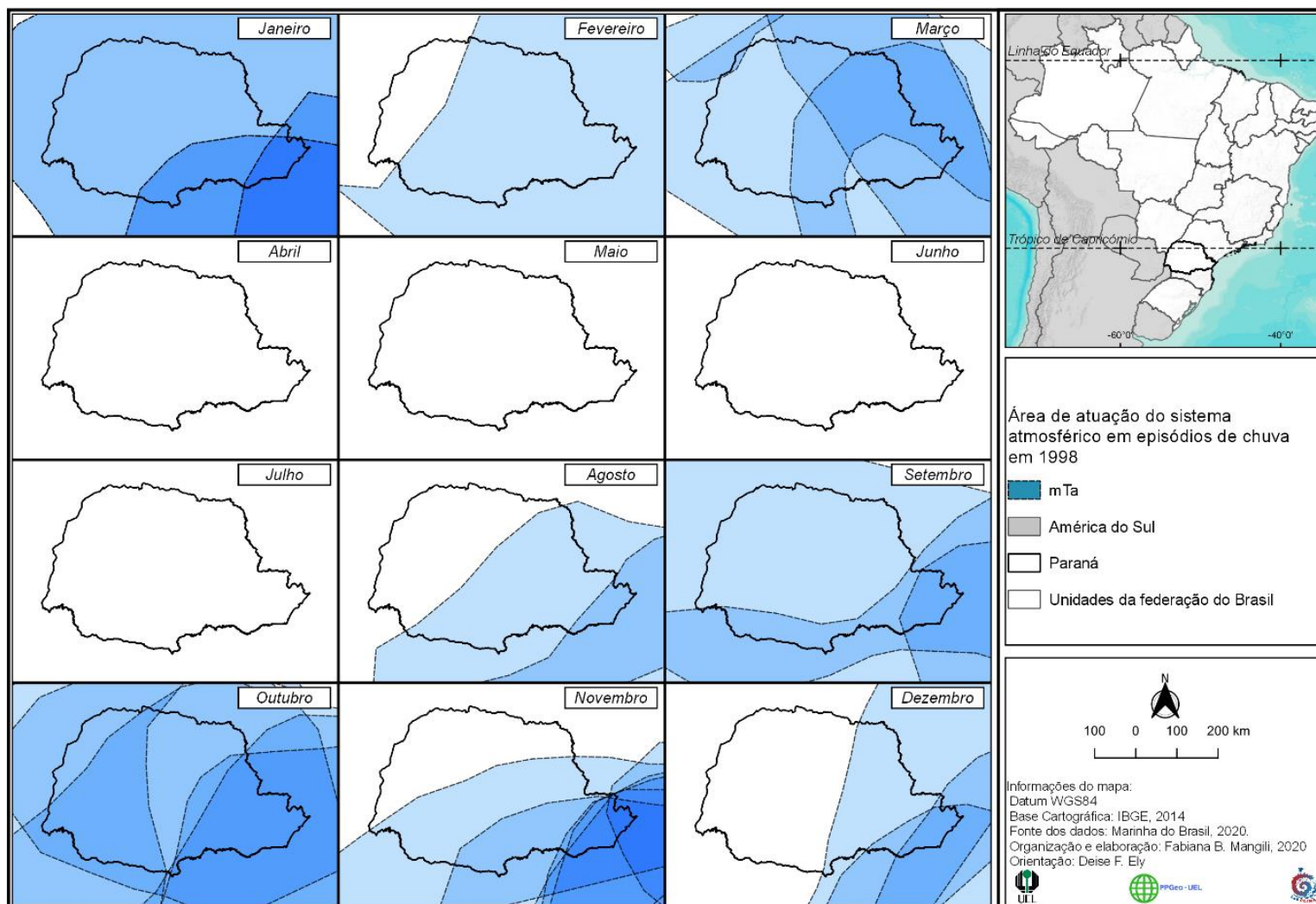
Portanto, como já discutido nos capítulos anteriores, a análise espacial foi aplicada na atuação dos sistemas atmosféricos causadores de chuva (figuras 28 a 30) para o ano de 1998, permitindo observar certos aspectos regionais a serem considerados.

A partir da análise rítmica constatou-se que foi um ano com importante atuação da mEc, principalmente nos meses mais quentes (janeiro a abril, setembro, outubro e dezembro) de verão. A região que esteve sob atuação da mEc por mais vezes foi a região oeste (verde mais escuro) – figura 28. A mTa também foi responsável pela introdução de umidade e formação de precipitação, atuando principalmente no último trimestre do ano sobre a região leste e litoral (figura 29). Os sistemas atmosféricos FPA e LI atuaram todos os meses, com maior frequência para a FPA (figura 30) por todo o Paraná.

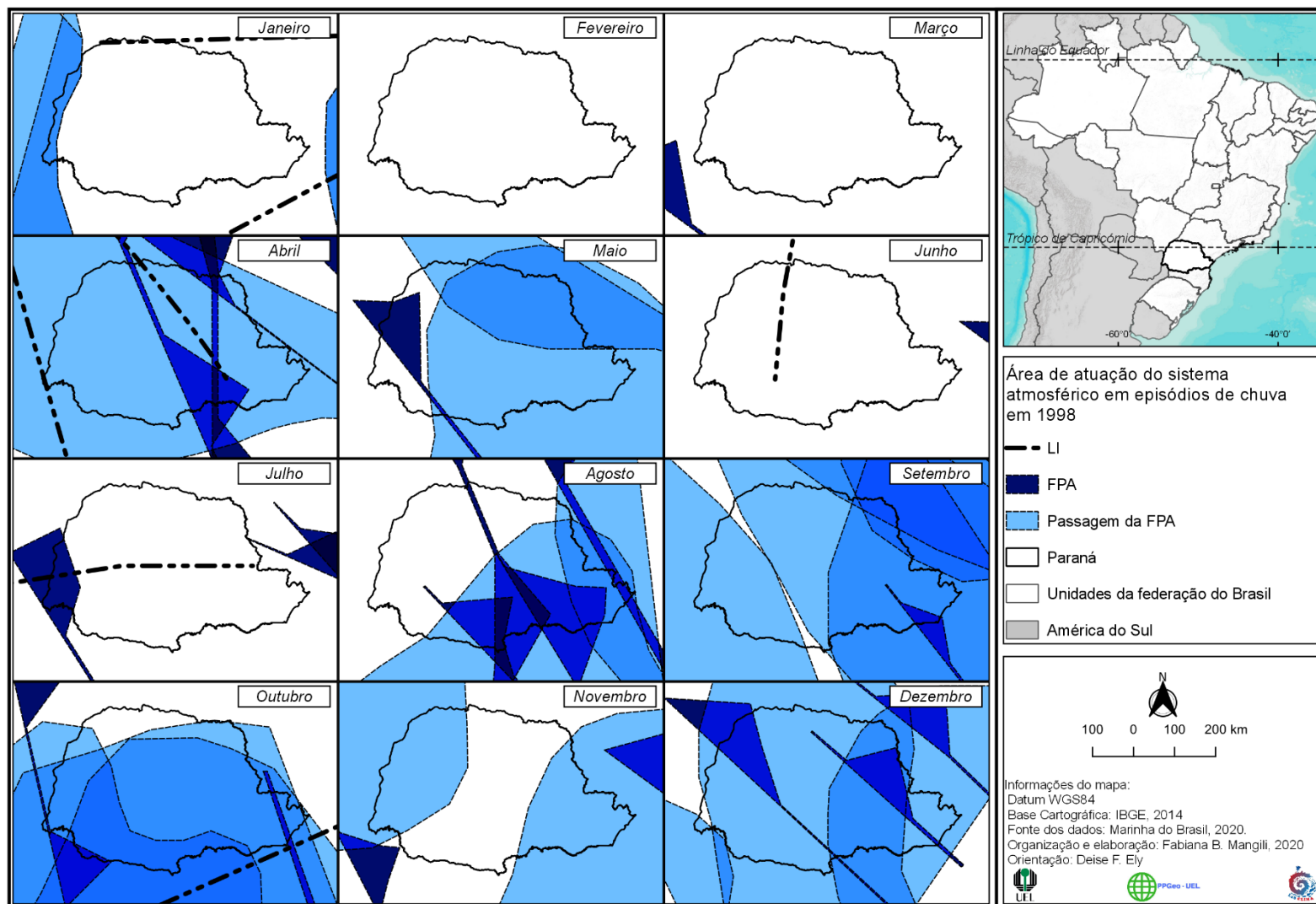
**Figura 28 - Área de atuação da massa Equatorial continental em episódios de chuva mensal (1998)**



**Figura 29 - Área de atuação da massa Tropical atlântica em episódios de chuva mensal (1998)**



**Figura 30 - Área de atuação da Frente Polar Atlântica e da Linha de Instabilidade em episódios de chuva mensal (1998)**

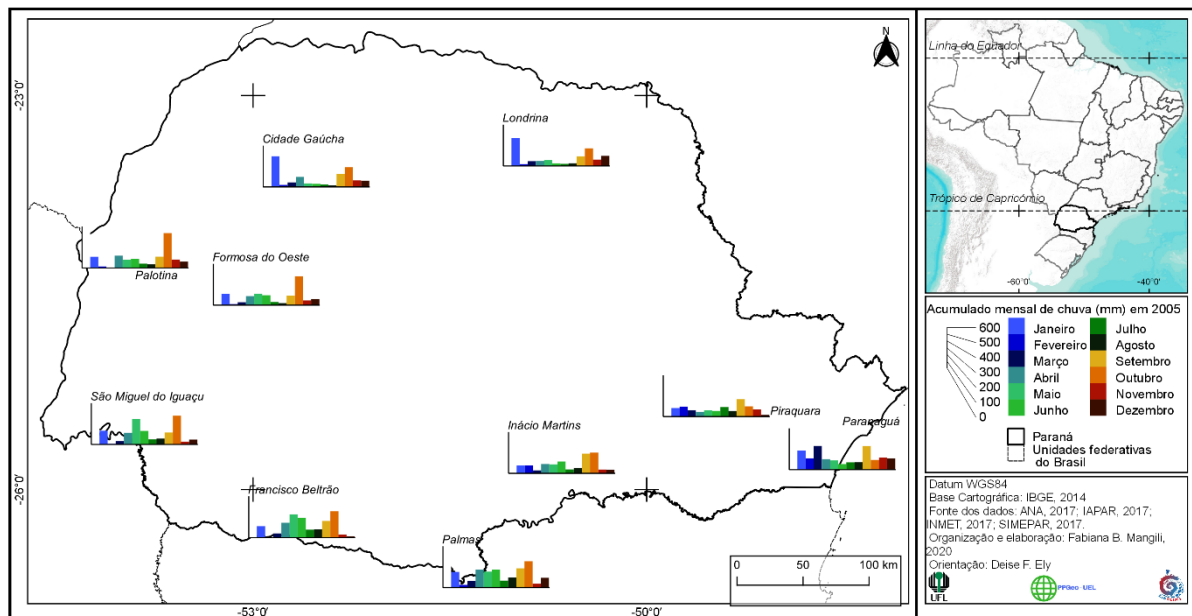


## 5.2 ANO PADRÃO NORMAL (2005)

De acordo com o capítulo 4, durante os meses de verão (figura 18) a porção norte do Paraná teve total acima dos 500 mm, enquanto na região centro-sul as chuvas totalizaram cerca de 280 – 400 mm e o litoral, sendo a região com maiores totais de chuva, registrou valores acima dos 600 mm. Na região centro-sul do estado, durante os meses de outono, os totais pluviométricos estiveram entre 360 a 600 mm (figura 19), enquanto que na porção norte e oeste os totais foram de até 280 mm. De acordo com a figura 20, os meses de inverno totalizaram valores entre até 280 a 600 mm no sudoeste do Paraná, enquanto no restante do estado os valores foram de até 280 mm. O sudoeste do estado, durante os meses de primavera (figura 21), os totais pluviométricos estiveram acima dos 600 mm, enquanto o restante do Paraná registrou chuvas entre 360 a 600 mm.

O mês com maiores acumulados de chuva foi janeiro na porção norte do Paraná (figura 31), com aproximadamente 400 mm, enquanto no restante do estado outubro foi o mês mais chuvoso. Nesse ano de padrão habitual, os meses de inverno apresentam diminuição dos totais de chuva nos meses somente na região norte e leste, enquanto, principalmente na porção sul e sudoeste, a diminuição dos acumulados ocorreu a partir de julho (até setembro).

**Figura 31 - Acumulado mensal de chuva (mm) em 2005**



Para melhor compreender as variabilidades sazonais e mensais observadas das chuvas na área de estudo, no ano de 2005, é necessário entendermos a dinâmica atmosférica a partir da noção do ritmo climático. Para tanto foi produzida essa análise em

escala diária da sucessão dos tipos de tempo. A representação gráfica dessa análise se encontra no apêndice B, gráficos 11 a 20.

Em altos níveis atmosféricos, foi observada a formação de um episódio da ZCAS que contribuiu para que a precipitação ficasse acima da média no norte do Paraná (Londrina e Cidade Gaúcha), o jato subtropical interagiu com os sistemas frontais à superfície contribuindo para que se deslocassem rapidamente pela Região Sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 2005a). Na região sul e leste do Paraná, no dia 1, o tempo foi dominado por uma mTa, enquanto o restante do estado apresenta tempo quente e seco devido a atuação de uma mTc. No dia 2, com a aproximação de uma mEc na parte oeste do estado, há a formação de uma LI, que provoca chuva entre os dias 2 e 3 em todo o Paraná. Dos dias 4 a 6, a mEc continua atuando mantendo o tempo instável em todo o estado. No dia 7 em Londrina e na porção leste há a formação de um LI, no restante do estado o tempo é produzido pela mTa, assim como no dia 8. Entre os dias 9 e 10 uma nova mEc adentra à área de estudo causando pouca chuva. Esse sistema provoca a entrada e permanência de uma FPA nos dias 11 e 12. A partir do dia 13 até o dia 15 o tempo volta a se estabilizar devido ao domínio de uma mTc. No dia 16 há a aproximação de uma mEc que provoca o deslocamento de uma FPA sobre o estado causando chuva e instabilidade até o dia seguinte, quando a mEc volta a influenciar o tempo até dia 24. No dia seguinte há a incursão de uma nova FPA e no dia 26, após a passagem do sistema frontal, o sul do Paraná sofre domínio de um mPa, enquanto o norte segue sobre influência do mEc. A mPa avança seu domínio sobre o Paraná no dia 27. Entre os dias 28 e 29 há uma nova formação de LI, enquanto no dia 30 e 31 o tempo se mantém estável devido à mTa.

O mês de fevereiro se iniciou com 2 dias de domínio de mTa, mantendo estabilidade atmosférica até o terceiro dia do mês, quando a incursão de uma mEc provoca chuva na parte norte do Paraná. Esse sistema exerce domínio até o dia seguinte. Entre os dias 5 e 9 o tempo mantém certa estabilidade e temperaturas elevadas devido ao domínio da mTa. Com a chegada de uma mEc no dia 10 há incursão de uma FPA causando instabilidade somente no sul do Estado. No dia 11 há domínio exercido pela mEc, até o dia seguinte. No dia 14, causando diminuição nos valores de umidade, há o domínio de uma mTc, que permanece até dia 16. A partir do dia 17, há ocorrência de chuva em algumas regiões do Paraná devido à interferência de uma mEc causando instabilidade até o dia seguinte. Essa dinâmica acarretou na formação de uma LI no dia 19, que provocou chuva em algumas localidades. Entre os dias 20 e 25, o tempo paranaense se manteve quente e seco devido ao domínio da mTc. No dia 23 houve a formação de uma LI sobre o sul e o litoral do Paraná, provocando chuva. No dia 25 o domínio é exercido pela mEc, que provoca o deslocamento de uma FPA sobre o Estado entre os dias 26 e 27, repercutindo em pouca chuva. O mês se encerra ainda sobre o domínio da mEc. Na região sul do Brasil houve chuvas abaixo da

média histórica em até 100 mm, este fato decorreu principalmente do posicionamento de um bloqueio atmosférico no sul do continente sul-americano. O Jato subtropical esteve atuante nesse mês, porém com baixa intensidade (CLIMANÁLISE, 2005b).

Em março, o mês se inicia seco com o domínio de uma mTc e se mantém assim entre os dias 2 e 3, mas sobre a influência de uma mPa. Entre os dias 4 e 5 o tempo passa a apresentar instabilidade atmosférica e chuva (principalmente no sul devido à incursão de uma mEc sobre o Paraná). No dia 7 a mTc domina o Estado mantendo o tempo seco e com temperaturas máximas elevadas até o dia 11. No dia 12, há chegada de uma nova mEc que provoca mudanças no tempo, instabilidade e acarretando na formação de uma FPA no dia 13 a 15. Nos dias 16 a 19 o tempo volta a ficar seco devido ao domínio (com maior influência no oeste do Paraná) de uma mTc. No dia 20, o tempo fica sob influência da mEc, que provoca a formação de uma LI no dia 21 e uma FPA no dia 22. Entre os dias 23 a 28, a mTc exerce influência sobre o tempo em praticamente todo o Paraná, com exceção da porção leste que fica sob o domínio da mTa. Nos dias 29 a 31 há instabilidade atmosférica provocada pelo mEc. Em março, a atividade convectiva foi fraca no sul do Brasil, apesar da formação da ZCAS e do Jato subtropical sobre o sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 2005c).

Abril inicia com a mEc atuando nos primeiros dois dias e garantindo a incursão de uma FPA no dia 3, que provocou chuvas até o dia 4. Nos dois dias seguintes o tempo foi controlado pela mTa, mantendo a estabilidade. No dia 7 há a incursão primeiramente no oeste do Paraná de uma mTc que garantiu tempo seco até o dia 13. No dia 14, a mEc está posicionada no sul do país e favorecendo o deslocamento de uma FPA rapidamente pelo sul do Paraná provocando chuva no dia 15. Entre os dias 16 a 18 o tempo foi controlado por uma mPa no sul e litoral do estado, enquanto no restante do Paraná a mTc garantiu o tempo seco. No dia 19 a chegada de uma mEc provocou instabilidade e formação de uma LI, no dia 20, que causou valores elevados de chuva por quase todo o estado. Entre os dias 21 e 22 o tempo volta a ficar seco no norte e oeste do estado do Paraná devido ao domínio do mTc, enquanto no restante do estado o tempo é controlado pela mPa que também acarreta em diminuição da temperatura. Nos dias 23 e 24 houve chuva por todo Paraná provocada pelo domínio e instabilidade da mEc, que causou também a passagem de uma FPA no dia 25. Entre os dias 26 e 29 a temperatura cai em todo o estado devido ao domínio da mPa. Nesse período a aproximação da FPA ainda repercute e causa instabilidade atmosférica. No último dia do mês há nova passagem de um sistema frontal. A atuação de sistemas frontais no mês de abril amenizou a situação de estiagem que persistia a aproximadamente quatro meses na região sul do país estando associadas a magnitude e posição do jato subtropical que intensificou atividade convectiva no sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 2005d).

Em maio, o mês se inicia sobre domínio de uma mPa que manteve o tempo seco e frio até o dia 7. No dia 8 há a passagem de um sistema frontal provocando pouca chuva e

no dia 10 há atuação de uma LI sobre o oeste do Paraná. No dia 11 há o domínio da mTa e no dia 12, ainda sob domínio desse sistema, há a formação de uma nova LI. Entre os dias 13 e 15 o tempo fica estável e é interrompido pela atuação de uma mEc no dia 16, causando deslocamento de uma FPA no dia 17, a mEc continua dominando o tempo até o dia 19, sem causar instabilidade atmosférica, porém sua posição provoca formação de uma LI no dia 20 e passagem de uma FPA no dia 21 provocando chuva por todo o Paraná. Entre os dias 22 e 23 há o domínio de uma mPa, causando diminuição das temperaturas e mantendo o tempo seco. No dia 24 a aproximação e domínio de uma mEc promoveu instabilidade e acarretou na formação e passagem de uma FPA no dia 25. Após a passagem desse sistema, entre os dias 26 e 29 o tempo por todo o Paraná fica estável e com baixas temperaturas devido o domínio da mPa. Durante esse período há uma mEc posicionada a oeste da área de estudo impedindo que a mPa deixe os valores de umidade mais baixos. No dia 30 esse sistema de baixa pressão se posiciona mais próximo da região oeste do estado, provocando a formação de uma LI no dia 31. A atividade convectiva desse mês foi mais intensa e esteve associada à atuação de sistemas frontais e à formação de CCM's; o jato subtropical contribuiu para a intensificação de uma baixa pressão em superfície, causando chuvas intensas sobre o norte do Paraná. (CLIMANÁLISE, 2005e).

Após a passagem de um sistema frontal no Sul do Brasil, o mês de junho se inicia sob o domínio de uma mPa, que mantém o tempo estável até o dia 12. No dia 13 há aproximação de uma mEc provocando a formação de uma LI próximo ao sul do Paraná. Nos dias 14 e 16 o tempo é influenciado pela passagem de dois sistemas frontais. O sistema de baixa pressão (mEc) produziu instabilidade atmosférica no Paraná por esse período, mantendo seu domínio até o dia 20. Entre os dias 21 a 30 o tempo é dominado pela mPa com duas passagens de FPAs, nos dias 27 e 29. Nos primeiros vinte dias de junho, a presença de um bloqueio atmosférico próximo ao litoral sul impediu chuva em quase todo o País. Por outro lado, a ASAS intensificou-se e contribuiu para que a umidade da Amazônia fosse transportada para a região Sul, favorecendo a formação de CCM's no oeste dessa região. (CLIMANÁLISE, 2005f).

O tempo no mês de julho é estável, com baixas temperaturas e com chuva promovida pela passagem de FPA. Esse tipo de tempo foi provocado pelo domínio praticamente integral da mPa por todos os dias. Houve instabilidade atmosférica provocada pela aproximação de um sistema de baixa pressão que impulsionou a entrada de FPA's nos dias 5; 16 a 18 e 22 a 25. Houve atividade convectiva associada à passagem de sistemas frontais (FPA), durante a segunda quinzena do mês, devido a maior atividade do jato subtropical sobre a Região Sul do Brasil. (CLIMANÁLISE, 2005g).

O mês de agosto se inicia com o tempo frio e estável até o dia 7 devido ao domínio de uma mPa. A partir do dia 8 há instabilidade atmosférica devido a um sistema de baixa pressão posicionado no Atlântico. Esse sistema contribuiu para a formação de uma FPA que se deslocou sobre o Paraná provocando chuvas entre os dias 9 e 10, somente na porção sul do estado. Entre os dias 11 a 16, o tempo volta a ser controlado pela mPa. No dia 17 há o domínio na porção oeste do Paraná de uma mEc provocando a entrada de mais uma FPA no dia 18. A partir do dia 19 até o dia 21 o tempo é dominado pela mPa que mantém o tempo seco e estável. Essas características são mantidas pela incursão de uma mTc e eleva as temperaturas entre os dias 22 e 23 atuando com maior intensidade no oeste do Paraná. O sistema de baixa pressão provoca o ingresso e domínio de uma FPA no dia 24. Entre os dias 25 e 27 o tempo volta a ser dominado pela estabilidade provocada pela mPa. No dia 28 não há carta sinótica disponível. No dia 29 o tempo volta a ser dominado pela mTc, que atrai uma FPA no dia 30 provocando instabilidade atmosférica até o dia 31. O desenvolvimento de ciclogêneses próximo ao litoral do sul do Brasil contribuíram para o rápido deslocamento dos sistemas frontais, associado a intensidade do Jato subtropical. (CLIMANÁLISE, 2005h).

Até o dia 3 do mês de setembro o tempo é dominado pela mPa que provoca estabilidade e baixas temperaturas. No dia 4 devido à proximidade de um sistema de baixa pressão forma-se uma LI sobre o Paraná, cedendo domínio para um FPA no dia 5. Entre os dias 6 e 10 o tempo volta a ser dominado pela mPa, mantendo a estabilidade que é interrompida pelo domínio de uma mEc na região oeste do Paraná, que provocou a passagem de uma FPA produzindo chuva até o dia 13. A instabilidade e chuva continuam até o dia 14 devido a formação de uma LI sobre o Paraná. No dia 15 há passagem de um novo sistema frontal. O dia 16 foi dominado pela mPa, exercendo influência até o dia 18. Nesse dia há duas LI's causando instabilidade sobre o Paraná, mas sem provocar chuvas. No dia 19, novamente uma FPA passa sobre o estado causando pouca chuva. A incursão de uma mPa domina o tempo entre os dias 20 e 21 quando há instabilidade atmosférica entre os dias 22 e 23 devido a aproximação de uma mEc sobre o Paraná. Essa instabilidade causa a formação de LI no dia 24 e 25. Dia 26 a mEc volta a dominar o tempo do estado mantendo a instabilidade e causando chuva. Entre os dias 27 e 29 há a incursão de uma mPa, causando certa estabilidade, mas com a aproximação de um sistema de baixa pressão, no dia 30, o tempo paranaense é dominado por uma FPA. Foi um mês com baixa atividade convectiva e influência dos jatos subtropicais no deslocamento das frentes (CLIMANÁLISE, 2005i).

Outubro é iniciado com dois dias seguidos de instabilidade provocada por LI. No dia 4 o domínio é da mEc, que garante a passagem de uma FPA no dia 5 e uma LI no dia 6, provocando chuva nesses dois dias. No dia 7, brevemente há o domínio exercido pela mPa,

já sendo interrompido pela passagem de FPA's por 2 dias seguidos. O tempo volta a ficar seco com a chegada de uma mPa no dia 10, estendendo seu domínio até o dia seguinte. No dia 12 o tempo estável é mantido, mas devido ao domínio da mTc nos dias 14 e 15 há a passagem de uma FPA, seguida de dois dias de formação e atuação de LI's. No dia seguinte (18), há passagem de uma nova FPA e de uma nova LI no dia 19. No dia 21, o tempo é dominado pela mPa. Entre os dias 22 a 29 o tempo em todo o Paraná fica demarcado por intensa instabilidade provocada pelo domínio de uma mEc, causando passagem de FPA's (dias 22, 25 e 28) e formação de LI (27). O tempo volta à estabilidade no dia 30 devido ao domínio de uma mPa, mas encerra o mês com a passagem de uma nova FPA.

Durante o mês de outubro, houve desenvolvimento de ciclogêneses nas proximidades e sobre a Região Sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 2005j). Em novembro as chuvas foram mais escassas na Região Sul, devido ao rápido deslocamento dos sistemas frontais, o jato subtropical provocou intensificação das áreas de instabilidade sobre o Paraná (CLIMANÁLISE, 2005i).

Em novembro, nos dias 1 a 3 houve estabilidade no tempo devido o domínio da mPa. Durante os dias 4 e 5 o tempo passa a ser dominado pela mEc, que não provoca instabilidade. Entre os dias 6 a 11, o tempo volta a ser influenciado pela mPa. No dia 12 um sistema de baixa pressão (mTc) mantém o tempo seco até o dia 16. Dia 17 a aproximação de uma mEc no Paraná causa mudanças no tempo, provocando chuvas devido a formação de uma LI nesse dia e avanço de uma FPA no dia seguinte. O tempo volta a ficar estável no dia 20 devido a passagem de uma mPa, e no dia 21 sobre o domínio de uma mTc. Entre os dias 23 e 24 a aproximação e domínio de uma mEc provoca a passagem de uma FPA produzindo chuvas no dia 25 e 26. No dia 27 a mPa volta a manter o tempo estável em todo o estado, seguida de dois dias de domínio da mTa, que garante aumento da umidade no Estado. O mês é finalizado sob o domínio de uma mEc que provoca instabilidade.

Nos dias 1 e 2 de dezembro o tempo é controlado por LI's e procedido pelo domínio de uma mTa nos dias que seguem. No dia 5, o tempo passa por instabilidade devido ao avanço de uma mEc sobre o Paraná causando a passagem de uma FPA no dia 6. Com temperaturas máximas abaixo de 30°C, o tempo do Paraná nos dias 7 e 8 esteve sobre o domínio da mTa. Houve aumento da umidade relativa do ar no dia seguinte com a chegada de uma mEc, acarretando na formação e domínio da LI nos dias 10 e 11. Após esses episódios, o tempo paranaense volta a ficar seco entre os dias 12 a 16 devido ao domínio de uma mTc. A atmosfera sobre o Paraná volta a sofrer instabilidades com a chegada de uma mEc no dia 17 e provocou passagem de uma FPA no dia 18. Esse sistema de baixa pressão domina o tempo do Estado até o dia 20. Entre os dias 21 a 23 o tempo é controlado pela mTa até passagem de uma nova FPA no dia 24 e formação de uma LI no dia 25. O tempo

volta a ficar seco e quente devido ao domínio da mTc entre os dias 26 a 30. O ano finalizou com instabilidade devido ao domínio da LI. As frentes frias foram frequentes durante todo o mês de dezembro e passaram rapidamente pelo sul do País, proporcionando déficit de precipitação na Região Sul (CLIMANÁLISE, 2005m).

### 5.2.1 Síntese mensal - Frequência e Área de atuação dos sistemas atmosféricos

Neste ano foi observada a atuação da mPa desde janeiro e a mTc esteve predominante por mais tempo (de janeiro a maio e novembro a dezembro), assim como maior formação de LI, em comparação ao ano de 1998. De maneira geral, os sistemas atmosféricos atuantes foram bastante homogêneos em domínio espacial, com exceção das localidades de Piraquara e Paranaguá. Nessa região houve menos domínio de mTc e maior de mTa e mPa, essa última apresentou maior domínio na porção sul do Estado (principalmente em abril), como pode ser observado na figura 32.

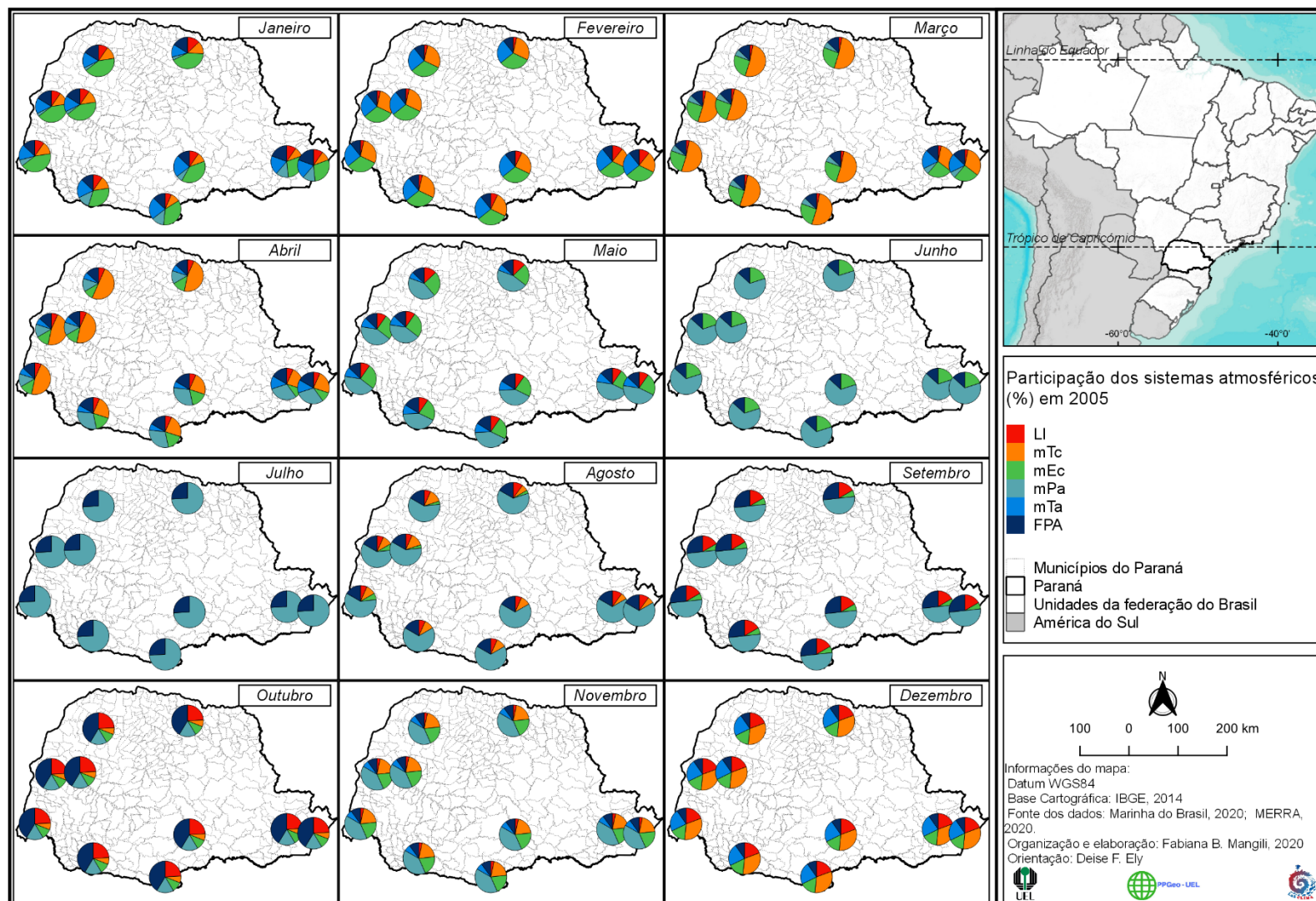
No mês de janeiro os sistemas atmosféricos mais atuantes, de acordo com a figura 32 foram a mEc, seguida da mTa e mTc. A direção média mensal do vento (apêndice A - figuras 44) na região oeste do estado foi de origem amazônica, a porção norte recebeu ventos de direção nordeste-sudoeste, e a região sul ventos sentido leste-oeste.

As massas de ar que mais atuaram em fevereiro foram a mEc seguida da mTa e mTc. No que se refere aos ventos em superfície, a região oeste do estado teve ventos de direção sudeste-noroeste e sul-norte e o restante do Paraná esteve sob influência de ventos oriundos do oceano Atlântico (apêndice A - figuras 44).

Com média mensal de ventos em superfície de direção oeste-leste e nordeste-sudoeste na região noroeste do estado e direção leste-oeste para o restante do Paraná (apêndice A - figuras 44), o mês de março foi dominado por massas de ar quentes, principalmente a mTc, seguida da mEc e mTa (figura 32).

Em abril a mTc foi a mais atuante em toda a área de estudo, seguida da mPa (figura 32). A direção média mensal dos ventos em superfície apresentou uma pequena variação em comparação com os primeiros meses do ano, na região do litoral paranaense foi de sul-norte e na região limítrofe com o Paraguai (extremos oeste do Estado) os ventos se orientaram norte-sul e o resto do estado esteve sob ventos de direção leste-oeste (apêndice A - figuras 44).

**Figura 32 - Participação dos sistemas atmosféricos (2005)**



O mês de maio foi de constante domínio da mPa (figura 32) e ventos de superfície com direção média mensal leste-oeste. Em junho a mPa continuou com atuação marcante em todo território paranaense, seguida da mTa. A região sul e litoral do Estado teve média mensal de ventos em superfície de direção nordeste-sudoeste e a região norte esteve sob influência de ventos de direção leste-oeste (apêndice A - figuras 44).

Em julho a orientação média sul-norte de ventos de superfície na região sul e litoral e leste-oeste no restante do estado do Paraná (apêndice A - figuras 44) provocou forte domínio atmosférico da mPa e frequente atuação da FPA (figura 32).

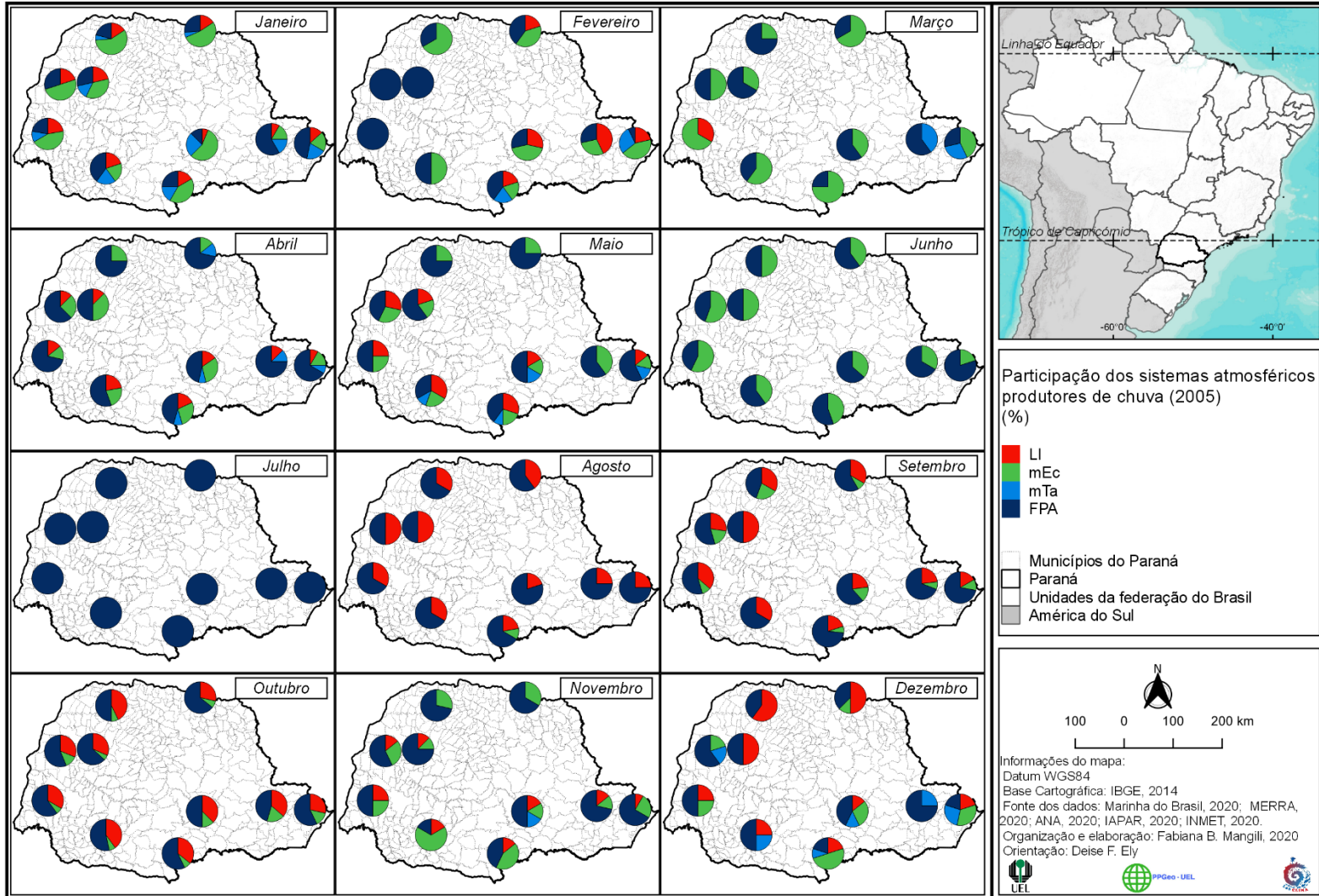
Agosto houve maior frequência da mPa, constante incursões da FPA e certa atuação da mTc (figura 32). A direção média mensal do vento em superfície na região sul e litoral esteve com orientação nordeste–sudoeste e no norte e centro do estado do Paraná os ventos apresentavam direção leste-oeste e no extremo oeste orientação norte-sul (apêndice A - figuras 44).

Em setembro a mPa continuou atuando por mais tempo assim como a FPA. A mEc que não atuou no mês anterior, apresentou pouco domínio nesse mês (figura 32). Os ventos em superfície foram em média de direção sudoeste–nordeste para o extremo oeste do estado e o restante do território a direção média foi de sudeste–noroeste (apêndice A - figuras 44).

No último trimestre do ano de 2005 a direção predominante dos ventos em superfície manteve a mesma característica espacial, sendo em média de direção leste-oeste (apêndice A - figuras 44). No mês de outubro o sistema atmosférico que mais atuou foi a FPA seguido de formações de LI e presença da mEc. Em novembro, a mPa manteve maior domínio, seguido da mTc e mEc e em dezembro a maior frequência de controle do tempo foi da mTc, da mTa e da mEc (figura 32).

A partir da descrição dos processos convectivos realizados pelo Boletim Climanálise e da análise rítmica produzida, os sistemas que provocaram chuvas nos pontos de estudo, estão ilustrados na figura 33, sendo as massas mEc e mTa, e as formações LI e FPA. Neste ano de valores habituais de chuva, observou-se que houve maior diversidade de frequência de domínio dos sistemas, em comparação com o ano de 1998 (ano extremamente chuvoso). As chuvas foram provocadas principalmente pela FPA e LI, com exceção dos meses de janeiro e novembro, sendo a mEc foi a maior responsável.

**Figura 33 - Participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva (2005)**



Os maiores totais pluviométricos em janeiro foram de origem convectiva, associados ao deslocamento da mEc e na porção leste foi de origem frontal, interligada à passagem de FPA's (figura 33).

Em fevereiro, as chuvas provocadas na região oeste do estado do Paraná foram oriundas do deslocamento da FPA e na região leste foram resultados de formação de LI. As chuvas de março foram provocadas principalmente pela mEc seguida da FPA e LI, e pouca porcentagem de domínio da mTa na costa leste (figura 33).

No mês de abril a umidade vinda do atlântico por meio da mTa foi a responsável por pouca chuva no setor leste e nordeste do Paraná, a FPA foi a maior responsável pela precipitação pluviométrica, assim como em maio que teve também domínio da mEc como responsável pelos episódios de chuva (figura 33).

Em junho (figura 33) as chuvas foram em grande maioria frontais, com participação de domínio da mEc. No mês de julho as chuvas foram provocadas por sistemas frontais. Em agosto a formação de LI foi o sistema que provocou os maiores totais de chuva no estado do Paraná, assim como a FPA (principalmente no litoral).

As chuvas ocorridas em setembro e outubro foram de origem frontal (FPA) e da formação de LI e em menor quantidade ocorreu chuvas convectivas a partir da passagem da mEc, como ilustrado na figura 33.

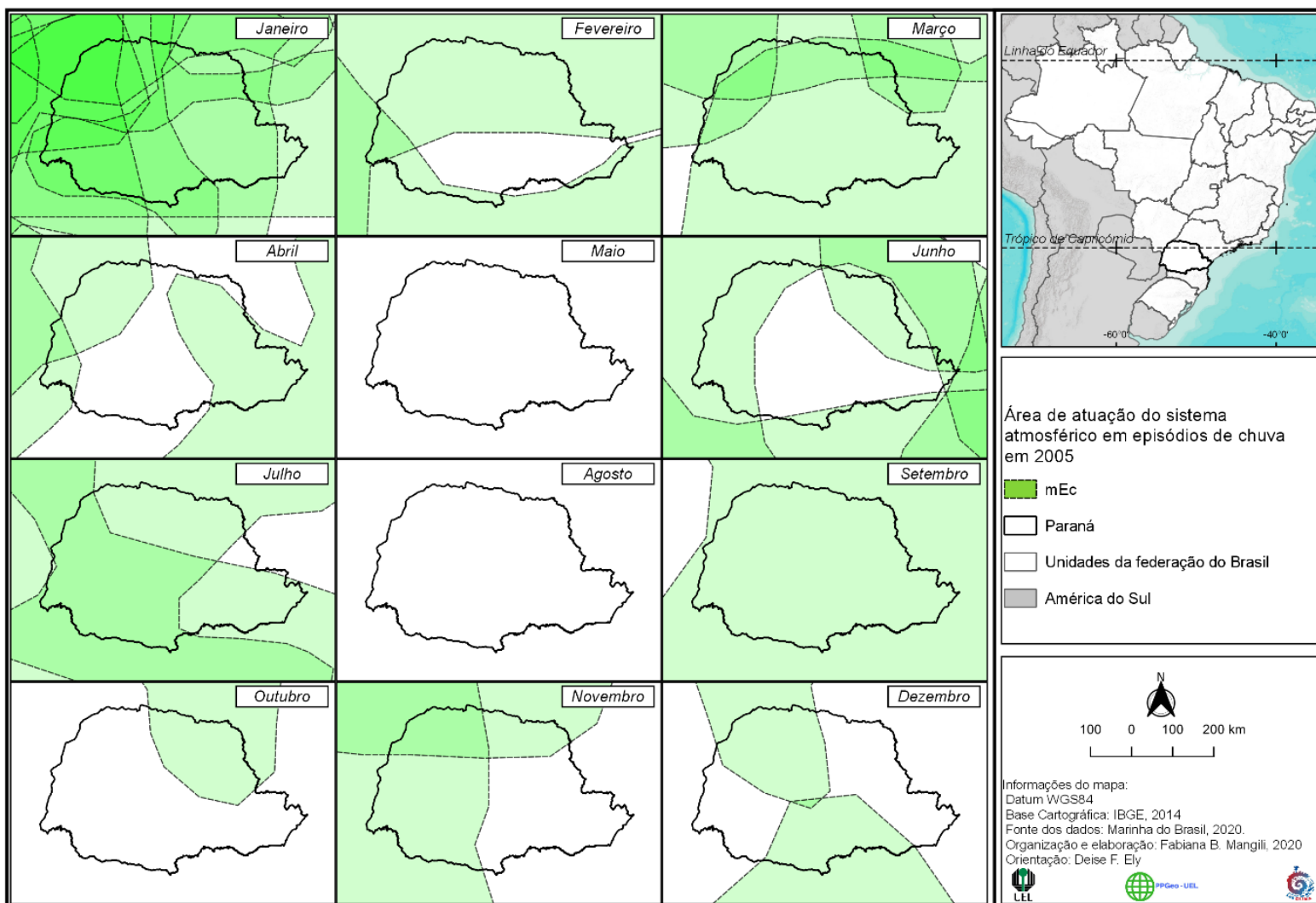
Em novembro, de acordo com a figura 33, a atuação da mEc volta a exercer maior domínio na produção de chuvas pelo estado, seguida da FPA. As frentes frias foram frequentes durante todo o mês de dezembro e responsáveis pelos volumes de chuva, assim como a LI e a mEc (principalmente no extremos sul e litoral).

Esse resultado pode ser melhor entendido a partir da análise espacial da atuação dos sistemas atmosféricos causadores de chuva (figuras 34 a 36), assim como foi realizado na análise do ano de 1998, onde buscou-se visualizar aspectos regionais além da quantificação e qualificação dos domínios desses mecanismos.

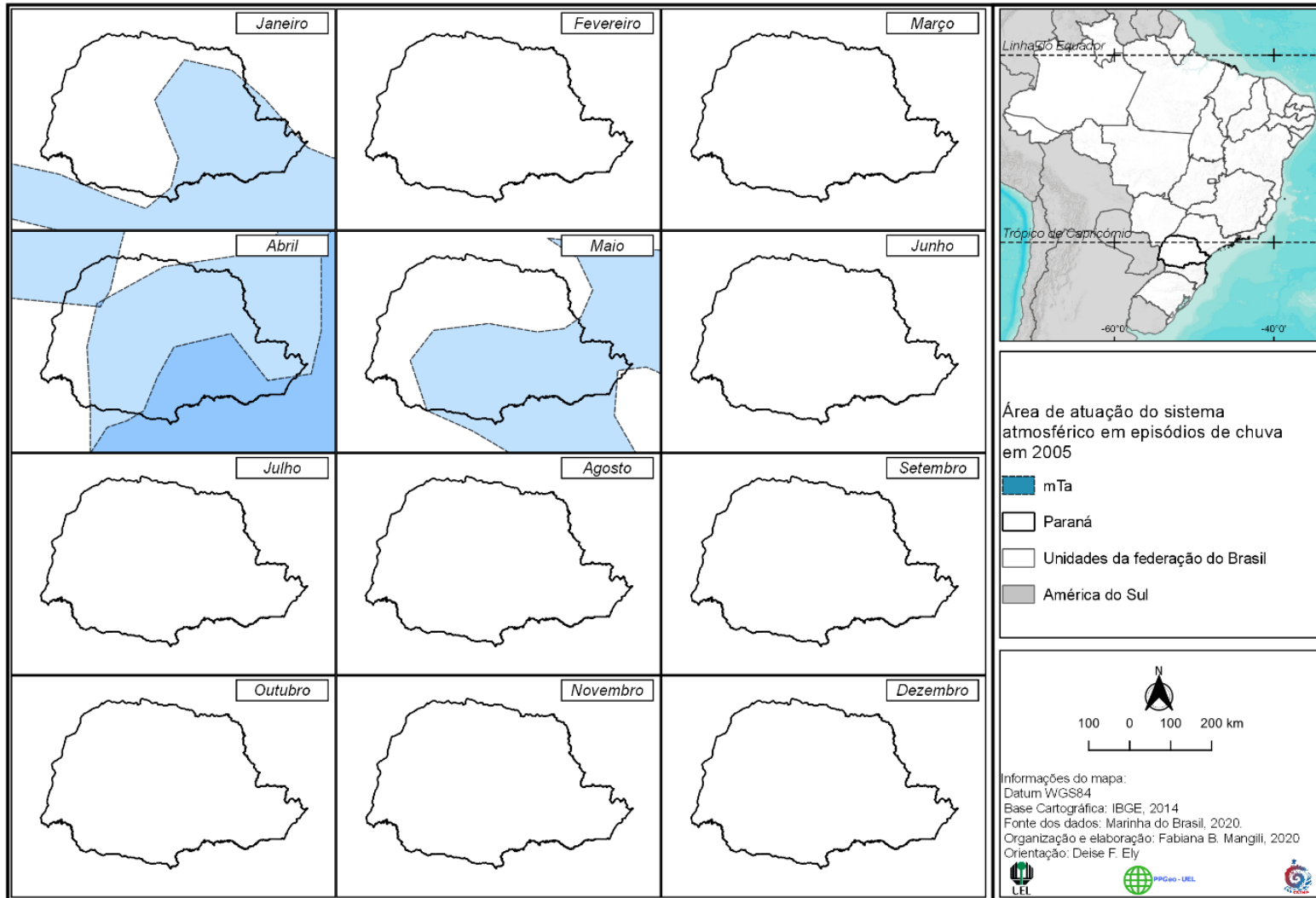
A atuação da mEc ocorreu principalmente no primeiro semestre (com exceção de maio) com maior influência na produção das chuvas na região oeste e norte (verde mais escuro). A mTa provocou chuva somente em janeiro, abril e maio, principalmente na região leste.

Houve maior atividade de sistemas convectivos e frontais, sendo os principais responsáveis pelos maiores valores de chuva durante todo o ano, principalmente no segundo semestre.

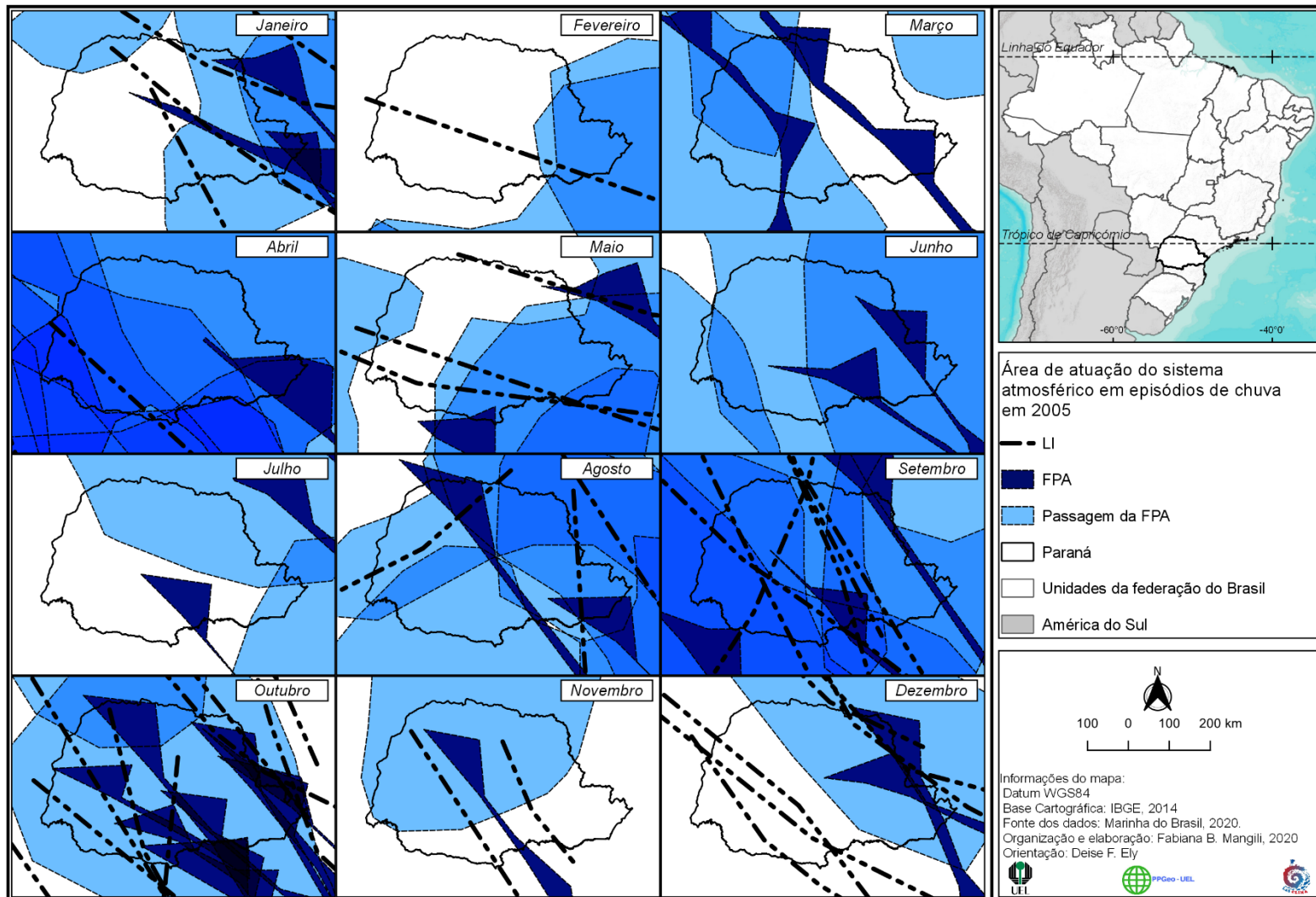
**Figura 34 - Área de atuação da massa Equatorial continental em episódios de chuva mensal (2005)**



**Figura 35 - Área de atuação da massa Tropical atlântica em episódios de chuva mensal (2005)**



**Figura 36 - Área de atuação da Frente Polar Atlântica e da Linha de Instabilidade em episódios de chuva mensal (2005)**

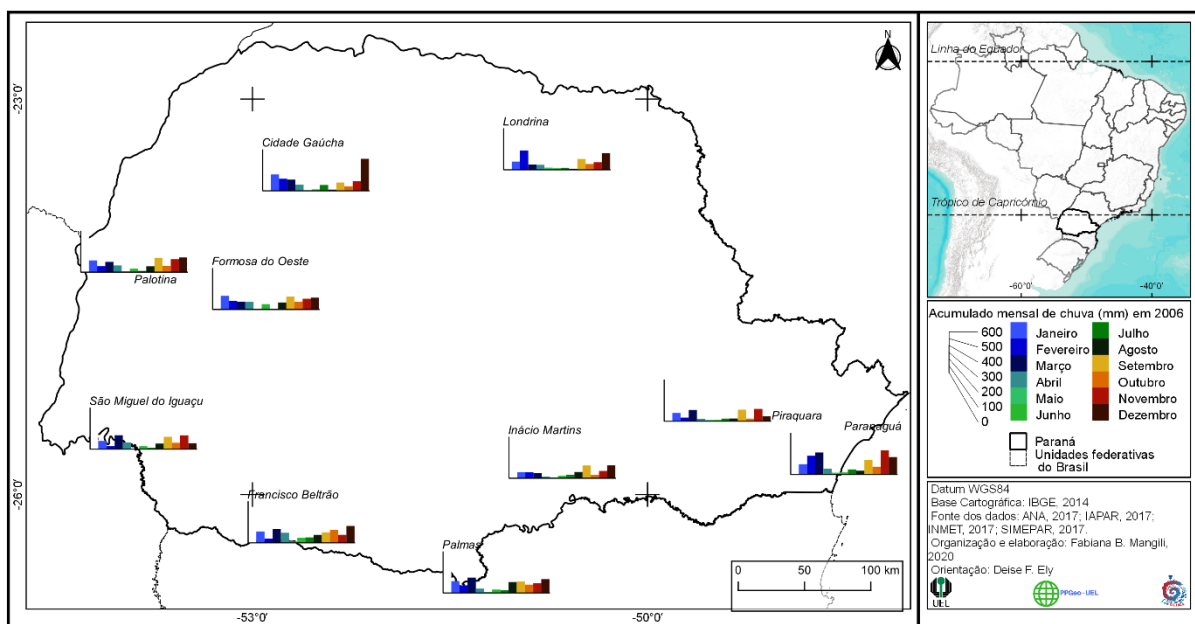


### 5.3 ANO PADRÃO EXTREMAMENTE SECO (2006)

As diferenças regionais de atuações dos sistemas atmosféricos são importantes para compreendermos as diferenças dos totais de chuvas registrados no ano de 2006, já que foi caracterizado como um ano extremamente seco. De acordo com o capítulo 4, durante os meses de verão (figura 18) a porção norte e o litoral do Paraná tiveram totais acima dos 440 mm, enquanto o restante do Estado teve registros abaixo dos 440 mm. Nas porções extremas do sudoeste e noroeste, assim como no litoral paranaense, durante os meses de outono, os totais pluviométricos estiveram entre 280 a 440 mm (figura 19), enquanto no restante do Estado os totais pluviométricos não ultrapassaram os 280 mm. De acordo com a figura 20, os meses de inverno totalizaram valores até 280 mm em todo Paraná. A faixa norte do Estado, durante os meses de primavera (figura 21), acumulou totais pluviométricos entre 280 a 400 mm, enquanto a faixa central registrou chuvas sazonais de 440 a 680 mm.

O ano de 2006 foi classificado como extremamente seco e se observa isso a partir da figura 37, onde não houve volumes muito elevados de chuva nos meses de verão em praticamente todo o estado, com exceção do litoral e norte paranaense. Os meses de inverno foram os que tiveram menor totais de chuva. A partir da primavera (setembro) houve um aumento gradativo dos totais de chuva principalmente no oeste. Dezembro, na porção sul do Paraná, foi o mês com os maiores acumulados de precipitação pluviométrica.

**Figura 37 - Acumulado mensal de chuva (mm) em 2006**



Para melhor compreender as variabilidades sazonais e mensais observadas das chuvas na área de estudo no ano de 2006, é necessário entendermos a dinâmica atmosférica a partir da noção do ritmo climático. Para tanto, esta análise foi produzida em

escala diária da sucessão dos tipos de tempo e os gráficos estão no apêndice B, gráficos 21 a 30.

No mês de janeiro de 2006 foi observada a rápida passagem de sistemas frontais pela Região Sul, provocando chuvas que excederam a média em áreas isoladas do Paraná. A estiagem observada no mês de dezembro/2005 prolongou-se até meados de janeiro, provocando chuvas abaixo da média principalmente no norte e leste do Paraná (CLIMANÁLISE, 2006a).

A sucessão habitual dos tipos de tempo em janeiro de 2006 indicou que o mês iniciou com instabilidade devido ao domínio de uma mEc até o dia 6. Houve chuva provocada no dia 2 oriunda de uma LI por grande parte do Paraná. Uma FPA no dia 4 se deslocou somente pela região Sul e litoral. Houve certa estabilidade entre os dias 7 e 11 devido o domínio da mTa, sendo interrompida pela chegada de uma mEc no dia seguinte que provocou instabilidade e chuva. Os valores de umidade relativa do ar foram diminuindo gradativamente entre os dias 13 a 16 devido o domínio de uma mTc. Entre os dias 20 a 31 o tempo no estado fica bastante instável devido ao domínio de uma mEc, provocando formações de LI no dia 22, 26 e 29, assim como a passagem de uma FPA no dia 30. Esse domínio causou chuva por dias seguidos principalmente no sul e no litoral do Paraná.

Em fevereiro houve estabilidade e temperaturas elevadas por todo o Paraná até o dia 3. A partir do dia 4 até o dia 28, o tempo é perturbado por instabilidade atmosférica devido a incursão e domínio de algumas mEc. Essas incursões resultaram em formação de LIs (dias 7, 16 e 20) e passagens de sistemas frontais (5,11,17, 22 a 24), que provocaram dias consecutivos de chuva, principalmente no sul do Paraná. Considerando o escoamento climatológico em 200 hPa, o jato subtropical esteve menos intenso neste mês, provocando déficit de precipitação em toda região Sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 2006b).

O mês de março se iniciou instável sobre o domínio da mEc até o dia 5, com a passagem de uma FPA no dia 4, provocando chuva por todo o Paraná. A instabilidade cessa com o domínio de uma mPa entre os dias 6 a 8. A mEc se aproxima do Paraná no dia 9, provocando a passagem de um sistema frontal no dia 10. O tempo volta a apresentar estabilidade entre os dias 11 e 12 (domínio da mPa) e 15 a 17 (domínio da mTc). No dia 19 a incursão de uma nova mEc provoca chuvas e instabilidade até o dia 29, com passagens de sistemas frontais nos dias 21, 24 e 29. No dia 30 a incursão de uma nova mPa mantém o tempo seco até o último dia do mês em todo o estado. Devido ao posicionamento da AB nesse mês, a sudoeste de sua climatologia foi observado aumento da atividade convectiva sobre a Região Sul do Brasil. A formação de áreas de instabilidade, associadas à passagem de sistemas frontais, favoreceu o aumento das chuvas nos setores central e oeste da Região Sul (CLIMANÁLISE, 2006c).

O mês de abril esteve praticamente por todos os dias sobre o domínio da mPa que manteve o tempo seco e com a temperaturas mais baixas. O único sistema de baixa pressão (mEc) que esteve sobre o Paraná foi no dia 7. A mEc esteve mais distante do estado nesse mês, o que garantiu maior domínio da mPa. As chuvas ocorridas foram de origem frontal, referente as passagens desse sistema nos dias 6, 10, 15 e 21. Houve rápida passagem dos sistemas frontais pela região sul do Brasil resultando em chuvas abaixo da média (CLIMANÁLISE, 2006d).

Em maio houve estiagens favorecidas também pela posição do jato subtropical que esteve um pouco mais ao norte do que a média climatológica (CLIMANÁLISE, 2006e). Assim como o mês anterior, o tempo esteve estável devido ao domínio constante de mPa's. Alguma instabilidade foi provocada nos dias 20 e 21 em decorrência do controle de uma FPA e mEc, respectivamente.

O mês de junho teve tempo instável, seco e com baixas temperaturas por todo o Paraná. Essas características típicas do inverno ocorreram devido ao domínio constante da mPa. Algumas perturbações ocorreram com a proximidade de algum sistema de baixa pressão provocando a passagem de FPA's por todo o Paraná (dias 4,15, 21 e 26) acarretando em pouca chuva. As chuvas continuaram abaixo da média histórica, provocado por uma pequena área de anomalia positiva de Radiação de Onda Longa (ROL) e os valores de Pressão ao Nível Média do Mar (PNM) foi favorável à permanência de uma massa de ar seco sobre o continente brasileiro (CLIMANÁLISE, 2006f).

Em julho, o mês se inicia com instabilidade atmosférica e chuva provocadas por uma LI (dia 1) e uma FPA (dia 2). Entre os dias 3 a 8 o tempo é dominado por uma mPa produzindo estabilidade e baixas temperaturas. Entre os dias 9 e 10 há a passagem de mais uma FPA provocando chuva pelo Paraná. Após a passagem desse sistema, mantendo o tempo úmido e com temperaturas máximas abaixo dos 30°C, a mTa exerce domínio até o dia 13. No dia 15 há incursão de uma nova mPa, mantendo controle até o dia 26 causando temperaturas mais baixas e tempo seco. No dia 27 a chegada de uma mEc sobre o estado provoca instabilidade atmosférica e causa a entrada de uma FPA no dia 28 e permanência até o dia 29, causando chuva. Os dois últimos dias do mês estiveram sobre domínio de uma mPa que causa tempo seco por todo o Paraná. Houve aumento das áreas de instabilidade no Paraná decorrentes da passagem de sistemas frontais (CLIMANÁLISE, 2006g).

O tempo em agosto teve seus primeiros 9 dias sob domínio de 2 massas que causaram tempo seco e estabilidade, a mPa entre os dias 1 a 4 e a mTc entre 5 a 9. Houve mudança no dia 10 com a aproximação de uma mEc, na região oeste do Paraná, depois domínio de uma mTa no dia 11. No dia 12 e 14 não há cartas sinóticas disponíveis. Nos dias 14 a 18 a condição atmosférica é alterada, com dias seguidos de chuva por todo o Estado devido a passagem e permanência de uma FPA. A partir do dia 19, o ingresso de uma mPa

promove tempo estável e sem chuva até o último dia do mês. O jato subtropical esteve sob a região, porém mais fraco. As chuvas ocorridas foram de origem frontais (FPA) no Paraná, que foram intensificado por cavados (CLIMANÁLISE, 2006h).

O mês de setembro começou com instabilidade nos dias 1 (LI) e 2 (FPA) provocando chuva por todo o estado. A partir do dia 3 o tempo foi controlado por uma mPa que atuou significativamente nas temperaturas, provocando valores negativos em Palmas. Esse sistema atuou até o dia 8. Nos dias 9 e 10 houve episódios de chuva devido a passagem de uma FPA. No dia 11 a mEc voltou a atuar no estado. Entre os dias 12 a 14 o tempo ficou estável e seco devido ao domínio da mTc. Nos dias 16 e 17 o tempo volta a ficar instável com chuvas devido a passagem de uma FPA. Posterior a esse domínio a estabilidade atmosférica volta a ser característica no tempo paranaense até o dia 19 devido ao domínio da mPa. Entre os dias 20 e 24 o tempo volta a ficar instável devido ao domínio de uma mEc que provoca passagem de FPA's nos dias 21 e 24 e provocou chuva em todo o estado. Novamente entre os dias 25 e 26 há domínio de uma mPa, sendo interrompida pela formação de uma LI no dia 27 e passagem de uma FPA nos dias 29 e 30. Nesse mês, houve forte atividade convectiva que provocou regime pluviométrico acima da média devido a sistemas frontais que afetaram com rajadas de vento, chuva forte, ocorrência de granizo e neve várias cidades do centro-sul do Brasil (CLIMANÁLISE, 2006i).

Até o dia 4 de outubro o tempo é dominado por uma mTa, com formação de uma LI no dia 2 (provocando chuva). Nos dias 5 e 6 o tempo se torna instável devido ao domínio de uma FPA. Entre 7 e 10, apesar dos valores elevado de umidade, o tempo fica estável devido ao domínio de uma mTa. A estabilidade é interrompida, com a passagem de uma LI (dia 11), uma FPA (dia 12), de uma mEc até o dia 15 e de uma nova FPA no dia 16. Essa dinâmica provocou alguns episódios de chuva. Nos dias 17 e 18 o tempo volta a ser dominado pela mTa seguido de uma nova incursão de mEc no dia 19. Entre os dias 21 a 25 houve tempo seco devido ao ingresso de uma mPa. A partir do dia 26 até o final do mês o tempo volta a ficar instável devido a atuação de uma mEc. As chuvas estiveram abaixo das médias em virtude do enfraquecimento do ao jato subtropical (CLIMANÁLISE, 2006j).

Em novembro a instabilidade provocada pelo domínio de uma mEc durou até o dia 7, provocando chuva e passagem de FPA's (dia 2 e 7). Essas características mudaram com o domínio de uma mPa entre os dias 8 a 15. O tempo continuou seco e estável no dia 16, mas agora devido ao domínio de uma mTc. Nova instabilidade é observada a partir do dia 17 com a chegada de uma nova mEc, primeiramente na parte oeste do Paraná, provocando a formação de LI nos dias 18 e 19 e a passagem de uma FPA no dia 20. Esses sistemas provocaram chuva pelo Paraná. O tempo volta a ser controlado por uma mTc entre os dias 21 e 23 se mantendo seco e quente. A partir do dia 24 até o final do mês, o tempo se torna novamente instável devido ao domínio de uma mEc provocando passagens frontais nos dias

28 e 27 e uma LI no dia 28, essa instabilidade provocou dias consecutivos de chuva no litoral. Em novembro e dezembro, as chuvas foram ocasionadas pela atuação das frentes frias e à atuação de cavados nos médios e altos níveis da atmosfera. Os totais de chuva para os dois meses estiveram predominantemente acima da média histórica (CLIMANÁLISE, 2006I; CLIMANÁLISE, 2006m).

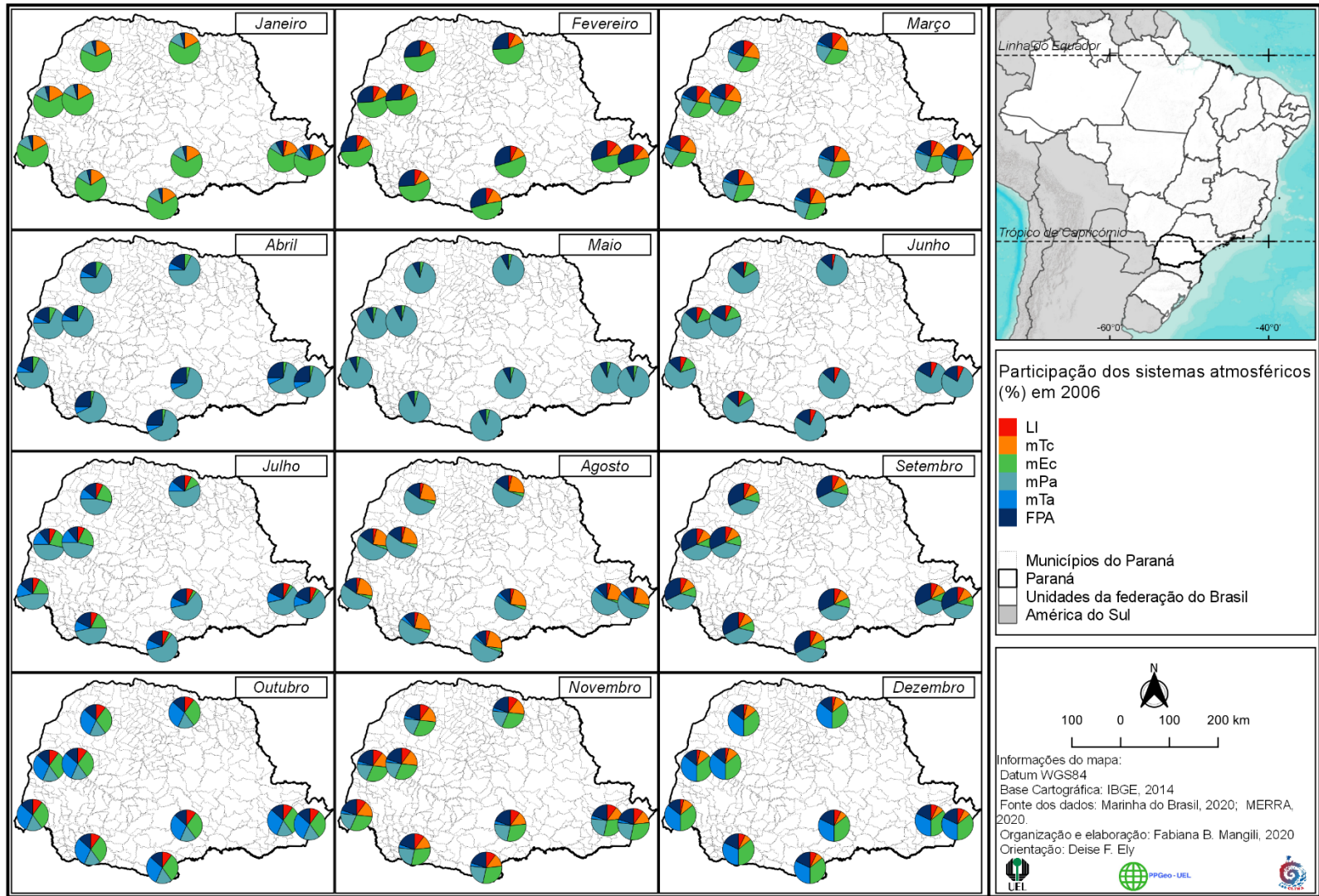
Os dois primeiros dias de dezembro são dominados pela mTa, seguido de oito dias de instabilidade atmosférica provocados pelo domínio da mEc que causou a passagem de sistemas frontais nos dias 5 e 7. No dia 10 houve rápido domínio de uma mTc, sendo substituída pela formação de uma LI no dia 11 (com maior atuação na parte sul do Paraná). Entre os dias 12 e 13 o tempo volta a ser dominado por uma mTa. A partir do dia 14 há uma nova sequência de dias mais úmidos e com tempo instável devido ao domínio de uma mEc (até o dia 26) provocando uma véspera e Natal instáveis com chuva devido a passagem de uma FPA. Entre os dias 27 e 31 o tempo volta a ter tendência a estabilidade, mas com alto valor de umidade principalmente na região leste do estado, provocados pelo domínio de uma mTa.

### 5.3.1 Síntese mensal - Frequência e Área de atuação dos sistemas atmosféricos

A frequência mensal do domínio exercido pelos sistemas atmosféricos pode ser observada na figura 38. Analisa-se que a mPa manteve atuação nos meses de abril a setembro. A mTc controlou por mais tempo, em comparação com os anos de 1998 e 2005, tendo participação entre os meses de janeiro a março e agosto a dezembro. Houve menor domínio da mEc e mais ocorrências de FPA. Em termos territoriais, os sistemas que atuaram tiveram um domínio espacial homogêneo, com algumas exceções na região mais a leste do estado (serrana e litoral).

De acordo com a figura 38 em janeiro o controle foi da mEc (mês com maior número de atuação dessa massa em 2006), seguido da mTc. A direção média mensal dos ventos em superfície foi de nordeste-sudoeste na região oeste do estado e no sul do Paraná de leste-oeste (apêndice A – figura 46). Em fevereiro a orientação média dos ventos em superfície nas porções oeste e norte foi de norte-sul e nordeste-sudoeste e no sul a direção foi leste-oeste e sul-norte (apêndice A – figura 45) e os sistemas atmosféricos que dominaram o mês por mais tempo foi a mEc seguida da FPA (figura 38). No mês de março a mEc, mTc e mPa foram os mecanismos atmosféricos que mais provocaram domínio do tempo no Paraná (figura 38) e esteve sob ventos de superfície de orientação norte-sul na região noroeste e na região norte orientação nordeste-sudoeste. No litoral e o sul do Paraná a média mensal de direção dos ventos superficiais foi leste-oeste (apêndice A – figura 46).

Figura 38 - Participação dos sistemas atmosféricos (2006)



Em abril o tempo foi mantido por incursões constantes do sistema de alta pressão mPa (figura 38), devido a orientação sudeste-noroeste dos ventos de superfície na porção sul e na região norte foram de direção leste-oeste (apêndice A – figura 46).

Os ventos predominantes em maio foram de direção sudeste-noroeste em todo o Paraná (apêndice A – figura 46), garantindo o permanente domínio da mPa em grande parte dos dias, cedendo para algumas passagens frontais. Característica similar ao mês de junho (figura 38), porém com atuação da mEc, devido à diferença de orientação da média mensal dos ventos em superfície que foi na região sul e litoral de leste-oeste e na região norte a direção predominante foi de nordeste-sudoeste (apêndice A – figura 46).

O mês de julho seguiu sobre domínio da mPa, atividade da mEc na porção oeste do Paraná e maior atuação da FPA no litoral e no sul (figura 38). A direção média mensal dos ventos em superfície foi nordeste-sudoeste (apêndice A – figura 46), assim como no mês de agosto, que esteve sob controle da mPa, seguido da mTc.

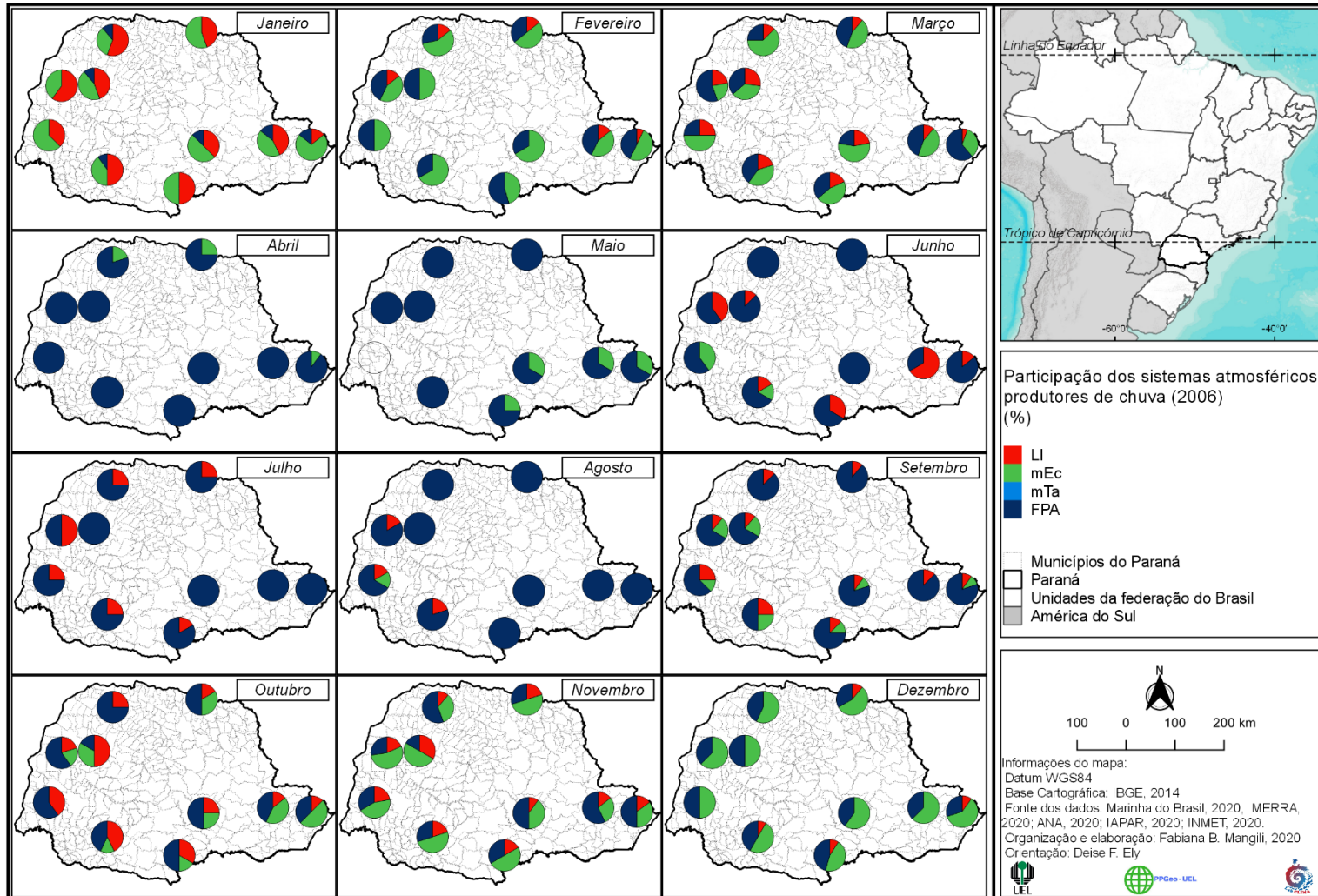
Com mudança na direção média do vento em superfície, em comparação com os meses anteriores, em setembro a região do extremo oeste do estado recebeu ventos de direção norte-sul e o restante do território do Paraná, orientação sudeste-noroeste (apêndice A – figura 46). O domínio continuou sendo da mPa com incursões da FPA e mTc (figura 38).

Os diferentes tipos de tempo foram provocados por diferentes sistemas atmosféricos em outubro, sendo a mEc e a mTa com maior frequência de atuação (figura 38). A média mensal dos ventos em superfície apresentou um padrão espacial diversificado, nas porções sul e litoral a orientação foi de leste-oeste, na porção norte foi de nordeste-sudoeste e na região oeste os ventos tiveram direção norte-sul (apêndice A – figura 46).

Em novembro o tempo foi produzido pela mEc e mPa e dezembro o controle ficou por conta da mEc e mTa (figura 38). A direção média mensal do vento em superfície em novembro foi leste-oeste e sudeste-noroeste na região sul e litoral, na porção norte e oeste a direção predominante foi de nordeste-sudoeste. Em dezembro na região norte os ventos tiveram direção norte-sul e o litoral e o sul receberam ventos sentido leste-oeste (apêndice A – figura 46).

A partir da atividade dos sistemas atmosféricos durante o ano de 2006, a figura 39 sintetiza a frequência de domínio dos sistemas produtores de precipitação pluviométrica (mEc e as formações LI e FPA) nos pontos de estudo.

**Figura 39 - Participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva (2006)**



Entre janeiro a março os principais mecanismos formadores de chuvas foram a mEc, FPA (principalmente em março) e LI (principalmente em janeiro). De abril a setembro, as precipitações pluviométricas tiveram origem de sistemas frontais. De outubro a dezembro, ainda com episódios de chuvas frontais, o maior responsável pela precipitação pluviométrica foi o sistema de baixa pressão mEc, como ilustrado na figura 39.

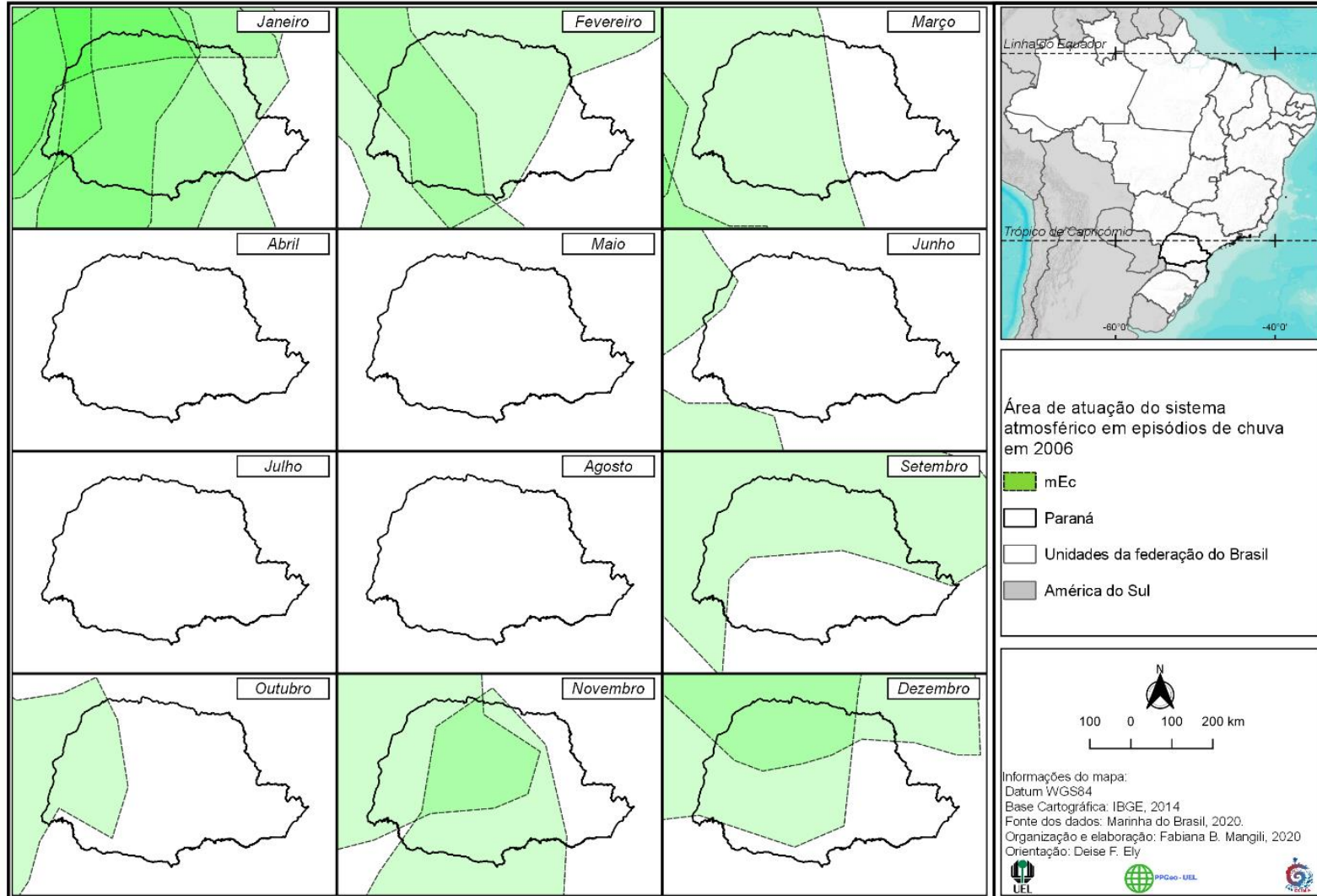
O ano de 2006 foi classificado como ano extremamente seco, devido à análise quantitativa dos totais de chuva. Seguindo o caminho técnico proposto por essa tese, as figuras 40 e 41 qualificam ainda mais o padrão de baixa umidade classificado para o estado do Paraná.

A análise espacial proposta como auxiliar na compreensão do ritmo atmosférico aponta que o sistema de controle de chuvas na área de estudo é o sistema de baixa pressão de origem amazônica, mas com menor frequência de domínio, como pode ser observado na figura 40, sendo atuante principalmente em janeiro a março e novembro a dezembro.

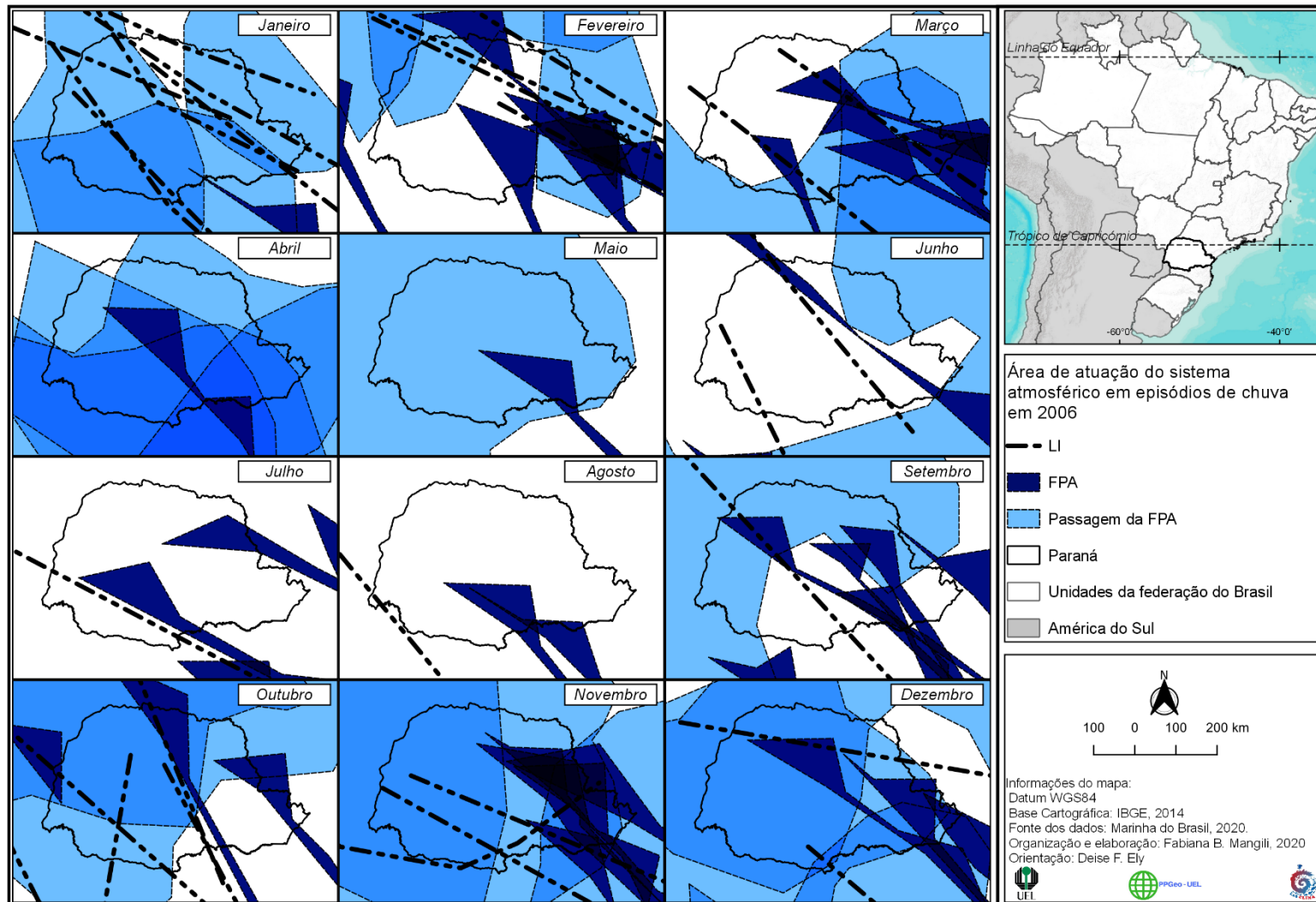
Como discutido anteriormente, as chuvas do ano de 2006 foram principalmente de origem frontal, já que não houve domínio frequente da mEc, como nos anos anteriores analisados. Porém, apesar de constantes passagens frontais, a permanência desses sistemas foi breve e não provocaram grandes volumes de chuva.

O primeiro mês do ano também foi um período de constante atuação de LI's, assim como novembro e dezembro. Os sistemas atmosféricos FPA e LI se formaram em todos os meses, sendo a primeira mais frequente e atuante por todo o território paranaense (figura 41). Nesse ano, não houve precipitação provocada pela mTa.

**Figura 40 - Área de atuação massa Equatorial continental em episódios de chuva mensal (2006)**



**Figura 41 - Área de atuação da Frente Polar Atlântica e da Linha de Instabilidade em episódios de chuva mensal (2006)**



## 6 SÍNTESE CARTOGRÁFICA DA DINÂMICA DAS CHUVAS NO PARANÁ

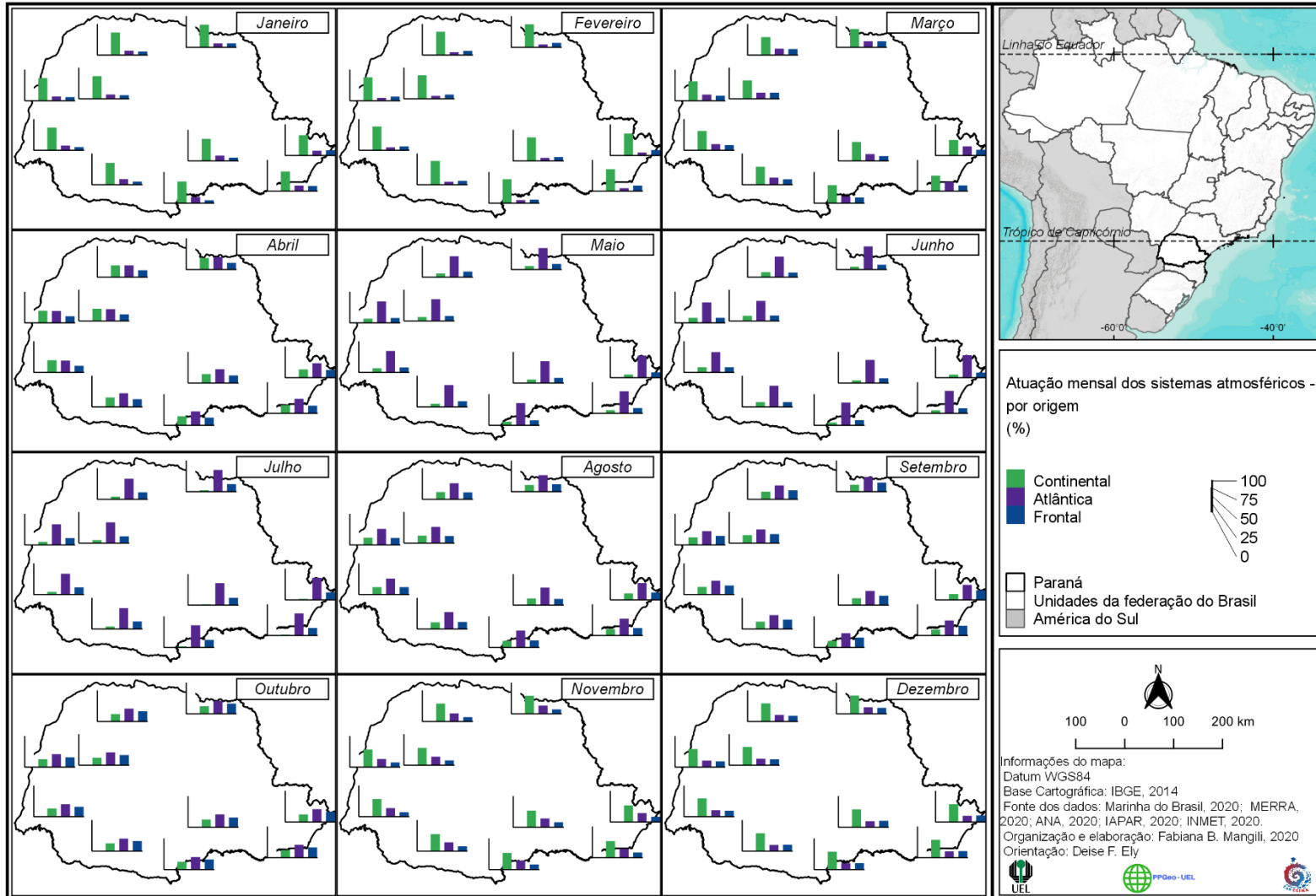
O tempo no estado do Paraná é produzido por uma complexa dinâmica atmosférica e oceânica, como o deslocamento de massas de ar e sistemas em diversas altitudes atmosféricas, assim como variações de temperatura e pressão dos oceanos.

A caracterização dos eventos de teleconexão apontou que o ano extremamente chuvoso (1998) refletiu a influência de um ENOS EP de fase positiva de forte intensidade, enquanto foi observada fraca atuação do ENOS CP em 2005 (ano padrão habitual). No ano de 2006 (padrão muito seco) foi registrado um ENOS EP de fraca intensidade que só se configurou a partir do mês de agosto (NASCIMENTO JUNIOR, 2013), demonstrando a necessidade de ampliar os estudos sobre a variabilidade climática do Paraná e outras regiões oceânicas, pois verifica-se que o ENOS sozinho não responde a espacialização das chuvas nas diferentes regiões do estado. O referido fenômeno é um importante mecanismo que produz elevados volumes de chuva em sua fase positiva, como visto em 1998, mas existem anos que a variabilidade pluviométrica não é diretamente explicada pela presença do mesmo.

Sobre os mecanismos atmosféricos de controle sinótico no estado foi observado que em cinco meses do ano (de janeiro a março, novembro e dezembro) o tempo meteorológico é controlado (em sua maioria) por sistemas de baixa pressão de origem continental. Enquanto que nos demais meses (7) do ano as condições do tempo são produzidas pela incursão mais frequente de sistemas de alta pressão de origem atlântica.

Abril e outubro são meses que apresentam menor diferença percentual de domínio entre os sistemas elencados a partir de sua origem (continental, atlântica e frontal), conforme figura 42.

**Figura 42 - Síntese mensal de atuação dos sistemas atmosféricos produtores de precipitações no estado do Paraná**



No caminho metodológico percorrido até o momento foi observado que os sistemas que se originam no interior do continente e que contribuem para o deslocamento de fluxos de umidade oriundos do norte/noroeste do país, os fluxos de umidade de direção leste originados no oceano Atlântico e a passagem de sistemas frontais são os principais responsáveis pela produção das chuvas no Paraná.

A partir da análise espacial realizada foi constatado que o padrão extremamente chuvoso observado em 1998 está atrelado ao domínio mais constante do sistema de baixa pressão que transporta umidade da região equatorial continental, principalmente nos meses de janeiro a abril e do deslocamento dos sistemas frontais de origem oceânica (FPA) assim como maior incursão da umidade provinda do sistema de alta pressão do oceano atlântico (que influenciou na produção das chuvas no Paraná, principalmente na região entre a Serra do mar e o litoral). O período mais chuvoso desse ano foi aquele demarcado pelos meses de primavera e verão (fluxo de umidade de origem equatorial continental), assim como os meses de inverno, período em que os eventos de chuva estiveram associados ao deslocamento da FPA.

A partir dos mapas e dos gráficos apresentados é possível identificar esse padrão das chuvas a partir de uma análise espacial da frequência de massas de ar úmidas sobre o Paraná, assim como qualificar a comparação com outros anos a partir da área de atuação dos sistemas produtores de chuva.

O primeiro semestre de 2005 (ano de padrão habitual) apresentou domínios frequentes dos fluxos de umidade de origem equatorial continental na produção das precipitações pluviométricas em todo o estado, assim como o fluxo de umidade de origem oceânica, responsável pelo incremento de umidade nesse período. O inverno desse ano contou com maior domínio do sistema de alta pressão e as chuvas foram provocadas pela passagem de frentes frias. A partir de novembro registra-se aumento da umidade e instabilidade atmosférica em virtude da maior influência exercida pela dinâmica de deslocamento do fluxo de umidade de origem equatorial continental.

O padrão extremamente seco do ano de 2006 esteve interligado ao constante domínio de sistemas atmosféricos secos de origem continental e polar. Em virtude da não configuração do ENOS durante o verão e a primavera, não houve transporte expressivo de umidade por meio do sistema de baixa pressão em direção ao Paraná. Foram recorrentes as passagens dos sistemas de alta pressão ao longo do ano todo, principalmente no inverno e rápida passagem das FPA's sobre o Paraná, além de outros bloqueios atmosféricos relatados pelos boletins ClimAnálise, supracitado nas análises anteriores.

Ressalta-se algumas dificuldades encontradas para o mapeamento da dinâmica atmosférica produzido por meio da análise rítmica e detalhada na análise espacial sintetizada no presente trabalho, principalmente devido à falta de dados que compõem todo

o processo de análise da superfície atmosférica. Apesar desta dificuldade, foi verificado que há possibilidade de representação cartográfica baseada em uma síntese e generalização das informações. Portanto, o produto final dessa tese não utilizou a nomenclatura clássica das massas de ar e considera somente a origem dos fluxos de umidade transportados por um centro de alta ou baixa pressão ou um sistema frontal.

Também vale a consideração da impossibilidade da análise da dinâmica atmosférica para a determinação de valores quantitativos dos totais de chuva ou de temperaturas máximas e mínimas. A passagem e o domínio de sistemas atmosféricos são indicados para compreender aumento, manutenção ou diminuição desses valores. Portanto, o caminho metodológico seguido no desenvolvimento deste trabalho, na síntese cartográfica dos mecanismos produtores das chuvas no estado do Paraná apresentado a seguir não incorpora uma abordagem quantitativa das chuvas.

Além disso, destaca-se que a representação cartográfica de um fenômeno atmosférico não pode ser reduzida a um mapa estático, pois o clima é um sistema dinâmico que não condiz com a redução de uma classificação única dos tipos de tempo. Em virtude deste aspecto optou-se por elaborar mapas sínteses de cada mês para elucidar a dinâmica temporal da sucessão dos tipos de tempo.

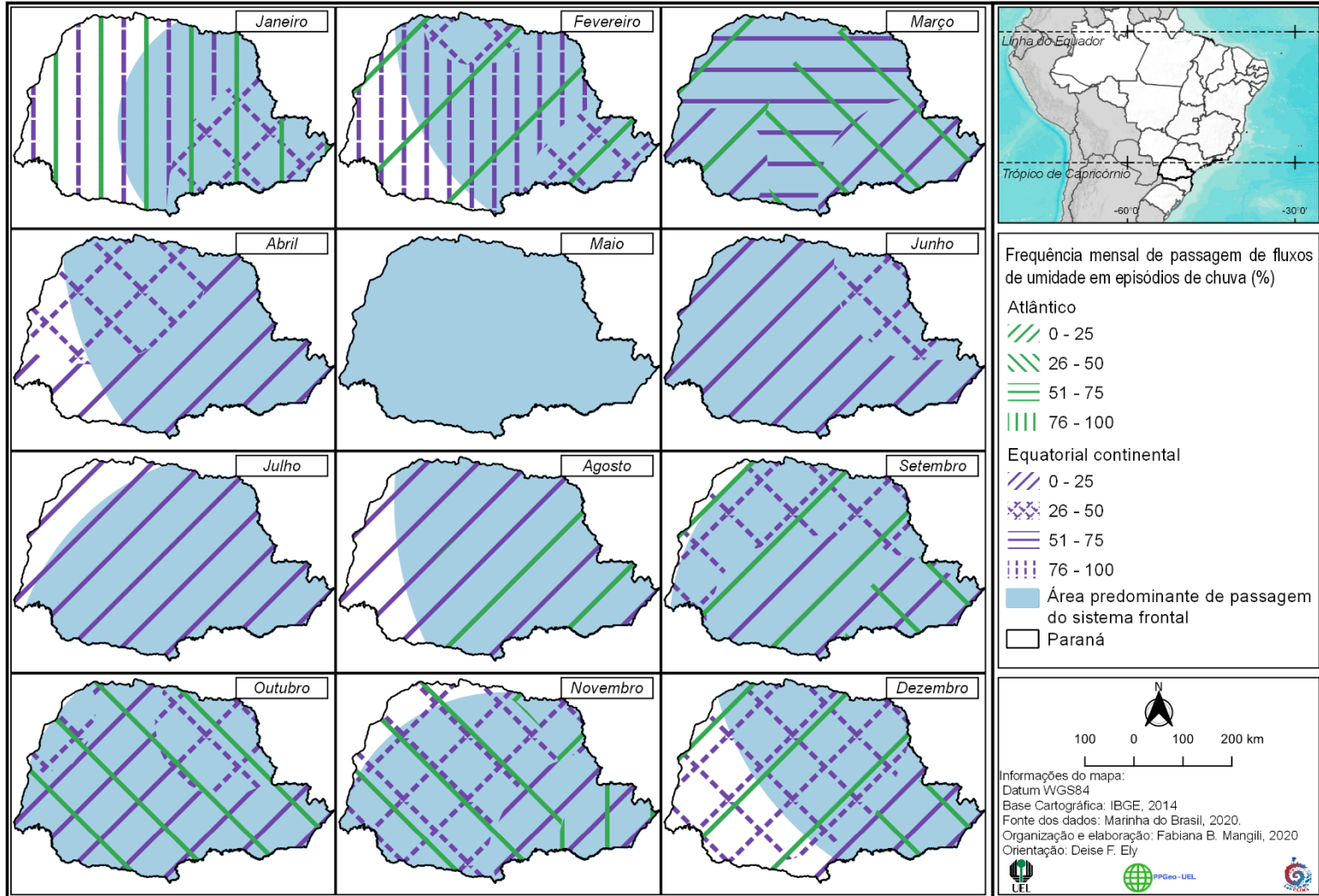
A partir dessas ponderações, a figura 43 representa a síntese elaborada levando em conta somente a frequência e domínio espacial dos sistemas atmosféricos que produzem chuva no estado do Paraná.

Em todo o período há passagens de sistemas frontais, configurando como um dos principais mecanismos produtores de chuva. Nos meses de março, maio, junho e outubro o trajeto das FPA's percorre toda a extensão do Paraná, porém nos meses restantes foi possível averiguar um limite espacial de passagem, como a tentativa de delimitação ilustrada na figura 43, principalmente nas porções sudoeste e oeste onde a passagem de sistemas frontais não provocou chuva nos referidos meses.

Os fluxos de umidade provenientes do oceano Atlântico não são os principais produtores de chuvas na integralidade do espaço do estado, mas atuam no incremento de umidade na superfície atmosférica pois adentram o estado pela costa, encontrando como barreira a Serra do Mar que tem grande importância para a produção das chuvas na região serrana e litorânea.

Com maior participação nos meses de janeiro a março, novembro e dezembro, os fluxos de umidade associados a um sistema de baixa pressão de origem equatorial continental atuam sobre o estado. Nos meses de inverno esses sistemas posicionam-se preferencialmente na região norte do Paraná e, apesar de ser um período com ingresso de pouca umidade, colaboram com a atração dos sistemas frontais para o interior do estado; sendo a FPA a principal responsável pelas chuvas que precipitam neste período.

**Figura 43 -** Mapa síntese do domínio dos mecanismos produtores das chuvas no estado do Paraná



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As chuvas, enquanto fenômeno geográfico, constituem a materialização do evento meteorológico, físico e natural na superfície organizada sobre alguma lógica política e econômica. Subsidiado nesta afirmação, o primeiro objetivo a ser alcançado no percurso da presente pesquisa foi compreender *os fatores e mecanismos geográficos e determinações nos processos de distribuição das chuvas no estado do Paraná*.

Esse entendimento foi realizado mediante o levantamento bibliográfico sobre o tema da variabilidade e dinâmica das precipitações no sul do Brasil, sendo possível ilustrar os métodos utilizados na ciência geográfica para o alcance do entendimento do processo climático, demonstrando o avanço que a ciência absorveu, assim como a instrumentalização técnica dos profissionais da área na busca do refinamento da resposta geográfica de algum fenômeno climático. Esse levantamento também propiciou o entendimento da atmosfera em diversas escalas dos fatores que produzem chuva e como ocorre seu desdobramento, padrão e tendência na área de estudo.

Nessa etapa foi possível vislumbrar a justificativa para a proposição da presente tese, visto que há o indicativo (já discutido por Zavattini, 2002 e Armond, 2018) da falta de uma classificação espacial como resultado do entendimento do ritmo climático. Afim da proposição de um método para preenchimento dessa lacuna, primeiramente foi realizado o entendimento das chuvas no estado do Paraná a partir das escalas geográficas do clima.

Nessa fase foi produzida uma análise que objetivou *determinar, a partir da variabilidade espaço-temporal das chuvas, anos-padrões (seco, habitual e chuvoso) e sua distribuição espacial no Paraná*. Para isso foi utilizada a série histórica dos dados diários de chuva disponíveis no banco de dados do LabClima/UEL para o período correspondente a 39 anos de informações (1977 – 2016) da área de estudo.

A aplicação dos cálculos de médias e totais pluviométricos e representação cartográfica dos mesmos possibilitou observar que há um padrão temporal e regional na distribuição dos valores de chuva. De maneira geral, os meses de primavera e verão são os que apresentam maiores totais, enquanto nos meses de inverno ocorre uma diminuição desses valores.

O desdobramento espacial desse conjunto cartográfico permitiu identificar que a costa litorânea é a região com os maiores totais de chuva, anualmente e sazonalmente, seguida das porções sudoeste e centro-sul, enquanto no noroeste e sul do primeiro e segundo planalto são encontrados os menores acumulados. Anualmente precipita no estado do Paraná o mínimo de 1000mm, sendo possível encontrar registros de totais de 4500mm na região de Inácio Martins (sul do estado). Esse padrão espacial corresponde com a

proposição metodológica de classificação quantitativa das regiões homogêneas encontradas por Limberger; Ely (2019).

Outra conclusão alcançada nessa etapa está relacionada à variabilidade das chuvas ao longo dos anos que não permite a utilização de um valor médio para representar esse fenômeno geográfico. Diante desta constatação foi aplicado o método estatístico de desvio-padrão para estabelecer limiares de normalidade ou excepcionalidade nos totais anuais. O resultado alcançado foi a determinação de anos representativos para as análises com a escolha do ano de 1998 (extremamente chuvosos), 2005 (habitual) e 2006 (extremamente seco).

Por meio da utilização dos dados desses três anos provindos de dez estações pluviométricas distribuídas nas diferentes regiões homogêneas de precipitações identificadas para o Paraná, houve o avanço do objetivo de *produzir uma análise quali-quantitativa do fenômeno pluviométrico na área de estudo por meio do reconhecimento de sua gênese nos anos-padrão selecionados*. O desenvolvimento dessa fase foi guiado sob a perspectiva analítica de dois métodos, a rítmica e a espacial.

Os principais resultados dessa etapa indicam que a variação quantitativa das chuvas no Paraná está interligada aos processos de teleconexão de escalas mais amplas, principalmente relacionados aos episódios de ENOS que influenciam no deslocamento e frequência de atuação de sistemas atmosféricos no Paraná.

Na superfície atmosférica a produção das chuvas está associada em grande peso à presença, domínio e posição espacial do sistema de baixa pressão continental, responsável pela incursão da umidade de origem amazônica no Paraná; resultado também discutido em Berezuck (2007) para a região norte do estado e em Boin (2006) sobre o oeste paulista.

Além da umidade transportada, os centros de baixas pressões continentais motivam a trajetória das passagens das FPA's pelo estado, sendo a maior responsável pelas chuvas hibernais. Essa conclusão vai de encontro com os apontamentos feitos por Zandonadi (2013) e acrescenta que o principal sistema responsável pelas chuvas em anos úmidos é o posicionamento da ZCAS sobre o território paranaense.

A metodologia empregada permitiu verificar que nos anos ou períodos com diminuição das chuvas ocorre a redução do domínio e influência da mEc, quando as chuvas têm uma origem predominantemente frontal, conforme também discutido por Zandonadi (2013) sobre o processo de tropicalização da mTa como inibidor de produção de chuvas em anos secos.

Com os resultados obtidos e, principalmente, com o material cartográfico produzido foi possível desenvolver o último objetivo que foi *definir um método para classificação regional dos domínios de sistemas geográficos e atmosféricos produtores de chuva*.

Para tanto, o uso da análise espacial disponível nos atuais softwares de geotecnologias demonstrou um avanço dos resultados obtidos para além no método usual que, frequentemente, sintetiza a análise sinótica em produtos gráficos; abrindo caminho para avançar na proposição de outros resultados cartográficos que busquem sintetizar a complexa dinâmica climática de uma região. Porém, vale ressaltar que foi observada certa limitação nos resultados obtidos, o que não impossibilita o aprimoramento do método. A análise espacial é um excelente aditivo à compreensão rítmica, mas a definição e delimitação dos sistemas produtores de tipos de tempo ainda é bastante complexa e subjetiva, o que dificulta uma sinopse cartográfica visto a complexidade de se determinar exatamente o mecanismo responsável pela atividade meteorológica. Em vista disso os mapas sínteses produzidos no capítulo 6 condensam os sistemas atmosféricos em áreas de domínio dos fluxos de umidade.

Feitas as ressalvas sobre as limitações da metodologia empregada, o mapa síntese produzido representa a produção das chuvas seguindo uma dinâmica mensal e regional, assim como os resultados detalhados anteriormente comprovam a hipótese norteadora da Tese, demonstrando haver um caminho técnico para gerar uma classificação espacial das chuvas no estado do Paraná de forma a incorporar a complexidade dinâmica inerente a este fenômeno geográfico; sendo uma complementação importante nos estudos que se comprometem com o método de Monteiro (1971).

A proposição resulta em um produto que não reproduz a noção estática do fenômeno climático e que permite contemplar a variação mensal da sucessão dos tipos de tempo. Dessa forma é gerado um objeto materializado e detalhado da dinâmica atmosférica produtora das precipitações.

O caminho metodológico proposto não se encerra aqui. Há outros elementos a serem levados em consideração, mas que devido a disponibilidade de dados para o período temporal escolhido nessa pesquisa não foi possível abranger como, por exemplo, mapear a influência da ZCAS na produção das chuvas no Paraná ou em outra área de estudo que se possa desejar aplicar.

Essa conclusão foi produzida com o objetivo de subsidiar a geração de outras informações que sejam capazes de discutir e aprofundar o estudo geográfico das chuvas (ou de qualquer outro elemento climático). Como exemplo, sugere-se associar episódios de chuva que impactaram de alguma forma os municípios do estado do Paraná com a área de domínio do sistema atmosférico proposto aqui, diferenciando as repercussões com a quantidade e intensidade da atividade convectiva provocada por esses mecanismos, ou ainda indicar a vulnerabilidade da população paranaense frente à dinâmica atmosférica encontrada; baseada nas propostas de Armond (2018) e Nascimento Junior (2018).

Outro aspecto importante a ser apontado é a necessidade de estabelecer que o clima é um sistema dinâmico e que não é possível compreendê-lo apenas considerando a escala local, mas que a análise geográfica exige a conexão das demais escalas do movimento atmosférico. O presente trabalho permitiu evidenciar a complexa dinâmica atmosférica de origem amazônica como uma das responsáveis pela produção de chuva no Paraná e que a materialidade histórica da produção daquele espaço geográfico influencia de maneira direta no desempenho das atividades socioeconômicas desenvolvidas neste estado.

É uma importante perspectiva para direcionar os estudos de caráter geográfico que devem sempre assumir o fenômeno físico e natural a partir de sua espacialidade e associado à realidade concreta das sociedades, das classes e dos sujeitos, compreendendo que por mais abstrato que seja a pesquisa a ser desenvolvida deve estar sobre a premissa da materialidade da vida das pessoas, como já denunciados por intelectuais orgânicos, tal como o grupo Racionais MC's:

*“Por cima ou por baixo, se chover será fatal  
Um pedaço do inferno, aqui é onde eu estou  
Até o IBGE passou aqui e nunca mais voltou  
Numerou os barracos, fez uma pá de perguntas  
Logo depois esqueceram [...]”  
Racionais MC's, 1993.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARECIDO, L. E. de O.; ROLIM, G. de S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S. de; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, 40(4):405-417, jul/aug. 2016.

AOUAD, M. S. **Tentativa de classificação climática para o estado da Bahia: uma análise quantitativa dos atributos locais associada à análise qualitativa do processo genético**. Rio de Janeiro: IBGE, 1982.

ARMOND, N. B. **Dinâmica climática, excepcionalidades e vulnerabilidade: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do rio de janeiro**. 2018 Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2018.

\_\_\_\_\_.; ZANGALLI JUNIOR, P. C. . Geografia do Clima em tempos de emergência(s) climática(s): um ensaio pelo materialismo. In: João Lima Sant'Anna Neto. (Org.). **Clima, sociedade e território**. Jundiaí: Paco Editorial, 2020, v. 1, p. 19-40.

AYOADE. J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2006.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 08, n. 16, 2009.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no Oeste Paulista e Noroeste do Paraná**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

BIGARELLA, J. J. Esboço das Relações entre o Relevo Topográfico e a Estrutura geológica do Estado do Paraná. **Boletim Geográfico**, v. 5, n. 54. P. 659 – 669, 1947.

BOIN, M. N. 2000. **Chuvvas e Erosão no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BORSATO, V. A., **A Participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003**. Tese (parcial), (Doutorado) Nupélia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.

\_\_\_\_\_. BORSATO F. H, A dinâmica atmosférica e a influência da tropicalidade no inverno de 2007 em Maringá PR - Espacial. In: 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Evolução Tecnológica e Climatologica. **Anais...** Universidade Federal de Uberlândia, 2008

\_\_\_\_\_. MENDONCA, F. A. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no centro sul do Brasil. **Mercator (Fortaleza. Online)**, v. 14, p. 113-130, 2015.

\_\_\_\_\_. MASSOQUIM, N. G.; RODRIGUES, D. U. Os Complexos Convectivos de Mesoescala, as Supercélulas e as tempestades no Paraná – o estudo de caso. **Geografia em Questão**, v. 12, n. 01, 2019, p. 196-212.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M. S. **Análise espacial e Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/analise/cap1.pdf>>. Acesso em 26 de out. de 2020.

CARDOSO, P. V.; SEABRA, V. da S.; BASTOS, I. B.; COSTA, E. de C. P. A importância da análise espacial para tomada de decisão: um olhar sobre a pandemia de Covid-19. **Rev. Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 16, n. 1, Especial COVID-19. p. 125-137, maio 2020

CARMELLO, V. **Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2013.

\_\_\_\_\_. Análise do impacto da variabilidade das chuvas em municípios que produzem soja no Paraná, Brasil. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física, Campinas. **Anais ...**, 2017. p. 1719-1727.

CARVALHO, L. M. V. de; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 95 – 109.

CAVALCANTI, I. F. de A; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 317 – 336.

CLIMANÁLISE. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.01 – jan 1998a.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.02 – fev 1998b.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.03 – mar 1998c.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.04 – abr 1998d.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.05 – maio 1998e.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.06 – jun 1998f.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.07 – jul 1998g.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.08 – ago 1998h.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.09 – set 1998i.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.10 – out 1998j.

\_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13 - n.11 – nov 1998l.

- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 13 - n.12 – dez 1998m.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.01 – jan 2005a.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.02 – fev 2005b.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.03 – mar 2005c.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.04 – abr 2005d.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.05 – maio 2005e.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.06 – jun 2005f.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.07 – jul 2005g.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.08 – ago 2005h.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.09 – set 2005i.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.10 – out 2005j.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.11 – nov 2005l.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 20 - n.12 – dez 2005m.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.01 – jan 2006a.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.02 – fev 2006b.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.03 – mar 2006c.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.04 – abr 2006d.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.05 – maio 2006e.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.06 – jun 2006f.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.07 – jul 2006g.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.08 – ago 2006h.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.09 – set 2006i.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.10 – out 2006j.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.11 – nov 2006l.
- \_\_\_\_\_. **Boletim de monitoramento e análise climática.** v. 21 - n.12 – dez 2006m.

CPTEC. **Monitoramento do El Niño durante NDJ-2019/2020**. Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>> Acesso em 15 de mar de 2020.

DIAS, M. A. F. Da S.; SILVA, M. G. A. J. da. Para entender tempo e clima. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 15 – 21.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo** (Paris), v. 1, p. 1-27, 2017.

\_\_\_\_\_. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **CONFINS**. Paris, v. 37, p. 1-40, 2018a.

\_\_\_\_\_. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY**, v. 38, p. 1-11, 2018b.

\_\_\_\_\_. Les types de climats annuels comme marqueurs du changement climatique au Brésil de 1964 a 2015. In: XXXI Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 2018, Nice. XXXI Colloque de l'Association Internationale de Climatologie - **Actes ...**, Nice, 2018c. p. 406-411.

DUBREUIL, V.; MEROT, P.; DELAHAYE, D.; DESNOS, P. **Changement climatique dans l'Ouest**. Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2012.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2006.

\_\_\_\_\_; DUBREUIL, V. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 553-569, 2017.

\_\_\_\_\_. Padrões espaciais das tendências das precipitações sazonais e mensais no estado do Paraná - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 83-105, 2019.

\_\_\_\_\_; PEREIRA, L. M. P. Contribuição para o estudo do regime dos ventos no estado do Paraná. **Geografia**, Rio Claro, v. 36, n. 3, p. 589-607, set./dez. 2011.

ESCOBAR, G. Jatos de altos níveis. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 297 – 316.

FONTÃO, P. A. B. **Variações do ritmo pluvial na Região Metropolitana de São Paulo: reflexos no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2018.

FRANCO, R. M. **Variabilidade anual das chuvas no Estado do Paraná e sua relação com índices climáticos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

GAN, M.; RODRIGUES, L. R.; RAO, V. B. Monções na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 127 – 134.

GRIMM, A. M. Clima da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 259 – 275.

HIERA, M. D. **O ritmo climático no Trópico de Capricórnio e a produção de uva: o estudo de caso "Marialva - PR"**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011

\_\_\_\_\_. **A Influência de Fenômenos Climáticos de Macroescala (El Niño e La Niña) no Regime das Chuvas na Bacia Hidrográfica Paraguai 3**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F.; GARCIA, S. R.; CALHEIROS, A. J. P. El Niño e La Niña nos Últimos 30 Anos: Diferentes Tipos. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 4, p. 7-12, 2016.

KÖPPEN W. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Geogr. Zeitschrift**, 6, 657–679, 1900.

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. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

\_\_\_\_\_. Estudos de teleconexões atmosféricas e possibilidades de avanços na climatologia geográfica: conceitos, fontes de dados e técnicas. In.: **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, vol. 19 - jul/dez, 2016.

\_\_\_\_\_. ELY, D. F. Régionalisation des précipitations dans l'état du Paraná (Brésil) en lien avec la température de surface de la mer. In: XXXII Colloque Internationale de l'Association Internationale de Climatologie, 2019, **Actes**. Thessaloniki, 2019. v. 1. p. 493-498.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. José Olympio: Rio de Janeiro, 1981.

MADDOX, R. A. Mesoscale Convective Complexes. **Bulletin of the American Meteorological Society**. vol. 61, n. 11, 1980, p. 1374-1387.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T. SOARES, W. R. Jato de baixos níveis ao longo dos Andes. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 169 – 180.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. CLIMA DA REGIÃO AMAZÔNICA. In: CAVALCANTI, I. F. de A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197 – 212.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de texto, 2007

MINEROPAR, MINERAIS DO PARANÁ. **Atlas geomorfológico do estado do paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MONTEIRO, C.A.F. Sobre a análise geográfica de sequências de cartas de tempo: pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia. **Revista Geográfica**: Rio de Janeiro, v. 31, n. 58, 1963, p. 169-179.

\_\_\_\_\_. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Ed.). **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, v.4, n.18, Tomo I, p.114-166, 1968.

\_\_\_\_\_. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil – contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. **Série Teses e Monografias 1**: São Paulo, 1969.

\_\_\_\_\_. **Análise rítmica em Climatologia**. São Paulo: USP/IG. Climatologia 1. 1971.

\_\_\_\_\_. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. **Série Teses e Monografias**, USP/IGEOG: São Paulo, 1976.

\_\_\_\_\_. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. UFSC, Florianópolis-SC, 1991.

MURARA, P. G. Técnicas de interpolação para a pesquisa em climatologia regional e agroclimatologia. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p.106 - 126, 2019.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

\_\_\_\_\_. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália)**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018.

\_\_\_\_\_; SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO. Trends and rainfall tropicalization in Paraná State, south of Brazil. **ATMOSFERA**, v. 33, p. 1-18, 2020.

NERY, J. Dinâmica climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2005.

NEVES, G. Z. de F. **Distribuição geográfica das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmicas e aplicações nos estudos rítmicos**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Brasil (comentários): contribuição ao estudo da climatologia do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro: IBGE, p. 232-250, set. 1966.

\_\_\_\_\_. Climatologia do Brasil. Grande Região Sul. **Revista Geográfica**: Rio de Janeiro, v. 4, 1968. p. 114 – 166.

\_\_\_\_\_. **Climatologia do Brasil**. IBGE: Rio de Janeiro, 1979.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019.

NOAA, NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Climate prediction center NCEP, National centers for environmental predictions – CPC**. Disponível em <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/> > Acesso em 15 de mar de 2020.

NOUACEUR, Z.; LAIGNEL, B.; TURKI, I. Changement climatique en Afrique du nord: vers des conditions plus chaudes et plus humides dans le moyen Atlas marocain et ses marges. In: Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, n.27, 2014, Dijon. **Actes**. Dijon, 2014. p. 387 – 393.

OLIVEIRA, D. E. de. **Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmo das chuvas na bacia hidrográfica do rio Preto, MG/RJ – nos anos de 2006, 2007, 2008**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

PASSOS, R. B. dos; PREISSER, G. B.; REBOITA, M. S.; MATTOS, E. V. Caracterização de um Sistema Convectivo de Mesoescala por meio de Sistema de Informações Geográficas. **Terræ Didática**, Campinas, v. 15, 1-10, 2019.

PÉDÉLABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. 2 Tomes, Paris: CDU, 1959.

PEIXOTO, J.P.; OORT, A.H. **Physics of Climate**. American Institute of Physics: New York, 1992.

PENNA, B. R. **Impacto dos aerossóis na reanálise MERRA-Z**. 2018. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

PEREIRA, L. M. P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; SILVA, D. A. B. da; CAVIGLIONE, J. H. Determinação do início e término da estação chuvosa no estado do Paraná. **Revista Geografar**, v.3, n.2, p. 01-12, jul/dez 2008.

PEREIRA, L. M. P. **Ocorrência de ventos fortes no Paraná: gênese e impactos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

PORTO GONÇALVES, C. W. **Os (des) caminhos do meio ambiente**. 4. ed.- São Paulo: Contexto, 2006.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R, P. **Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul**. TERRA E DIDÁTICA, v. 8, 2012.

ROSA, R. Análise espacial em geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n especial, p. 275-289, out. 2011

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SANCHES, R. G. PEREIRA, D. N. B. Climatologia: contribuições à dinâmica climática. In: **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. Org.: VECCHIA, F. A. da S.; TECH, A. R. B.; NEVES, G. Z. de F.– São Carlos: RiMa Editora, 2020. p. 4 - 57

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1990.

\_\_\_\_\_. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, 1998.

\_\_\_\_\_. Por uma Geografia do Clima. **Terra Livre**, São Paulo, v. 17, p. 49-62, 2001.

\_\_\_\_\_. História da climatologia no Brasil. **Cadernos Geográficos** (UFSC), Florianópolis, v. 7, p. 1-124, 2004.

\_\_\_\_\_. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v. 4, p. 1-18, 2008.

\_\_\_\_\_. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Org.). **Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras Expressões, 2013

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e Meio – Técnico – Científico - Informacional**. São Paulo: Hucitec, 1994.

\_\_\_\_\_. **A Natureza do espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4 ed, São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2017.

SANTOS, J. G. M. dos; CAMPOS, C. R. J.; LIMA, K. C. Análise de jatos de baixos níveis associados a um sistema convectivo de mesoescala na América do sul: um estudo de caso. In.: **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, 2008.

SEAB/DERAL. **Levantamento da Produção Agropecuária**. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>> Acesso em 13 de janeiro de 2020.

SERRA, A. Circulação Superior. **Revista Brasileira de Geografia**, ano XVI, n.1, p. 3 – 77, 1954.

SILVA, F. S. **Perfil da geração hidrelétrica no Oeste e Sudoeste do Paraná**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos Convectivos de Mesoescala. In: CPTEC/INPE. (Org.). **Climanálise especial**. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS: INPE, 1996.

SIMÕES, R. M. A. Notas sobre o Clima do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia**, ano XVI, n.1, p. 126 – 132, 1954.

SORRE, M. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

SOUSA, P. **Estudo da variabilidade da precipitação no Estado do Paraná associado à anomalia da TSM no Oceano Pacífico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

STRAHLER, A.H. **Physical geography**. John Wiley & Sons: New York, USA, 1951.

TAVARES, A.C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia** **1**, 79-87, 1976.

TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F. A.; GRIMM, A. M. (2012). Influences of two types of ENSO on South American precipitation. **International Journal of Climatology**, 33(6), 1382–1400, 2012

THORNTON C.W. The climates of the earth. **Geographical Review**, 23(3), 433–440, 1933.

VANHONI JORGE, F.; MENDONÇA, F. de A. O Clima Da Fachada Atlântica Sul do Brasil: uma atualização introdutória. **Revista Brasileira de Climatologia**, v5, set 2008.

VANHONI JORGE, F. **Fachada Atlântica Sul do Brasil: Clima e dinâmica atmosférica no contexto das mudanças climáticas globais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

VIEGAS, J.; ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; CANDIDO, L. A.; SOUZA, R. A. F. de; HALL, D. H.; SOUZA, A. C.; GARCIA, S. R.; TEMOTEO, G. G.; VALETIN, W. I. D. Caracterização dos Diferentes Tipos de El Niño e seus Impactos na América do Sul a Partir de Dados Observados e Modelados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 1, 43-67, 2019.

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia hidrográfica do rio Paraná, Brasil: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2013

ZAVATTINI, J. A. Desenvolvimento e Perspectivas da Climatologia Geográfica no Brasil: o Enfoque Dinâmico, a Noção de Ritmo Climático e as Mudanças Climáticas. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá, EDUEM, 2000, p. 225 – 251.

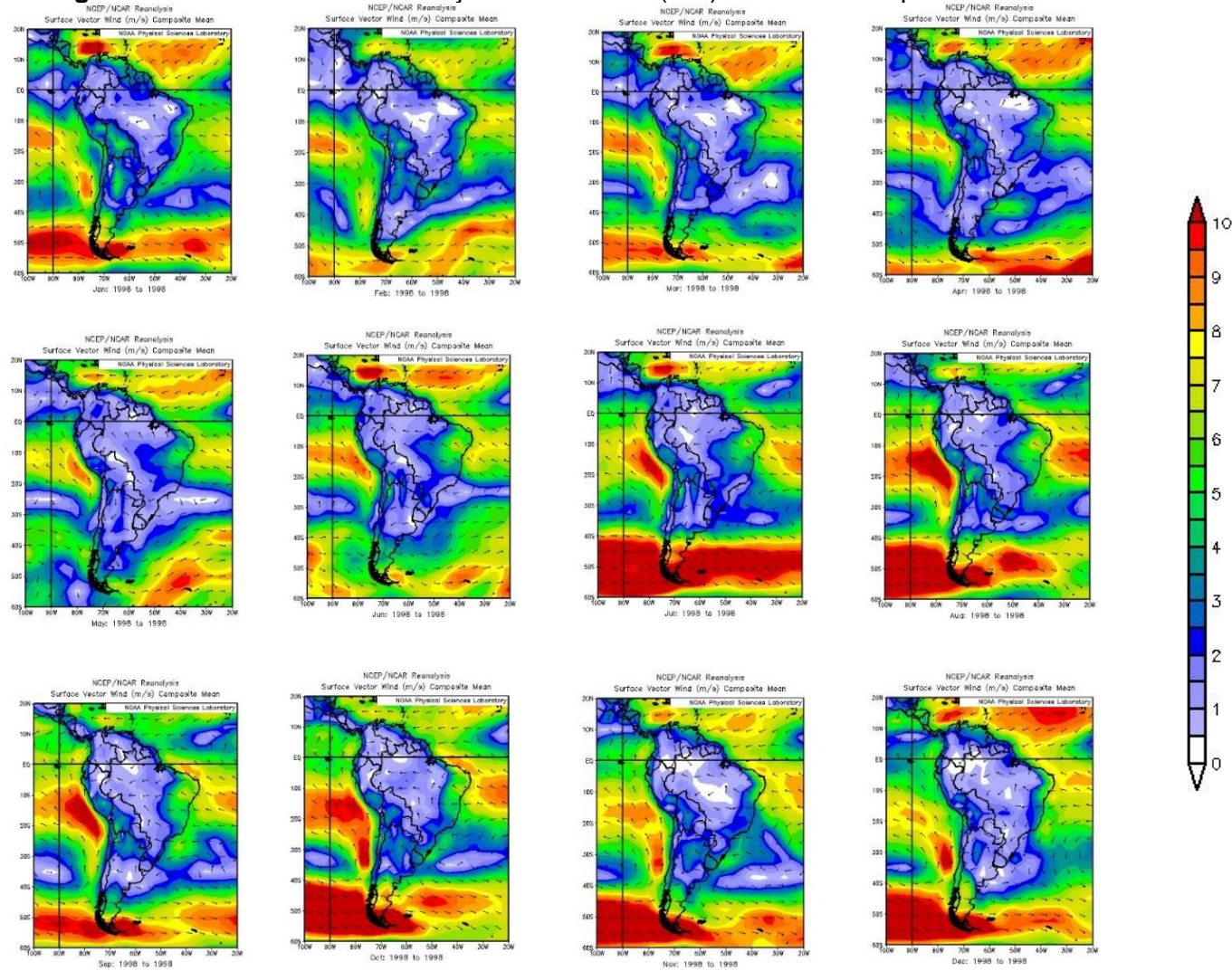
\_\_\_\_\_. O tempo e o espaço nos estudos do ritmo do clima no Brasil. **Geografia**, Rio Claro, v. 27, dez 2002, p. 101 – 131.

\_\_\_\_\_. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**, São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

## APÊNDICES

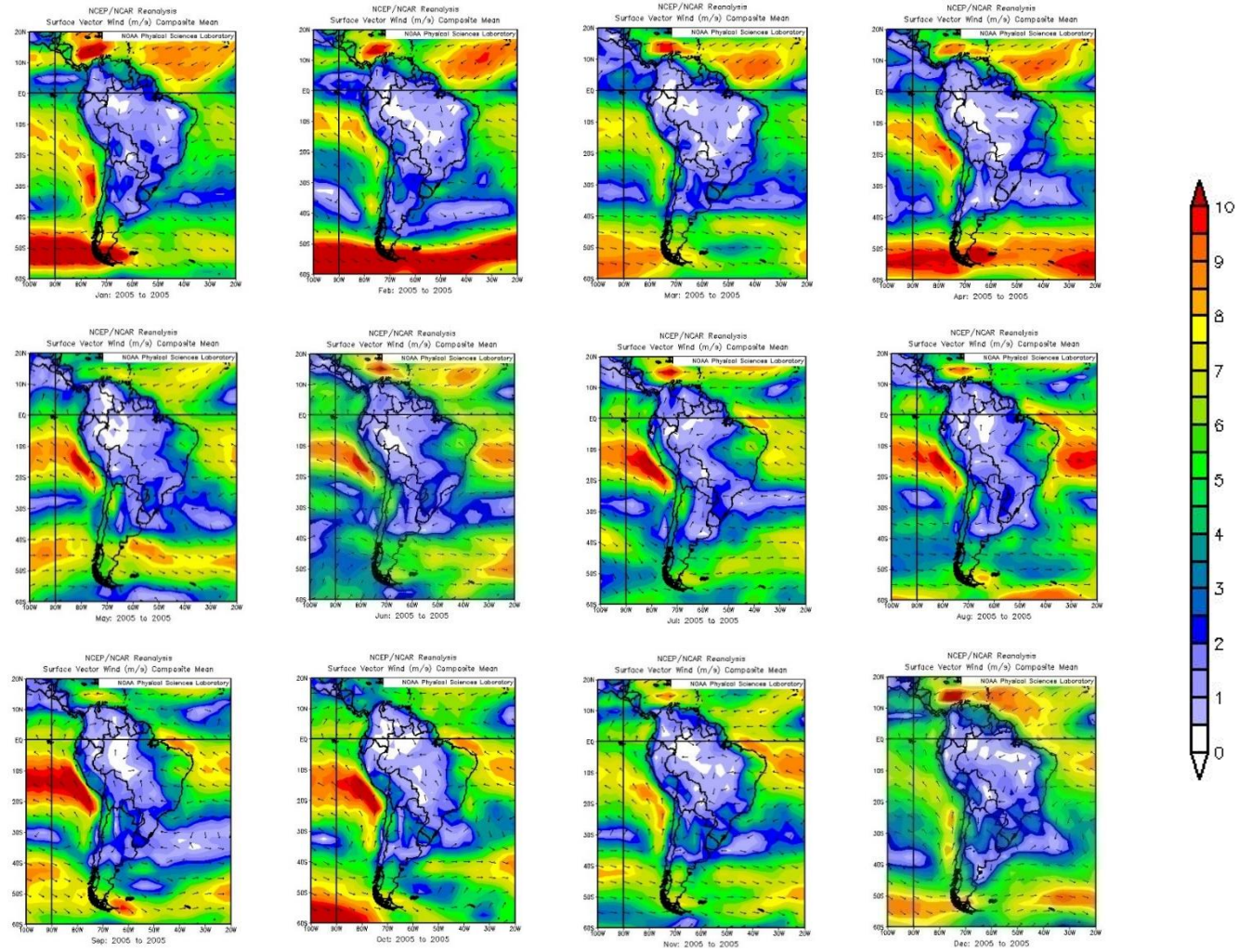
### APÊNDICE A – MÉDIA MENSAL DA DIREÇÃO E VELOCIDADE (M/S) DO VENTO DA SUPERFÍCIE ATMOSFÉRICA

**Figura 44 – Média mensal da direção e velocidade (m/s) do vento da superfície atmosférica - 1998**



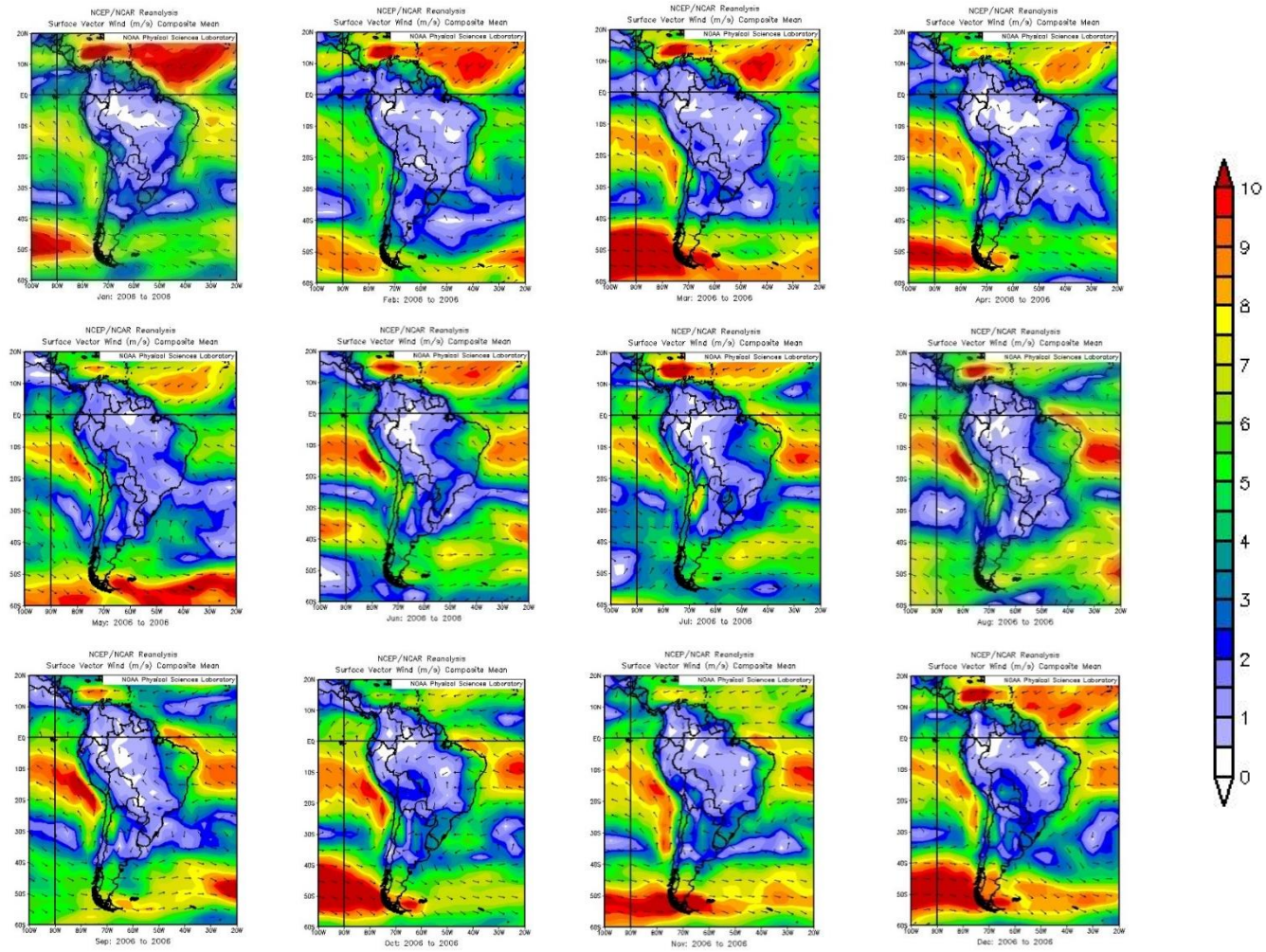
Fonte: NCEP/NCAR, 2020.

**Figura 45 – Média mensal da direção e velocidade (m/s) do vento da superfície atmosférica – 2005**



Fonte: NCEP/NCAR, 2020.

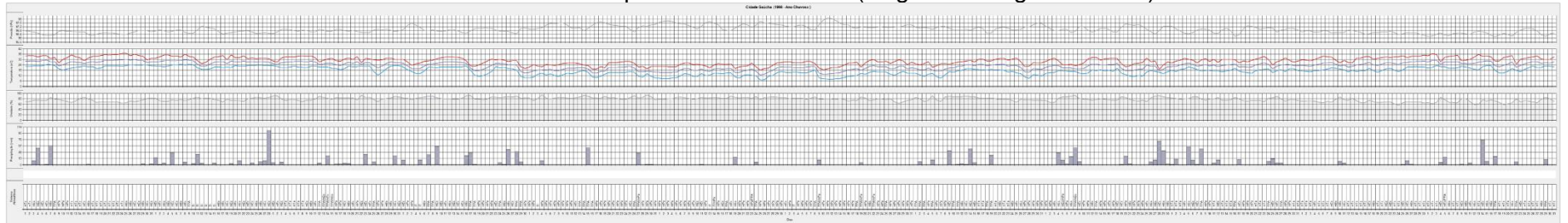
**Figura 46 - Média mensal da direção e velocidade (m/s) do vento da superfície atmosférica – 2006**



Fonte: NCEP/NCAR, 2020.

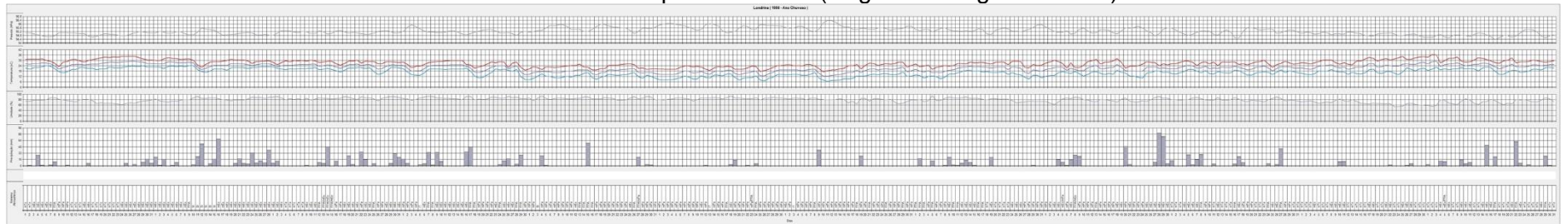
## APÊNDICE B – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA

**Gráfico 1 - Análise rítmica para Cidade Gaúcha (Região Homogênea Norte) – 1998**



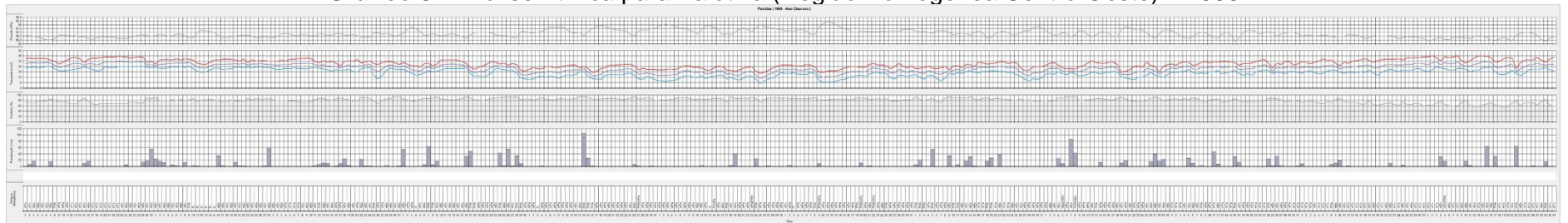
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 2 - Análise rítmica para Londrina (Região Homogênea Norte) – 1998**



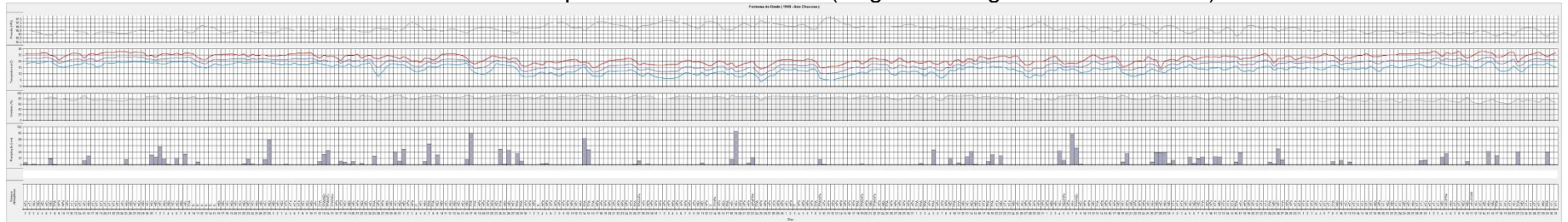
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 3 - Análise rítmica para Palotina (Região Homogênea Centro-Oeste) – 1998**



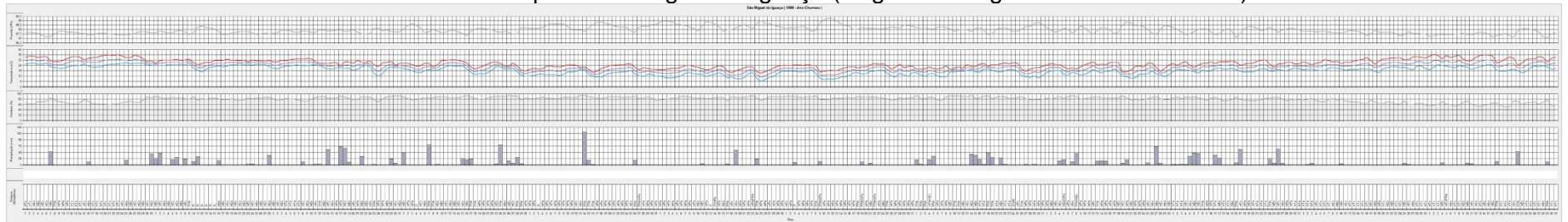
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 4 - Análise rítmica para Formosa do Oeste (Região Homogênea Centro-Oeste) – 1998**



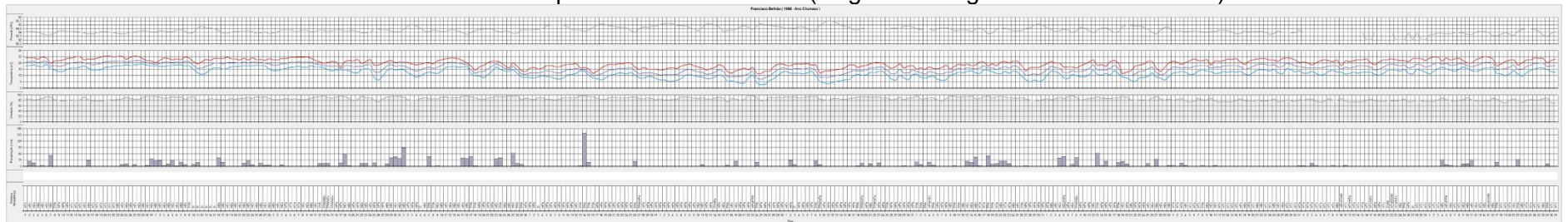
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 5 - Análise rítmica para São Miguel do Iguazu (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 1998**



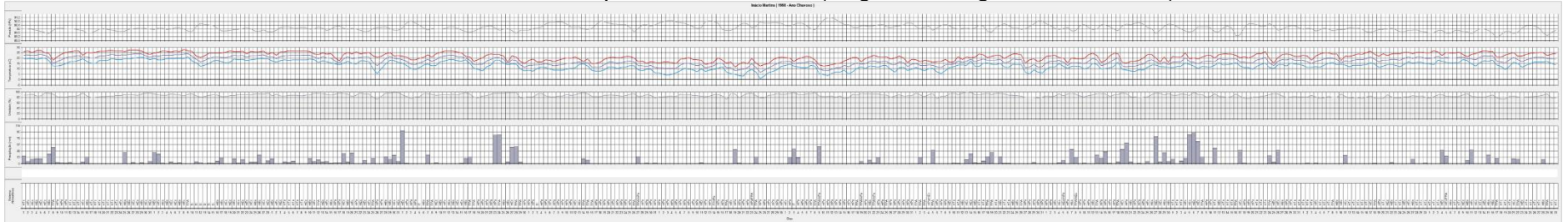
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 6 - Análise rítmica para Francisco Beltrão (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 1998**



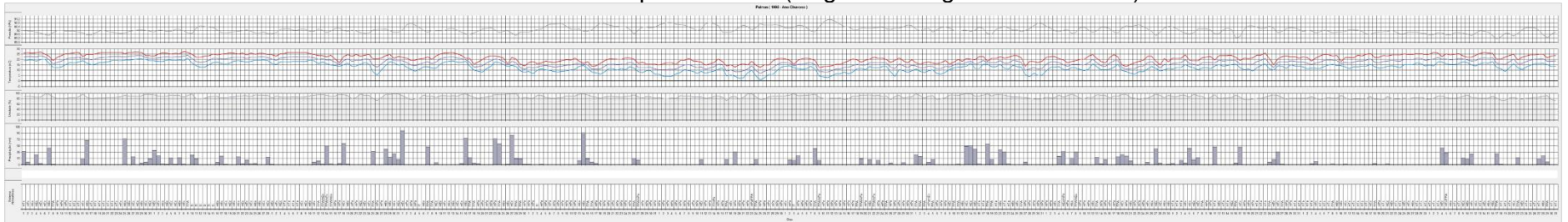
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 7 - Análise rítmica para Inácio Martins (Região Homogênea Centro-Sul) – 1998**



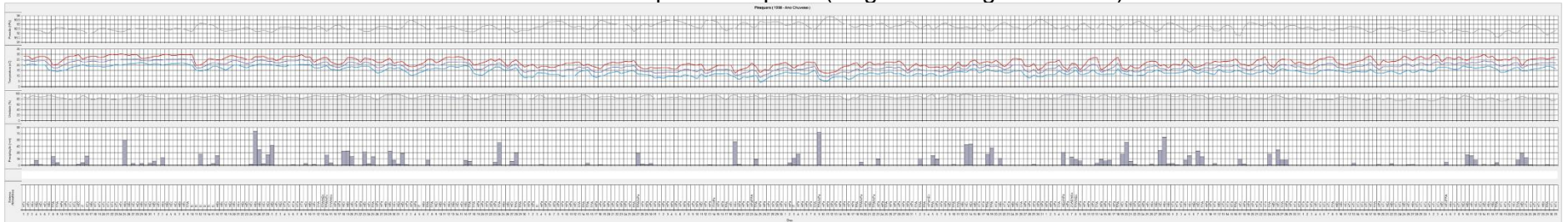
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 8 - Análise rítmica para Palmas (Região Homogênea Centro-Sul) – 1998**

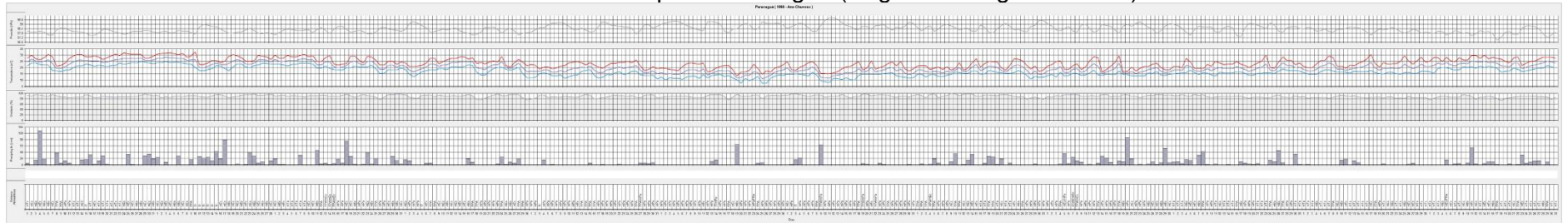


**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

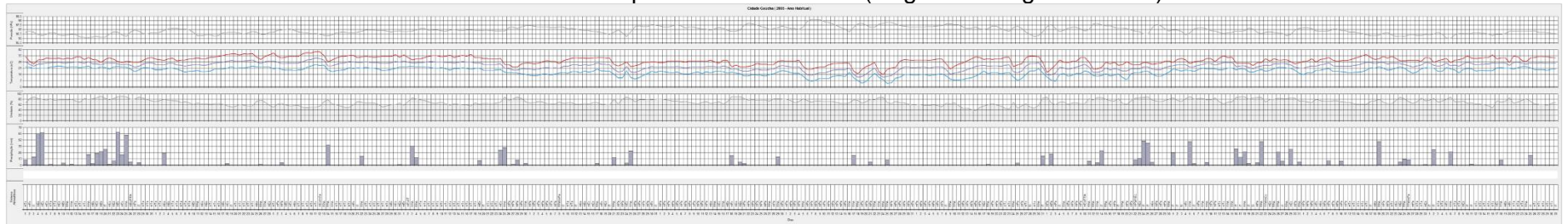
**Gráfico 9 - Análise rítmica para Piraquara (Região Homogênea Leste) – 1998**



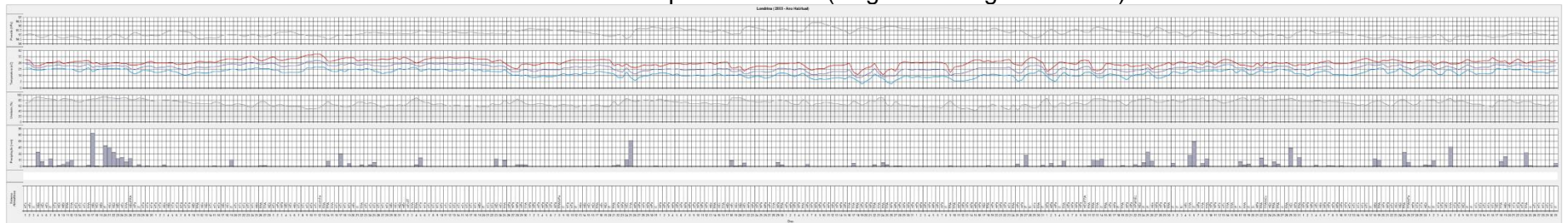
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 10 - Análise rítmica para Paranaguá (Região Homogênea Leste) – 1998**

Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

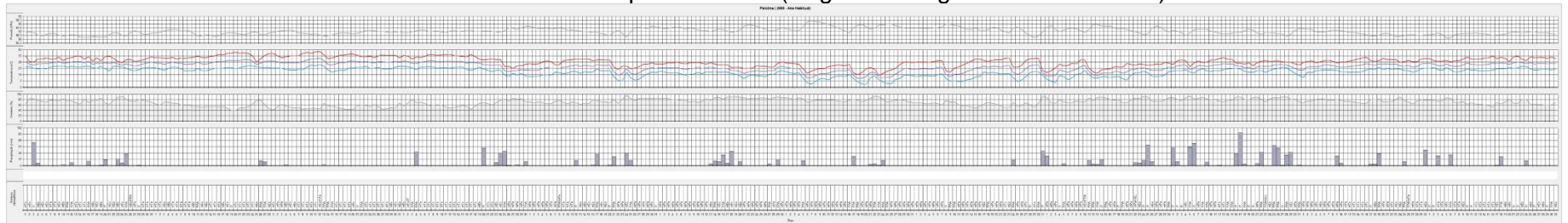
**Gráfico 11 - Análise rítmica para Cidade Gaúcha (Região Homogênea Norte) – 2005**

Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 12 - Análise rítmica para Londrina (Região Homogênea Norte) – 2005**

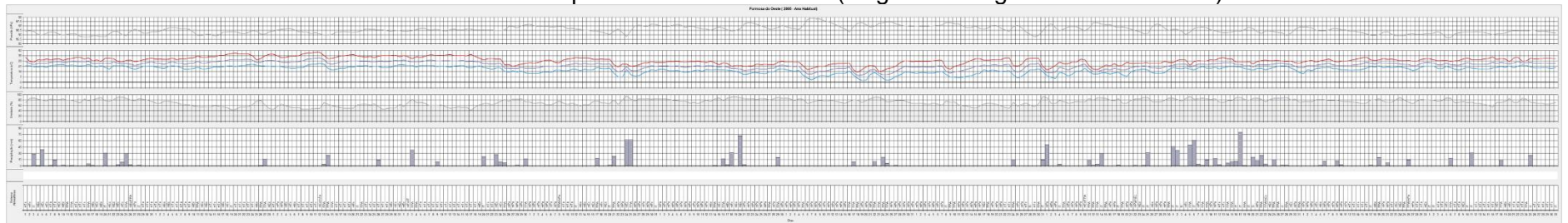
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 13 - Análise rítmica para Palotina (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2005**



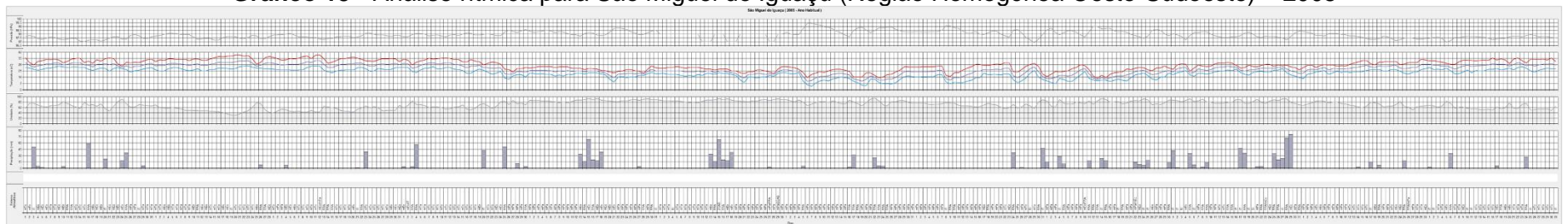
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 14 - Análise rítmica para Formosa do Oeste (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2005**



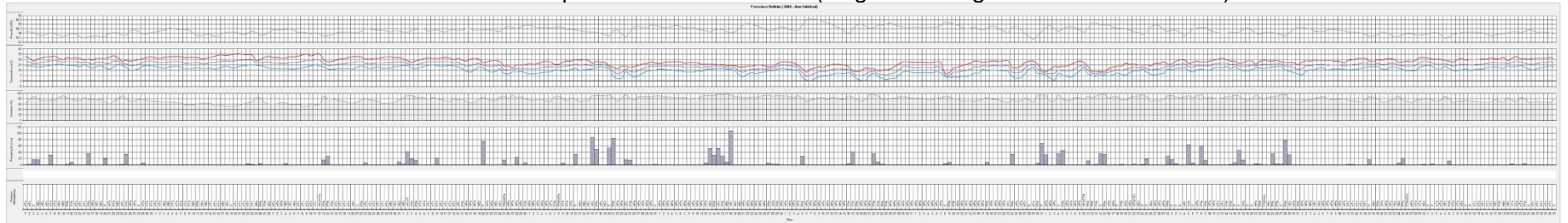
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 15 - Análise rítmica para São Miguel do Iguaçu (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2005**



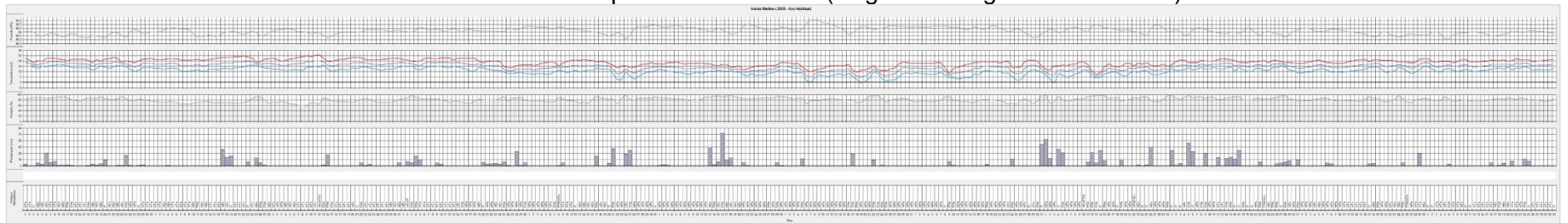
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 16 - Análise rítmica para Francisco Beltrão (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2005**



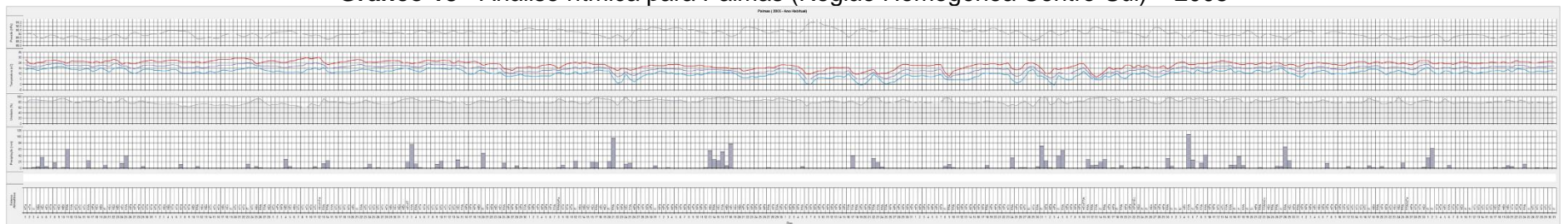
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 17 - Análise rítmica para Inácio Martins (Região Homogênea Centro-Sul) – 2005**



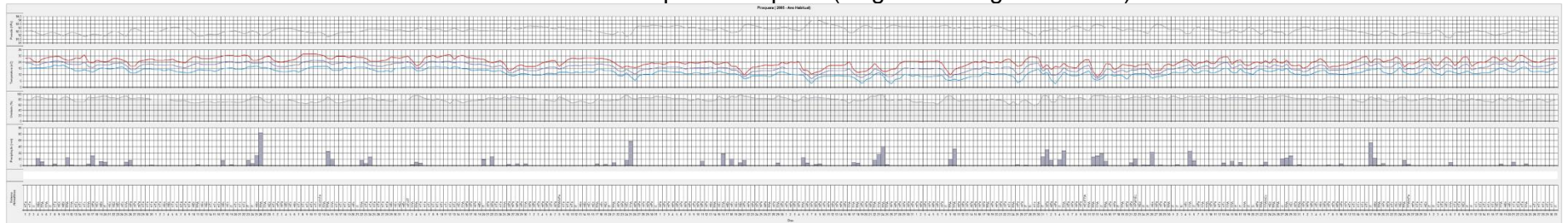
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 18 - Análise rítmica para Palmas (Região Homogênea Centro-Sul) – 2005**



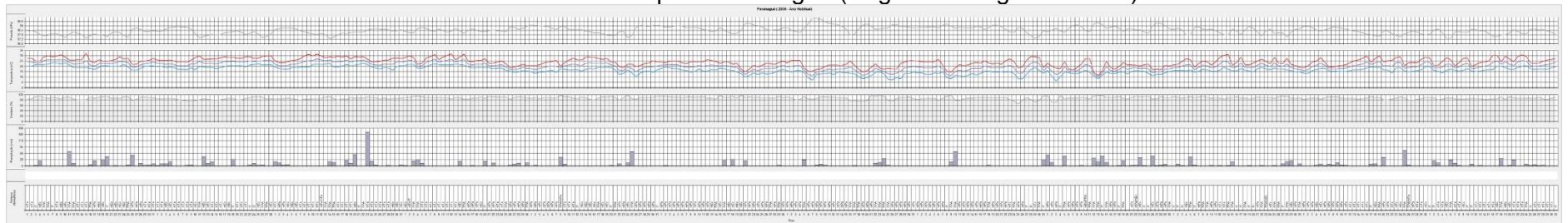
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 19 - Análise rítmica para Piraquara (Região Homogênea Leste) – 2005**



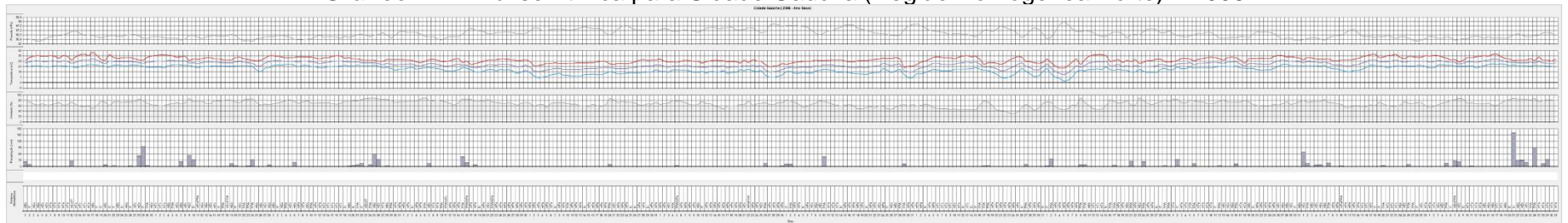
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 20 - Análise rítmica para Paranaguá (Região Homogênea Leste) – 2005**



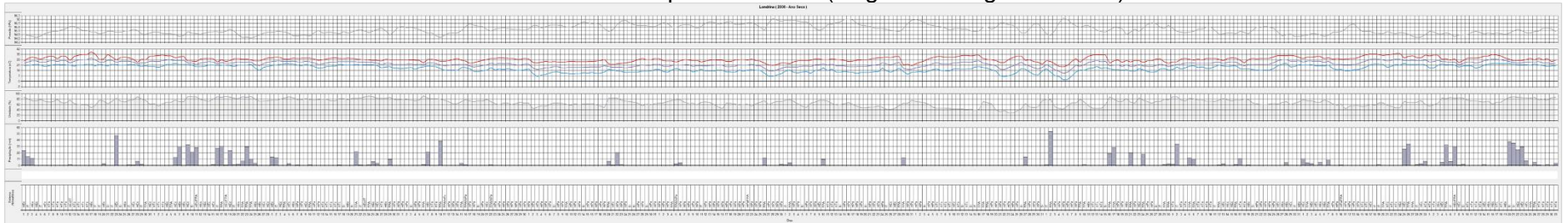
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 21 - Análise rítmica para Cidade Gaúcha (Região Homogênea Norte) – 2006**



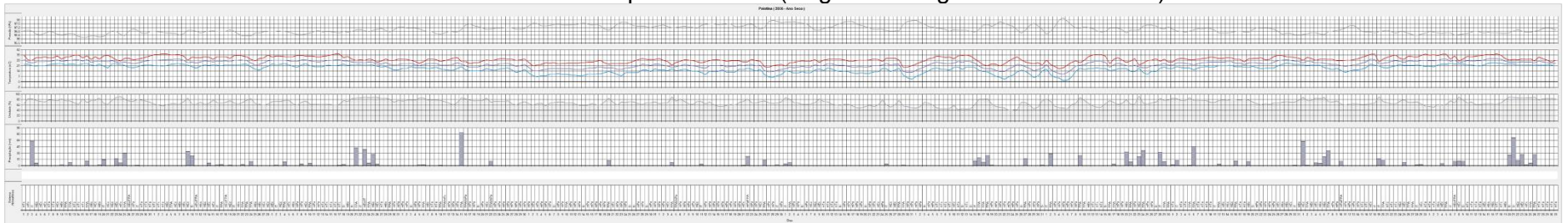
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 22 - Análise rítmica para Londrina (Região Homogênea Norte) – 2006**



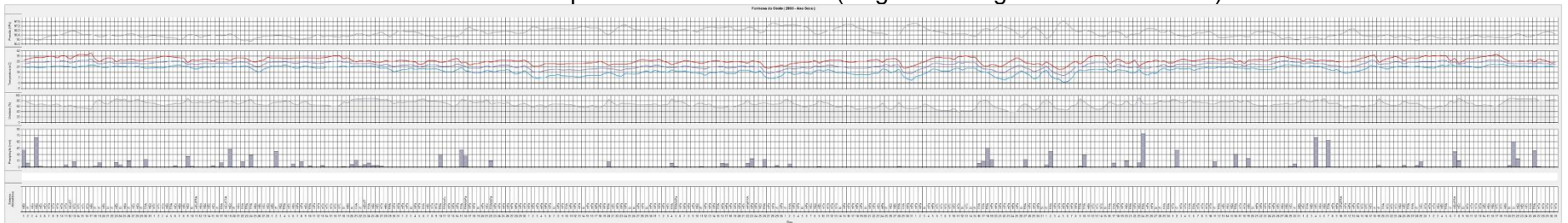
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 23 - Análise rítmica para Palotina (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2006**



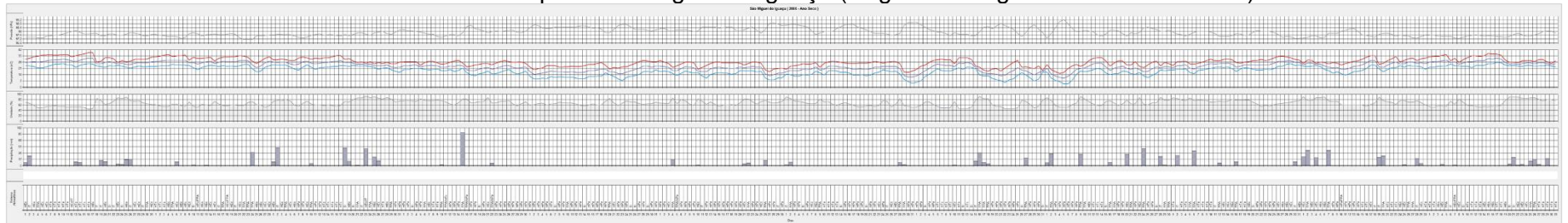
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 24 - Análise rítmica para Formosa do Oeste (Região Homogênea Centro-Oeste) – 2006**



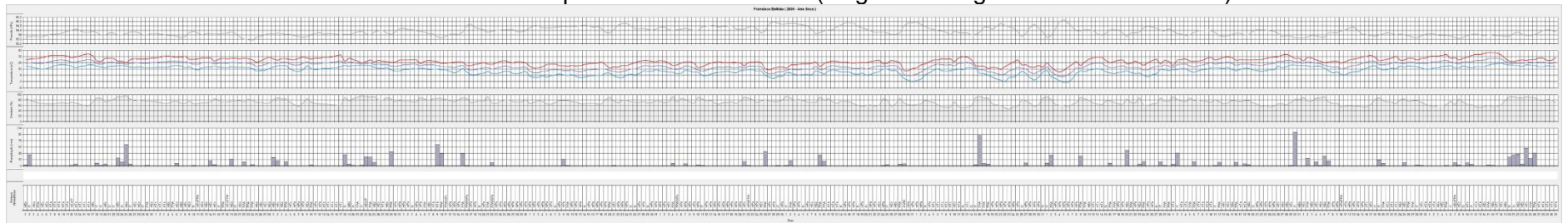
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 25 - Análise rítmica para São Miguel do Iguaçu (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2006**



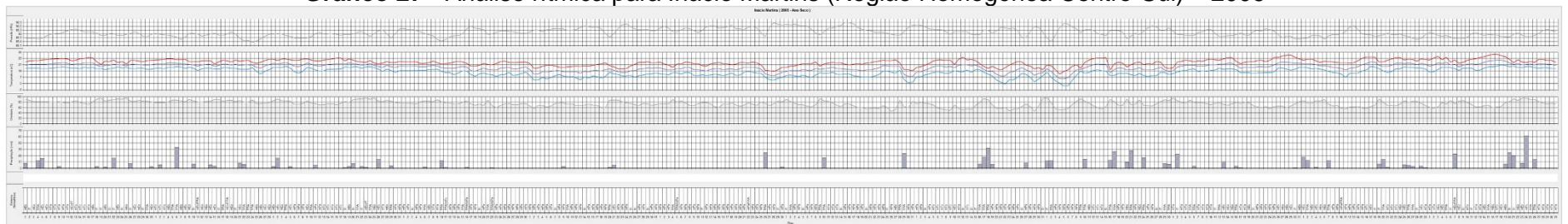
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 26 - Análise rítmica para Francisco Beltrão (Região Homogênea Oeste-Sudoeste) – 2006**



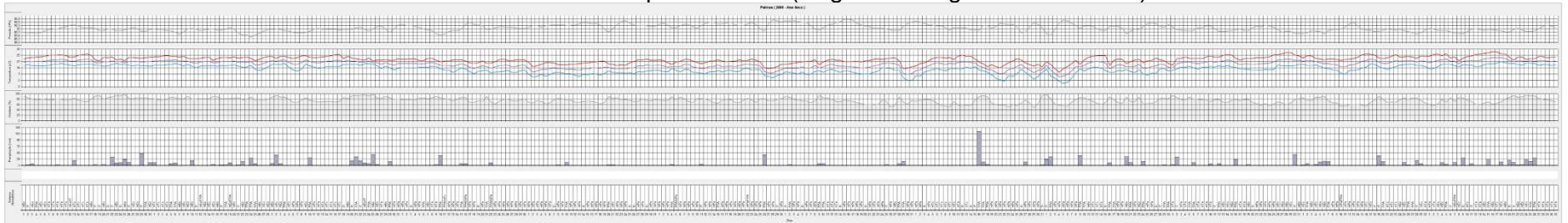
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 27 - Análise rítmica para Inácio Martins (Região Homogênea Centro-Sul) – 2006**



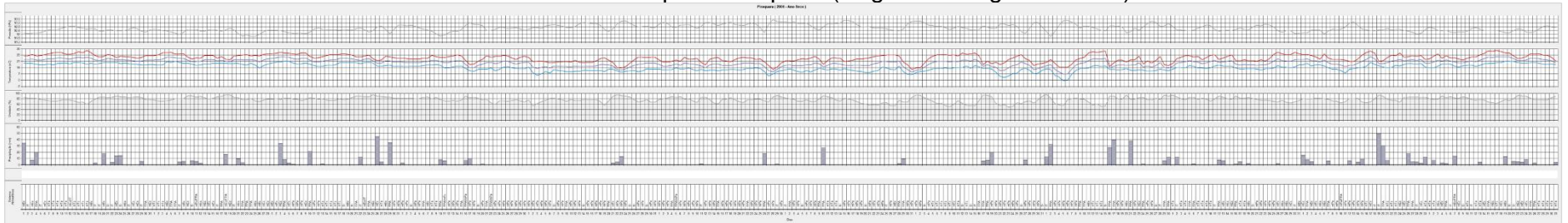
**Fonte:** ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 28 - Análise rítmica para Palmas (Região Homogênea Centro-Sul) – 2006**



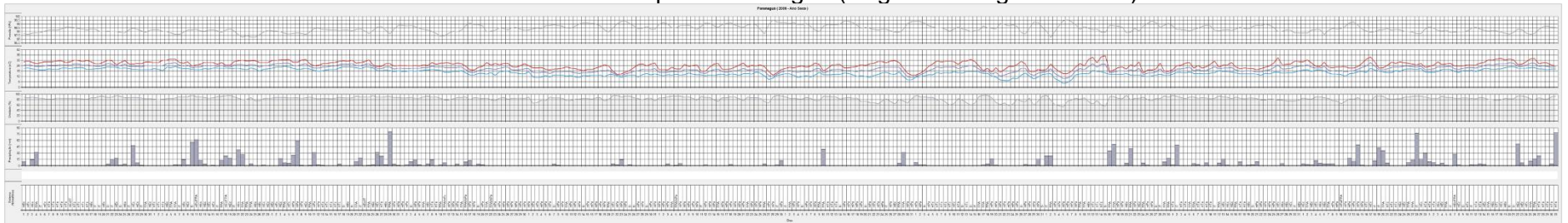
Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 29 - Análise rítmica para Piraquara (Região Homogênea Leste) – 2006**



Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.

**Gráfico 30 - Análise rítmica para Paranaguá (Região Homogênea Leste) – 2006**



Fonte: ANA, 2020; IAPAR, 2020; INMET, 2020; Marinha do Brasil, 2020; MERRA, 2020.