



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**LUCAS PEREIRA SOARES**

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO CEARÁ COM BASE NOS  
AGENTES DA CIRCULAÇÃO REGIONAL PRODUTORES DOS TIPOS DE  
TEMPO.**

**FORTALEZA**

**2015**

LUCAS PEREIRA SOARES

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO CEARÁ COM BASE NOS  
AGENTES DA CIRCULAÇÃO REGIONAL PRODUTORES DOS TIPOS DE  
TEMPO.

Dissertação de mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Geografia do Centro de Ciências da  
Universidade Federal do Ceará. Área de  
concentração: Dinâmica Ambiental e  
Territorial. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>  
Maria Elisa Zanella

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

- S655c Soares, Lucas Pereira.  
Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional  
produtores dos tipos de tempo / Lucas Pereira Soares. – 2015.  
241 f. : il.; color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de  
Geografia, Programa de Pós-Graduação de Geografia, Fortaleza, 2015.  
Área de concentração: Geografia Física.  
Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Clima - Ceará. 2. Zonas climáticas. 3. Geografia. I. Título.

---

CDD 910

LUCAS PEREIRA SOARES

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO CEARÁ COM BASE NOS  
AGENTES DA CIRCULAÇÃO REGIONAL PRODUTORES DOS TIPOS DE  
TEMPO.

Dissertação de mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Geografia do Centro de Ciências da  
Universidade Federal do Ceará. Área de  
concentração: Dinâmica Ambiental e  
Territorial. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>  
Maria Elisa Zanella

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Maria Elisa Zanella (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Victor da Assunção Borsato  
Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR)

---

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A minha família, familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar aos meus pais, Luis e Marilene, e minha irmã, Lucácia, por tornarem possíveis minha formação superior, visto que sempre estiveram com todo o apoio necessário aos meus estudos.

A minha orientadora, professora Elisa Zanella, por toda a sua paciência e por sempre ser muito prestativa. Agradeço também, por todos os ensinamentos proporcionados nessa orientação, que passa pela graduação e culmina com esse trabalho de mestrado, o meu muito obrigado professora.

A professora Marta Celina, por aceitar o convite de participar da banca e por sempre ser uma pessoa que contribuiu aos meus conhecimentos geográficos, seja no laboratório de Climatologia, seja nas aulas de campo.

Agradeço ao professor Victor Borsato, inicialmente pelos minicursos de Climatologia Dinâmica proferidos nos simpósios de Climatologia, e depois por aceitar o convite de participar da minha banca de avaliação, sendo ainda muito prestativo ao ajudar no detalhamento da análise sinótica.

Aos meus familiares, avó, avôs, tias, tios e primos, em particular minha tia Eliane e meu tio Moisés que são minha base em Fortaleza, um convívio afetivo muito fortificante ao meu dia-a-dia.

Agradeço aos amigos que consegui no curso de Geografia, em destaque a Adna, Eduardo, Helaine, Gabriela, Paulo, Bruna, Juliana, Jardélia, Thales, Gledson, Diego, Kennedy, Marcos, Jorge, Lino, Victor, Júnior e Letícia entre outros, e aqueles que surgiram de algo proveniente da Geografia como meu grande amigo Benício, saibam que sinto-me muito feliz quando estou ao lado de vocês.

Aos meus orientandos e amigos da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Camila, Érika e Kelton, agradeço pela grande ajuda com o término dos gráficos de análise rítmica.

Ao professor Ernane Cortez da UVA um abraço, grande amigo e uma pessoa que contribui muito para minha formação de geógrafo.

Aos professores Cacau, Paulo Thiers e Eustógio agradeço as conversas geográficas e por também participarem da construção desse trabalho através das disciplinas cursadas nestes dois anos.

A todos os funcionários do Curso de Geografia, em particular o Marquim que trabalhava na limpeza, grande amigo, a Denise da xerox, a dona Zélia e aos coordenadores Evaldo e Fernandes, pessoas sempre muito prestativas.

É a vida (é a vida), é o que todos dizem  
Você está no alto em abril, derrubado em maio  
Mas eu sei que mudarei essa história  
Quando eu voltar ao topo, voltar ao topo em junho [...]

Música: That's Life  
Intérprete: Frank Sinatra  
Composição: Dean Kay Thompson / Kelly Gordon

## RESUMO

Foi realizado no presente trabalho, uma caracterização climática para o estado do Ceará, a partir da dinâmica dos sistemas atmosféricos. Inicialmente, desenvolveu-se fundamentação teórica sobre a evolução dos estudos climáticos desde aqueles realizados pelos povos tradicionais, passando pelas primeiras formulações climáticas na Geografia a partir de Humboldt, Hann, Köppen, De Martonne, Strahler, Sorre e Pédelaborde, chegando a Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, este responsável pelo desenvolvimento de ferramentas aplicadas aos fundamentos geográficos de compreensão do Clima. Assim o trabalho tem como fundamento teórico-metodológico Monteiro (1973), fundamental ao desenvolvimento de uma caracterização climática com ênfase na circulação atmosférica regional. Com base em Monteiro (1973), o trabalho segue uma escala espacial regional, visto que a dinâmica atmosférica só pode ser compreendida a partir de tal delimitação, e escala temporal delimitada a partir dos anos padrão. Um detalhamento maior foi realizado no elemento climático precipitação, identificando aqueles sistemas atmosféricos responsáveis pelo período chuvoso e seco. Assim, desenvolve-se um estudo sobre a gênese das chuvas para o estado do Ceará, com base na dinâmica regional. Os procedimentos adotados foram conduzidos com base no ritmo sucessão natural dos tipos de tempo, concebidos a partir dos anos padrão e da aplicação da análise rítmica, responsável por fornecer os subsídios à elaboração dos índices de participação de sistemas atmosféricos, que espacializados foram utilizados como base à tentativa de síntese da circulação atmosférica regional para o estado do Ceará.

**Palavras-chave:** estado do Ceará, Ritmo climático; Análise rítmica; Síntese climática.

## ABSTRACT

It was done in this study, a climatic characterization of the state of Ceará, from the dynamics of atmospheric systems. Initially developed theoretical background on the evolution of climate studies from those achieved by traditional peoples, passing by the first climate formulations in Geography from Humboldt, Hann, Koppen, De Martonne, Strahler, Sorre and Pedelaborde, reaching Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, responsible for this development tools applied to geographic foundations of understanding of climate. So the work is theoretical and methodological foundation Monteiro (1973), fundamental to the development of a climate characterization with emphasis on regional atmospheric circulation. Based on Monteiro (1973), the work follows a regional spatial scale, since the atmospheric dynamics can only be understood from this definition, and timescale delimited from the standard years. Further details was carried out in climatic element precipitation, identifying those weather systems responsible for the rainy and dry season. Thus develops a study of the genesis of rainfall for the state of Ceará, based on regional dynamics. The procedures adopted were conducted based on the natural succession rhythm of the types of time, designed from standard years and the application of rhythmic analysis, responsible for providing subsidies to the preparation of the participation rates of atmospheric systems that spatialized were used as a basis the attempted synthesis of regional atmospheric circulation for the state of Ceará.

**Keywords:** state of Ceará, climate rhythm; rhythmic analysis; climate synthesis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: localização da área de estudo. ....	22
Figura 2: Imagem que indica a direção do vento associado a mEa e a mTa, observa-se ainda esquemas desenvolvidos por Nimer (1964) que indicam a direção de deslocamento de ambas as massas de ar.....	38
Figura 3: Posição das massas de ar e dos sistemas frontais conforme Nimer (1964). Por FIT (Frente Intertropical) entenda ZCIT (Zona de Convergência Intertropical).....	39
Figura 4: localização dos centros de ação responsáveis pela gênese das massas de ar, conforme Borsato (2011).....	41
Figura 5: Identificação de um sistema ocluso responsável por uma RFF no Ceará para o dia 04 de dezembro de 2005 .....	42
Figura 6: Imagem GOES 12 com demarcação da ZCIT; Em azul, picos maiores de precipitação, em vermelho áreas mais secas, destaque a região de interação da ZCIT..	43
Figura 7: Imagem GOES 12 com demarcação de um VCAN no dia 31 de janeiro de 2009; Sequencia esquemática da formação de vórtices ciclônicos em 200 hPa no Atlântico Sul conforme Gan e Kousky (1981:545 apud REBOITA et al 2010). ....	45
Figura 8: Imagem GOES 12 com demarcação de uma Onda de Leste no dia 23 de junho de 2009 .....	46
Figura 9: Perfil esquemático vertical de uma onda de leste. ....	47
Figura 10: Imagem GOES 12 com demarcação de uma Linha de Instabilidade para o dia 16 de abril de 2009 .....	48
Figura 11: Localização de Linhas de Instabilidade (áreas hachuradas) e nebulosidade da ZCIT (áreas claras que indicam nuvens) conforme apontado por Cavalcanti e Kousky (1982).....	49
Figura 12: Imagem GOES 12 com demarcação de um Complexo Convectivo de Mesoescala para o dia 11 de março de 2009 .....	50
Figura 13: Fases do ENOS e períodos de ocorrência de El Nino e La Nina. ....	51
Figura 14: TSM média mensal do Atlântico e TSM para o ano de 2009 .....	54
Figura 15: quadro representativo dos anos de GRADM positivo ou negativo.....	55
Figura 16: localização dos postos pluviométricos da FUNCEME e estações meteorológicas convencionais do INMET .....	57
Figura 17: hipsometria da porção setentrional do Nordeste. ....	65

Figura 18: (a) imagens do satélite GOES 12, carta sinótica e espacialização da precipitação para o dia 14 de janeiro de 2004; (b) imagens do satélite GOES 12, carta sinótica e espacialização da precipitação para o dia 17 de janeiro de 2004. ....	72
Figura 19: Imagens do Satélite GOES 12 IR e T-REALC para a América do Sul e Nordeste no dia 29 de janeiro de 2004; localização da ZCIT para o mês de janeiro de 2004; precipitação no estado do Ceará para os dias 24 a 29 de janeiro de 2004.....	73
Figura 20: Imagens do Satélite GOES 10 T-REALC para a América do Sul, modificada pelo autor; localização da ZCIT a partir de pentadas para o mês de abril de 2009; precipitação para o estado do Ceará entre os dias 06 e 13 de abril de 2009; TSM do Atlântico para março, abril e maio de 2009.....	76
Figura 21: Imagens do Satélite GOES+METEOSAT para a América do Sul nos dia 18 de maio de 2013 (esquerda); Imagens do Satélite GOES 10 do Infravermelho Vísivel para a América do Sul nos dias 22 de julho de 2009 (direita); TSM e pseudotensão do vento para o Atlântico tropical a partir da série 1964-2003 para os meses de abril, maio e junho; precipitação para o estado do Ceará nos dias 18 e 19 de maio de 2013; precipitação no estado do Ceará do dia 22 a 25 de junho de 2009.....	80
Figura 22: Imagens do Satélite GOES 13 para a América do Sul no dia 17 de setembro de 2007; TSM e pseudotensão do vento para o Atlântico tropical a partir da série 1964-2003 em setembro, outubro e novembro; carta sinótica dia 17 de setembro de 2007;...	83
Figura 23: Classificação dos anos em seco (vermelho), habitual (amarelo) e chuvoso (azul) a partir da interpretação dos dendogramas.....	85
Figura 24: mosaico de mapas representativos dos anos padrão secos (em vermelho), habituais (em amarelo) e chuvosos (em azul). ....	86
Figura 25: mosaico de mapas representativos dos anos padrão secos (em vermelho), habituais (em amarelo) e chuvosos (em azul). ....	86
Figura 26: índice SOI representativo das condições oceânicas do Pacífico para 2005. A cor azul significa mês com La Niña e a cor vermelha meses classificados como El Niño .....	88
Figura 27: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2005 .....	90
Figura 28: índices de participação dos sistemas para o ano de 2005 .....	91
Figura 29: índices de participação dos sistemas nas chuvas para janeiro de 2005.....	93
Figura 30: índices de participação dos sistemas para o mês de janeiro de 2005 .....	94
Figura 31: índices de participação dos sistemas nas chuvas para fevereiro de 2005 .....	96
Figura 32: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2005.....	97

Figura 33: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2005.....	97
Figura 34: índices de participação dos sistemas nas chuvas para março de 2005.....	99
Figura 35: índices de participação dos sistemas para o mês de março de 2005 .....	100
Figura 36: índices de participação dos sistemas nas chuvas para abril de 2005 .....	102
Figura 37: índices de participação dos sistemas para o mês de abril de 2005.....	103
Figura 38: índices de participação dos sistemas nas chuvas para maio de 2005.....	105
Figura 39: índices de participação dos sistemas para o mês de maio de 2005 .....	106
Figura 40: índices de participação dos sistemas nas chuvas para junho de 2005.....	108
Figura 41: índices de participação dos sistemas para o mês de junho de 2005 .....	109
Figura 42: índices de participação dos sistemas nas chuvas para julho de 2005.....	111
Figura 43: índices de participação dos sistemas para o mês de julho de 2005 .....	112
Figura 44: índices de participação dos sistemas para o mês de agosto de 2005.....	114
Figura 45: índices de participação dos sistemas para o mês de setembro 2005 .....	116
Figura 46: índices de participação dos sistemas para o mês de outubro de 2005.....	118
Figura 47: índices de participação dos sistemas para o mês de novembro de 2005.....	120
Figura 48: índices de participação dos sistemas nas chuvas para dezembro de 2005 ..	122
Figura 49: índices de participação dos sistemas para o mês de dezembro de 2005 .....	123
Figura 50: índice SOI representativo das condições oceânicas do Pacífico para 2004. A cor azul significa meses com La Niña e a cor vermelha meses classificados como El Niño. ....	124
Figura 51: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2004 .....	126
Figura 52: índices de participação dos sistemas para o ano de 2004 .....	127
Figura 53: índices de participação dos sistemas nas chuvas para janeiro de 2004.....	129
Figura 54: índices de participação dos sistemas para o mês de janeiro de 2004.....	130
Figura 55: índices de participação dos sistemas nas chuvas para fevereiro de 2004 ...	132
Figura 56: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2004.....	133
Figura 57: índices de participação dos sistemas nas chuvas para março de 2004.....	135
Figura 58: índices de participação dos sistemas para o mês de março de 2004 .....	136
Figura 59: índices de participação dos sistemas nas chuvas para abril de 2004 .....	138
Figura 60: índices de participação dos sistemas para o mês de abril de 2004.....	139
Figura 61: índices de participação dos sistemas nas chuvas para maio de 2004.....	141
Figura 62: índices de participação dos sistemas para o mês de maio de 2004 .....	142
Figura 63: índices de participação dos sistemas nas chuvas para junho de 2004.....	144
Figura 64: índices de participação dos sistemas para o mês de junho de 2004.....	145

Figura 65: índices de participação dos sistemas nas chuvas para julho de 2004.....	147
Figura 66: índices de participação dos sistemas para o mês de julho de 2004.....	148
Figura 67: índices de participação dos sistemas nas chuvas para agosto de 2004 .....	150
Figura 68: índices de participação dos sistemas para o mês de agosto de 2004.....	151
Figura 69: índices de participação dos sistemas nas chuvas para setembro de 2004 ...	153
Figura 70: índices de participação dos sistemas para o mês de setembro de 2004 .....	154
Figura 71: índices de participação dos sistemas nas chuvas para outubro de 2004 .....	156
Figura 72: índices de participação dos sistemas para o mês de outubro de 2004.....	157
Figura 73: índices de participação dos sistemas para o mês de novembro de 2004.....	159
Figura 74: índices de participação dos sistemas para o mês de dezembro de 2004 .....	161
Figura 75: TSM do Atlântico Sul e Norte e índice SOI representativo das condições oceânicas do Pacífico para 2009. A cor azul significa meses com La Niña e a cor vermelha meses classificados como El Niño.....	162
Figura 76: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2009 .....	164
Figura 77: índices de participação dos sistemas para o ano de 2009 .....	165
Figura 78: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o trimestre janeiro de 2009 .....	167
Figura 79: índices de participação dos sistemas para o mês de janeiro de 2009 .....	168
Figura 80: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o trimestre fevereiro de 2009 .....	170
Figura 81: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2009.....	171
Figura 82: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o trimestre março de 2009 .....	173
Figura 83: índices de participação dos sistemas para o mês de março de 2009 .....	174
Figura 84: índices de participação dos sistemas nas chuvas para abril de 2009 .....	176
Figura 85: índices de participação dos sistemas para o mês de abril de 2009.....	177
Figura 86: índices de participação dos sistemas nas chuvas para maio de 2009.....	179
Figura 87: índices de participação dos sistemas para o mês de maio de 2009 .....	180
Figura 88: índices de participação dos sistemas nas chuvas para junho de 2009.....	182
Figura 89: índices de participação dos sistemas para o mês de junho de 2009 .....	183
Figura 90: índices de participação dos sistemas nas chuvas para julho de 2009.....	185
Figura 91: índices de participação dos sistemas para o mês de julho de 2009 .....	186
Figura 92: índices de participação dos sistemas nas chuvas para agosto de 2009 .....	188
Figura 93: índices de participação dos sistemas para o mês de agosto de 2009.....	189

Figura 94: índices de participação dos sistemas para o mês de setembro de 2009 .....	191
Figura 95: índices de participação dos sistemas para o mês de outubro de 2009.....	193
Figura 96: índices de participação dos sistemas para o mês de novembro de 2009 .....	195
Figura 97: índices de participação dos sistemas nas chuvas para dezembro de 2009 ..	197
Figura 98: índices de participação dos sistemas para o mês de dezembro de 2009 .....	198
Figura 99: proposta de síntese da circulação atmosférica regional .....	202

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ATSM - Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar

CCM - Complexo Convectivo de Mesoescala

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

ENOS - El Niño Oscilação Sul

FF - Frente Fria

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GOES - Geostationary Satellite Server

GRADM - Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IOS - Índice de Oscilação Sul

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

LI - Linha de Instabilidade

LIC - Linha de Instabilidade Costeira

LIP - Linha Instabilidade que se Propaga

mEa - massa Equatorial atlântica

mEc - massa Equatorial continental

NCDC - National Climatic Data Center

NEB - Nordeste do Brasil

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

OL - Onda de Leste

PIRATA - Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic

PMEL - Pacific Marine Environmental Laboratory

RFF - Repercussão de Frente Fria

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

TAO - Tropical Atmosphere Ocean

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission

TSM - Temperatura de Superfície do Mar

VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
<b>1.1. Das bases gregas aos fundamentos em Climatologia Geográfica.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2. Sistemas atmosféricos responsáveis pelos tipos de tempo na região Norte do Nordeste do Brasil. ....</b>	<b>37</b>
Massas de Ar e Sistemas Frontais .....	37
Zona de Convergência Intertropical .....	42
Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis.....	44
Ondas de Leste.....	45
Linhas de Instabilidade .....	48
Complexos Convectivos de Mesoescala.....	49
ENOS (El Niño e La Niña) e Dipolo do Atlântico – GRADM (Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar) .....	51
<b>2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS UTILIZADOS.....</b>	<b>56</b>
<b>2.1. Base de dados e método adotado para a eleição dos anos padrão.....</b>	<b>56</b>
<b>2.2. Critérios adotados ao desenvolvimento da análise rítmica e a produção dos índices de participação .....</b>	<b>58</b>
<b>2.3. Tratamento espacial das informações climáticas .....</b>	<b>60</b>
<b>3. DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>64</b>
<b>4. OS TIPOS DE TEMPO FUNDAMENTAIS DA CIRCULAÇÃO REGIONAL E AS CHUVAS A ELAS ASSOCIADAS PARA O ESTADO DO CEARÁ .....</b>	<b>68</b>
<b>4.1. Pré-quadra chuvosa.....</b>	<b>68</b>
Domínio da mEc e das RFF, sob a interferência dos VCAN .....	68
<b>4.2. Quadra chuvosa .....</b>	<b>74</b>
Domínio da ZCIT .....	74
<b>4.3. Pós-quadra chuvosa: .....</b>	<b>77</b>
Domínio das OL e da mEa .....	77
<b>4.4. Período seco.....</b>	<b>81</b>
Domínio da mEa.....	81
<b>5. A SUCESSÃO ANUAL DOS TIPOS DE TEMPO E A DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO ESTADO DO CEARÁ.....</b>	<b>84</b>
<b>5.1. Eleição de anos padrão.....</b>	<b>84</b>
<b>5.2. Variação no Espaço e Análise Rítmica .....</b>	<b>87</b>
Ano Padrão Seco .....	88
Ano Padrão Habitual .....	124
Ano Padrão Chuvoso .....	162
<b>5.3. Proposta de síntese da dinâmica atmosférica regional para o estado do Ceará .....</b>	<b>199</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>205</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>209</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>220</b>

## INTRODUÇÃO

Dentro daquilo proposto por Monteiro (1973), este trabalho comprometeu-se com a aplicação de etapas fundamentais a um estudo climático, com base no ritmo de sucessão dos tipos de tempo, para o estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 01).

São comuns à área de estudo caracterizações climáticas de cunho tradicional, adotando-se exaustivamente dados médios pelas normais climatológicas, amplamente empregadas em trabalhos agrometeorológicos e na construção de Estudos de Impacto Ambiental e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), contudo sua utilização esconde os reais valores climatológicos, não permitindo a visualização da variação natural e dos agentes responsáveis pelos tipos de tempo.

Neste caso, a fim de estabelecer um estudo que sirva-se de critérios para além dos padrões médios, o presente trabalho tem como objetivo principal, estabelecer uma caracterização climática que leva a proposta de síntese da circulação atmosférica regional do estado do Ceará, com base nos sistemas atmosféricos produtores dos tipos de tempo.

De maneira específica destacam-se objetivos propostos como bases fundamentais ao objetivo principal, considerando: 1. Uma análise em torno da organização diária das informações climáticas; 2. O desenvolvimento de uma caracterização da dinâmica climática regional com base na eleição de anos padrão; 3. O entendimento do clima com base na análise rítmica; 4. No estabelecimento de índices de participação dos sistemas atmosféricos. A partir destes objetivos, desenvolveu-se o alicerce a proposta de síntese da dinâmica climática para o estado do Ceará.

Esta análise, a partir das informações climáticas diárias, diz respeito a coleta de dados de superfície, considerando postos pluviométricos e estações meteorológicas convencionais, e altitude, a partir das imagens de satélite e cartas sinóticas.

Pela proposta de síntese da dinâmica climática regional, há o estabelecimento de um zoneamento, voltado a compreensão, de maneira sintética, da dinâmica natural da atmosfera.

A eleição de anos padrão visa compreender os desvios no regime climático que levam à escassez e ao excesso, que organizados sob a escala temporal anual permitem a delimitação da escala temporal da pesquisa.

A análise rítmica é uma metodologia que interpreta, de forma integrada as

informações meteorológicas, com base temporal nos anos padrão, fornecendo as bases para a extração dos índices de participação dos sistemas atmosféricos.

Com os dados da participação dos sistemas atmosféricos nos estados do tempo, verificou-se a participação das chuvas, ou seja, quais foram as condições sinóticas para a ocorrência de chuva nos anos padrão.

Outro referencial importante ao trabalho, diz respeito a produção cartográfica, que visa o desenvolvimento de uma espacialização das informações climáticas geradas, algo essencial no que se refere, principalmente, ao zoneamento estabelecido pela tentativa de síntese.

O referencial teórico, tratou da evolução dos estudos climáticos desde aqueles realizados por povos tradicionais, passando pelas primeiras formulações climáticas na Geografia propostas por Humboldt, que estabelece as bases a um conhecimento climático científico, a ser ampliado pelo método desenvolvido por Julius Hann, durante muito tempo fundamental a Geografia e hoje ainda bastante utilizado pela Meteorologia.

Apresenta-se o momento pós-Hann nos estudos geográficos, inicialmente pelas análises incipientes de De Martonne, porém que em uma evolução, permeia o campo teórico para o desenvolvimento da noção de ritmo climático, esboçada por Max Sorre, que posteriormente foi aplicada por Pierre Pédelaborde e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Este último foi responsável pelo desenvolvimento de ferramentas, como a análise rítmica e o estabelecimento dos índices de participação, aplicadas aos fundamentos geográficos de compreensão do Clima.

A dinâmica atmosférica regional para o estado do Ceará, foi concebida a partir do referencial sobre a massa Equatorial atlântica (mEa), atuante no tempo seco, bem um estudo que diz respeito aos sistemas atmosféricos associados a precipitação, sendo os, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Repercussões de Frentes Frias (RFF) e a massa Equatorial Continental (mEc), ambos sob a influencia de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), além dos sistemas de Ondas de Leste (OL) e, estando as chuvas, a partir destes, dispostas de maneira geral entre o verão e o outono, com o período de maior precipitação concentrada entre os meses de fevereiro a maio, associadas principalmente a ZCIT.

A descrição da área de estudo realizada com base na posição geográfica do Estado, notadamente nas baixas latitudes, trazendo ainda um referencial sobre os condicionantes físicos, como os aspectos gerais climáticos, no que se que se refere a

predominância do clima semiárido, e geomorfológicos, a partir da configuração de um relevo rampeado, do litoral em direção ao interior, formado por depressões interplanálticas, que na sua configuração, permite sem muitos obstáculos, uma influencia enorme do Atlântico frente as condições climáticas da região.

O trabalho, estabelecido com base na Climatologia Geográfica, tem em Monteiro (1973) sua organização. Seja como fundamento metodológico, na produção dos índices de participação, importantes a produção de mapeamento específico ao campo climático, a partir do emprego de técnicas que envolvem análise sinótica e o geoprocessamento de dados. Seja a partir da organização dos capítulos de resultados.

Assim, com base em Monteiro (1973), destaca-se o 1º capítulo de resultados: “OS TIPOS DE TEMPO FUNDAMENTAIS DA CIRCULAÇÃO REGIONAL E AS CHUVAS A ELES ASSOCIADAS PARA O ESTADO DO CEARÁ”. Tratando de uma descrição criteriosa sobre a formação, estabilidade e enfraquecimento dos sistemas responsáveis pela dinâmica climática do estado do Ceará, a fim de compreender o emaranhado dinâmico em torno dos agentes responsáveis pela sucessão dos tipos de tempo.

O 2º capítulo “SUCESSÃO ANUAL DOS TIPOS DE TEMPO E A DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO ESTADO DO CEARÁ”, dividido em “Eleição de anos padrão”, “Variação no Espaço e Análise Rítmica” e “Proposta de síntese da dinâmica atmosférica regional para o estado do Ceará”.

No subcapítulo “Eleição de anos padrão”, foi realizado um tratamento dos dados climáticos, com ênfase na seleção dos anos padrão, a partir do método de Tavares (1976), sendo aplicadas técnicas estatísticas e de geoprocessamento, visando uma seleção mais apurada dos anos secos, habituais e chuvosos.

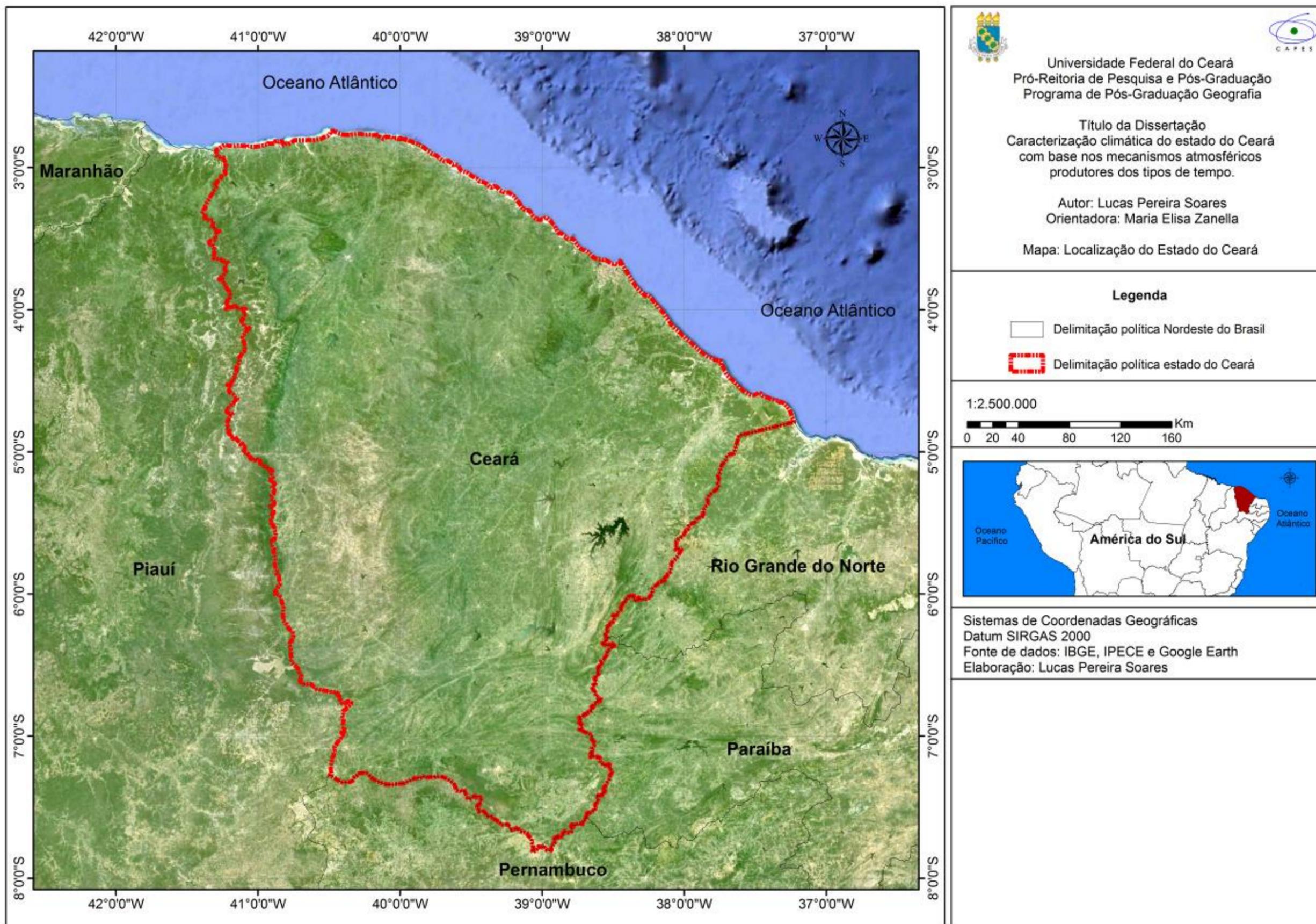
Quanto a “Variação no Espaço e Análise Rítmica”, este subcapítulo foi desenvolvido por meio da representação dos tipos de tempo pela produção dos índices de participação. Compreendeu-se a partir disto, a sucessão anual dos tipos de tempo, enfatizando o papel do ano padrão como método fundante para a escolha do objeto temporal da pesquisa.

Ainda neste 2º subcapítulo foi desenvolvida uma análise com base no ritmo de sucessão dos estados de tempo, a partir da distribuição percentual dos totais chuvosos, sendo uma associação entre a chuva registrada e a atuação dos sistemas, na intenção de identificar a gênese dos tipos de tempo.

A “Proposta de síntese da dinâmica atmosférica regional para o estado do Ceará”, foi realizada com base na participação percentual dos principais sistemas da circulação atmosférica regional, tendo como escala espacial o estado do Ceará, a partir da escala temporal oriunda da eleição dos anos padrão.

Trata-se de um trabalho que procurou compreender a dinâmica atmosférica manifestada nos tipos de tempo para o estado do Ceará, uma região já bastante estudada, no que concerne aos atributos dinâmicos fundamentados pela Meteorologia, porém pouco avaliado, no que se refere a dinâmica regional, a partir de um fundamento geográfico rítmico.

Figura 1: localização da área de estudo.



## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1. Das bases gregas aos fundamentos em Climatologia Geográfica

Os primeiros estudos mais organizados em Climatologia são atribuídos aos gregos, no entanto os povos mais primitivos a esta sociedade, sendo indígenas, egípcios e babilônicos, por exemplo, desenvolveram uma apreciação inicial do dinamismo climático de maneira apegada apenas a percepção espontânea da realidade, voltado a um conhecimento necessário a sobrevivência, sem um enfoque científico definido, “pois que baseado unicamente na experiência que se acumulava com a observação dos fenômenos climatológicos” (FERRAZ 1956 apud OLIVEIRA, 2009, p. 16).

Com os gregos tem-se uma fase cujos princípios conceituais já eram atribuídos aos fenômenos atmosféricos, destacando-se o conceito de “*Klima*”, que era utilizado para “designar o resultado da inclinação da Terra em direção aos Polos ou a inclinação do eixo da Terra sobre o plano da elíptica, originando nossa noção de latitude” (ELY, 2006, p. 21), como abordagem fundamental aos trabalhos de zonação e classificação climática para a época. Assim, destacam-se alguns trabalhos clássicos produzidos por Parmênides e Erastóstenes, considerando o conceito de “*Klima*”, bem como Aristóteles e Teofrasto, buscando desvendar e prever certos fenômenos atmosféricos (LAWSON, 2004; ELY, 2006; ROLLER, 2010).

Parmênides, a partir deste conceito de *Klima*, foi o responsável por organizar a primeira classificação climática que dividia a Terra em zonas, sendo as zonas tórrida, temperada e frígida (ELY, 2006; ROLLER, 2010). Erastóstenes trata da divisão de zonas climáticas levando em conta os solstícios. Dividiu a terra nas seguintes zonas: “polos, ártico, temperadas, trópicos (Câncer, Capricórnio), equador” (LAWSON, 2004, p. 79) e tece comentários gerais sobre a relação entre os solstícios e as zonas climáticas, e também, a respeito da temperatura e da precipitação, “ele acreditava que os trópicos, onde ocorrem os solstícios, têm mais extremo de calor do que o Equador, que é maior em elevação e tem mais chuva” (LAWSON, 2004, p. 79).

Aristóteles escreveu uma das primeiras obras voltadas a compreender os fenômenos atmosféricos, a qual chamou de “*Meteorologica*”. “O ensaio de Aristóteles buscou reunir todo o conhecimento então existente sobre o tempo e o clima, discorrendo sobre eventos como as nuvens, a chuva, a neve, o vento, os trovões e furacões” (OLIVEIRA, 2009, p. 17), tais explicações deram-se no campo filosófico, baseadas na

especulação, propiciando deduções voltadas ao dinamismo atmosférico, sob a forma de garantir algum tipo de organização científica sobre os fenômenos que se desenvolviam na natureza.

Já Teofrasto, discípulo de Aristóteles, publica “Os Sinais do Tempo”, buscando melhorar aquilo já organizado por Aristóteles em “*Meteorologica*” (MAIA E MAIA, 2010). O trabalho de Teofrasto, conforme Oliveira (2009, p. 17), é “considerado como a primeira obra sobre previsões meteorológicas na Europa”<sup>1</sup>. Buscava-se assim estabelecer alguns indícios das condições de tempo que pudesse estabelecer a previsão a partir de certas condições atmosféricas.

Mesmo com um conhecimento dedutivo, no caso grego, ressalta-se a produção de tratados e publicações mais sistematizadas, algo de caráter evolutivo se compararmos ao conhecimento não sistematizado estabelecido pelas sociedades primitivas. Há então um tratamento das informações climáticas antes dos gregos, em suma uma concepção que valoriza a experiência, sem contudo transcrever ou organizar isto como tratados, e após os gregos, mais precisamente na Modernidade (séc. XV ao séc. XVIII), aglutinando as fases renascentista (séc. XV ao séc. XVI), onde inicia-se as bases para a expansão da ciência moderna que é estabelecida na “Revolução Científica” (séc. XVI ao séc. XVIII) (OLIVEIRA, 2009).

Na fase renascentista, no apogeu das invenções dos instrumentos de mensuração das variáveis climatológicas, destacando-se, conforme Linacre (1992): 1450 surge o anemômetro (Leone Battista Alberti); 1500, o higrômetro (Leonardo da Vinci); 1593, o termômetro (Galileu Galilei); 1643, o barômetro (Evangelista Torricelli); dentre outros instrumentos, permitindo a coleta e organização dos dados responsáveis pelos primeiros estudos climáticos modernos, algo que se concretiza com afinco a partir da “Revolução Científica”.

Para os trabalhos climatológicos pioneiros desta fase científica metódica, tem-se a produção de caráter enciclopédico realizada por Alexander von Humboldt, no caso o livro “Cosmos: ensaio de uma descrição física do mundo”, de 1875. É estabelecido nesta obra um dos primeiros conceitos de clima organizados em torno de um método de análise.

A palavra clima, tomada em sua forma geral, serve para marcar o conjunto de variações atmosféricas que afetam nossos órgãos de uma maneira sensível, a

---

<sup>1</sup> Na região hoje conhecida como Europa

saber: a temperatura, a umidade, as mudanças da pressão barométrica, o equilíbrio da atmosfera, os ventos, a tensão, mais ou menos forte da eletricidade atmosférica, a pureza do ar ou a presença de miasmas mais ou menos deletérios, e por último, o grau constante de transparência e de serenidade do céu. Este último dado não influi somente sobre os efeitos da irradiação calorífica do solo, no desenvolvimento orgânico dos legumes e no amadurecimento dos frutos, mas também na moral do homem e a harmonia de suas faculdades. (HUMBOLDT, 1875, p. 95, traduzido pelo autor)

Humboldt primorava por uma metodologia descritiva e especulativa (PEDRAS, 2000), a partir da comparação em “uma forma de expressão discursiva onde procurou destacar as especificidades locais e as particularidades que competem a uma materialidade dada, quer dizer, um esforço que poderia ser associado a um saber enciclopedista e materialista” (VITTE e SILVEIRA, 2010, p. 180).

É a partir dessa perspectiva que o autor trata suas práticas climatológicas, fazendo associações entre o relevo, o clima e as formações vegetais, abordando conforme Ely (2006, p. 69), uma “análise integrativa dos aspectos naturais, o clima era estudado como componente da paisagem que se constitui a partir de sua correlação com os diversos tipos de relevos, com as porções terrestres ou oceânicas”.

O estudo pelo método analítico-correlativo, bem como a espacialização por isotermas de Humboldt servem de base as teorias aplicadas a descrição climática (*Klimatographie*) ou, conforme Sant’Anna Neto (2001) “Climatografia”, realizada por Mühry (1863), Hann (1908 e 1887) e Woldrich (1867); bem como associadas a Geografia Médica e neste caso com um campo de estudo conhecido como “medicina humboldtiana” (RUPKE, 1996), representado por Mühry (1856), Friedrich (1827 apud BROMER in RUPKE, 2000) e Fuchs (1853 apud SOLOMON, 2006). Considerando, apenas, a Geografia Médica de Adolf Mühry, destaca-se seu trabalho primoroso sobre o mapeamento das doenças no mundo, fazendo uso de isotermas, em uma associação entre as doenças e a variável temperatura (MÜHRY, 1856).

Assim como Humboldt, destacam-se outros três autores essenciais a Climatologia: Julius Ferdinand von Hann, com sua obra “*Handbuch der Klimatologie*” (1908); Wladimir Peter Köppen que escreve também um “*Handbuch der Klimatologie*” (1927); e Emmanuel De Martonne, que escreve “*Traité de Géographie Physique*” (1925). Dos três, tem-se inicialmente Hann (1908), sendo ele a base para a Climatologia legada a Köppen e De Martonne, com o primeiro utilizando enfadonhamente os conceitos atribuídos a Hann (1908) e o segundo tecendo críticas ao modelo conceitual deste pautado nos valores médios (MONTEIRO, 1991).

Em Hann (1908) é esboçado o conceito de clima, levando em conta um enfoque matemático, tratando dos valores médios. O tempo atmosférico é subtraído de sua representação real, sendo uma abstração utilizada para justificar a análise das variáveis climáticas pela representação média. A seguir os conceitos de clima e tempo trabalhados pelo autor (HANN, 1908, p. 16)

Sobre clima entendemos o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em qualquer ponto sobre a superfície da terra. O que chamamos de tempo, é apenas uma fase, um único ato da sucessão de fenômenos, cujo ciclo completo, ano após ano, em uma sequência mais ou menos semelhante é o clima de um lugar. O Clima é a soma das condições meteorológicas para um longo período de tempo [...] o que entendemos por uma descrição do clima, é uma descrição do estado médio da atmosfera (traduzido pelo autor).

A teoria matemática é fundante nos conceitos de clima (*klima*) e tempo (*witterung*), visto que há um uso constante das médias, algo justificado por Hann no trecho em que repercute sobre o que chama de “doutrina do ar” (*Klimalehre*), tecendo alguns comentários sobre a relação entre uso das médias e a Climatologia, ressaltando que os estudos climáticos devem se “familiarizar com as condições médias da atmosfera ao longo de diferentes partes da superfície da Terra”, afirmando que a Climatologia, envolvida nesta concepção, deve se fazer por uma “natureza mais descritiva”, cujo objeto é satisfazer uma análise da “impressão vívida” da “interação de todos os fenômenos atmosféricos na Terra” (HANN, 1908, p. 17).

Se a análise climatológica deve seguir as bases estatutárias em torno dos valores médios e da descrição em uma abordagem quantitativa, a Meteorologia tem sua base na Física a fim de “descobrir a relação causal na sucessão de processos atmosféricos” (HANN, 1908. p. 17), em um estudo mais qualitativo. A Meteorologia seria a parte teórica, e à Climatologia caberia uma vocação prática de cunho descritivo (HANN, 1908).

Hann (1908) apresenta a prática deste caráter contemplativo dos valores médios no capítulo “Climatografia: Introdução. Pela divisão da superfície da Terra em climas”. O anseio por um processo de descrição aprimorado em bases matemáticas, a partir das médias, foi justificado por Hann, no estabelecimento dos conceitos de clima e tempo, contudo diversos estudos “climatográficos” que faziam uso dos valores médios já eram amplamente desenvolvidos, tais como aqueles organizados por Mühry (1863) e Woldrich (1867).

Dos estudos apurados, de Humboldt a Hann, torna-se indispensável à Climatologia uma investida que se fazia pela caracterização climatográfica e pela espacialização dos elementos climáticos (no caso os mapas de Humboldt, 1875; Mühry, 1863; e Hann, 1887), por sua vez o zoneamento e a classificação, seriam aperfeiçoados a partir de Wladimir Köppen (1884 e 1918).

Sobre Köppen, destaca-se sua classificação climática, que durante muitos anos vem passando por atualizações, sobressaindo-se a produção original de 1918, aprimorada em 1923, 1928 e 1931 já sob a tutela de Rudolf Geiger (SANT'ANNA NETO, 2001), sendo atualizada novamente por Peel et al (2007).

A proposta de classificação climática apresentadas por Köppen foi conforme Ely (2006), subsidiada pela técnica de espacialização de Humboldt (1875) a partir das isotermas, e por trabalhos fitogeográficos, conforme citado por Rubel e Kottek (2011), no caso: Humboldt e Bonpland (1807) e Humboldt (1817), considerando a delimitação de zonas fitogeográficas; Grisebach (1838) que propôs os conceitos iniciais sobre o efeito da temperatura no crescimento das plantas e Grisebach (1872) com a produção dos mapas mundiais de fitogeografia; De Candolle (1874), que divulga uma classificação a partir da associação temperatura e vegetação.

Desde os gregos há uma busca pelo zoneamento de áreas climaticamente homogêneas, isto aliado a descrição incorporada pelos estudos climatográficos, o conceito climático de Hann e o referencial voltado a fitogeografia, são estabelecidos os fundamentos aplicados à Climatologia desenvolvida por Köppen, repercutindo diretamente em sua proposta de classificação climática. Com todo este alicerce teórico, a classificação de Köppen, por exemplo, tem uma frequência de uso mais intenso nas ciências biológicas, agricultura, ciências planetárias e da Terra, e ciências ambientais (RUBEL E KOTTEK, 2011).

No que diz respeito a dinâmica climática, tanto Köppen, como Hann, foram responsáveis por trabalhos voltados a esta área, os dois autores fizeram associações entre a direção dos ventos e pressão do ar (KOPPEN, 1884; HANN, 1887), contudo, apenas Köppen trata de um enfoque voltado ao ritmo diário dos tipos de tempo, ao “elaborar ensaios pioneiros de climatologia sinótica (dinâmica), utilizando uma série temporal diária de dois anos dos elementos atmosféricos” (STRINGER, 1972 apud SANT'ANNA NETO, 2001, p. 05). Essa perspectiva diária e genética, entretanto, não é desenvolvida no processo de caracterização pertinente a sua classificação climática.

Hann e Köppen foram os responsáveis pelos estudos mais organizados atribuídos a evolução da Climatologia como ciência, em uma base positivista, destacando-se o emprego das médias como referencial metodológico crucial, visto que destas foram estabelecidas leis gerais de regulamentação, voltadas ao mapeamento e classificação das variáveis climáticas (ELY, 2006). A partir do trabalho destes autores surgem outras teorias que tendem a uma evolução conceitual e metodológica pertinente aos estudos climáticos, destacando-se, por exemplo, uma busca pela inserção de estudos dinâmicos nas classificações climáticas em De Martonne e Strahler e o paradigma rítmico esboçado por Max Sorre (MONTEIRO, 1991).

A evolução dos conceitos climáticos é continuada a partir de Emmanuel De Martonne e Artur Strahler, sendo estes os responsáveis pela inserção dos estudos dinâmicos as caracterizações e classificações climáticas, cabendo ao primeiro uma interpretação ainda incipiente (MONTEIRO, 1991), no entanto conforme Sant'Anna Neto (2001, p. 31),

A forma como De Martonne organizou sua concepção de estudo geográfico do clima e a classificação climática que propôs a esta época, de certa forma, foi o ponto de partida para o entendimento de todo o desenvolvimento da Geografia do Clima e, a partir do qual, os desdobramentos e mudanças de paradigmas se sucederam ao longo do século XX.

O segundo incorpora as bases sobre dinâmica atmosférica atribuída as escolas de Climatologia Dinâmica de Berger e Chicago (MONTEIRO, 1991).

Os estudos climáticos de De Martonne partem do princípio metodológico de Hann (1908), considerando os valores médios, porém mesmo fazendo uso de tal procedimento o autor tece algumas críticas (MONTEIRO, 1991). Para ele as médias são uma abstração que não correspondem aos períodos reais, escondendo assim os valores menos habituais (De MARTONNE, 1925). Incorpora ainda uma preocupação em associar o clima a temática fitogeográfica, algo comum nos trabalhos de Hann (1908) e Köppen, ou mesmo Humboldt (1875). Outra característica marcante do autor é a proposta que busca entender o clima a partir de uma relação complexa de seus elementos, e assim pleiteando uma integração ao processo de caracterização climática, conforme estabelecido a seguir:

O clima é um conjunto de fenômenos que ocorrem. A temperatura, vento, umidade, chuva, estão em um relacionamento próximo e dar a cada país uma fisionomia fielmente refletida pela vegetação. A Climatologia deve procurar

identificar e destacar essas relações complexas. [...] É necessário isolar os vários elementos do clima, de modo a compreender a natureza, antes de ver como eles podem ser combinados (DE MARTONNE, 1925, p. 120, traduzido pelo autor).

No que tange a investigação do clima a partir da integração complexa dos elementos climáticos, dá-se por meio de um tratamento separativo, já comum nos trabalhos de Hann e Köppen, que: “inicialmente desintegra a realidade atmosférica, pois estuda cada um de seus elementos de forma separada e, só depois, tenta reconstruir, laboriosamente, o complexo vivo (ou atmosférico) que a priori destruíra” (BARROS e ZAVATTINI, 2009, p. 255). Mesmo estabelecido em um método tradicional, esta análise conjunta dos elementos do clima fornece os subsídios para a apreciação do clima a partir da integração de todos os atributos atmosféricos associados a base genética pertinente a dinâmica dos tipos de tempo.

Sobre a concepção climática genética presente em De Martonne, esta “vai despertar em outros geógrafos outras tentativas na linha genética, ou seja, ligando a síntese climática ao comportamento da dinâmica atmosférica” (MONTEIRO, 1991, p. 18). As bases de De Martonne sobre dinâmica atmosférica tinham um forte viés com os trabalhos clássicos idealizados por Hann (1908), Köppen (1884) e De Bort (1883) (SANT’ANNA NETO, 2001), apenas em Arthur Strahler há o uso do aporte teórico dinâmico-genético advindo das evoluções conceituais e metodológicas promovidas pelas escolas de Climatologia Dinâmica (MONTEIRO, 1991).

Sobre as caracterizações e classificações climáticas, Strahler e Strahler (1994)<sup>2</sup> estabelecem dois pontos de vista. O primeiro dá-se simplesmente pelo uso de dados de superfície, no caso dados médios de temperatura e precipitação, que para o autor, são úteis à descrição do clima de uma estação meteorológica e seu entorno, em um embasamento estático, exemplo são as caracterizações tomadas a partir das normais climatológicas ou mesmo identificada na classificação climática de Köppen; e o segundo seria o uso destes dados de superfície aliados a dinâmica atmosférica pertinente as massas de ar e aos sistemas frontais, algo que conforme o autor pode ser utilizado em uma classificação global dos climas.

Mesmo fazendo uso de um fundamento dinâmico, em Strahler os padrões médios são ainda considerados como abordagem principal. A crítica a esta abordagem

---

<sup>2</sup> Existe uma publicação clássica de Artur Strahler que data 1951, visto a impossibilidade de acesso a esta, utilizou-se uma publicação mais recente idealizada conjuntamente entre Artur Strahler e Alan Strahler, de 1994, logo Strahler e Strahler (1994), que assim incorpora as atualizações sobre os fundamentos em torno da abordagem climática de Strahler (1951).

estabelece-se já nas escolas de Climatologia Dinâmica ou mesmo em De Martonne (1925), e novamente surge em Max Sorre a partir do texto “*Les Fondements de la Géographie Humaine*”, tratando o clima como um fenômeno geográfico (SANT’ANNA NETO, 2011). O autor estabelece os conceitos que serão a base da Climatologia Geográfica desenvolvida por Pierre Pédelaborde e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.

Sorre tem sua concepção sobre clima voltada a Ecologia do ser humano, considerando “sua relação com as funções orgânicas e os limites que esse impõem ao homem” (MORAES, 2007, p. 90), fundamentando o conceito de clima em torno do que chama de ritmo climático, uma concepção que conforme exposto por Barros (2006, p. 06) advém de um enfoque biológico.

[...] uma vez que este autor refere-se constantemente ao ritmo dos organismos, em especial das plantas, e menciona a relação entre os ritmos climáticos e os ritmos biológicos. Para o autor, o ritmo exprime não mais a distância quantitativa dos valores sucessivos, mas, sim, o retorno mais ou menos regular dos mesmos estados.

Conforme Sorre (1951 apud PÉDELABORDE, 1970, p. 20), por clima entende-se “[...] o conjunto de estados da atmosfera sobre um lugar em sua sucessão habitual”. O autor não compactua com o conceito de clima baseado em valores médios e revestida por um princípio estático, no que se refere a dinâmica atmosférica, estabelecido por Hann (1908).

Sobre a evolução do conceito de clima, se tomado o conceito de Hann, que trata dos padrões médios, e que muito influenciou as abordagens de Köppen, De Martonne e Strahler, destaca-se uma ruptura a este paradigma pregado por Sorre, que ao incorporar em seu conceito a sucessão habitual rítmica, exprime na verdade uma investida funcional ao ritmo climático diário de sucessão dos tipos de tempo, esboçando um conceito fiel a dinâmica climática, que segundo Pierre Pédelaborde (1970, p. 20), o conceito climático de Sorre:

1º Considera os estados da atmosfera, isto é, o complexo verdadeiro feito pela natureza (os tipos de clima, em outras palavras), e não o Estado médio; 2º abrange toda a "série" desses estados, isto é, ele não esquece os tipos originais, cuja importância é vital na biologia, e as médias escondem totalmente; 3º leva em conta a "sucessão" dos tipos, que é uma palavra a dizer seu ritmo e duração, fatores essenciais tanto a imagem da atmosfera como a ação sobre os seres vivos (traduzido pelo autor).

A teoria sorreana, mesmo não aplicada pelo autor, foi difundida e utilizada como subsídio a uma Climatologia voltada aos princípios de integração geográfica. Conforme Monteiro (1991, p. 38), “A aceitação do conceito de Max Sorre (1951) deu margem a adoção de um novo paradigma que não encontraria apoio em uma estratégia metodológica, de vez que Sorre não produziu análises climatológicas”. Logo se destacam dois autores, Pédelaborde (1970) e Monteiro (1973), instigados a desenvolver suas práticas metodológicas a partir daquilo preconizado teoricamente por Max Sorre.

Pédelaborde (1970) usa o conceito de Sorre a seu favor ao incorporar em suas passagens a diferenciação entre o que chama de Climatologia Separativa e Climatologia Sintética, desta última estabelece seu procedimento de averiguação climática, chamado de “Método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo” (PÉDELABORDE, 1970). Barros e Zavattini (2009, p. 257) tratam de estabelecer o que cada uma representa.

[...] a Climatologia Separativa tem suas bases na Meteorologia Tradicional e apoia-se no conceito que Hann atribuiu ao clima [...]

Este método, apesar de amplamente empregado nos estudos do clima de diversas regiões do globo, ao separar os elementos climáticos, isolando-os entre si e transformando-os em médias aritméticas, acaba por dissolver a realidade, que é constituída pelo conjunto de elementos atuantes, uns através dos outros [...]

[...] A Climatologia Sintética está diretamente ligada à Meteorologia Dinâmica, que analisa o complexo atmosférico em porções individualizadas, isto é, as massas de ar atuantes, preocupando-se, ainda, com os seus conflitos, ou seja, com os mecanismos frontológicos que elas próprias engendram (MONTEIRO, 1962).

Sobre o “Método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo”, Pédelaborde (1970, p. 24), informa que “Tal estudo, engloba a totalidade dos tipos de tempo, calculando a sua frequência e como eles se sucedem em um longo período [...]”. Contudo, esta totalidade reduz o tratamento rítmico a uma funcionalidade quantitativa e descritiva, que não representa corretamente a sucessão dos tipos de tempo, conforme afirma Monteiro (1991, p. 38):

A estratégia proposta por Pédelaborde (1957) foi descartada, de vez que ele se preocupava antes com o levantamento da “totalidade dos tipos de tempo”, enquanto a mim interessava mais o mecanismo ‘sequencial’ desses tipos, dando atenção às suas peculiares irregularidades, posto que estas se constituem (longe de ser ‘exceções’) em eventos de imensa importância aos processos de interação geográfica”.

Para Monteiro os estudos pertinentes a Climatologia Geográfica baseiam-se nas irregularidades observadas no ritmo climático ao “[...] enfatizar a necessidade de considerar a realidade dos extremos em confronto com as abstrações médias [...]” (MONTEIRO, 1971, p. 02). Trata-se assim de um enfoque rítmico que leva em conta tanto as distribuições habituais como extremas, considerando a sucessão dos estados atmosféricos, em uma abordagem que acontece pela associação do clima a um método qualitativo e não apenas reduzido a funções matemáticas de cunho quantitativo, conforme destaca o autor:

A minha percepção (ou intuição) da ‘transitividade’ do comportamento atmosférico e de que o ‘clima’ interessando aos objetivos geográficos não poderia admitir apenas uma estatística redutora deste comportamento complexo a simples médias (*averages*). Guiado pela revisão conceitual preconizada por Sorre, passei a montar as ‘minhas’ estratégias de abordagem, independentemente de qualquer suporte importado dos centros hegemônicos do saber. (MONTEIRO, 1991, p. 122)

A partir de Monteiro, são tidos como conceitos em Climatologia Geográfica, o tipo de tempo e o ritmo climático, ambos primordiais ao conceito climático esboçado por Max Sorre em 1951 (MONTEIRO, 1991).

Como “ferramentas” basilares à análise do tipo de tempo e do ritmo destaca-se o ano padrão e a análise rítmica. Trata-se de duas concepções que valorizam a análise das variantes climáticas a partir do viés geográfico, sendo a análise rítmica um embasamento puro da Geografia atribuído a Monteiro, com o propósito de estudar o ritmo climático e os tipos de tempo a ele associados, cuja procedência remete ao conceito climático de Sorre.

Sobre esse legado de Sorre, Sant’Anna Neto (2001, p. 40), afirma que após o tratamento conceitual do autor, em crítica ao tempo médio empregado pela Meteorologia, “as noções de dinâmica, gênese e ritmo passaram a constituir os fundamentos do entendimento do fenômeno atmosférico como categoria de análise geográfica [...]”. Logo a base da Climatologia Geográfica, que antes se fundava no conceito climático de Julius Hann (1908), que considera o tempo atmosférico uma abstração média, passa a deleitar-se de um julgamento que tem como base o tempo dinâmico, formador do ritmo, em uma trama real, que em associação com a superfície terrestre, passa a ser de competência nitidamente geográfica.

Max Sorre, conforme Monteiro (1991), incorpora como fator preponderante em seu conceito, a dinâmica atmosférica, ao estabelecer que “o ambiente atmosférico é

constituído pela série de estados da atmosfera sobre um lugar em sua sucessão habitual”. Visto que tais estados são compreendidos a partir dos fluxos atmosféricos inerentes a dinâmica climática. O que segundo Tavares (1976, p. 80), a “série de estados atmosféricos de Sorre pode ser interpretada como sendo composta de diversos tipos de tempo”.

Do ponto de vista metodológico, e aí já se voltando a análise rítmica, que será melhor detalhada a seguir, o tipo de tempo apresenta-se como unidade mensurável, foge do padrão de tempo médio proposto pela Meteorologia, e advém, conforme Barros e Zavattini (2009, p. 256), de uma noção mais ampla de tempo, “mais abrangente e se refere, justamente, às combinações que se repetem, nem sempre idênticas, porém produtoras de sensações fisiológicas semelhantes”.

O conceito de tipo de tempo como base para a Climatologia Geográfica torna-se essencial ao conceito de ritmo climático. O ritmo é o “encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno dos mesmos estados” (MONTEIRO, 1976, p. 30). Os estados atmosféricos pela noção de ritmo se encontram em um processo de encadeamento que representa os padrões habituais e extremos, naquilo que Monteiro (1971, p. 04) descreve como a “expressão da sucessão dos estados atmosféricos, que conduz, implicitamente, ao conceito de habitual, pois que há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrões ‘extremos’”.

Para Tavares (1976), por extremo compreende-se um desvio brusco no ritmo climático, seja ele positivo ou negativo, assim, observa-se pelo conceito de Monteiro (1971) ao distinguir os estados atmosféricos em habitual e extremos, a relação entre o ritmo climático e a noção de ano padrão que conforme o autor são amostras cronológicas anuais que representam “os diferentes graus de proximidade do ritmo ‘habitual’ ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação [...]” (MONTEIRO, 1991, p. 38). Tais irregularidades são representadas pelos estados extremos. Os anos padrão são assim eleitos como critérios investigativos a serem aplicados a partir da análise rítmica, que é esclarecida por Monteiro (1971, p. 09) ao afirmar que:

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

Por elementos fundamentais do clima entende-se a precipitação, umidade, temperatura, pressão, velocidade e direção dos ventos, radiação, insolação, entre outros. Estes distribuídos na escala diária notabilizam-se pela análise rítmica, que é a forma de representar o encadeamento dos tipos de tempo, advindos dos mecanismos da circulação regional.

O ritmo climático é então representado pelos gráficos produzidos a partir da análise rítmica, que considera o uso sistemático dos dados na escala diária (MONTEIRO, 1971), com o escopo de estabelecer o encadeamento dos tipos de tempo.

Portanto, na Climatologia Geográfica considera-se os conceitos de tipo de tempo e do ritmo climático como primordiais aos conceitos de tempo e clima, respectivamente. Estes representam de maneira fiel os diversos elementos que compõem o clima de uma dada região geográfica. A exemplo observa-se Tavares (1976, p. 80), ao melhor explicar como é gerido o dinamismo climático a partir do ritmo.

Assim os diversos climas teriam, durante as várias estações do ano, tipos de tempo característicos, que se sucederiam de forma definida, caracterizando cadeias de tipos de tempo. As condições reinantes nos diversos períodos sazonais de uma ano repetir-se-iam teoricamente em outro, constituindo o ritmo climático, que, pela definição em questão, seria a essência do clima. (TAVARES, 1976, p. 80)

A sucessão destes tipos de tempo ao apresentarem-se sob fortes desvios no ritmo climático intensificam a influência do clima na vida em sociedade. Sejam estes desvios evidentes no meio urbano ou no meio rural, em ambos os casos, destaca-se o conhecimento imperfeito do homem sobre a magnitude dos riscos (WHITE, 1974, apud MONTEIRO, 1991). Em tese aquilo chamado por Monteiro (1991) de “*natural hazards*” advém dos desvios abruptos no ritmo climático e da contrapartida humana. O autor tece as seguintes considerações sobre as irregularidades no ritmo climático para o estado de São Paulo em 1960 e início de 1970 do século passado:

Os tempos que atravessamos revelam sensível irregularidade no ritmo climático que, função dos nossos vínculos zonais e regionais a quadros climáticos intertropicais, se evidenciam sobretudo na distribuição das chuvas. Alternam-se proximamente episódios de ‘secas’ com outros de tal concentração de chuvas que atingem feições calamitosas (MONTEIRO, 1971, p. 01).

Em Monteiro (1971) o foco é o regime pluviométrico. O autor ressalta através do ritmo da precipitação os problemas advindos de ciclos próximos de desvios extremos, caracterizados por secas e chuvas fora do padrão habitual. Menciona que a “agressividade do ritmo climático tem que ser, pois considerada no complexo geográfico brasileiro, como uma realidade vigente nos meados do século XX” (MONTEIRO, 1971, p. 02). Tal agressividade rítmica resulta em uma desproporcional ameaça à vida e à propriedade, sendo importante aos vários vieses competentes a Climatologia Geográfica.

Em outros estudos, no caso Monteiro (1973 e 1978), o autor trata dos desvios rítmicos ao nível de ano padrão. Para estes dois trabalhos, o método de análise empregado é fundamental aos estudos de clima com base geográfica, baseados na noção de ritmo climático. Estudos qualitativos e ao mesmo tempo quantitativos sobre os tipos de tempo e as chuvas a eles associados, o que culmina com o desenvolvimento da classificação climática genética. No caso de Monteiro (1978), destaca-se ainda um fundamento geossistêmico aliado a análise em torno dos tipos de tempo.

Outros autores também desenvolveram suas análises com foco no ritmo da precipitação, porém estabelecendo outros critérios de trabalho, tal como Tarifa (1973), que contempla em seu trabalho a relação entre a análise rítmica e o método do balanço hídrico de Thornthwaite, a fim de compreender como os mecanismos dinâmicos atmosféricos se relacionam com acúmulo de água no solo.

Boin (2000), também desenvolveu a análise rítmica em conjunto a análise do balanço hídrico, voltando-se a erosividade do solo a partir das chuvas. A aproximação do balanço hídrico com a análise rítmica é justificada por Monteiro (1971, p. 06) que afirma “a presença de água no solo reveste-se de um caráter eminentemente geográfico já que o ‘ciclo da água’ reflete toda a gama de interações”. Sendo esta gama de interações explicitada em Boin (2000, p. 25) ao tratar dos diferentes aspectos geográficos que levam a erosividade do solo, com a análise rítmica fundamental no acompanhamento e interpretação de tais aspectos.

Novamente Tarifa (1973), já em seus resultados finais, trata também sobre essa gama de interações citada por Monteiro (1971), estando identificadas quando do acompanhamento do ritmo climático em busca de desvios bruscos representativos da escassez e do excesso, o autor chega as seguintes considerações:

Uma das conclusões básicas é a caracterização dos tipos de tempo fundamentais, que durante o ano agrícola de 1968/1969, provocaram reposições ou retiradas hídricas. A articulação de uma sequência de tipos de tempo é decorrente de determinados ritmos e estes são responsáveis pelas longas secas ou intensos períodos de excedentes hídricos (TARIFA, 1973, p. 59).

Mais voltado a caracterização climática com ênfase em compreender a relação dos tipos de tempo com o efeito orográfico, José Bueno Conti em 1975, faz um estudo sobre a gênese das chuvas nesta região “lesnortheast paulista”. Conti (1975) torna-se essencial ao campo da Climatologia Geográfica, pois lança as bases para um estudo climático considerando a influência orográfica na constituição do ritmo de sucessão dos tipos de tempo. Incorpora ainda fundamentos paleogeográficos, em análises envolvendo flutuações climáticas quaternárias e paleobotânicas, advindo de oscilações anticiclônicas polares e tropicais, que teriam determinado o aparecimento de fases áridas importantes na região (CONTI, 1975).

Zavattini (2009) desenvolve uma abordagem voltada a “compreensão do ritmo de sucessão dos tipos de tempo e das chuvas em Mato Grosso do Sul”, tratando sobre os “reflexos dos extremos de variabilidade pluviométrica no complexo geográfico regional”, neste caso considerando a participação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, incorporando ao final de seu trabalho uma classificação climática genética para o estado do Mato Grosso do Sul, seguindo os passos já desenvolvidos por Monteiro (1973), acrescido do “método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo” desenvolvido por Pédelaborde (1970).

No que se refere a um tratamento qualitativo e geográfico das informações climáticas, destaca-se Borsato (2010 e 2012) e Borsato e Souza Filho (2008) com o desenvolvimento de caracterizações climáticas pela gênese dos tipos de tempo, a partir do estabelecimento de índices de participação, principalmente para a região Centro-Sul do Brasil, e assim com base na dinâmica e no ritmo climático.

Souza (1998) ao estudar a gênese das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil, a partir de uma análise em torno do eixo horizontal que comporta os estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Buscou observar a precipitação na região fazendo uma associação com a participação dos sistemas atmosféricos, bem como considerando a variabilidade do efeito El Niño, em um estudo fundado no ritmo climático de sucessão dos tipos de tempo.

Sobre os estudos climáticos desenvolvidos no Ceará, fundamentado pela teoria geográfica, destaca-se Zanella (2007) ao tratar de uma caracterização geral do clima e dos recursos hídricos do estado do Ceará, a partir de uma descrição qualitativa, a autora relaciona o padrão térmico, pluviométrico e hidrológico, as condicionantes geográficas regionais e locais.

Zanella (2014), desenvolve ainda um estudo sobre o semiárido nordestino, levando em conta a associação entre os componentes naturais e as condições climáticas reinantes da região, neste trabalho, novamente a autora faz uma caracterização geral dos sistemas atmosféricos participantes para a região, tratando ainda sobre algumas políticas públicas desenvolvidas com o objetivo de adaptação das atividades humanas ao clima semiárido.

Assim, no que se refere a Climatologia Geográfica destaca-se um vasto referencial teórico cuja evolução permite um constante ganho de conhecimentos que quando aplicados ao fundamento rítmico, admite um entendimento do clima por sua característica natural genética com base nos mecanismos atmosféricos responsáveis pelos tipos de tempo, que neste caso individualizam-se em sistemas, conforme descritos a seguir.

## **1.2. Sistemas atmosféricos responsáveis pelos tipos de tempo na região Norte do Nordeste do Brasil.**

Os diferentes tipos de tempo são condicionados pela dinâmica atmosférica regional, sendo esta fundamental para o tratamento climático do ponto de vista da análise rítmica. No Norte do Nordeste brasileiro onde se insere o estado do Ceará, os principais mecanismos controladores dos diferentes tipos de tempo são expostos a baixo:

### **Massas de Ar e Sistemas Frontais**

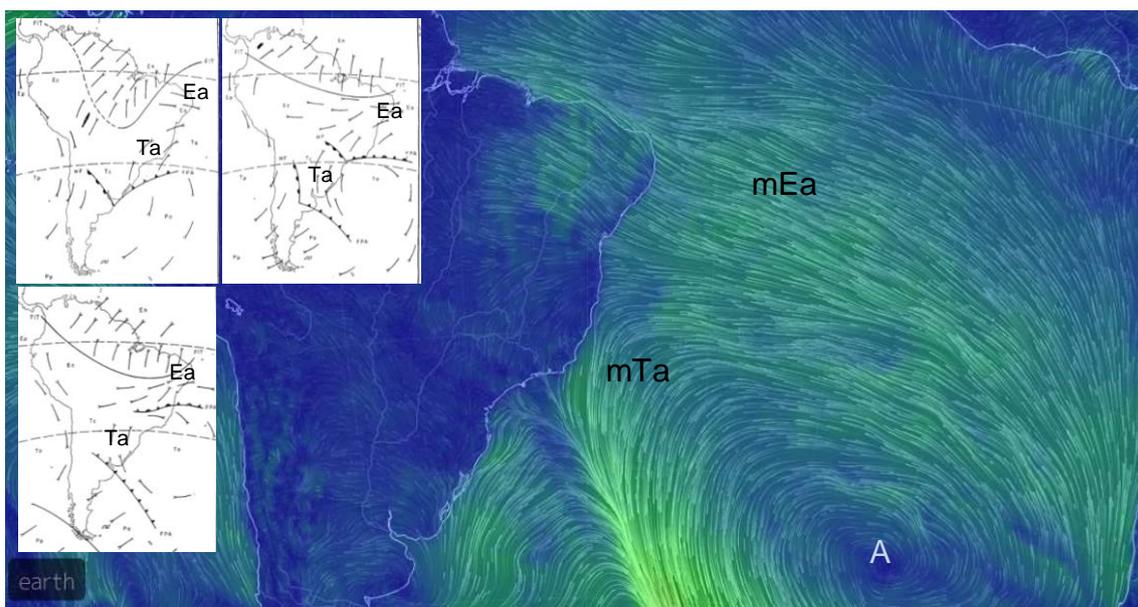
Na região Nordeste destaca-se uma forte influência do centro de ação do Atlântico, responsável pela gênese das massas de ar Equatorial (mEa) e Tropical atlântica (mTa), que atuam no período de estabilidade das condições de tempo para a região.

No estado do Ceará há uma atuação consistente da mEa, que diferencia-se da mTa a partir da direção de deslocamento. Conforme Barros (1968), a mEa esta

associada aos alísios, em um deslocamento leste-oeste, por sua vez a mTa segue o movimento do anticiclone, ou seja, uma ventilação circular anti-horária. Neste caso, para o estado do Ceará, aparenta uma dinâmica voltada a participação da mEa nos tipos de tempo (Figura 02).

Nimer (1964), informa que a mEa é dinamizada pela entrada de Sistemas Frontais (SF) no sul da América do Sul, o avanço destes permite o deslocamento do centro de ação do Atlântico para latitudes mais baixas, empurrando a massa de ar para o estado do Ceará, proporcionando uma ventilação de deslocamento leste-oeste.

Figura 2: Imagem que indica a direção do vento associado a mEa e a mTa, observa-se ainda esquemas desenvolvidos por Nimer (1964) que indicam a direção de deslocamento de ambas as massas de ar.



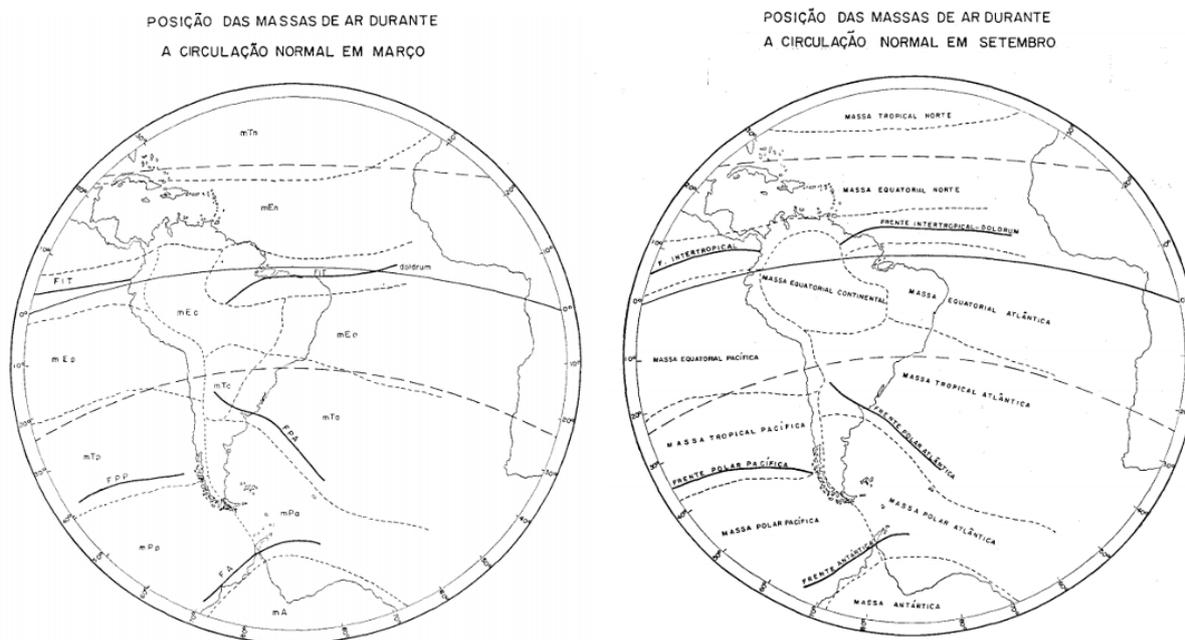
Fonte: Nimer (1964) e Earth (2015), modificado pelo autor.

A mEa, conforme Nimer (1979, p. 10), é formada ainda por duas correntes, “uma inferior fresca e úmida carregada de umidade oriunda da evaporação do oceano, e outra superior quente e seca, de direção idêntica, mas separada por uma inversão de temperatura, o qual não permite o fluxo vertical do vapor”. Tais características condicionam estabilidade para a região, visto que:

O centro de ação do Atlântico, responsável pelo tempo bom no Sul, alcança sua máxima pressão no inverno (julho) e sua mínima no verão (janeiro) [...] Sendo assim, a estação chuvosa nordestina ocorrerá de janeiro a abril, durante o movimento extremo para o sul da FIT (entenda ZCIT), ficando secos os meses restantes, sob o domínio do centro de ação do Atlântico, representado aí pela mEa (NIMER, 1964, p. 04).

Assim, em sua variação anual a mEa é guiada pelos fluxos dos SF, pela variação latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelo gradiente máximo e mínimo de pressão pertinente ao centro de ação do Atlântico (Figura 03).

Figura 3: Posição das massas de ar e dos sistemas frontais conforme Nimer (1964). Por FIT (Frente Intertropical) entenda ZCIT (Zona de Convergência Intertropical).



Fonte: Nimer (1964)

Para Nimer (1964), o caráter seco do Nordeste brasileiro está associado ao domínio do centro de ação do Atlântico, que no estado do Ceará é responsável pela mEa. O autor destaca que apenas, no primeiro semestre do ano, de janeiro a abril, entre o verão e o outono, há uma penetração de nuvens convectivas responsáveis pela precipitação que, assim afastam o centro de ação da região, sendo que em anos chuvosos este centro de ação se retira totalmente do Nordeste, neste caso, promovendo uma convecção ainda maior para a região, que reflete em episódios de chuvas mais intensas.

Os sistemas atmosféricos atuantes, durante este afastamento do centro de ação responsável pela mEa, são a ZCIT, a mEc, as RFF e os VCAN, o que em um período chuvoso ressalta-se, principalmente, o papel da ZCIT como sistema primário das chuvas para o Ceará. A mEa, age como sistema que atua devido a falta de convecção para a região Nordeste. Em alguns casos, tal massa de ar chega a provocar chuva, conforme destacado por Nimer (1964, p. 05).

[...] ao atingirem as duas correntes suas bordas extremas, no doldrum ou no litoral do Brasil, a descontinuidade térmica que se vinha elevando e enfraquecendo, cessa rapidamente, permitindo que se dê uma ascensão violenta das duas camadas do alísio. A primeira, por estar quase saturada, resfria-se segundo o gradiente adiabático úmido, enquanto a superior segue o adiabático seco. Este fenômeno acarreta queda de temperatura em altitude e forte instabilidade que produz chuvas contínuas no litoral. Isto ocorre principalmente no inverno, quando o alísio é mais frequentemente resfriado pela sua mistura com o ar polar marítimo, ficando o interior seco, com exceção apenas das "serras".

Outro mecanismo importante, a dinâmica climática da região, é a massa de ar Equatorial continental (mEc). Tem origem amazônica, caracterizado por baixa pressão, e conforme Borsato e Druz (2012), apresenta ritmo ciclonal, pois “durante o inverno se retrai e a sua atuação se limita ao centro e norte da Amazônia” (BORSATO e DRUZ, 2012, p. 114).

Conforme Nimer (1979), o sistema atua sobretudo no verão, “nesta época, continente é um centro quente para o qual afluem de norte e leste os ventos oceânicos oriundos da massa En (Equatorial norte) mais fria, vindo constituir, em terra, a massa Ec (Equatorial continental)” (NIMER, 1979, p. 10).

No que se refere a dinâmica convectiva, Nimer (1979) informa que a mEc, produz acentuada ascensão, gerando instabilidade convectiva, dada a falta de subsidência. Borsato e Druz (2012, p. 114) informam ser “o sistema mais importante no aspecto umidade, pois a baixa pressão e as temperatura elevadas favorecem a intensificação das correntes convectivas e as precipitações”.

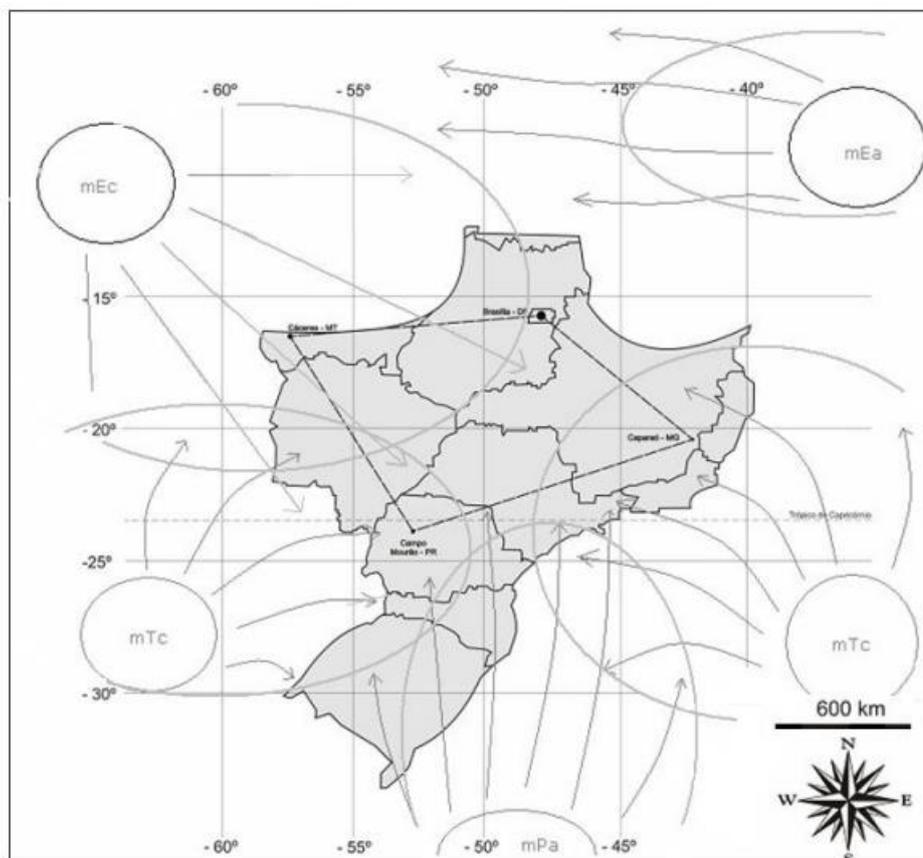
Quanto a dinâmica das mEa e mEc, Borsato (2011) apresenta um esquema (Figura 04), destacando a porção centro-sul do Brasil, indicando, conforme o autor, “a localização aproximada dos centros de ações das massas de ar que atuam no clima da região Centro Sul do Brasil” (BORSATO, 2011, p. 143).

A atuação da mEc para o Ceará, mantém-se associada a participação de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), visto que estes sistemas participam dos tipos de tempo para o Estado no mesmo período de domínio da mEc. A dinâmica referente aos VCAN será detalhada posteriormente.

Em Serra (1945), no que trata suas considerações sobre o padrão da dinâmica das massas de ar na zona equatorial, o autor informa que, diferem de regiões temperadas, devido não apresentarem uma dinâmica pertinente a substituição de uma massa de ar por outra, “trata-se de uma variação na estrutura vertical da massa de ar, em virtude das modificações no equilíbrio da atmosfera” (SERRA, 1945, p. 45), que

acontece pela ascensão ou subsidência do ar, no caso explica-se assim o fato de nesta área as chuvas seguirem um padrão convectivo e não frontal.

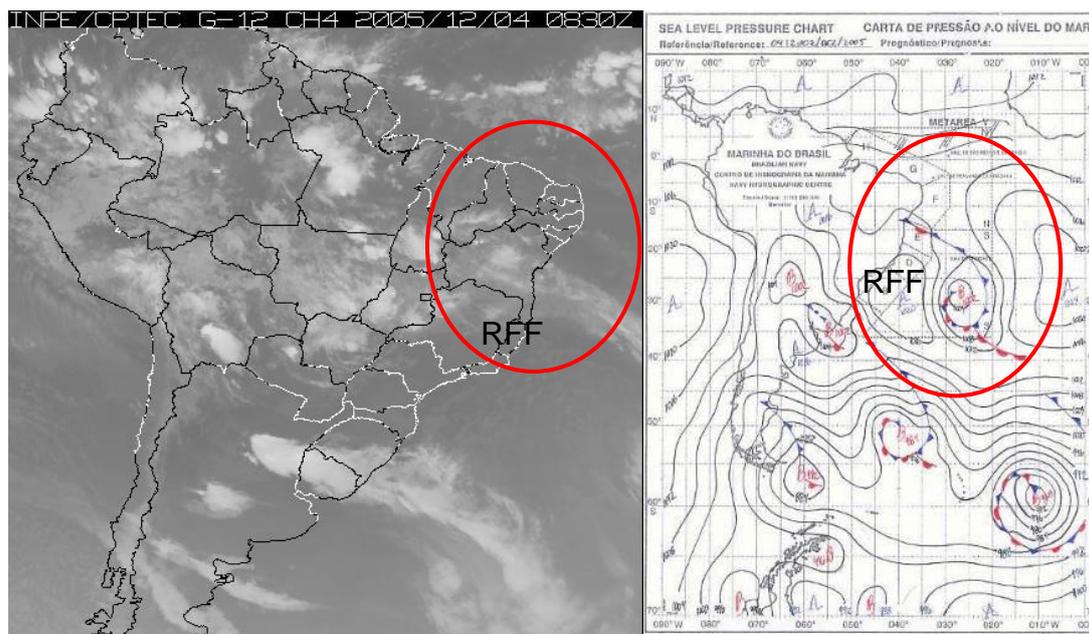
Figura 4: localização dos centros de ação responsáveis pela gênese das massas de ar, conforme Borsato (2011).



Fonte: Borsato (2011)

Desta dinâmica proveniente das regiões temperadas, destaca-se o papel desenvolvido pelos SF, que ao se deslocarem para regiões mais próximas do Nordeste, interferem indiretamente na dinâmica climática da região a partir de “resquícios” do sistema nas áreas equatoriais, assim chamadas por Souza (1998) de Repercussões de Frentes Frias (RFF), sendo sistemas frontais em oclusão, que provocam uma nebulosidade cujo deslocamento é de sul para norte, principalmente (Figura 05).

Figura 5: Identificação de um sistema ocluso responsável por uma RFF no Ceará para o dia 04 de dezembro de 2005



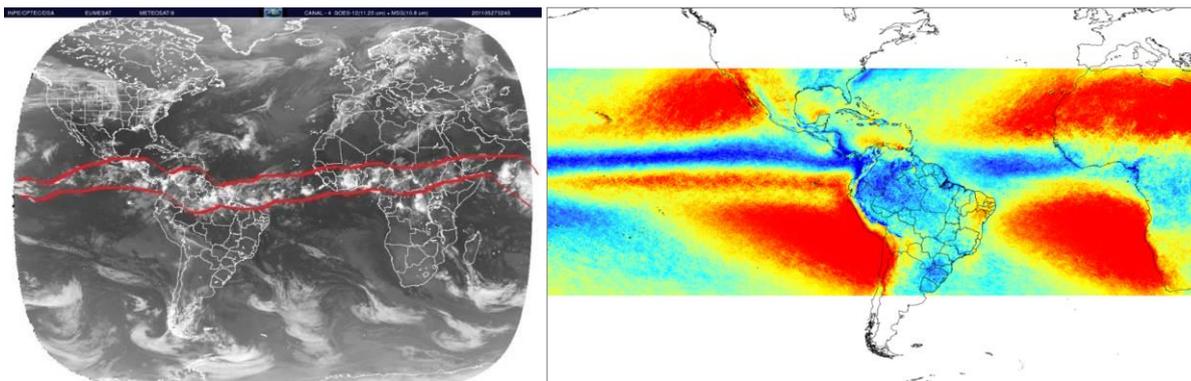
Fonte: CPTEC (2014) e Marinha do Brasil (2014), modificado pelo autor.

### Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma banda de nuvens que se forma devido a "pseudotensão do vento" (Figura 06), um fenômeno caracterizado pela confluência dos ventos alísios de nordeste e dos ventos alísios de sudeste, havendo formação de cumulonimbus, responsáveis por eventos pluviométricos intensos no Nordeste do Brasil (XAVIER, 2000).

A ZCIT segue o equador térmico, região cujas temperaturas médias são as mais elevadas do globo, esse deslocamento acontece de maneira sazonal para regiões que concentrem Temperatura de Superfície do Mar (TSM) mais aquecida, “ao longo dos meses do ano flutua de um lado e de outro da linha do Equador. No Atlântico, a ZCIT incursiona bem mais ao norte do Equador, entre junho e dezembro, do que ao sul dessa linha, entre janeiro e maio” (XAVIER, 2000, p. 27).

Figura 6: Imagem GOES 12 com demarcação da ZCIT; Em azul, picos maiores de precipitação, em vermelho áreas mais secas, destaca a região de interação da ZCIT.



Fonte: CPTEC/INPE, modificado pelo autor; Base de dados do Projeto TRMM, elaborado pelo autor.

É o principal sistema atmosférico responsável pela precipitação no estado do Ceará, daí o interesse em apontar a posição de tal zona em uma análise genética, com vistas a demarcar o raio de influência do sistema, e sua relação com a classificação de tipologias secas ou chuvosas. Muitos são os trabalhos que buscam apontar tal posicionamento da ZCIT, destacando-se Uvo et al (1989) e Xavier (2000).

Uvo et al (1989), trabalhou com a hipótese de compreender o papel da intensidade da ZCIT no Atlântico e sua relação com o período chuvoso na região semiárida. Segundo o autor “a permanência mais longa ou mais curta da ZCIT em torno do Equador é o fator mais importante na determinação da qualidade de estação chuvosa do norte do Nordeste” (UVO et al, 1989, p. 27).

Em Xavier (2000) tem-se a relação entre o posicionamento da ZCIT e os tipos de classes pluviométricas. Nos anos muito chuvosos, a ZCIT tende a permanecer mais ao sul da linha do Equador causando também um “enfraquecimento da componente meridional do vento próximo à costa do Nordeste brasileiro (XAVIER, 2000, p. 30)”.

Em ambos os autores, a ZCIT é tratada como o principal sistema de chuvas para a região do Nordeste. Sua posição influi diretamente no papel positivo das chuvas para o estado do Ceará, o que conforme Xavier (2000) é visto na Tabela 01, e que também é destacado por Uvo et al (1989, p. 27)

Quando a ZCIT inicia sua migração para o norte em fins de fevereiro ou início de março, as chuvas serão em geral, deficientes. Por outro lado, quando a ZCIT somente inicia sua migração para o norte em fins de abril ou início de maio, as chuvas serão, provavelmente, abundantes.

Tabela 1: Posição da ZCIT, no meridiano de 37°W, na região entre Caucaia e Beberibe, no período de janeiro a julho, em diversos tipos de classes pluviométricas

CLASSE	JAN	FEV	MAR	ABR	MA	JUN	JUL
Muito Seco	0,65°N	0,13°N	0,13°S	0,50°N	2°N*	5,53°N	8,38°N
Seco	0,74°N	0,03°N	1,09°S	0,64°N	3°N*	5,18°N	8,60°N
Normal	0,07°S	2,10°S	3,08°S	2,30°S	0,02°N	4,97°N	7,44°N
Chuvoso	0,57°S	2,30°S	3,20°S	2,11°S	0,61°N	4,20°N	7,36°N
Muito Chuvoso	1,57°S	3,36°S	4,08°S	3,44°S	0,56°S	4,16°N	6,88°N

Fonte: XAVIER (2000), elaborado pelo autor. \*Em média.

Xavier (2000) traça um estudo sobre as chuvas no estado do Ceará, a partir de seu método de zoneamento climático por áreas pluviometricamente homogêneas, com um papel predominante das chuvas associadas a ZCIT no estado do Ceará distribuídas entre os meses de fevereiro e maio, destacando-se apenas a região sul do Estado, pertinente ao Cariri cearense, que tem o período chuvoso iniciado em janeiro, devido a influência de Frentes Frias provenientes do sul, sem relação com a ZCIT.

### Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são definidos como “sistemas de baixa pressão fechados, que se formam na alta troposfera (GAN e KOUSKY, 1986). Eles são também chamados de baixas desprendidas e de baixas frias, pois apresentam centro mais frio que a sua periferia” (HAAS et al 2002, p. 01).

Estes vórtices, provocam chuvas justamente em sua zona periférica, pois apresenta intensa atividade convectiva, facilitando a formação de nuvens e provocando a precipitação. Em seu núcleo há subsidência de ar, logo, não há formação de nuvens o que resulta em totais de pluviosidade mais reduzidos (FEDOROVA, 1999; FERREIRA e MELLO, 2005) (Figura 05).

Conforme Ramirez et al (2000), os vórtices podem ser classificados como de tipo Palmer e Palmén. Segundo o autor, estes são diferenciados de acordo com a área e a época de formação, os do tipo Palmer originam-se em latitudes tropicais sendo mais comuns no verão, e influentes sobre o Nordeste do Brasil (Figura 07). Já do tipo Palmén, são formados em latitudes subtropicais e observados no inverno e primavera.

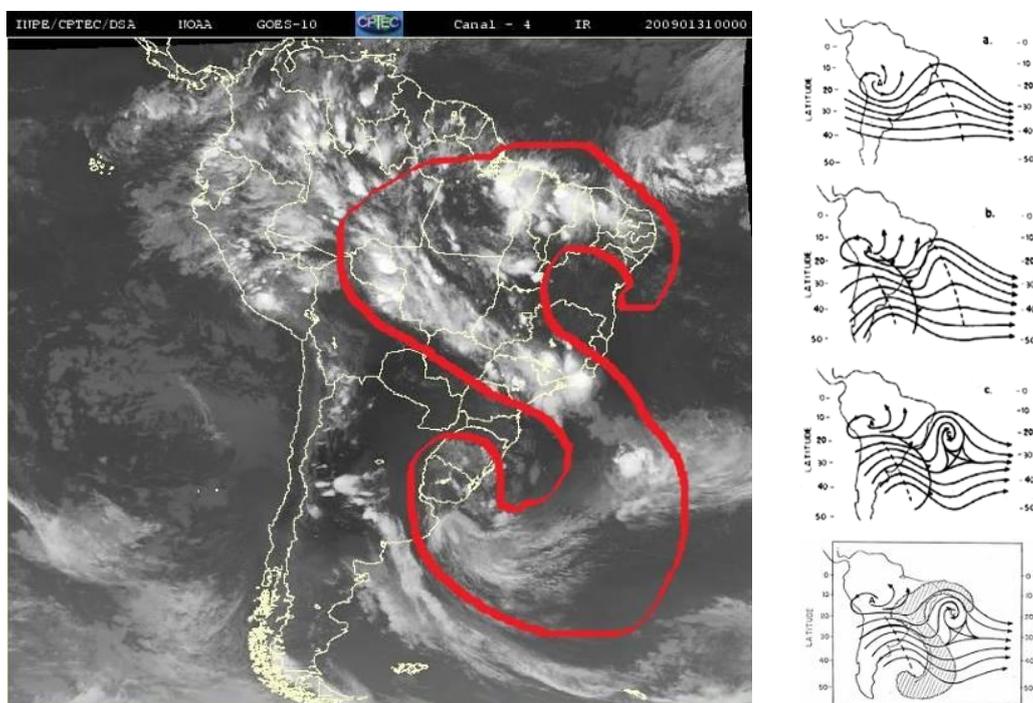
Os VCAN, detalhados por Gan e Kousky (1986) e Ramirez et al (2000), referem-se a formação clássica, apresentada por Paixão e Gandu (2000), que despertam

dois tipos de condições de tempo, no caso podem provocar chuvas ao longo da zona frontal e tempo bom à sua retaguarda (GAN e KOUSKY, 1986).

Há também, uma tendência de deslocamento destes sistemas nas baixas latitudes ( $10^{\circ}\text{S}$  e  $35^{\circ}\text{W}$ ) para direção Oeste, com sua formação condicionada pela intensificação da Alta da Bolívia, e pelo deslocamento de Frentes Frias (GAN e KOUSKY, 1986; RAMIREZ et al, 2000; PAIXÃO e GANDU, 2000).

Segundo Fedorova (1999), os VCAN são formados em regiões que demonstram características ciclogênicas, e estas áreas são encontradas na Argentina e no Uruguai, com sua formação inicial influenciada pela Cordilheira dos Andes e por anomalias térmicas em superfície e entre 700 e 900 hPa, associadas a zonas frontais, conforme destaca HAAS et. al (2002).

Figura 7: Imagem GOES 12 com demarcação de um VCAN no dia 31 de janeiro de 2009; Sequencia esquemática da formação de vórtices ciclônicos em 200 hPa no Atlântico Sul conforme Gan e Kousky (1981, p. 545 apud REBOITA et al 2010).



Fonte: CPTEC/INPE (modificado pelo autor); Gan e Kousky (1981, p. 545 apud REBOITA et al 2010).

## Ondas de Leste

Segundo Ferreira e Mello (2005), as Ondas de Leste estão intimamente associadas ao campo de atuação dos ventos alísios, sendo associadas a mEa. Os distúrbios tem uma direção leste-oeste, avançando sob o oceano até a costa leste do Nordeste do Brasil, quando podem adentrar por dois caminhos, um pelo Rio Grande do

Norte e outro mais ao norte deslocando-se próximo a costa norte do Nordeste do Brasil (FERREIRA et al, 1990).

Figura 8: Imagem GOES 12 com demarcação de uma Onda de Leste no dia 23 de junho de 2009



Fonte: CPTEC/INPE (modificado pelo autor)

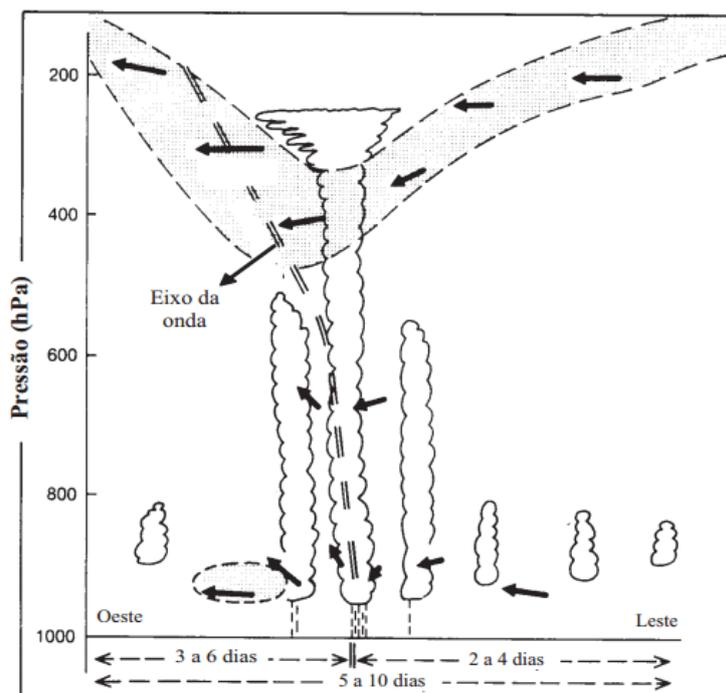
Sua relação com a mEa é detalhada em Nimer (1979). O autor associa o desenvolvimento da OL, a massa de ar Equatorial, a partir de uma Instabilidade Tropical (IT), que ao provocar convergência do ar nas proximidades do Nordeste, ocasiona instabilidade, distúrbios nos alísios, responsável pela formação da OL.

Alves et al (2001, p. 20) destaca que este é “o principal sistema atmosférico provocador de chuva do litoral leste do Nordeste do Brasil, no período de maio a agosto”. Seguindo aquilo proposto por Riehl (1954 apud Alves et al 2001, p. 20), os autores descrevem o desenvolvimento de tais ondas.

O primeiro modelo desenvolvido para Ondas de Leste foi apresentado por Riehl (1954) para a região do Caribe. Riehl mostrou uma visão tridimensional detalhada dessas ondas. Segundo o supracitado estudo, as Ondas de Leste são oscilações no campo de pressão e vento que se encontram em fase na superfície. Associado as Ondas de Leste encontra-se um cavado que possui orientação nordeste-sudoeste no Hemisfério Norte e inclina-se para leste com a altura. A montante desse sistema, há divergência e movimento subsidente nos baixos níveis, com características de bom tempo, e na sua retaguarda há convergência nos baixos níveis com predominância de forte movimento ascendente e convecção profunda.

Destaca-se também em associação a esta descrição sobre as ondas, o modelo esquemático apresentado por Coutinho e Fisch (2007), fazendo referencia a Hall (1989), sendo possível observar o tempo aproximado para o desenvolvimento destas no Hemisfério Sul, bem como sua a estrutura vertical (Figura 09).

Figura 9: Perfil esquemático vertical de uma onda de leste.



Fonte: Hall (1989 apud COUTINHO e FISCH, 2007)

Para Chan (1990) e Ferreira et al (1990) as ondas tem uma duração em torno de 5 a 6 dias, sendo em março, abril e maio apresentado período de 5 dias, se comparado aos demais trimestres este é período mais curto. A velocidade de tais ondas, conforme os autores, varia de 10 a 13 m/s, sendo em março, abril e maio com propagação mais lenta, com velocidade média de 10 m/s, e em junho, julho e agosto estas são mais rápidas, se movendo a 13 m/s.

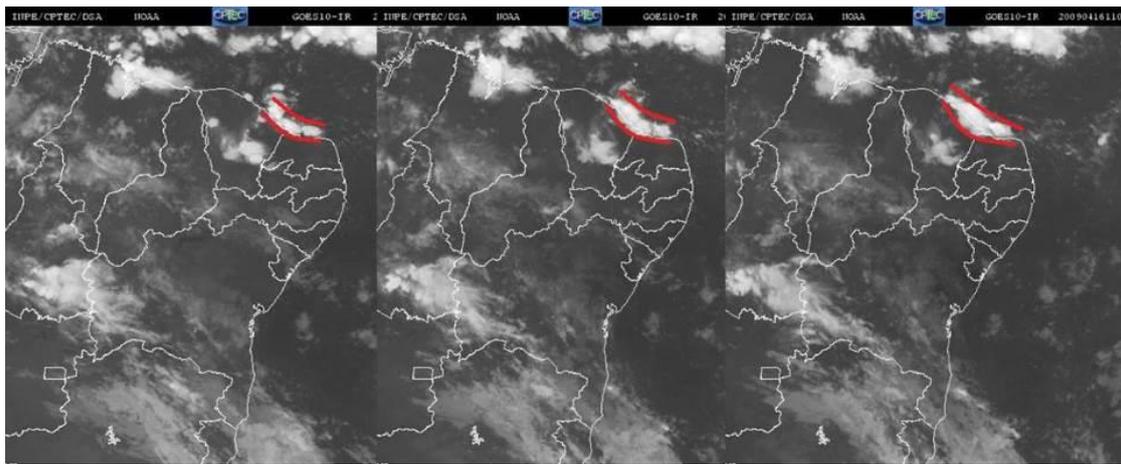
Sobre o comprimento das Ondas, estas são mais curtas em março, abril e maio com 4300 Km, em junho, julho e agosto, quando do deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Norte, são mais longas, em torno de 6.900 Km, e se propagam mais rapidamente (CHAN, 1990; FERREIRA et al (1990).

Coutinho e Fisch (2007) destacam que o desenvolvimento de tais sistemas pode está associado a episódios de El Niño e La Niña, sendo uma frequência maior em anos de La Niña e menor em anos de El Niño. Já Ferreira e Mello (2005) afirmam que estas ondas necessitam de condições oceânicas e atmosféricas favoráveis para influenciar as chuvas no estado do Ceará.

## Linhas de Instabilidade

Hamilton e Archbod (1945 apud COHEN, 1989), definem uma Linha de Instabilidade como sendo "uma linha de cumulonimbus que se forma ao longo da borda de uma ampla área de movimento descendente" e conforme Silva Dias (1987, p. 137), estas “mantem uma certa identidade durante seu tempo de vida, que varia entre poucas horas até um dia” (Figura 10).

Figura 10: Imagem GOES 12 com demarcação de uma Linha de Instabilidade para o dia 16 de abril de 2009



Fonte: CPTEC/INPE (modificado pelo autor)

São bandas de atividades convectivas que se formam devido as diferenças de temperaturas entre oceano e continente. Tais linhas podem está intimamente associadas a brisa marítima, se organizando ao longo de tal sistema (FERREIRA e MELLO, 2005).

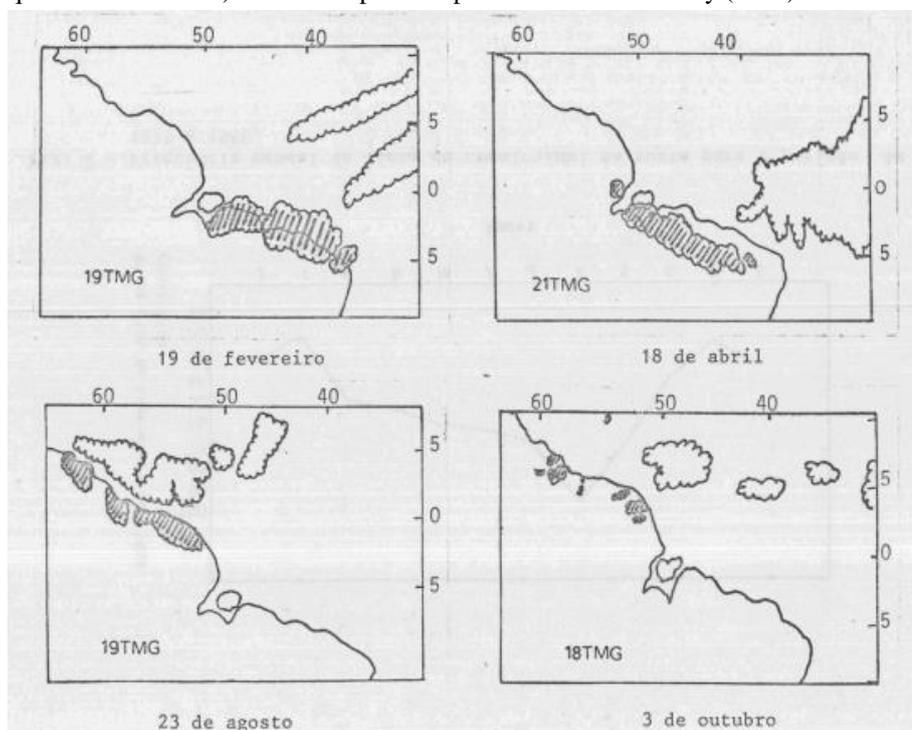
Ainda segundo Cohen (1989), há uma divisão entre Linhas de Instabilidade que se Propaga (LIP) e Linha de Instabilidade Costeira (LIC), onde a primeira LI se propaga desde a Guiana até o estado do Maranhão, adentrando o continente, e a segunda está associada a circulação de brisa marítima junto a costa, permanecendo na borda do continente, algo estudado por Cavalcante e Kousky (1982, p. 410), ao tratar do efeito da brisa marítima associada ao desenvolvimento de tais sistemas.

Na costa norte-nordeste do Brasil, verifica-se o desenvolvimento de uma linha de cumulonimbus ao longo da brisa marítima: A atividade a ela associada é responsável por uma quantidade apreciável de precipitação, podendo se propagar como uma linha de instabilidade em direção ao interior do continente (Kousky, 1980).

As Linhas de Instabilidade atuam, principalmente, no verão podendo ser influenciada diretamente pela ação da ZCIT. Destaca-se Cohen et al (2009) que associa a intensidade das LI ao período do ano que culmina com a atuação da ZCIT, sendo as linhas de intensidade forte ocorrem do começo do ano até março, em abril predominam as de média intensidade e depois de setembro as de intensidade fraca (Figura 11).

Cavalcante e Kousky (1982, p. 410) informam que esta mudança na localização da linha convectiva dá-se devido a migração na localização latitudinal da ZCIT, que, conforme Cohen et al (2009, p. 79), “entre março e abril, está melhor definida sobre o litoral norte brasileiro, onde em média, é o local de formação das Linhas de Instabilidade” (COHEN et al, 2009, p. 79).

Figura 11: Localização de Linhas de Instabilidade (áreas hachuradas) e nebulosidade da ZCIT (áreas claras que indicam nuvens) conforme apontado por Cavalcanti e Kousky (1982)



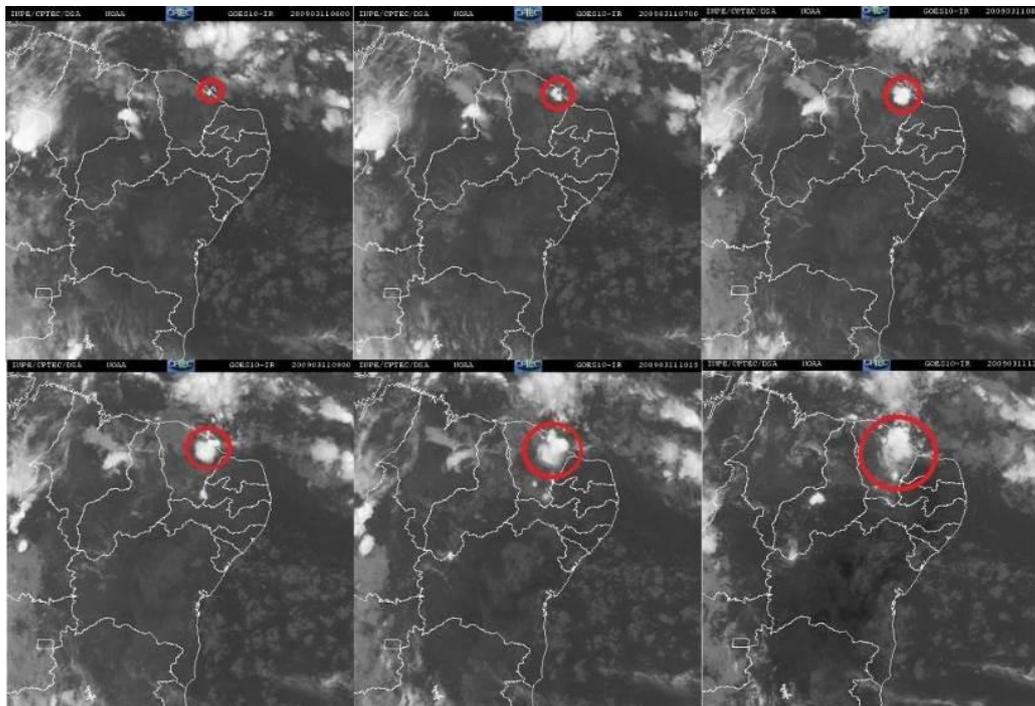
Fonte: Cavalcanti e Kousky (1982)

### Complexos Convectivos de Mesoescala

Conforme Silva Dias (1987, p. 143), os Complexos Convectivos de Mesoescala são "conjuntos de cumulonimbus cobertos por densa camada de cirrus [...] sendo sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com um crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 horas" (SILVA DIAS, 1987). Sua formação está

ligada ao escoamento dos ventos alísios, surgindo devido a uma perturbação nos alísios de sudeste, gerando os aglomerados de nuvens (MELLO et al, 1996) (Figura 12).

Figura 12: Imagem GOES 12 com demarcação de um Complexo Convectivo de Mesoescala para o dia 11 de março de 2009



Fonte: CPTEC/INPE (modificado pelo autor)

Vitorino et al (1997, p. 27), ao estudar a atuação destes sistemas no estado do Ceará, conclui que eles ocorrem mais frequentemente no início da madrugada e no período da tarde, o que para o autor é explicado por “A frequência máxima do período a tarde, provavelmente, está associada com o máximo da convecção diurna sobre o continente e, a máxima frequência do início da madrugada a deve estar relacionada com a circulação de vale-montanha [...]”.

Conforme Souza e Alves (1997), estão associados a ocorrência de pancadas de chuva isolada, pois surgem devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc. (FERREIRA e MELLO, 2005).

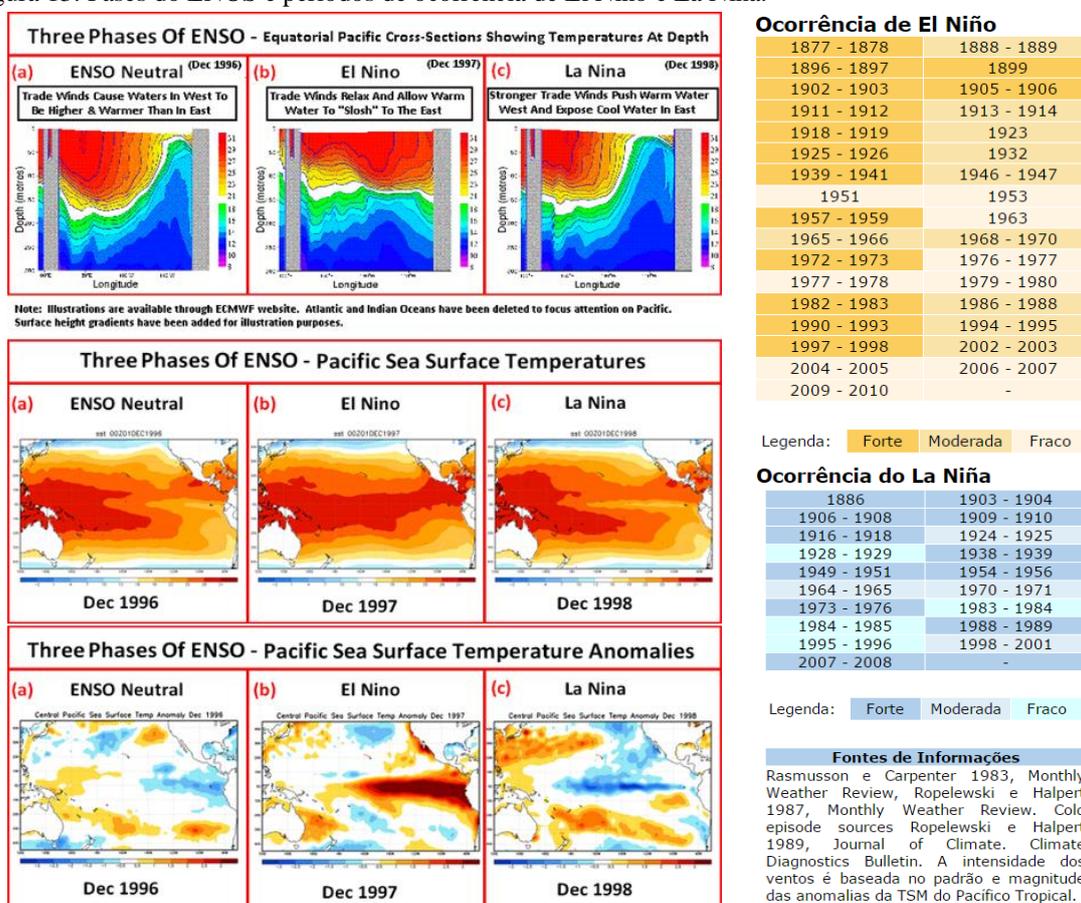
Para o estado do Ceará, conforme Vitorino et al (1997), destacam-se algumas áreas preferenciais, mais propícias a formação de CCM, tais como as regiões de altitude mais elevada como a Serra da Ibiapaba, noroeste do Estado, o Cariri, sul do Ceará e a Chapada do Apodi, a leste, além da faixa de zona litorânea, região norte, que apresentaram frequências relativamente altas de ocorrência de CCM.

## ENOS (El Niño e La Niña) e Dipolo do Atlântico – GRADM (Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar)

Conforme Andreoli e Kayano (2007, p. 64), “Walker (1928) foi o primeiro a documentar uma notável coincidência do aquecimento anômalo das águas superficiais no Pacífico equatorial e as secas no Nordeste do Brasil”, sendo este fenômeno, de aquecimento anômalo das Temperaturas de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico, posteriormente chamado de efeito El Niño.

Quando da classificação em El Niño, espera-se um déficit de chuvas, ocorrendo na maioria dos casos estiagem e tempo seco no Nordeste. Já o resfriamento anômalo das TSM no Pacífico representa o efeito contrário ao El Niño, chamado La Niña, responsável por anos chuvosos ou muito chuvosos na região (FERREIRA e MELLO, 2005) (Figura 13). Acredita-se que estes efeitos influenciam o desempenho da quadra chuvosa no estado do Ceará, que é regida pela atuação da ZCIT.

Figura 13: Fases do ENOS e períodos de ocorrência de El Niño e La Niña.



Fonte: TISDALE (2014) e CPTEC (2014)

A terminologia de caráter científico mais utilizada, para as investigações sobre estes fenômenos climático-oceânicos, é aquela conhecida como El Niño Oscilação Sul (ENOS), que busca identificar as “alterações dos padrões normais de TSM e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e no Pacífico oeste próximo à Austrália” (CPTEC, 2014, p. 01), bem como conforme Nobrega e Santiago (2014, p. 109) trata da “variação anômala da pressão atmosférica tropical, sendo uma resposta aérea ao El Niño, associada com a mudança na circulação geral da Atmosfera”. Lucena et al (2010, p. 176) destaca ainda as duas componentes do ENOS, conforme descrito a seguir:

No Pacífico, o modo de variabilidade dominante é o fenômeno ENOS, El Niño - Oscilação Sul, com uma componente oceânica e outra atmosférica. Na sua componente oceânica, caracteriza-se pelo aquecimento (resfriamento) das anomalias da TSM no Oceano Pacífico Equatorial Central e Leste - El Niño (La Niña). A componente atmosférica do ENOS está acoplada dinamicamente ao Índice de Oscilação Sul (IOS), que é definido pela diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Darwin). O IOS apresenta valores negativos em anos de El Niño e positivos em anos de La Niña. Portanto, valores positivos significam resfriamento do Pacífico e os negativos, aquecimento.

Andreoli e Kayano (2007), ao citar vários outros estudos, informam que o ENOS, a partir do Pacífico tropical, interfere no padrão de circulação da célula de Walker, considerando um desequilíbrio nos ramos ascendente e descendente desta célula, que com seu deslocamento leste-oeste, influencia no período chuvoso do Nordeste, quando da fase positiva do ENOS, onde:

[...] a circulação de Walker é deslocada para leste, tal que seu ramo ascendente localiza-se sobre o oceano Pacífico central e leste onde a convecção é intensificada, e seu ramo descendente localiza-se sobre o Nordeste do Brasil e Atlântico Tropical adjacente, onde a convecção é inibida (Kousky et al., 1984; Kayano et al., 1988; Ropelewski e Halpert, 1987 e 1989). (ANDREOLI e KAYANO, 2007, p. 64)

É enfatizado também pelos autores (ANDREOLI e KAYANO, 2007, p. 64 *apud* KANE, 1997) estudos sobre a climatologia dos ENOS, “dos 46 El Niño (fortes e moderados) do período de 1849-1992, somente 21 (45%) estiveram associados a secas severas em Fortaleza”.

Alves e Repelli (1992) também informam não haver uma predominância que, nos anos de fase quente do ENOS a quadra chuvosa do setor norte do Nordeste seja prejudicada com precipitações abaixo da média. O mesmo é visto em Nobrega e

Santiago (2014), ao citar Melo (1999) e Aragão (1998), quando é observado que o ENOS em fase positiva nem sempre indica períodos de seca para o Nordeste do Brasil.

É necessário, para além de uma análise dos efeitos do ENOS, sua integração a outros fenômenos climático-oceânicos, tais os relacionados as anomalias de TSM (ATSMs) no Atlântico Tropical, conhecido também como efeito Dipolo do Atlântico ou Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar (GRADM) (Figura 14), conforme visto em Andreoli e Kayano (2007, p. 64).

Tanto o El Niño como o gradiente inter-hemisférico de ATSMs no AT são fatores importantes que modulam a precipitação do NEB. [...] Uma interpretação amplamente aceita é que a variabilidade de TSM do AT seja a forçante dominante das anomalias de precipitação no NEB, enquanto que a influencia remota do Pacífico em determinadas ocasiões pode reforçar estas anomalias, mas em outras ocasiões pode ter efeitos opostos, de modo que estas anomalias sejam enfraquecidas (Uvo et al., 1998; Pezzi e Cavalcanti, 2001; Ambrizzi et al., 2004; Souza et al., 2004).

O Dipolo do Atlântico é a diferença entre a anomalia da TSM na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul, quando o dipolo é positivo a TSM do Atlântico Norte é positiva, não favorecendo a precipitação no Nordeste Brasileiro, principalmente, quando associada ao ENOS em fase positiva. Quando o dipolo é negativo, a TSM do Atlântico Sul é positiva e a do Norte é negativa favorecendo a precipitação no Nordeste do Brasil principalmente, quando associada ao ENOS em fase negativa (FERREIRA e MELLO, 2005; ANDREOLI e KAYANO, 2007).

Em resumo, destaca-se Lucena et al (2010, p. 176) ao tratar sobre o a nomenclatura alternativa do Dipolo (GRADM), bem como os fenômenos associados a sua gênese e seu período de atuação.

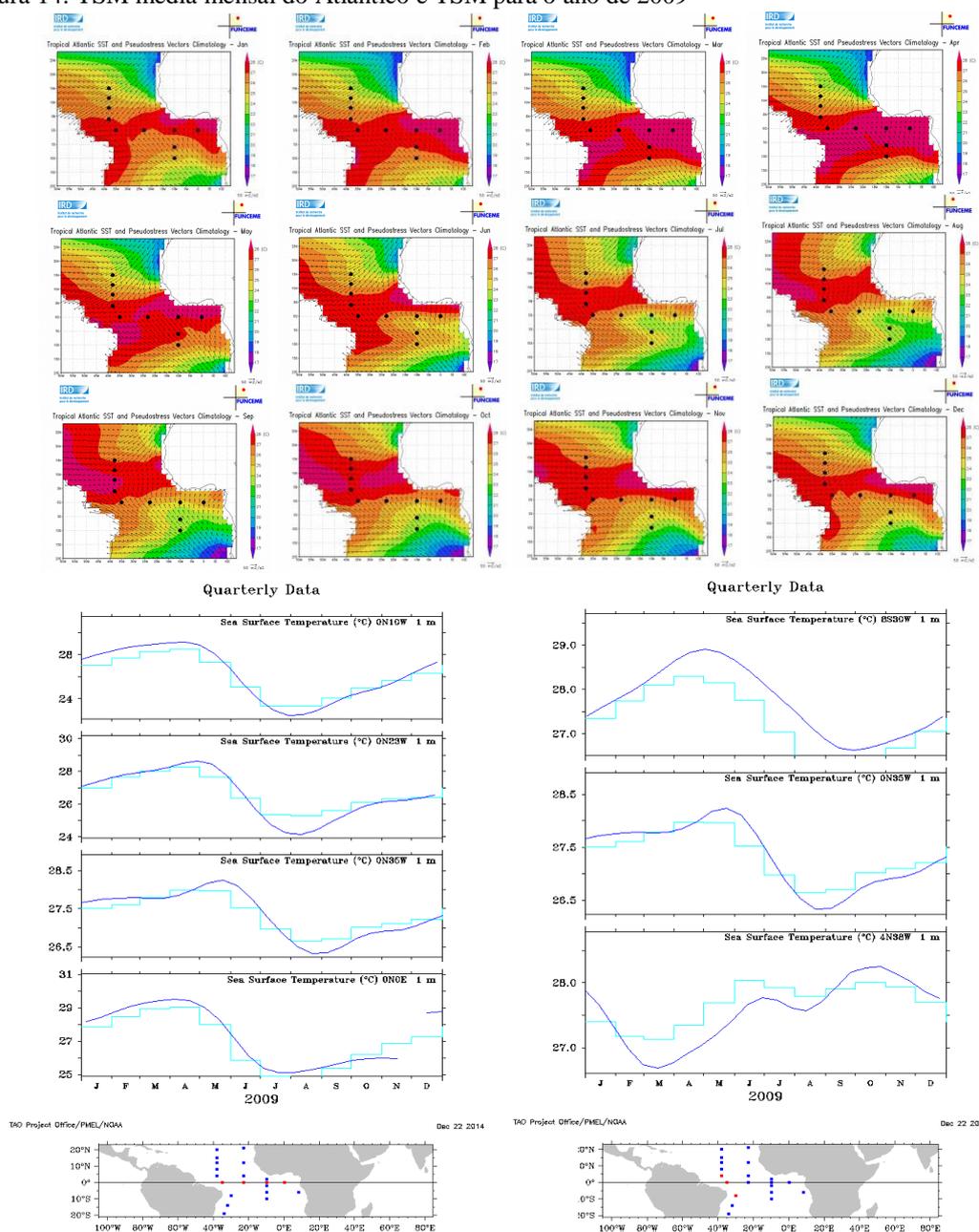
Sobre o Oceano Atlântico tem-se o dipolo (MOURA e SHUKLA, 1981; SERVAIN, 1991; SERVAIN et al., 1999), atualmente devido a diversas controvérsias sobre sua existência e caracterização é mais conhecido como Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar (GRADM). O GRADM envolve variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) centradas na região dos alísios de nordeste e sudeste, em escalas de tempo sazonal, interanual e decadal (MOURA e SHUKLA, 1981; SERVAIN, 1991). É mais freqüente durante o período de fevereiro a maio, com máxima ocorrência em março (ANDREOLI, 2002).

Essa concepção em torno do GRADM, conforme informado, influencia diretamente na precipitação sobre o Nordeste, pois interfere na posição e intensidade da ZCIT (ANDREOLI e KAYANO, 2007; SOUZA et al, 1998). Neste caso, destaca-se

Lucena et al (2010), ao fazer uma relação entre o ENOS o GRADM e a classificação do ano, se seco ou chuvoso, que em linhas gerais é estabelecido a seguir:

1. El Niño e GRADM Neutro = Seco, neste caso tem-se o impacto apenas do El Niño nas chuvas;
2. La Niña e GRADM Positivo = Seco (fraco) associado ao efeito do GRADM Positivo;
3. La Niña e GRADM Negativo = Chuvoso, associado ao efeito cumulativo entre La Niña e GRADM Negativo.

Figura 14: TSM média mensal do Atlântico e TSM para o ano de 2009



Fonte: FUNCEME (2014) TAO/PIRATA (2014)

Os autores estabelecem uma divisão do Nordeste em subregião I (norte do NEB); sub-região 2 (leste do NEB); e sub-região 3 (centro-sul do NEB) (LUCENA et al, 2010). Destacando-se os resultados da sub-região norte do Nordeste, onde se localiza o estado do Ceará, tem-se os resultados para a correlação entre os fenômenos climático-oceânicos: 1. El Niño e GRADM Positivo = Seco; 2. La Niña e GRADM Negativo = Chuvoso.

Para os autores: “a resposta da precipitação para a sub-região Norte, aparentemente é mais sensível ao GRADM, ou seja, tende a produzir uma resposta mais coerente, que aos eventos sobre o Pacífico (El Niño ou La Niña)” (LUCENA et al, 2010, p. 192).

Figura 15: quadro representativo dos anos de GRADM positivo ou negativo

GRADM POSITIVO	GRADM NEGATIVO
Anos	Anos
1951 ***	1971 ***
1956 ***	1973 **
1958 **	1974 ***
1966 **	1975 ***
1970 **	1984
1978 **	1985 ***
1980	1986
1981	1989 ***
1983 **	1994
1997	

\* Classificação de eventos com base no índice GRADM (SERVAIN, 1991), em que valores acima (abaixo) de 0,5°C durante pelo menos dois meses consecutivos entre os meses de janeiro a junho referem-se à GRADM positivo (GRADM negativo)

\*\* referem-se aos anos em que ocorreram coincidentes com eventos El Niño

\*\*\* referem-se aos anos em que ocorreram coincidentes com eventos La Niña

Fonte: LUCENA et al. (2010).

Assim, estes fenômenos não dizem respeito apenas a uma variação local, ou que acarrete alguma mudança somente no ambiente oceânico, são efeitos dotados por teleconexões globais, influenciando direta ou indiretamente diversas regiões e todo o ecossistema. No que se refere ao clima, observa-se que sua interferência acontece, principalmente, na circulação atmosférica regional, notadamente responsável pela regência da atuação dos sistemas atmosféricos.

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS UTILIZADOS**

Para a caracterização climática, fundamentando-se na circulação atmosférica regional, produtoras dos tipos de tempo para o estado do Ceará, adotou-se os procedimentos metodológicos desenvolvidos por Monteiro (1973), que dizem respeito: a um tratamento das informações climáticas sob o nível de tipo de tempo, ou seja, ao nível diário, fundamental a eleição de anos padrão, como critério adotado à aplicação da análise rítmica, sendo esta o alicerce à identificação da sucessão natural dos tipos de tempo, através da produção de índices que revelam a variação espaço-temporal dos sistemas atmosféricos e a participação destes nas chuvas, essencial a um estudo voltado a proposta de síntese climática com base na dinâmica atmosférica regional.

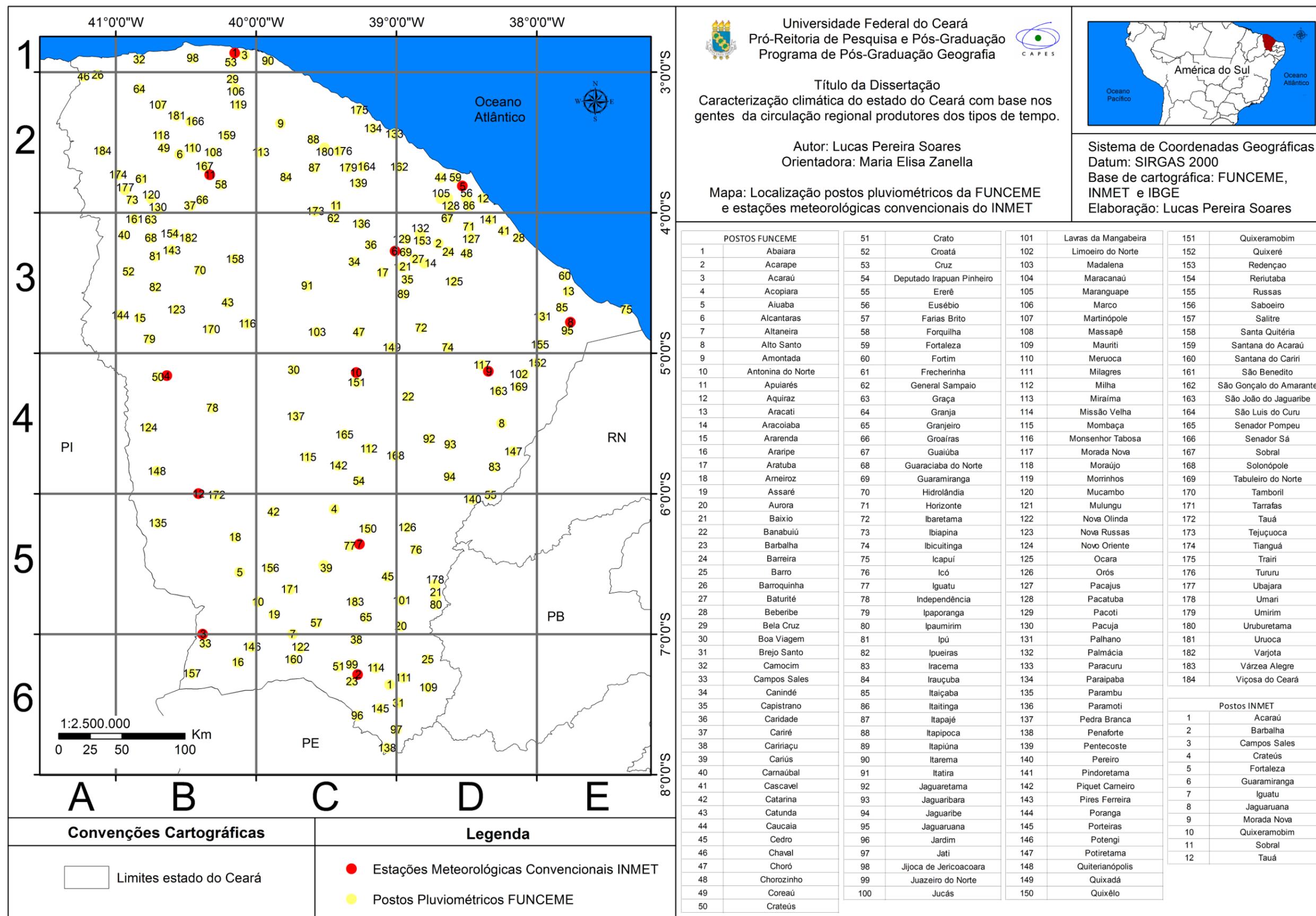
### **2.1. Base de dados e método adotado para a eleição dos anos padrão**

A escala temporal da pesquisa é composta por duas séries, uma mais longa, referente a 20 anos de dados, de 1991-2010, e outra mais curta, referente aos três anos padrão eleitos, favorável a um estudo a partir dos tipos de tempo. A série mais longa é formada pelos dados de 184 postos pluviométricos oriundos da FUNCEME (Figura 16). A partir dela foram eleitos os três anos padrão da pesquisa, representativos de um ano seco, um habitual e um chuvoso.

Esta série histórica de 20 anos (1991-2010) é válida tanto do ponto de vista qualitativo, visto que apresenta-se com uma boa representação espaço-temporal, com poucas falhas, e quantitativo, no caso um período de 20 anos de dados, que é satisfatório aos princípios geográficos em torno da eleição de anos padrão. Assim, para a eleição de tais anos, foi utilizado o método de Tavares (1976), que pela eleição de 3 amostras, um seco, um habitual e um chuvoso, fornece as bases geográficas de estudo pela análise rítmica. Considerando os anos padrão eleitos, organizou-se a base de dados climatológicos, as imagens de satélite e as cartas de superfície e altitude.

Os dados climatológicos (precipitação, pressão, umidade, insolação, evaporação, direção e velocidade dos ventos), foram coletados junto ao INMET, com as estações meteorológicas convencionais distribuídas em 12 municípios do estado do Ceará (Acarauá, Fortaleza, Guaramiranga, Jaguaruana, Sobral, Crateús, Quixeramobim, Morada Nova, Campos Sales, Iguatu, Tauá, Barbalha) (Figura 16).

Figura 16: localização dos postos pluviométricos da FUNCEME e estações meteorológicas convencionais do INMET



As imagens de satélite foram solicitadas junto ao CPTEC, a partir do satélite GOES 12 canal Infravermelho. Estas imagens foram utilizadas na identificação dos sistemas atmosféricos pela análise sinótica e tratadas a partir de estatística celular, ferramenta de Geoprocessamento que foi utilizada para mapear a atuação dos sistemas atmosféricos no território cearense. Destaca-se, ainda, a coleta de informações sobre os dias de atuação dos VCAN, junto ao Boletim mensal de análise climática do CPTEC (Boletim “Climáanalise”).

Ao fim, as cartas de superfície foram requeridas junto a Marinha do Brasil, e as cartas ao nível de 850hPa, foram coletadas junto ao *MeteoPT*. As associações entre as imagens de satélite e as cartas de superfície e altitude permitiram uma análise sinótica em torno da atuação dos sistemas atmosféricos para os 3 anos padrão eleitos, fornecendo assim os subsídios ao desenvolvimento da análise rítmica.

## **2.2. Critérios adotados ao desenvolvimento da análise rítmica e a produção dos índices de participação**

A análise rítmica foi concebida com base nos anos padrão eleitos e pela organização, tabulação diária dos dados climatológicos advindos do INMET. A partir destes dados foram elaborados 36 gráficos de análise rítmica, representativos dos 3 anos padrão eleitos e das 12 estações climatológicas utilizadas. Estas estações apresentaram uma boa série de dados, contudo sua representatividade espacial é marcada pela inexistência de dados para a região do Planalto da Ibiapaba, parte noroeste do estado do Ceará, com uma altitude em torno de 750 m, assim apresenta condições ou tipos de tempo diferentes das áreas com menor altitude, que neste caso, não podem ser interpretados.

Os gráficos foram finalizados pela associação entre os dados climáticos tabulados e a identificação dos sistemas atmosféricos, a partir da análise das imagens do satélite GOES 12, oriundas do CPTEC, das cartas de superfície da Marinha do Brasil e cartas de altitude a 850hPa do *MeteoPT*, além das informações retiradas do Boletim Climáanalise sobre a atuação dos VCAN. Todos estes subsídios serviram como suporte à identificação dos sistemas atmosféricos considerados na pesquisa.

No caso os sistemas Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), massa Equatorial continental (mEc), massa Equatorial atlântica (mEa), Repercussões de Frentes Fria (RFF) e Ondas de Leste (OL) e, foram identificados a partir da associação

entre as imagens de satélite e as cartas de superfície. Já os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), puderam ser identificados pelas informações retiradas do Boletim Climanálise, comparadas as imagens de satélite.

Aliás, concebe-se os VCAN como sistemas cuja influencia chega aos sistemas oriundos da dinâmica inferior. No caso, quando houve influencia dos VCAN partindo da região amazônica para o Ceará, considerou-se uma participação conjunta entre o sistema e a mEc, conjunto VCAN-mEc. Algo comprovado a partir das análises sinóticas desenvolvidas.

Quando o vórtice mantém-se associada ao deslocamento do Sistema Frontal no sul, influenciando as condições de tempo no Ceará, em um direcionamento da nebulosidade de sul para norte, considerou-se o VCAN em associação as RFF, relação VCAN-RFF.

Em alguns casos, episodicamente, os VCAN atuam com sua nebulosidade periférica na região de influencia da mEa, causando um distúrbio no campo dos alísios, provocando intensa nebulosidade, neste caso considerou-se uma relação entre VCAN-mEa.

Outro detalhe diz respeito a atuação da mEa e mTa, que foram delimitadas pela análise de cartas de vento do *MeteoPT*, visto que para Barros (1968) ambas as massas de ar devem ser separadas pela direção do vento, com a mEa em um deslocamento leste-oeste, observado pela inflexão das isóbaras na carta de superfície, e a mTa dotada por um deslocamento circular anti-horário. Neste caso, para os anos padrão adotados na pesquisa, tem-se atuação única da mEa para o Ceará.

A partir destas associações, foram identificados os sistemas atmosféricos responsáveis pelos tipos de tempo ao longo dos três anos padrão, sendo estes, utilizados no estabelecimento dos índices de participação dos sistemas atmosféricos, apurados a partir da análise rítmica, que associados a precipitação revelam a participação da circulação regional nas chuvas para o estado do Ceará.

Os índices, calculados em porcentagens, foram concebidos de duas formas, uma referente a participação espacial dos sistemas no território e outra sobre a participação dos sistemas nas chuvas para o Ceará. Em ambos os casos, os resultados foram apurados nas escalas temporais anual e mensal.

A proposta de síntese da dinâmica climática regional levou em conta a participação dos sistemas em torno dos 3 anos padrão, indicando espacialmente as regiões de maior e menor participação dos sistemas para o estado do Ceará.

### 2.3. Tratamento espacial das informações climáticas

O tratamento espacial dos dados foi realizado a partir do software *ArcGIS 10.1*, pela extensão *ArcMap 10.1*, neste caso, produzindo mapas sobre a variação espacial dos índices de participação dos sistemas atmosféricos, mapas geoestatísticos e mapas de estatística celular.

A variação espacial dos sistemas atmosféricos, em torno do território cearense, foi realizada em uma escala temporal mensal e anual, considerando a análise sinótica e a divisão do estado do Ceará em 22 quadrantes. Estes quadrantes de espaçamento 1° de latitude por 1° de longitude, algo indicado por Monteiro (1973), representam o zoneamento a ser preenchido pelos índices de participação dos sistemas atmosféricos, notabilizados pela análise sinótica.

Os mapas geoestatísticos foram produzidos utilizando a ferramenta *Geostatistical Analyst*, considerando o desenvolvimento de modelos de interpolação pelo método krigagem ordinária. Estes modelos foram ainda analisados e corrigidos, respectivamente, pelas ferramentas *Cross Validation* e *Validation/Prediction*, ambas funcionalidades do *ArcMap 10.1*.

Outra técnica utilizada, diz respeito ao tratamento das imagens de satélite do GOES 12 pela ferramenta *Cell Statistics* (estatística celular, mapa de nebulosidade), sendo possível a partir desta, identificar, mapear e delimitar de maneira precisa a nebulosidade associada aos sistemas atmosféricos atuantes para o estado do Ceará.

Esta é uma ferramenta de Geoprocessamento que aplicada ao manuseio das imagens do GOES produz superfícies em segunda dimensão (2D), capazes de identificar o padrão associado as nuvens para o período temporal que se almeja na pesquisa. Trata-se do uso de estatísticas de dados *raster*.

A técnica de estatística celular (*cell statistics*), pode ser compreendida a partir de um sistema com *input*, *processing* e *output*. É calculada uma estatística por pixel, considerando a entrada de múltiplos *rasters* (*input*), dá-se a partir disso o tratamento estatístico que pode ser realizado considerando vários métodos (*processing*), expostos na Tabela 02. Escolhido o método estatístico, gera-se como resultado um único *raster* (*output*), que é representativo dos vários *rasters* de entrada que são interpretados pelo método estatístico escolhido (ESRI, 2009).

Tabela 2: métodos aplicados ao tratamento das imagens por estatística celular.

Nº	MÉTODO	CARACTERÍSTICA
1	MEAN	Calcula a média (média) das entradas
2	MAJORITY	Determina a maioria (valor que ocorre com maior frequência) das entradas
3	MAXIMUM	Determina o valor máximo (maior valor) das entradas
4	MEDIAN	Calcula a mediana das entradas
5	MINIMUM	Determina o mínimo (menor valor) das entradas
6	MINORITY	Determina a minoria (valor que ocorre menos frequentemente) das entradas
7	RANGE	Calcula o intervalo (diferença entre o maior e o menor valor) das entradas
8	STD	Calcula o desvio padrão das entradas
9	SUM	Calcula a soma (total de todos os valores) das entradas
10	VARIETY	Calcula a variedade (número de valores exclusivos) das entradas

Fonte: ESRI, 2012

O cálculo dessa estatística celular, acontece a partir dos pixels das imagens aplicados a um dos métodos da Tabela 02. No caso, para o uso de imagens do GOES 12, destaca-se que cada pixel da imagem tem uma resolução radiométrica de 8 bits, representando 256 níveis de cinza. A partir destes níveis, é realizado o tratamento por estatística celular.

Foram utilizadas imagens do satélite GOES 12, canal 4 Infravermelho, considerando a escala temporal para os anos padrão eleitos, sendo 2005 (seco), 2004 (habitual) e 2009 (chuvoso). Inicialmente, foi desenvolvida uma triagem e organização das imagens em escala diária, havendo uma vasta quantidade de imagens por dia, visto que estas podem ser disponibilizadas pelo satélite de 15 em 15 minutos.

As imagens disponibilizadas por dia foram unidas, a partir do processo de estatística celular, considerando o método estatístico *Maximum*, indicando qual região apresentou maior ou menor grau na escala de cinza, se durante o dia a região ficou mais escura, indica baixa nebulosidade, se mais clara indica maior nebulosidade. Ao final das diversas imagens processadas, gera-se apenas uma referente ao dia. Logo, para um determinado mês de 31 dias, com diversas imagens/dia, pelo método de estatística celular, realiza-se a união destas, gerando como produto 31 imagens referentes a cada dia do mês.

Para estabelecer uma variação mensal, as imagens diárias foram unidas pela estatística celular de acordo com o mês, desta vez a partir do método *Mean*, cujo objetivo é mostrar aquelas regiões, com um apontamento médio maior ou menor de

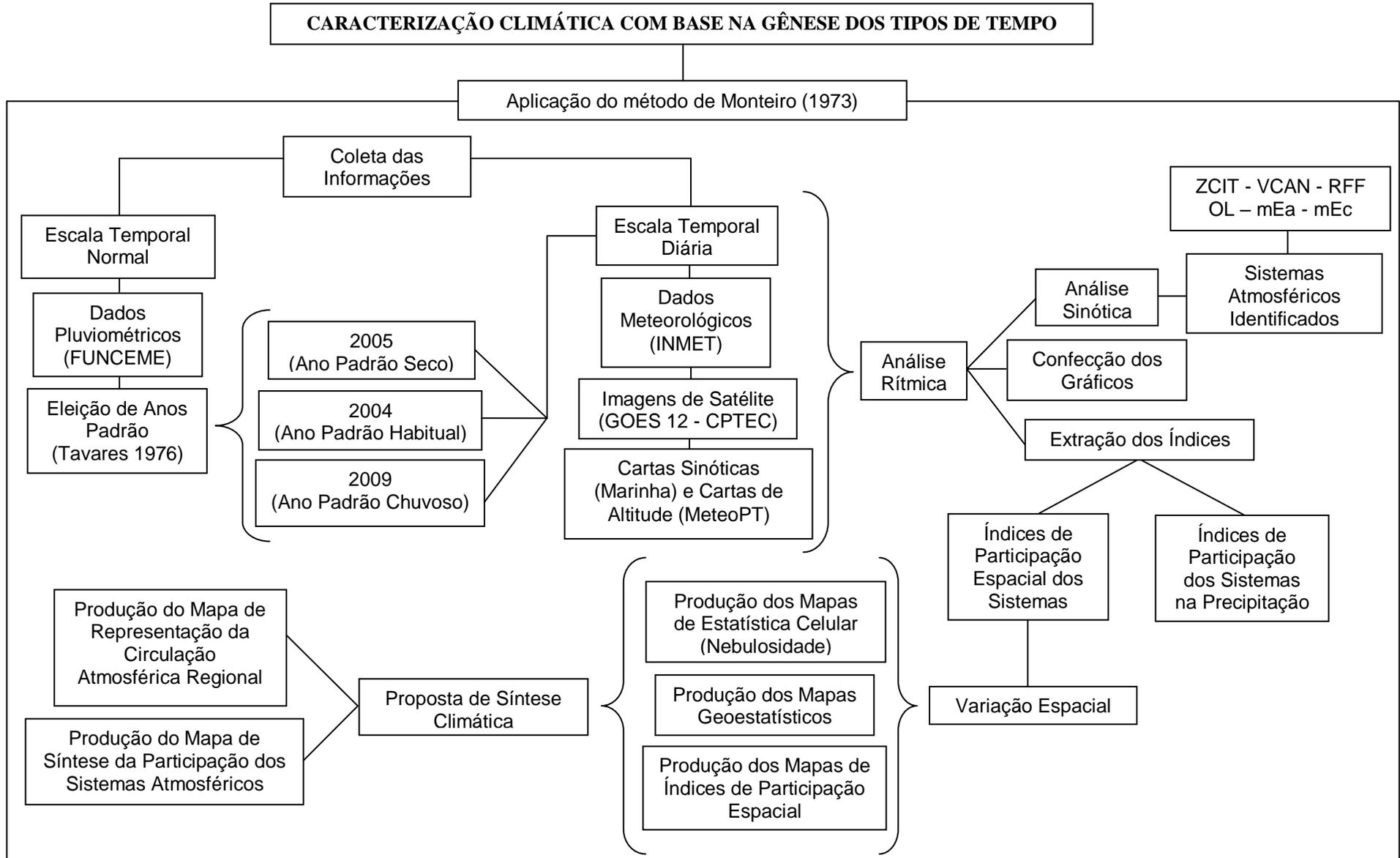
concentração dos níveis de escala de cinza. Indicando, com base nas imagens diárias, áreas com maior ou menor nebulosidade para o mês.

Para uma compreensão anual, foi realizada a união das 12 imagens referente a variação mensal, utilizando novamente o método *Mean*.

Os mapas desenvolvidos a partir da krigagem e da estatística celular, foram concebidos nas escalas temporal diária (apenas para os mapas de estatística celular), mensal e anual, considerando os anos padrão.

Assim, a partir destes procedimentos, fundamentados em Monteiro (1973) e que encontram-se resumidos no Gráfico 01, desenvolveu-se para o estado do Ceará, uma caracterização climática genética dos tipos de tempo, em sua sucessão anual, com ênfase na repercussão espaço-temporal da chuva e dos sistemas atmosféricos.

Gráfico 1: fluxograma metodológico



### 3. DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Ceará encontra-se nas baixas latitudes equatoriais, entre 02° e 08° Sul, na região Nordeste do Brasil, fazendo fronteira com os estados do Piauí, a leste, Pernambuco, no sul, Paraíba e Rio Grande do Norte, na porção oeste, sendo banhado pelo oceano Atlântico em toda sua extensão a norte (Figura 17).

A região é caracterizada pela predominância do clima semiárido, está 93% submetido à influência da semiaridez, de baixos níveis pluviométricos, com 75% do território inserido na isoieta inferior a 800 mm anuais, altas temperaturas, variando entre 22° e 27°C. Os rios são intermitentes, solos rasos, em sua maioria, e vegetação arbustiva caducifólia (caatinga), em todos os casos, condicionados pela temperatura, a precipitação e o relevo cristalino bastante erodido (ZANELLA, 2007; PEREIRA e SILVA, 2007; IPECE, 2011; CAETANO, 2011).

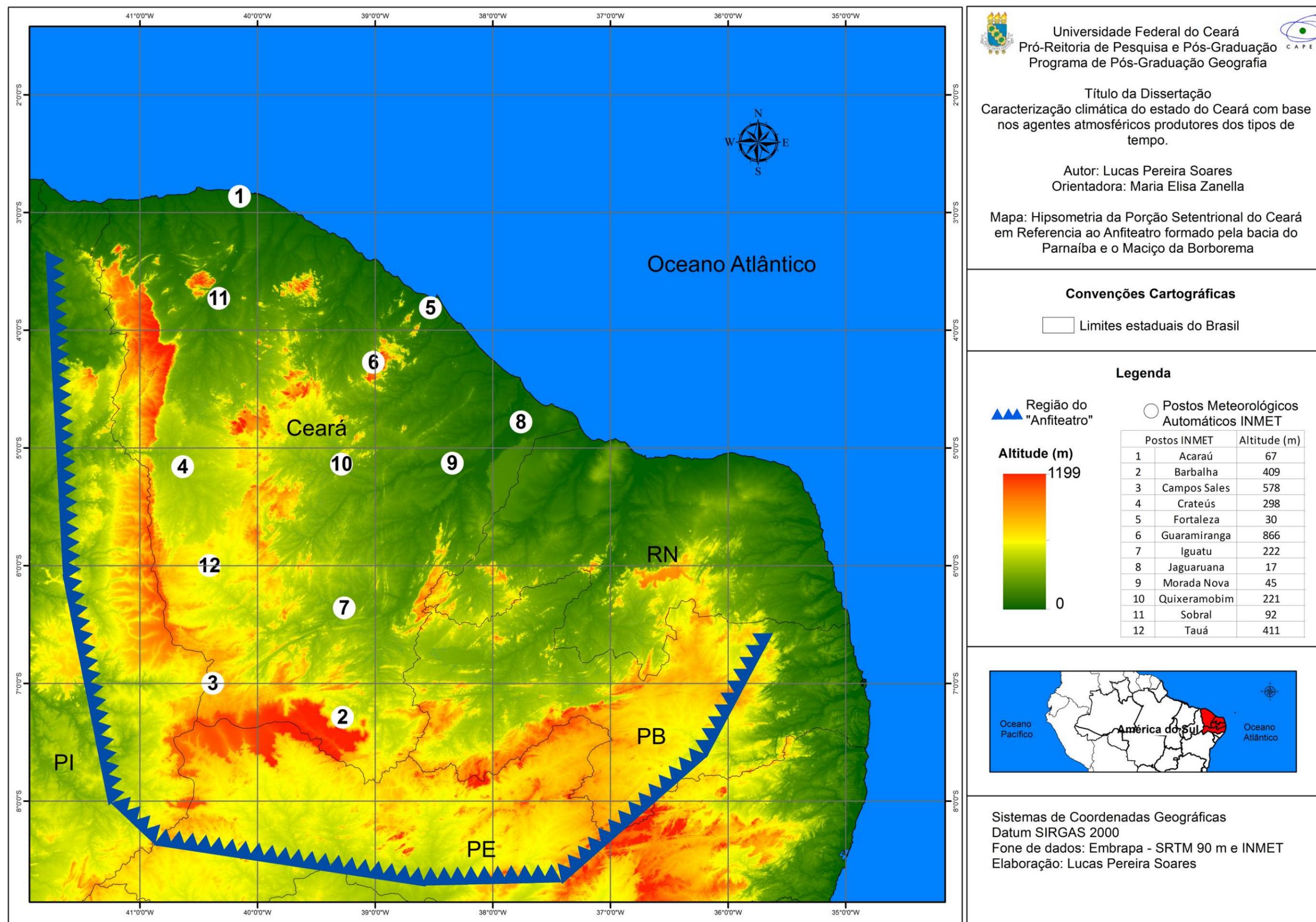
Devido a sua posição em baixas latitudes, não é abastecido sistemas frontais do sul da América do Sul. Assim, na região predomina uma dinâmica associada a atividade convectiva proveniente de sistemas atmosféricos, como a ZCIT, os VCAN, a mEc, as RFF e as OL e, notadamente a interferência quase permanente da mEa, que atua na estabilidade dos tipos de tempo, oriunda do centro de ação do Atlântico.

As precipitações são mais intensas durante os meses de fevereiro a maio, entre o verão e o outono, porém observa-se episódios de secas intensas que se estendem durante um ou mais anos, neste caso “as chuvas, além de muito irregulares, são caracterizadas pela incerteza, com antecipações, retardamentos ou ausências quase absolutas, configurando situações de seca” (LIMA et al, 2000, p. 08).

O relevo é formado por depressões interplanálticas, sendo este mais rebaixado formado pelas planícies litorâneas e fluviais, tabuleiros pré-litorâneos e pela depressão sertaneja, no sertão cearense, que é intercalada por terrenos mais elevados, neste caso os compartimentos cristalinos residuais, como maciços, cristas e inselbergs, margeada por planaltos (cuesta e chapadas) sedimentares (AB' SABER, 2003; SOUZA, 1979; LIMA et al, 2000).

Regionalmente, o relevo encontra-se disposto entre a Bacia do Parnaíba e o Maciço da Borborema formando, conforme Claudino-Sales e Peulvast (2007, p. 09), “um vasto anfiteatro de altas terras cristalinas e sedimentares enquadrando superfícies aplainadas com relevos residuais, suavemente inclinadas ao norte em direção ao Atlântico” (Figura 17).

Figura 17: hipsometria da porção setentrional do Nordeste.



No geral a superfície do estado do Ceará apresenta-se sob “platôs tabulares, bacias de afundamento e corredores de erosão diferencial bordejadas por relevos herdados de falhas” (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2007, p. 17), apresentando-se com leve soerguimento em direção ao interior, com um mínimo de barreiras orográficas na porção litorânea, assim favorável a forte influencia da umidade proveniente do Atlântico, o que permite também uma penetração intensa de diversos sistemas atmosféricos.

No interior, o relevo, a partir das regiões mais elevadas, age como importante agente participativo à dinâmica dos elementos climáticos, contribuindo ao surgimento de verdadeiras ilhas úmidas que se diferenciam do semiárido quente e seco (SOUZA,1979; LIMA et al, 2000; SOUZA e OLIVEIRA, 2006).

Assim, destaca-se principalmente o relevo e a disposição latitudinal, notadamente no que se refere a maritimidade, como condicionantes ao clima. Para atestar isso, destaca-se Zanella (2007), ao observar que no litoral e nas regiões mais elevadas do Ceará as chuvas são mais abundantes, mantendo-se, respectivamente entre 1000-1350 mm/ano, e com quantidades superiores a 1700 mm/ano, por sua vez no sertão esses valores diminuem praticamente a metade, com as precipitações oscilando entre 850 e 550 mm.

As temperaturas também tem uma variação de acordo com a altitude do relevo e posição geográfica, no que se refere ao efeito de maritimidade, visto que em pequenas porções no platô de relevos mais elevados apresentam-se sob valores mais baixos.

Conforme informado por Zanella (2007), ao destacar que em alguns locais no planalto da Ibiapaba ou no maciço de Baturité, por exemplo, as temperaturas apresentam médias anuais abaixo de 22°C, por sua vez, no litoral e sertão, nas altitudes abaixo dos 500 m, as temperaturas superam a média anual de 26°C. Como regiões intermediárias, relevos entre 500 e 900 m, onde predomina temperaturas médias anuais entre 22 e 26°C.

Desta descrição geral das condicionantes físicas, destaca-se uma abordagem que visa o estudo do clima a partir do complexo geográfico (MONTEIRO, 1973), que propicia no mínimo uma análise pautada na associação entre as informações de superfície, base de dados e fatores geográficos, e as de altitude, dinâmica climática, compreendendo os sistemas atmosféricos, algo essencial a Climatologia Geográfica, por

considerar tanto o atributo estático das informações de superfície, como a dinâmica oriunda das informações de altitude.

#### **4. OS TIPOS DE TEMPO FUNDAMENTAIS DA CIRCULAÇÃO REGIONAL E AS CHUVAS A ELES ASSOCIADAS PARA O ESTADO DO CEARÁ**

Nesse capítulo, desenvolveu-se uma descrição sobre os sistemas atmosféricos responsáveis pela dinâmica climática do estado do Ceará, destacando-se alguns exemplos de atuação destes, a fim de compreender sua gênese.

##### **4.1. Pré-quadra chuvosa**

A pré-quadra chuvosa refere-se aos meses de dezembro e janeiro, que assim antecede os quatro meses mais chuvosos do ano para o Ceará. As chuvas para o período estão associadas, principalmente, a atuação da mEc e das RFF, sob a influência dos VCAN, neste caso a partir de exemplos de tipos de tempo destaca-se a seguir uma descrição sobre a participação destes no Ceará.

##### **Domínio da mEc e das RFF, sob a interferência dos VCAN**

A massa Equatorial continental (mEc) e as Repercussões de Frentes Frias (RFF) são os principais sistemas de dezembro e janeiro. Ambos caracterizam-se, principalmente entre o final da primavera ao início do outono, nesse interim, atingem ápice no verão, provocando maiores chuvas durante os meses de janeiro e fevereiro. Na grande maioria dos casos os sistemas mantem-se associados aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), que são responsáveis pelo aumento da atividade convectiva destes. Os VCAN atuam durante praticamente todo o ano, sendo mais intensos no verão e menos constantes no inverno (GAN E KOUSKY, 1986).

Em uma fase transicional das estações do ano, no final da primavera, a partir do mês de dezembro, observa-se a intensificação da dinâmica associada a mEc e as RFF, que sob a interferência dos VCAN, marca o início de uma nebulosidade mais intensa para o estado do Ceará, dado também pelo enfraquecimento da massa Equatorial atlântica (mEa), que desde meados de novembro diminui sua participação.

Assim, adentrando o verão, principalmente no mês de janeiro e meados de fevereiro, inicia-se um período de intensidade da atividade convectiva no Ceará, dada as condições de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) mais elevadas devido ao “Equador térmico”, o que também impede o avanço da mEa, que aparenta carecer de

TSM mais fria. Tais condições, dinamizam a atuação do VCAN que tem agora dois ramos convectivos intensificados, um que advem da porção territorial oeste do Estado, caracterizando a mEc, e outro a partir do sul, indicando o avanço da RFF, assim tem-se as regiões mais afetadas pela dinâmica destes sistemas.

Tomando com exemplo o mês de janeiro de 2004, destaca-se uma combinação dos sistemas, a partir do avanço da mEc, sob interferência dos VCAN. Os vórtice se forma ainda em dezembro de 2003, e assim influenciando a participação da mEc até o dia 06 de janeiro de 2004, no caso a relação VCAN-mEc mantém intensa atividade convectiva até 03 de janeiro de 2004, e enfraquecendo já no dia 04, quando observa-se mais constante a atuação da mEa sob o Ceará.

A partir do dia 04 de janeiro a mEa é inserida a relação entre VCAN-mEc, fato este marcado pela diminuição da nebulosidade para região, visto que o vórtice responsável por alimentar a convectividade da mEc já apresenta sinais de enfraquecimento.

Há uma mudança na distribuição dos sistemas sob o Estado, a partir do dia 05. Neste dia tem-se o avanço das RFF no sul do Ceará, impedindo a ação da mEc na região, em todos os casos destaca-se a interferência dos VCAN, sendo as RFF, tem-se ainda a influência do Sistema Frontal que avança sob o sul da Bahia.

A formação inicial dos VCAN, está ligada a regiões de características ciclogênicas (FEDOROVA, 1999), e da Alta da Bolívia, sendo ainda impulsionados pelo deslocamento de Sistemas Frontais. As RFF também estão associadas ao deslocamento dos sistemas frontais no sul, a partir de sistemas oclusos, daí tratar neste caso de uma relação que envolve a participação entre VCAN-RFF para a região.

Esta participação dos VCAN mantém-se para a região até o dia 06, visto que já no dia 07 o VCAN se desfaz, não interferindo mais na dinâmica dos outros sistemas até o dia 13 de janeiro, quando episodicamente influencia as condições de tempo para a região.

De 07 a 08 de janeiro, predomina participação ao norte da mEc em associação a mEa e no sul as RFF também associadas a massa equatorial, fato este que revela a fragilidade dos sistemas convectivos permitindo o avanço da mEa sob a região. Algo modificado já em 09 de janeiro, quando a mEa começa a se recolher, devido a penetração de RFF no sul do Ceará. Esta dinâmica de recolhimento da massa de ar, se manteve durante os dias a seguir, visto o forte comportamento das RFF e dos VCAN para a região.

Nos dias 10 e 11 de janeiro predomina o avanço isolado das RFF, visto apenas a presença de uma nebulosidade de deslocamento sul-norte para o período, associada aos sistemas oclusos que se deslocam sob o Atlântico. Esse domínio das RFF é alterado no dia 12, com o avanço da mEc, algo provocado pelo início da caracterização do VCAN, cuja ação é configurada a partir do dia 13, neste caso nitida sua formação associada ao sistema ocluso nas proximidades de 40°W 30°S, que já vinha atuando a partir da promoção das RFF e agora serviu para disparar a formação do vórtice, responsável pelo deslocamento da mEc para a região.

Já em 14 de janeiro, o VCAN se desfaz, predominando a influencia do sistema ocluso que agora repercute (RFF), principalmente no sul do Ceará, gerando uma precipitação de 88,6 mm/dia no posto de Barbalha, associada a forte nebulosidade, conforme observado na Figura 18, que reflete em uma diminuição da insolação, queda da temperatura a menos 24°C e valores elevados de umidade. Predomina conforme a Figura 18 as chuvas na região sul do Ceará.

Essa configuração de RFF é combinada durante o dia 15 com a mEc, diminuindo a quantidade precipitada, que torna a aumentar apenas no dia 17 com uma combinação incomum para a região no período, envolvendo a ZCIT, os vórtices e as RFF. Dia 16 tem-se o conjunto VCAN-RFF, e para 17 tal combinação relaciona-se ainda com a ZCIT, porém a banda de nuvens desta atua de forma episódica no extremo norte do Ceará, não interferindo na participação das RFF.

As RFF, mantem-se sob a região sul, principalmente. A nebulosidade sob tal área é fortalecida, provocando maior pluviosidade, sendo 76 mm para o dia 17, diminuindo a quantidade para 21,4 mm no dia 18. A predominância dos VCAN e das RFF para a região persistiram até o dia 22 de janeiro, os índices de chuva para o período foram elevados destacando um acumulado superior a 100 mm entre o dia 18 e 22 de janeiro, para diversas regiões.

A mEc retorna sua participação no dia 23, avançando até a região central do Ceará, disputando território com o avanço da RFF a partir do sul. Os sistemas atuam na região até o dia 24, com quantidade elevada de chuva. As chuvas relacionadas a esta curta participação da mEc, entre 23 e 24 de janeiro, chegaram a quantidades acumuladas superiores a 150 mm para diversos postos no Estado.

Para o dia 25 destaca-se “saltos” da ZCIT, que aproxima-se da costa norte do Nordeste do Brasil, porém já nos dias 26, 27 e 28 tende a se manter mais distante, tornando a se manter mais ao sul a partir do dia 29 de janeiro.

No dia 26, tem-se a participação de um sistema frontal em oclusão no sudeste do Brasil, impulsionando uma nebulosidade de deslocamento sul-norte, formando a RFF no Ceará, agindo junto ao VCAN, durante os dias 27, 28 e 29 de janeiro. Principalmente, no dia 29 de janeiro, destaca-se para o Ceará a participação conjunta da ZCIT, do VCAN, e da RFF. Uma relação que para Fortaleza representa 180,6 mm/dia de chuva, classificado como um evento de extrema variação no ritmo da região.

Esta relação entre ZCIT/VCAN-RFF, mantém-se durante os dois últimos dias do mês, 30 e 31 de janeiro, apresentando menor pluviosidade. Tem-se o início da atuação da ZCIT para o ano de 2004, indicando uma transição, visto que a banda de nuvens associada ao sistema tende a participar cada vez mais dos tipos de tempo durante os meses seguintes.

Figura 18: (a) imagens do satélite GOES 12, carta sinótica e espacialização da precipitação para o dia 14 de janeiro de 2004; (b) imagens do satélite GOES 12, carta sinótica e espacialização da precipitação para o dia 17 de janeiro de 2004.

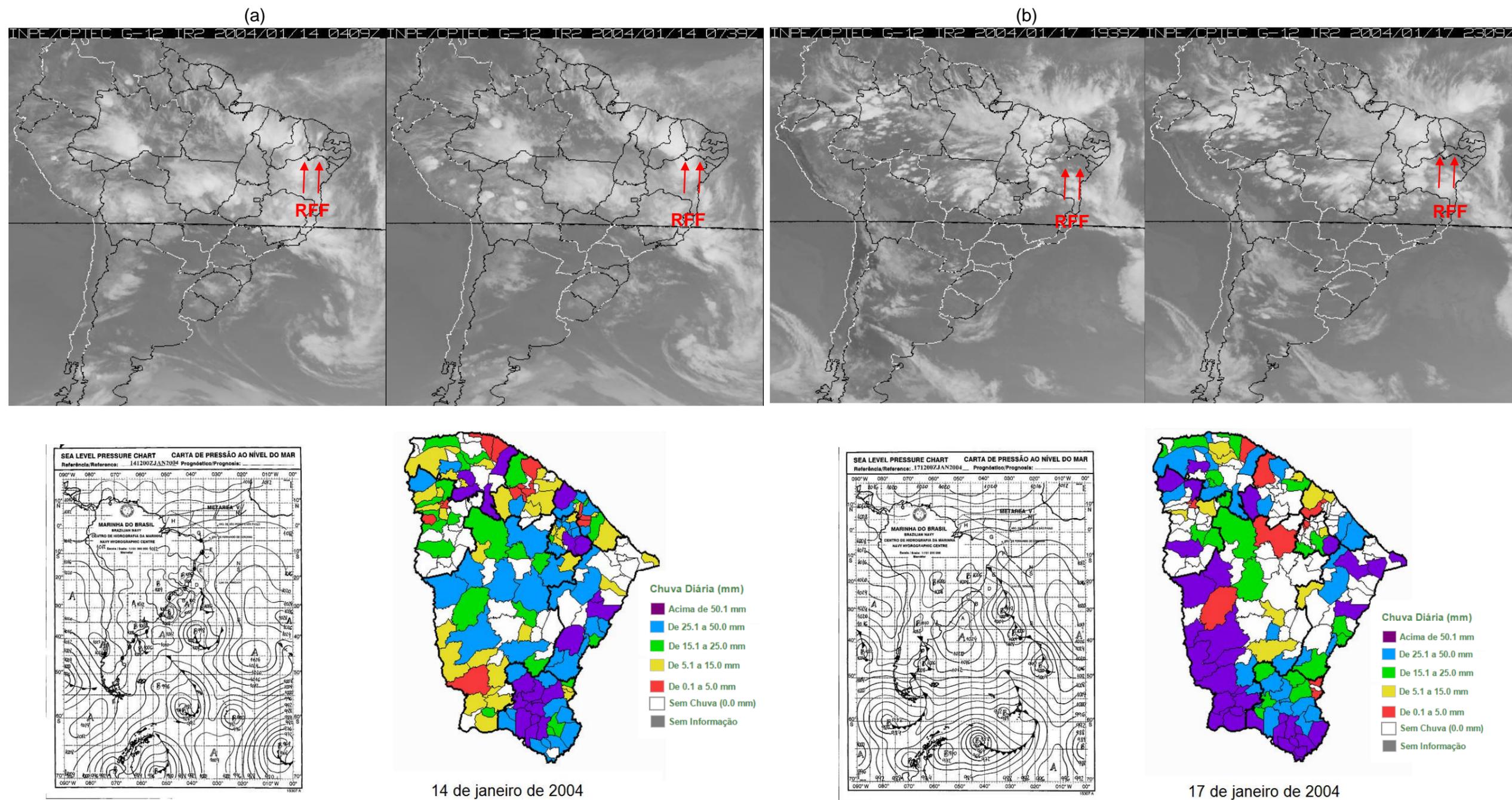
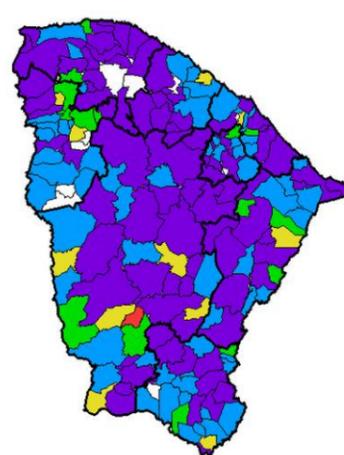
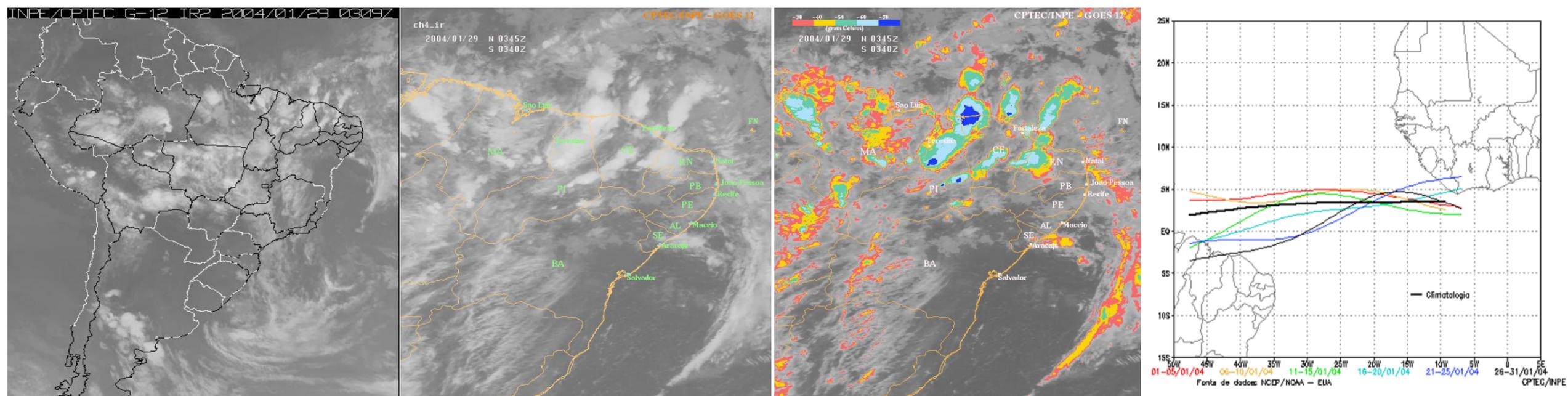
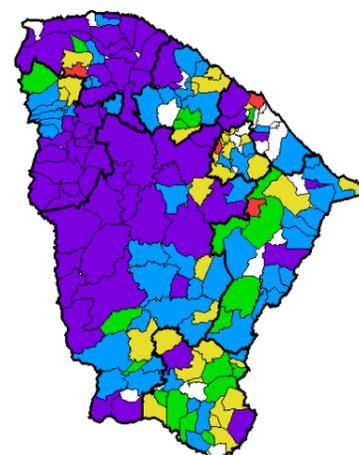


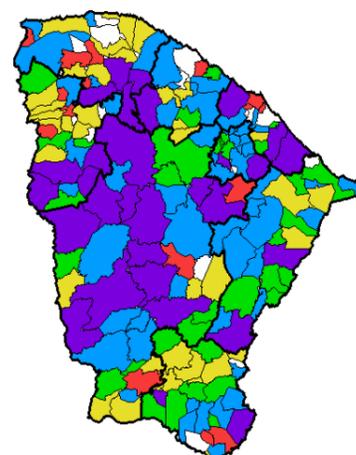
Figura 19: Imagens do Satélite GOES 12 IR e T-REALC para a América do Sul e Nordeste no dia 29 de janeiro de 2004; localização da ZCIT para o mês de janeiro de 2004; precipitação no estado do Ceará para os dias 24 a 29 de janeiro de 2004.



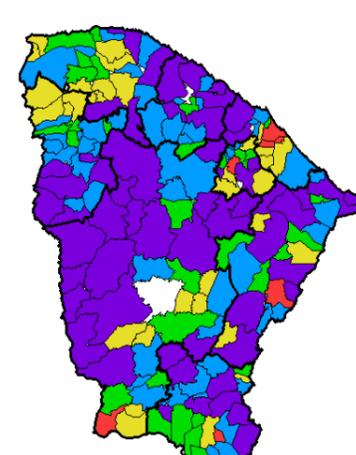
24 de janeiro de 2004



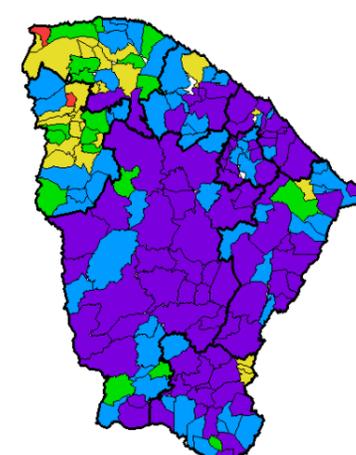
Dia 25 janeiro 2004



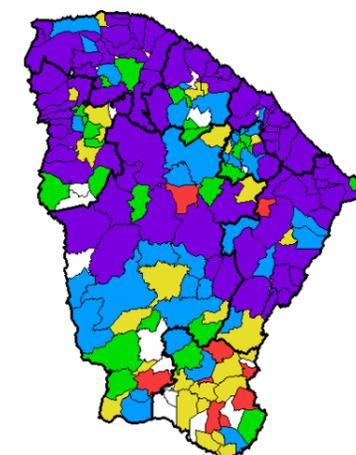
Dia 26 janeiro 2004



Dia 27 janeiro 2004



Dia 28 janeiro 2004



Dia 29 janeiro 2004

Fonte: CPTEC (2004); FUNCEME (2015).

## 4.2. Quadra chuvosa

A quadra chuvosa, diz respeito aos quatros meses de maiores precipitações no ano, sendo estes fevereiro, março, abril e maio. As chuvas se referem, principalmente, a participação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que quando atua fortemente, exerce muita influencia nos tipos de tempo da região.

### Domínio da ZCIT

A ZCIT, tende a ser mais constante para o estado do Ceará em meados do mês de fevereiro, porém sua influencia maior nas chuvas acontece nos meses de março, abril e maio. Este período de maior atuação, acontece devido ao avanço do sistema para posições ao sul da linha do Equador, influenciado por teleconexões oceânicas, principalmente relacionadas ao Atlântico.

Para o Ceará, quando de valores positivos de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) no Atlântico sul, espera-se um avanço do sistema, que com todo o seu aporte de umidade é favorável a precipitações intensas sob a região.

Assim, a gênese da ZCIT é observada devido a estas condições favoráveis de TSM, que tendem a se comportar da seguinte forma: no Atlântico, apresentam uma fase de aumento das TSM positivas em março, com pico em abril e uma queda em maio (Figura 20), quando se encerra a atuação mais incisiva da banda de nuvens associada a ZCIT, finalizando assim a quadra chuvosa do estado do Ceará.

O avanço da banda de nuvens da ZCIT, começa a ser desenvolvido a partir de atividades convectivas formadas por sistemas menores do tipo Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e Linhas de Instabilidade (LI), que se expandem de maneira rápida, chegando em muitos casos a atingir seu ponto de maturação em poucas horas, e já se dissipando, algo observado entre os dias 06 e 08 de abril de 2009, quando a banda de nuvens associada a zona de convergência, não está muito organizada, notadamente uma participação de caráter episódico, sem uma participação constante durante o dia, o que acarreta em quantidade pluviométrica reduzida.

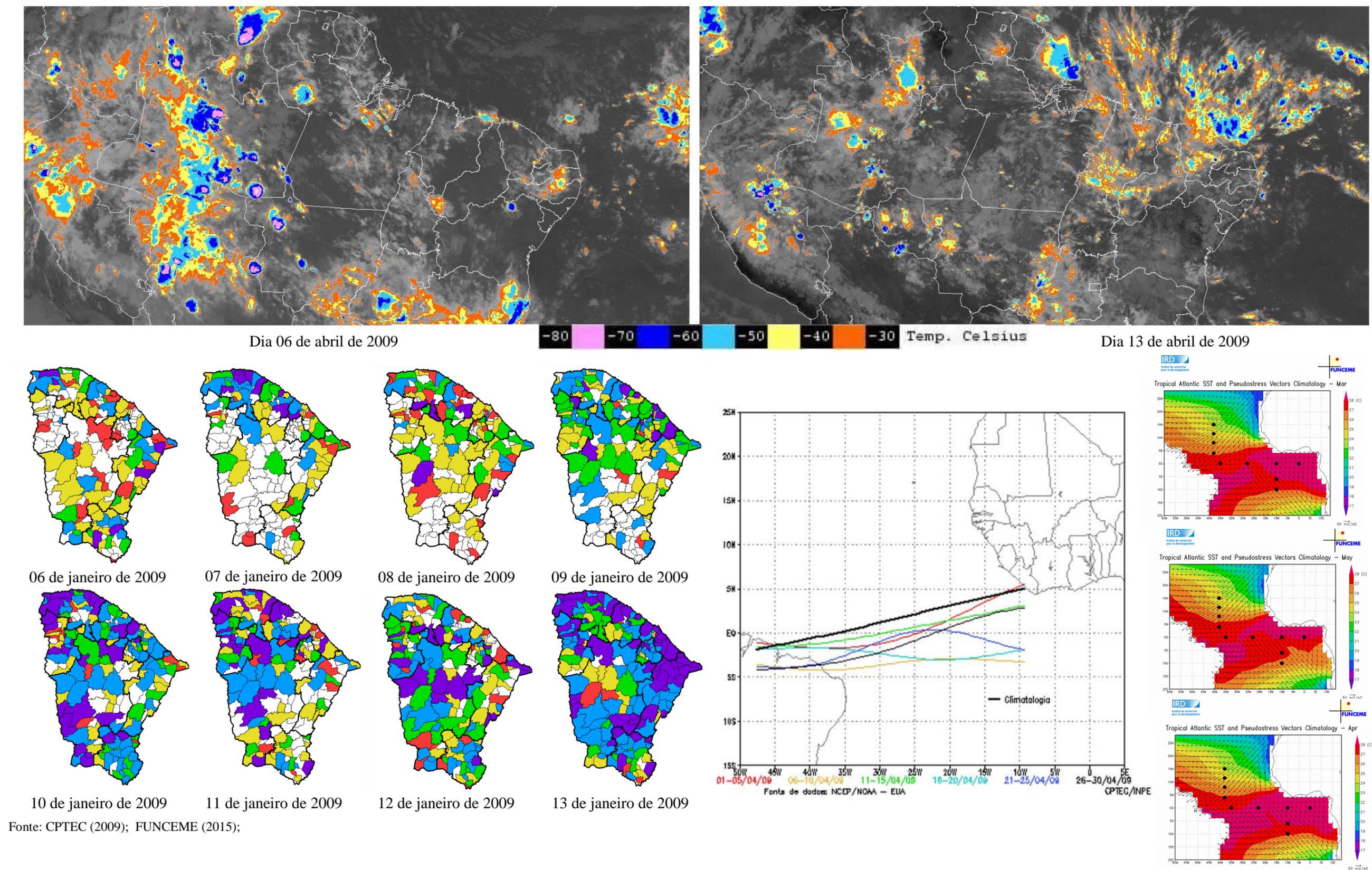
Esse avanço inicial desorganizado, ao evoluir com o passar dos dias e sob condições de TSM mais aquecidas do Atlântico, apresenta uma banda de nuvens bem configurada e mais constante sob o território do Ceará. Destacando-se, uma participação de diversos sistemas de escala local, munidos pela presença constante da ZCIT na

região, que tende a levar forte nebulosidade a grande parte do território cearense, provocando precipitações consideráveis em diversas regiões do Estado, como observado entre os dias 09 e 13 de abril de 2009, quando durante estes 5 dias o sistema representa um total de 260 mm de chuva no posto de Acaraú.

Como o ramo de influencia da ZCIT, apresenta-se intenso neste período de 09 a 13 de abril, destacam-se chuvas mais regulares para o Ceará, em uma distribuição espaço temporal, algo normal visto que a banda de nuvens se manteve organizado com um ramo forte de nebulosidade convectiva sob o Estado, provocando inclusive um evento extremo no dia 11 de abril com precipitação de 122 mm, para o posto de Acaraú.

Em uma organização bem cíclica, o sistema tende a enfraquecer novamente, neste caso, assim como no período de 06 a 08 de abril, apresenta uma nebulosidade de caráter mais episódico, sem uma participação regular sob a região, fato este observado entre 14 e 18 de abril quando as chuvas diminuem no Ceará.

Figura 20: Imagens do Satélite GOES 10 T-REALC para a América do Sul, modificada pelo autor; localização da ZCIT a partir de pentadas para o mês de abril de 2009; precipitação para o estado do Ceará entre os dias 06 e 13 de abril de 2009; TSM do Atlântico para março, abril e maio de 2009.



### **4.3. Pós-quadra chuvosa:**

É o período que compreende os meses de maio, junho e julho. Esta inserção de maio, também na pós-quadra chuvosa, é concebida por conta de tal mês ser uma transição, entre o enfraquecimento da participação da ZCIT, sistema característico da quadra chuvosa, e o fortalecimento da mEa e das OL, sistemas típicos de pós-quadra.

Na pós-quadra, tem-se os últimos valores mais acentuados de chuva para o estado do Ceará, muito associado a dinâmica das OL, atuantes sob a condição da mEa. É o período de transição para o momento mais seco do ano, que irá se findar na segunda metade do ano.

#### **Domínio das OL e da mEa**

No final do mês de maio, tem-se uma fase de transição entre os sistemas responsáveis pelos tipos de tempo para o estado do Ceará, visto que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) inicia sua migração para latitudes mais ao norte da linha do Equador, o que permite uma atuação intercalada da massa Equatorial atlântica (mEa), e a partir desta as Ondas de Leste (OL).

Sob influência da mEa, as OL tem um vigor maior quando encontram Temperaturas de Superfície do Mar (TSM) ainda aquecidas no Atlântico Tropical, o que permite um deslocamento mais rápido dos sistemas. A nebulosidade convectiva associada a estas segue direção leste-oeste, penetrando principalmente pelo litoral e porção oriental do estado do Ceará, conforme observado em uma atuação de OL para os dias 18 e 19 de maio de 2013 (Figura 21).

As chuvas associadas as OL concentram-se sobretudo na região litorânea, visto ser esta a principal região de gênese territorial do sistema no Ceará. A medida que são mais velozes, as ondas adentram o interior do continente, chegando a provocar precipitação no interior (Figura 21).

A ZCIT em rumo ao norte, segue o “Equador térmico” e a partir disso, permite uma penetração mais livre das OL, que tendem assim a ter um deslocamento mais rápido, favorável a convecção. Observa-se que mesmo com uma diminuição das TSM positivas no Atlântico sul, tais temperaturas ainda são favoráveis ao deslocamento das OL, contudo já enfraquecidas para fomentar o aporte de umidade da ZCIT.

Desta dinâmica, inicia-se o período de pós-quadra chuvosa do estado do Ceará, com uma atuação mais consistente da mEa, que proporciona a participação dinâmica das OL, sistemas que se alastram, ainda, durante os meses de junho e julho.

Durante julho, já no inverno tem-se o domínio mEa, visto não se tratar mais de uma transição, pois a ZCIT, já não atua na dinâmica mensal dos tipos de tempo para o estado do Ceará, destacando-se que neste período tal zona já se encontra ao norte da linha do Equador.

A mEa é atuante, principalmente, no tempo estável, chegando a ter convecção, quando da configuração de OL em seu raio de influencia, o que leva instabilidade aos tipos de tempo. Em alguns casos, mesmo sem a participação das OL, a mEa apresenta uma nebulosidade estratiforme, que é responsável, em alguns casos, por maiores quantidades de chuva no litoral e quando associada interferência de efeitos orográficos.

As chuvas associadas as OL, concentram-se sobretudo na região litorânea, visto ser esta a principal região de gênese territorial do sistema no Ceará. A medida que são mais velozes, as ondas adentram o interior do continente, chegando a provocar precipitação no interior, porém na região continental tendem a enfraquecer em poucas horas, devido a falta de umidade proveniente do oceano.

As condições oceânicas pertinentes ao mês de junho, para a média histórica 1964-2003 (Figura 21), revela o início de um resfriamento maior das águas da bacia do Atlântico Tropical sul, porém ainda valores favoráveis ao deslocamento das OL junto a mEa. A medida que as TSM mais frias vão persistindo nos demais meses do inverno, no caso em julho e agosto, as ondas vão diminuindo sua atuação.

Desta dinâmica tem-se o início do período seco, com dominância da mEa, que parece carecer de TSM mais fria para se expandir a partir do desenvolvimento do centro de ação do Atlântico, sendo este um momento de transição que marca a predominância do período seco.

A mEa mantém-se muito constante durante julho para o Ceará, predominando a estabilidade nos tipos de tempo, que de forma episódica, é quebrada a partir dos distúrbios responsáveis pela formação das OL.

Assim, destacam-se os dias 14 e 15 de julho sob predominância da mEa, com condições estáveis dos tipos de tempo, que são quebradas no momento em que a massa de ar Atlântica passa a atuar conjuntamente as OL, no dia 16 de junho. Tal

episódio de OL é ainda muito incipiente, repercutindo em baixa nebulosidade para o Ceará.

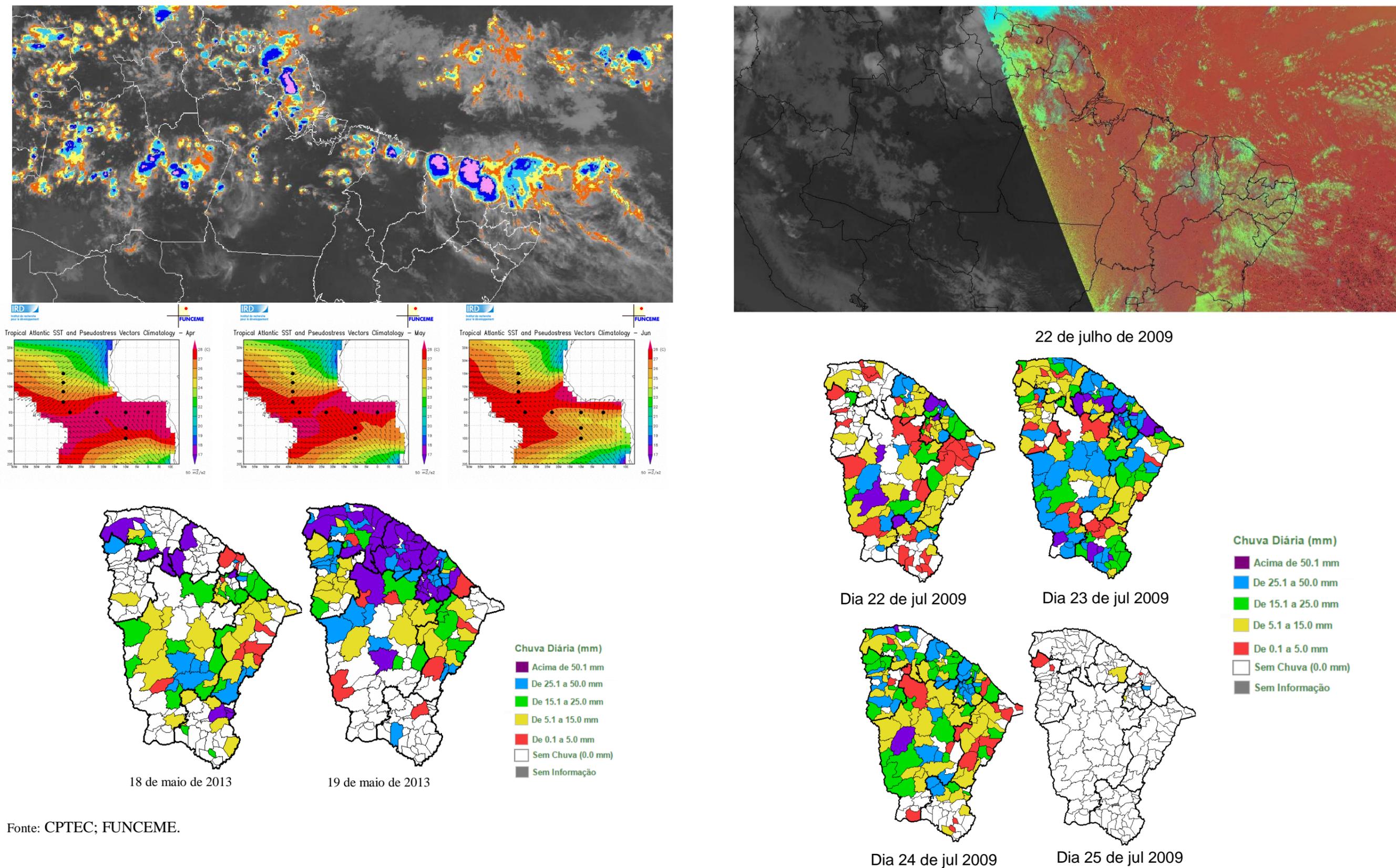
As ondas terão atuação mais dinâmica no dia seguinte, 17 de julho, quando o sistema tem maior desenvoltura, provocando uma nebulosidade mais intensa na porção norte do Estado, porém resultando em baixa pluviosidade.

Já no dia 18, tem-se outro episódio relacionado as OL, que se inicia a partir da costa do Rio Grande do Norte, porém ao adentrar no Ceará apresenta-se muito enfraquecido, como observado já para o dia 19 de julho, chegando a provocar chuvas em torno de 30 mm nestes dois dias.

Nos dias 20 e 21 não se observa a participação de OL na costa do Ceará, neste caso retorna participação isolada da mEa, indicadora de estabilidade aos tipos de tempo da região.

As OL tornam já no dia 22 provocando chuva em diversas regiões do Ceará, assim como para os dias 23 e 24 de julho, com precipitações melhor distribuídas no Estado (Figura 21). A presença das OL para este período de estudo é cessada já no dia 25, quando retorna atuação isolada da mEa para a região, algo que será mais comum durante essa segunda metade do ano, caracterizada pelo período seco dos tipos de tempo.

Figura 21: Imagens do Satélite GOES+METEOSAT para a América do Sul nos dia 18 de maio de 2013 (esquerda); Imagens do Satélite GOES 10 do Infravermelho Visível para a América do Sul nos dias 22 de julho de 2009 (direita); TSM e pseudotensão do vento para o Atlântico tropical a partir da série 1964-2003 para os meses de abril, maio e junho; precipitação para o estado do Ceará nos dias 18 e 19 de maio de 2013; precipitação no estado do Ceará do dia 22 a 25 de junho de 2009



Fonte: CPTEC; FUNCEME.

#### 4.4. Período seco

Durante praticamente toda a segunda metade do ano, observa-se condições de estabilidade dos tipos de tempo que favorecem a penetração da mEa, principal sistema atuante na segunda metade do ano para o Ceará, assim destaca-se a seguir, uma descrição, em torno da participação da massa de ar nos tipos de tempo do período seco para o Estado.

##### Domínio da mEa

Nesta época do ano tem-se uma atuação incisiva da massa Equatorial atlântica (mEa), sua predominância acontece durante toda a segunda metade do ano, iniciando no inverno e mantendo-se na primavera, acompanhando a evolução do centro de ação do Atlântico, e a partir do enfraquecimento dos sistemas produtores de precipitação.

Na primavera, a atividade convectiva é praticamente nula, alguns fenômenos que fogem do ritmo habitual, tendem a causar alguma precipitação isolada, no caso efeitos de brisa, ou mesmo RFF, no sul, e a mEc, no oeste do Ceará. De maneira geral não são observadas chuvas abundantes no Estado, visto o domínio da mEa, conforme observado entre os dias 14 e 18 de setembro de 2007 (Figura 23).

As TSM do Atlântico também não são favoráveis ao desenvolvimento de uma nebulosidade mais acentuada, conforme observado para média histórica 1964-2003 (Figura 23), as temperaturas são muito baixas na bacia sul do Atlântico, o que torna inviável o desenvolvimento de atividade convectiva. Essas TSM baixas favorecem a permanência da mEa sob a região, visto que a massa de ar se desenvolve a partir do centro de ação do Atlântico, um anticiclone de alta pressão, que carece de temperaturas baixas para atuar mais ativamente sob a região.

Entre 14 e 20 de setembro 2007, observa-se que os fluxos dos sistemas frontais no sul do Brasil, interferem significativamente na posição deste centro de ação, configurando para o Ceará, uma atuação menos intensa da mEa para o Estado. Em 14 de setembro, o anticiclone Atlântico, encontra-se retraído com centro próximo a 30°S, o que diminui a interferência da mEa para o norte do Nordeste do Brasil. Quando da dissipação destes sistemas frontais, a partir do dia 15, observa-se uma impulsão do

centro de ação do Atlântico para posições mais ao norte, e assim uma participação maior da mEa no Ceará.

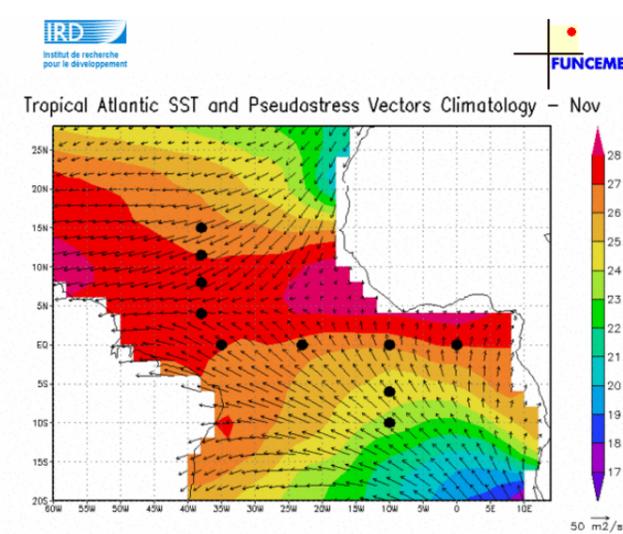
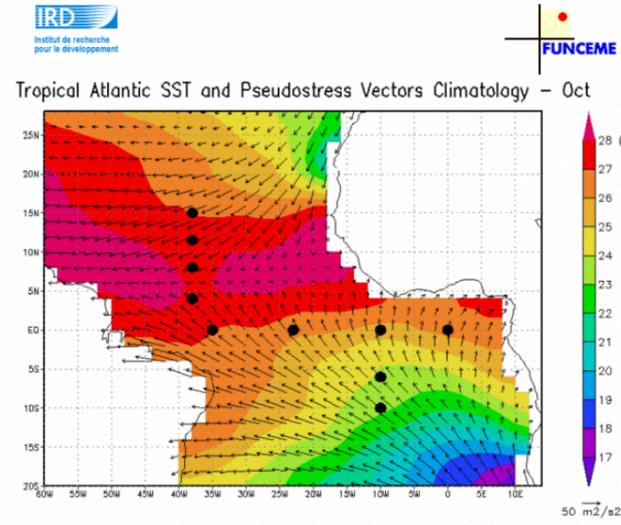
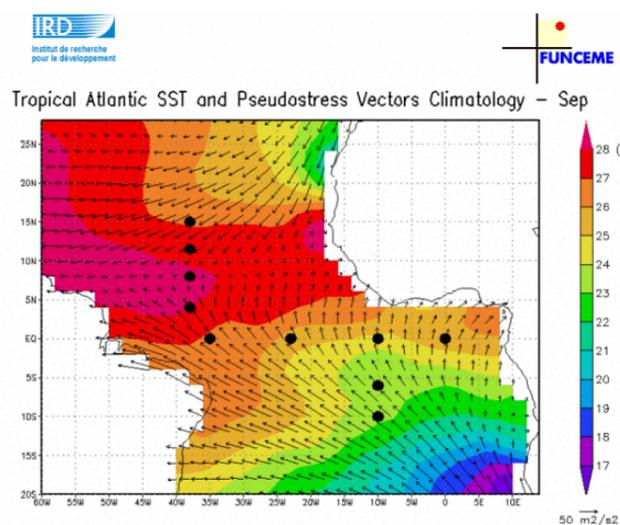
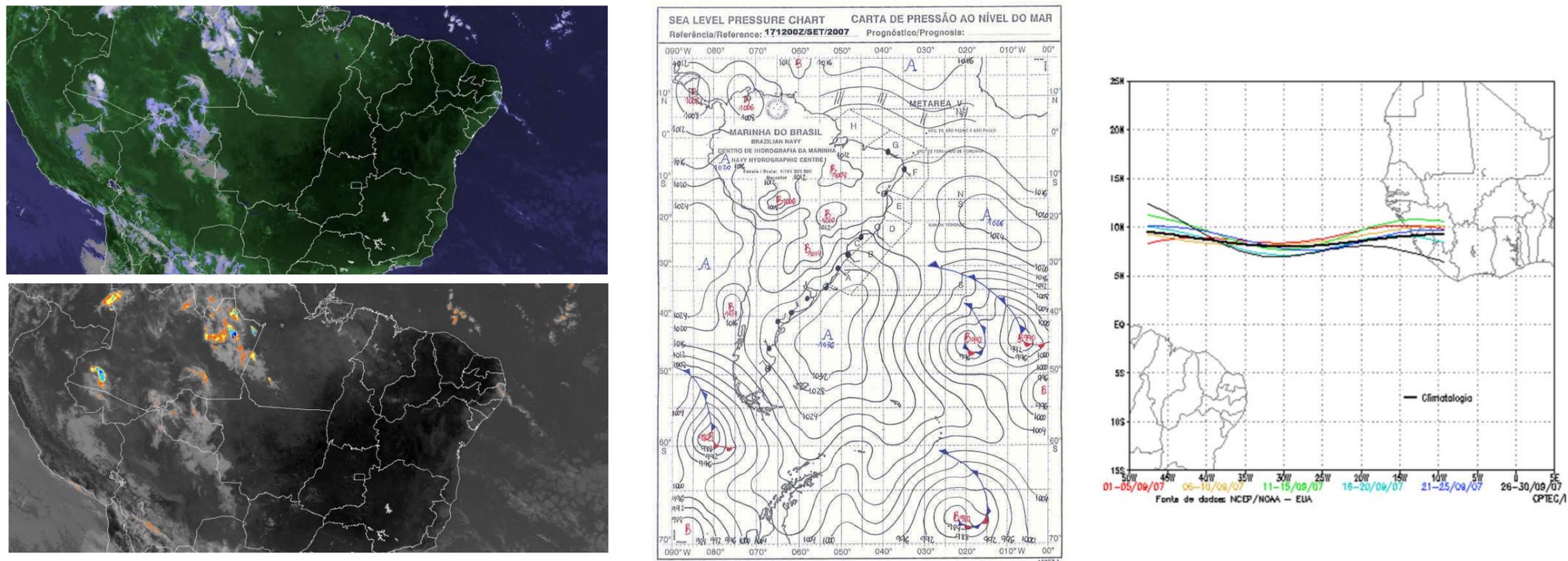
Com a sucessão de sistemas oclusos no Atlântico, anticiclone responsável pela massa equatorial, se mantém nesta posição mais ao norte, o que permite o incremento da mEa sob o Ceará, algo que se mantém do dia 15 ao dia 17, quando a partir do dia 18, tem-se o avanço da mEc, que retrai a mEa para o oceano.

Passado a influencia da mEc, que ao contrário da primeira metade do ano, neste período apresenta-se sem nebulosidade intensa, torna a atuar a mEa, algo que se configura para o restante do mês.

Associado a essa dinâmica da mEa, destaca-se assim as condições favoráveis de TSM, bem como a circulação pertinente aos sistemas frontais, que tendem a influenciar ainda a formação dos VCAN, e a atuação das RFF e da mEc, que durante grande parte da segunda metade do ano, participam dos tipos de tempo sob características secas para a região, sem maiores chuvas.

Logo, a dinâmica pertinente a este período de domínio da mEa, diz respeito ao momento mais seco do estado do Ceará, apenas a partir de dezembro, quando se aproxima o verão, tem-se um padrão maior de nebulosidade que, episodicamente, produz precipitação para algumas regiões do Estado.

Figura 22: Imagens do Satélite GOES 13 para a América do Sul no dia 17 de setembro de 2007; TSM e pseudotensão do vento para o Atlântico tropical a partir da série 1964-2003 em setembro, outubro e novembro; carta sinótica dia 17 de setembro de 2007;



Fonte: FUNCEME; Marinha do Brasil; CPTEC (2007)

## **5. A SUCESSÃO ANUAL DOS TIPOS DE TEMPO E A DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO ESTADO DO CEARÁ**

Neste capítulo destaca-se o trabalho quantitativo, em torno da eleição dos anos padrão, e qualitativo, a partir da produção dos índices de participação pela análise rítmica, considerando os anos padrão eleitos. Posteriormente, foram realizadas análises em torno da variação espacial dos sistemas atmosféricos, bem como a participação destes na precipitação.

### **5.1. Eleição de anos padrão**

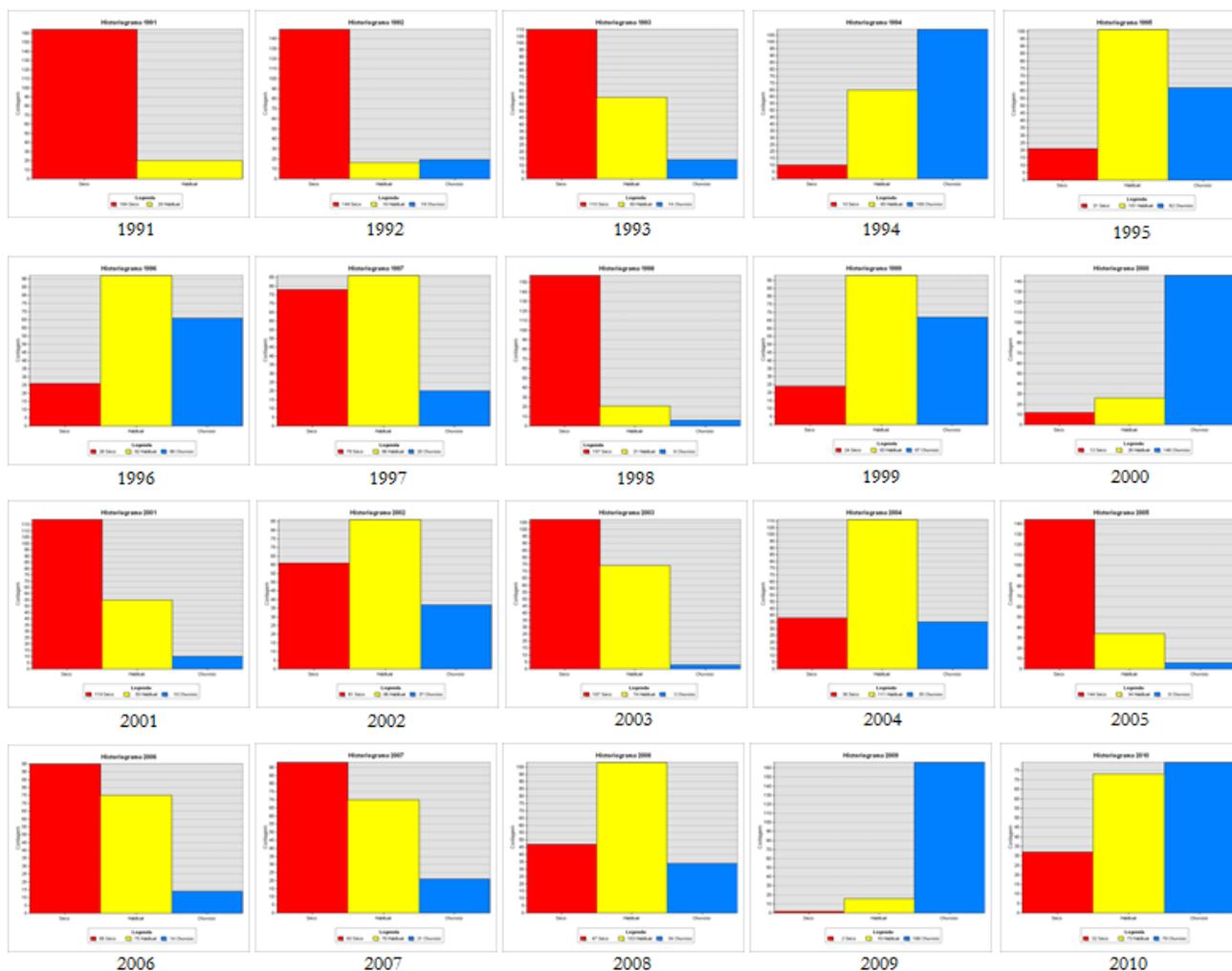
Com base no método de Tavares (1976), foram eleitos 3 anos padrão, classificados em seco, habitual e chuvoso, compreendendo a série temporal de 1991-2010, utilizando a base de 184 postos pluviométricos da FUNCEME.

Por este método foram produzidos índices de desvios percentuais da precipitação, onde aqueles anos que apresentaram desvio próximo ou igual a 0 (zero) foram classificados como habituais, por sua vez os que estiveram mais distantes de 0 (zero), sejam estes negativos ou positivos, foram considerados secos ou chuvosos, respectivamente.

Em Tavares (1976) a etapa final a ser desenvolvida é a análise do dendograma, contudo ao considerar um conjunto maior de estações pluviométricas, torna-se importante o desenvolvimento de análises complementares, o que neste trabalho foi realizado pela interpretação quantitativa por meio de histogramas e pela espacialização dos valores advindos do desvio percentual, sendo a partir destas ferramentas e métodos estatísticos, delimitados os limites daquilo que pode ser considerado próximo ou distante de 0 (zero).

A classificação por dendogramas em anos secos, habituais e chuvosos foi quantificada nos gráficos de histogramas (Figura 23), sendo possível identificar como anos secos para o estado do Ceará: 1991, 1992, 1993, 1998, 2001, 2003, 2005, 2006 e 2007; como habituais 1995, 1996, 1997, 1999, 2002, 2004 e 2008; e como chuvosos 1994, 2000, 2009 e 2010.

Figura 23: Classificação dos anos em seco (vermelho), habitual (amarelo) e chuvoso (azul) a partir da interpretação dos dendogramas.



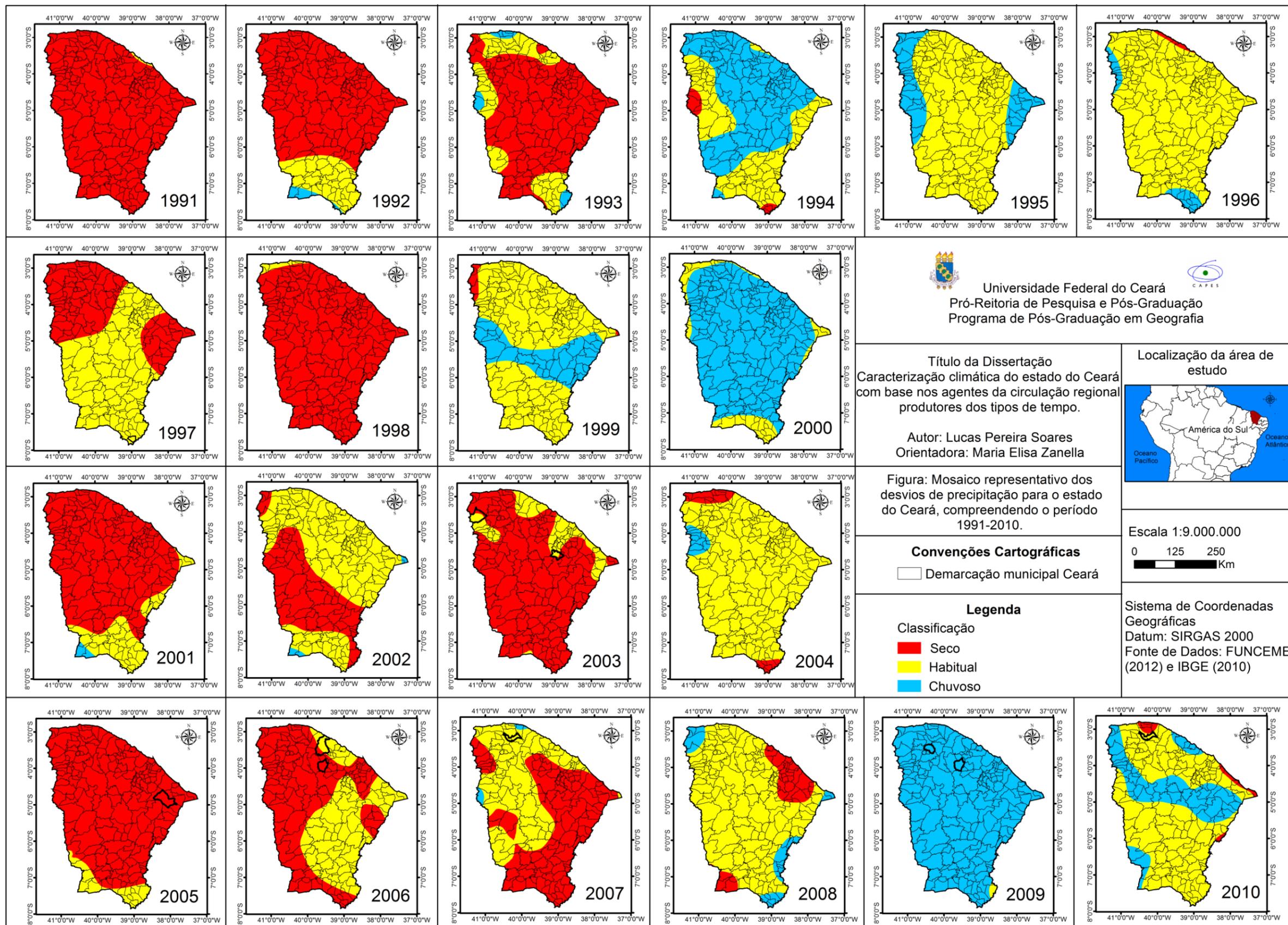
Fonte: ArcMap (elaborado pelo autor).

Pela técnica de intervalos iguais, utilizada a partir do ArcGIS 10.1, delimitou-se os limites daquilo considerado como seco, habitual e chuvoso, assim desenvolve-se a espacialização geostatística dos dados de desvio percentual da precipitação, com base em uma interpolação pelo método de krigagem, que resultou na seguinte interpretação com base na Figura 24:

- Como anos secos destacam-se 1991, 1992, 1993, 1998, 2001, 2003, 2005;
- Como habituais se sobressaem os anos de 1995, 1996, 1999, 2004 e 2008;
- E como chuvosos apresentam-se os anos de 1994, 2000, 2009.

Em alguns anos, visto a não possibilidade de identificar qual o padrão espacial frente a eleição em seco, habitual e chuvoso, adotou-se a classificação de anos mistos, destacando-se 1997, 2002, 2006, 2007 e 2010.

Figura 24: mosaico de mapas representativos dos anos padrão secos (em vermelho), habituais (em amarelo) e chuvosos (em azul).



Conforme os dados quantitativos dos histogramas e a interpretação dos mapas geoestatísticos elegeu-se como anos padrão, para estudo a partir da análise rítmica, os anos de 2005, como padrão seco; 2004, como habitual; e 2009, como chuvoso.

Como a eleição dos anos padrão é um passo inicial ao desenvolvimento de uma caracterização climática genética para o estado do Ceará, levou-se em conta na escolha destes a base de dados de imagens de satélite disponíveis, visto ser de interesse na pesquisa, análise referente a quantificação dos sistemas atmosféricos. Logo, pela análise dos mapas e dos histogramas, como padrão seco e habitual podem ser classificados, respectivamente, os anos de 1998 e 1996, contudo a base de imagens de satélite para 2005 e 2004 é melhor, o que para a avaliação sinótica desenvolvida a partir da análise rítmica torna-se relevante.

## **5.2. Variação no Espaço e Análise Rítmica**

Com base nos anos padrão, destaca-se a produção de índices anuais e mensais em torno da variação espacial da participação dos sistemas no Ceará, bem como considerando a participação destes nas chuvas, a partir da análise rítmica.

Sobre a participação dos sistemas em sua variação espacial, desenvolveu-se uma análise sinótica diária das condições atmosféricas predominantes no estado do Ceará, a partir da delimitação de 22 quadrantes de 1°Lat. por 1°Long.. Foram consideradas ainda, informações em torno da participação das teleconexões oceânicas, em uma escala mensal, a fim de fazer uma relação entre a precipitação observada e o efeito oceânico predominante para o mês, neste caso utilizando o índice Dipolo da FUNCEME (2008) e o índice SOI (Southern Oscillation Index) do NOAA.

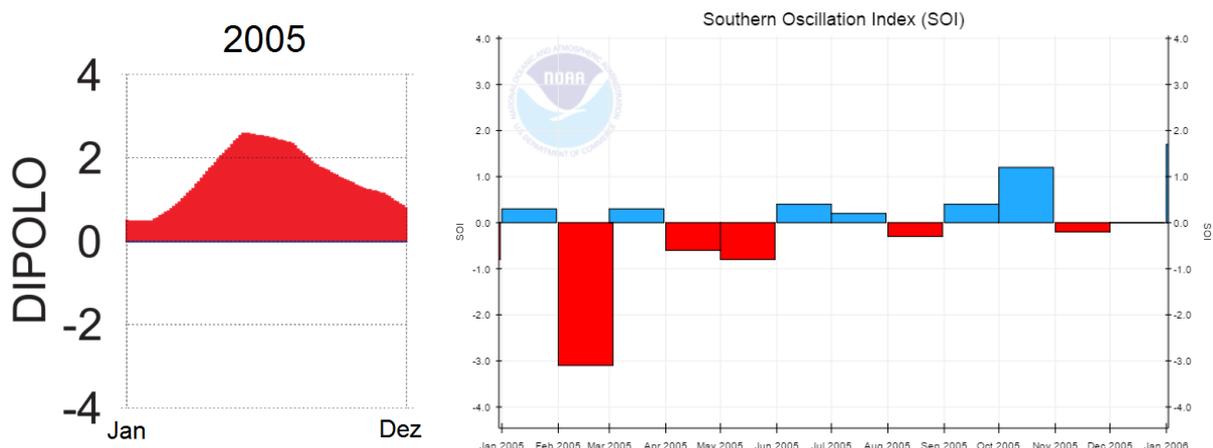
Além destas análises sinóticas e das teleconexões oceânicas, destaca-se o uso das informações de superfície e altitude, no que se refere a associação entre a dinâmica climática e os valores precipitados, assim no desenvolvimento dos índices de participação dos sistemas nas chuvas, a partir da análise rítmica, sendo realizado com base nas informações colhidas junto as 12 estações meteorológicas do INMET, utilizados na produção de 32 gráficos de análise rítmica, que encontram-se nos Apêndices, representativos dos 3 anos padrão.

## Ano Padrão Seco

A classificação em ano padrão seco para 2005, foi observada devido ao padrão fraco das chuvas, associada a uma baixa participação da ZCIT nos tipos de tempo. Há presença mais constante da mEa, atuante, principalmente, a partir da estabilidade nos tipos de tempo, as RFF e a mEc, que muitas vezes, sob a influencia dos VCAN, avançam a região no período de maior ação da ZCIT, porém apresentando pluviosidade bem mais reduzida, que aquela observada quando há o domínio da banda de nuvens Equatorial.

No que se refere aos efeitos oceânicos, com base na Figura 26, neste ano padrão seco predominou no Atlântico o efeito de Dipolo Positivo, e para o Pacífico o efeito El Niño, em ambos os casos desfavoráveis a precipitação. As Temperaturas de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico mantiveram-se mais aquecidas no Hemisfério Norte, impedindo atuação da ZCIT para regiões mais ao sul da linha do Equador. Por sua vez, no Pacífico, o efeito do El Niño, concentrou-se principalmente na primeira metade do ano, influenciando negativamente o padrão das chuvas.

Figura 26: índice SOI representativo das condições oceânicas do Pacífico para 2005. A cor azul significa mês com La Niña e a cor vermelha meses classificados como El Niño



Fonte: FUNCEME (2008), modificado pelo autor, e NCDC/NOAA (2015)

## Varição Anual

Para 2005, de acordo com a Figura 28, há predominância de 4 sistemas, sendo a mEa, as RFF, a mEc e a relação mEc/mEa, todos estes participam de forma

isolada ou sob a interferência dos VCAN. A ZCIT, principal sistema responsável pela precipitação, tem dinâmica muito reduzida.

A mEa, que adentra a partir da porção oriental do Estado, avança em grande parte do território cearense, principalmente entre os meses de junho e novembro, visto que nesse período há fraco avanço de sistemas convectivos como a ZCIT, a mEc, os VCAN e mesmo as RFF, que tem maior participação evidenciada a partir de novembro.

Durante a primeira metade do ano, tem-se o domínio dos sistemas responsáveis pela convecção e formação de maior nebulosidade para a região. Destacando-se para 2005, as RFF e a mEc, cuja participação é muito influenciada pela formação de vórtices ciclônicos. As RFF concentram maior ação no sul, já a mEc surge da porção ocidental, ambas as regiões são representativas da gênese territorial destes sistemas para o Ceará.

Os sistemas tem nebulosidade enfraquecida a medida que avançam para além desta região de gênese, fato este observado, principalmente na dinâmica das OL-mEa. Tais ondas atuam constantes em todo o território, porém sua nebulosidade convectiva é comum na borda continental, principalmente, porção nordeste do Estado, que também é região de origem da mEa, quando esta atua isolada.

Para 2005, foi comum ainda a participação conjunta entre mEc/mEa. Essa participação acontece quando uma massa de ar não consegue se sobrepor sob a outra, havendo escoamento tanto na região de origem da mEc como da mEa. A participação mais constante de tal relação aconteceu no período seco, entre agosto e outubro.

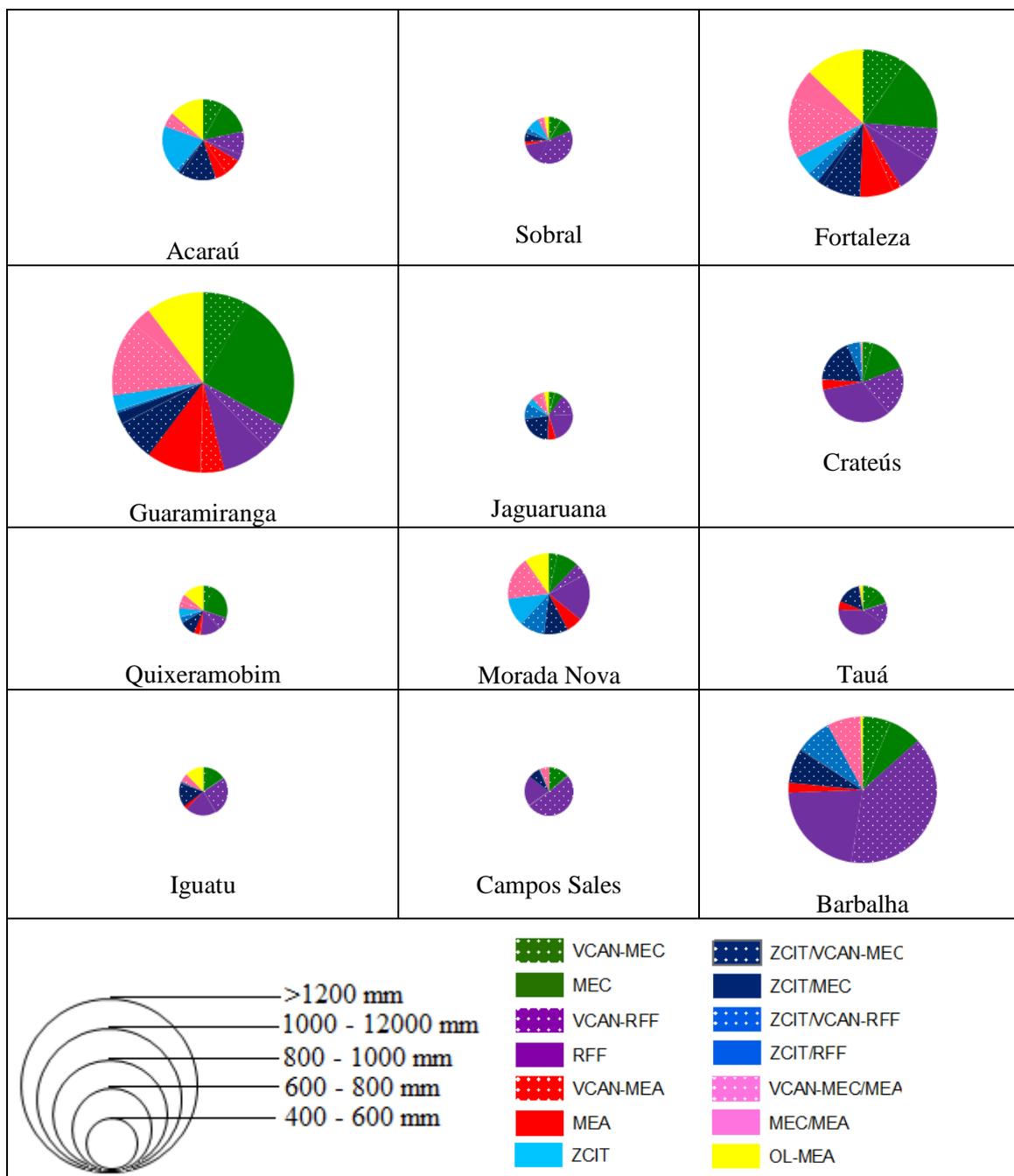
Toda essa dinâmica repercutiu em um ano de chuvas escassas, visto a não atuação constante da ZCIT. Apenas algumas regiões apresentam-se com chuvas melhor evidenciadas, associadas aos fatores climáticos locais, como a maritimidade na região norte litorânea, a maritimidade e orografia na porção noroeste, e a orografia no sul. As demais áreas, no que se refere principalmente a depressão sertaneja, região central, apresentaram quantidade reduzida de chuva.

Predomina em 2005, chuvas associadas a mEc e as RFF, na porção norte destaca-se ainda boa participação das OL. Daí a tipologia de ano seco, visto que a ZCIT, como principal sistema produtor da precipitação para o Ceará, entre os meses de fevereiro e maio, é pouco consistente.

Mesmo agindo como sistemas “substitutos” a ZCIT, as RFF, e principalmente a mEc, não conseguem produzir precipitação no mesmo nível da zona de convergência, apenas algumas regiões concentram valores de chuva mais significativos,

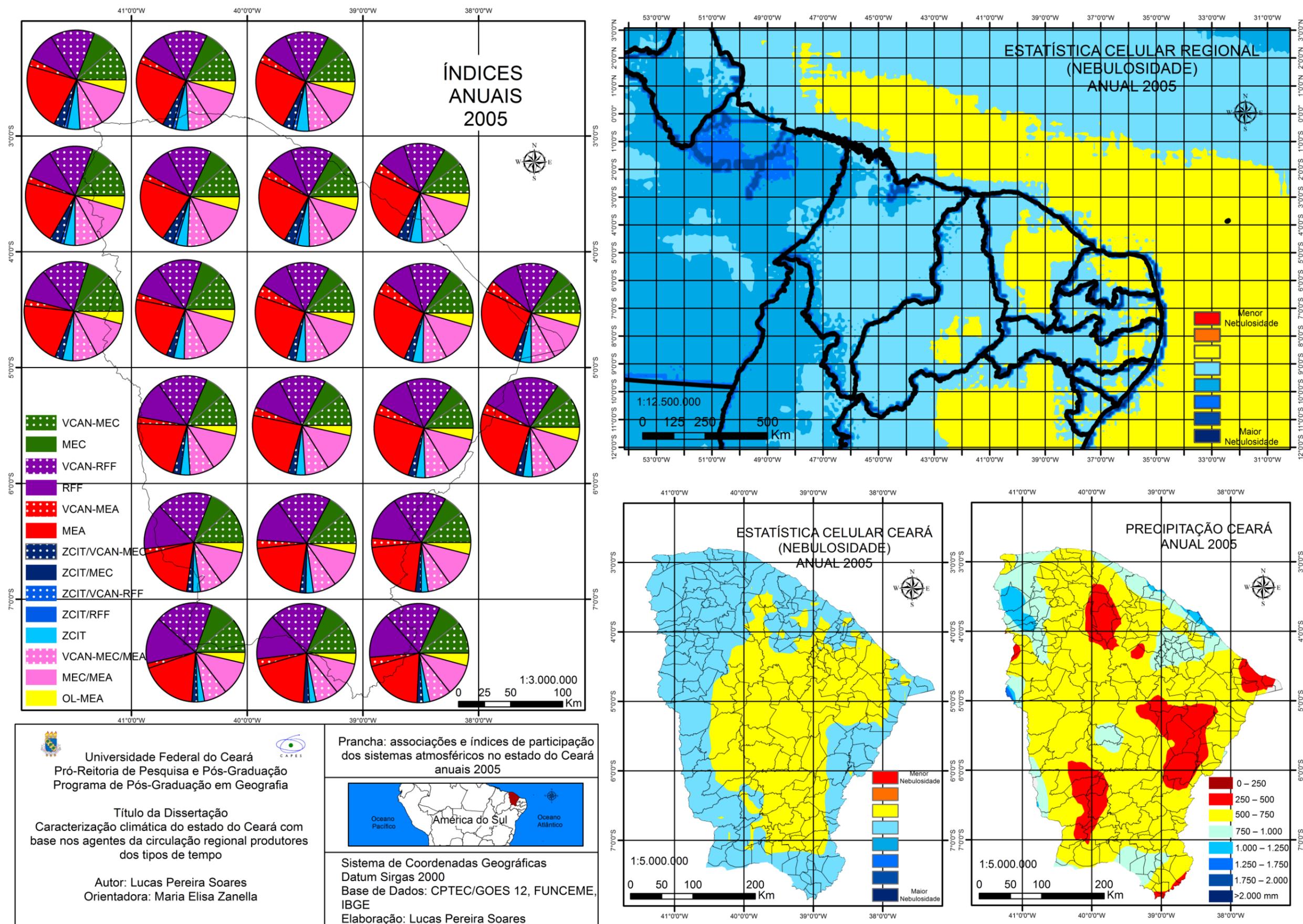
associados a efeitos geográficos, como a maritimidade em Fortaleza, a orografia e maritimidade em Guarimiranga, e a posição latitudinal favorável a Barbalha quanto ao avanço das RFF.

Figura 27: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 28: índices de participação dos sistemas para o ano de 2005



*Janeiro*

Para janeiro de 2005, com base na Figura 30, predomina a ação das RFF associadas aos VCAN. Os vórtices interagem conjuntamente a todos os sistemas atuantes para o período, com destaque a essa relação a partir das RFF, que tem participação homogênea em todo o Estado. De forma isolada, as RFF são mais comuns no sul do Ceará, com índices menores na porção norte.

A mEc tem boa representatividade para o período, seja atuando unicamente com os VCAN, ou a partir da relação VCAN-mEc/mEa, não sendo observada dinâmica isolada da massa de ar para o período. A relação entre VCAN-mEc e VCAN-mEc/mEa é constante em todo o território. Tem-se ainda, ação entre a mEc e mEa sem a dinâmica dos VCAN, algo episódico e concentrado, sobretudo, na região norte do Ceará.

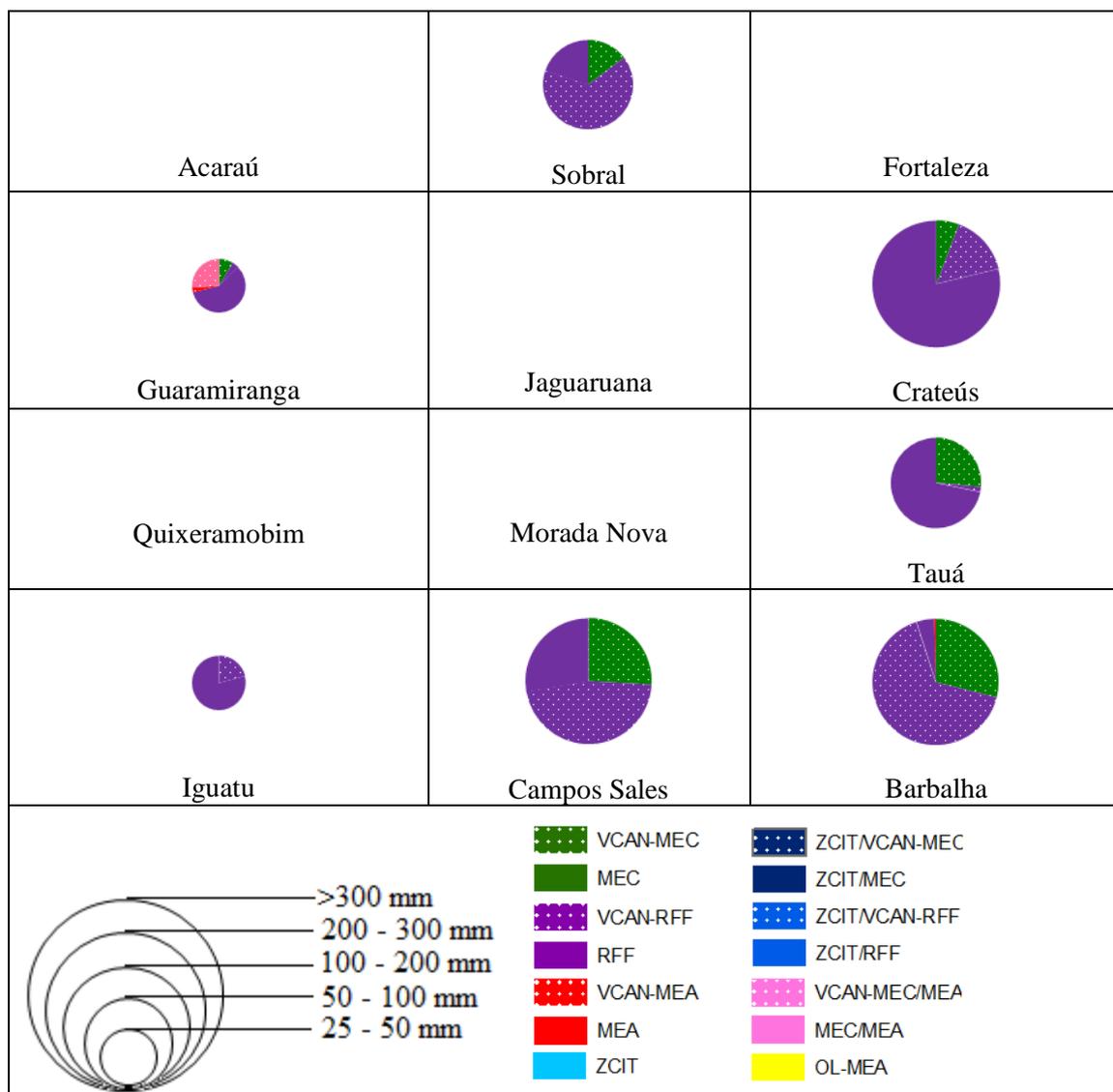
A mEa, de forma isolada, apresenta-se bastante reduzida, visto não ser este seu período de maior dinâmica. É comum nos tipos de tempo a partir da associação com a mEc, indicando que a massa de origem amazônica não consegue se sobrepor a mEa, que para o período está enfraquecida.

Em alguns casos, a mEa mantém-se associada aos vórtices, porém tem índices de participação melhores quando de sua ação isolada, especialmente, na porção sul do Estado. Quando atuante com os VCAN, a mEa proporciona maior nebulosidade, visto que tais sistemas interferem na dinâmica da massa de ar, com distúrbios nos ventos alísios, provocando atividade convectiva intensa, que mantém-se integrada ao escoamento da mEa em direção ao continente.

A nebulosidade em janeiro, concentrou-se maior na porção ocidental do Estado, como visto na Figura 30, ressalta-se também um padrão de nuvens na porção sul, indicando o forte avanço das RFF. A dinâmica no oeste sugere a participação da mEc e mesmo, a diminuição de nuvens na porção oriental está associada a um maior avanço da mEa, característica recorrente a partir da circulação associada ao conjunto mEc/mEa.

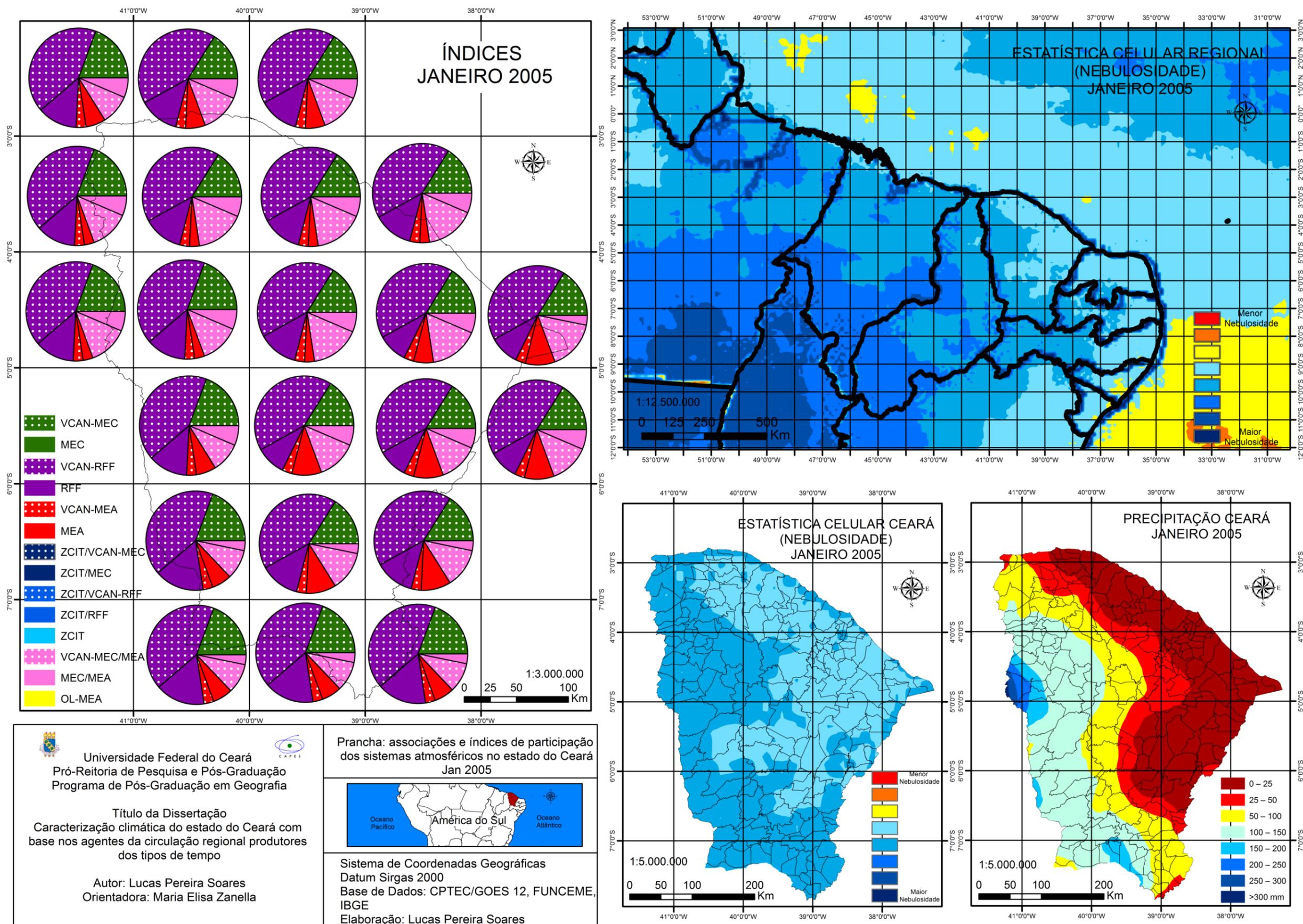
Em todos os casos, a área de maior influência das RFF e da mEc foi aquela com maior registro de chuva, como observado para Barbalha e Campos Sales, no sul, Tauá e Crateús, no sudoeste, em contrapartida na região de gênese territorial da mEa não há precipitação, como em Fortaleza, Acaraú, Jaguaruana e Morada Nova (Figura 29).

Figura 29: índices de participação dos sistemas nas chuvas para janeiro de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 30: índices de participação dos sistemas para o mês de janeiro de 2005



*Fevereiro*

No mês de fevereiro, com base na Figura 32, destaca-se maior participação das RFF e da mEc nos tipos de tempo, em ambos os casos associados aos VCAN, com atuação balanceada, indicando porém um fortalecimento maior da mEc se comparado ao mês anterior. De maneira isolada, a mEc apresenta-se sob forma episódica na porção centro-norte do Estado, já as RFF mantem-se mais constantes em todo o território, porém, e como de costume, tem uma participação maior em sua área de gênese territorial, parte sul do Estado.

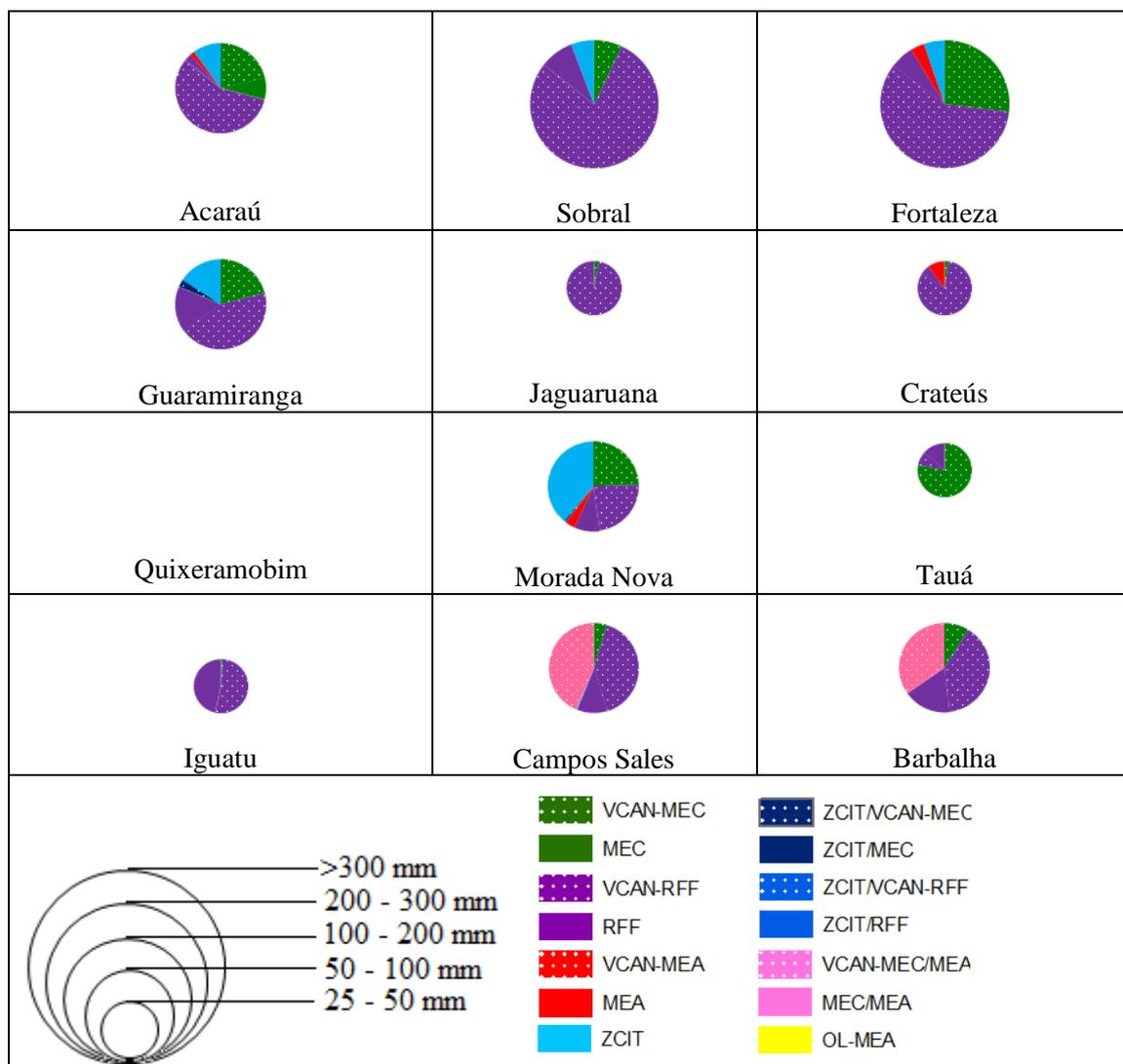
Os VCAN são constantes em todos os sistemas para o mês de fevereiro, algo já observado em janeiro. Ressalta-se, também, a ZCIT ainda tímida para a região, concentrando seus índices, principalmente, na porção norte do Estado, e atuando de forma episódica nas outras regiões. O sistema interage ainda com os VCAN e a mEc, quando apresenta índices melhor distribuídos sob o território cearense.

A mEa continua com atuação mais reduzida, sobretudo, nas áreas de maior atuação da mEc, observa-se a massa atlântica junto a região leste do Ceará, indicando que o sistema concentra-se em sua área de gênese. Na grande maioria dos casos, a mEa manteve-se associada aos VCAN.

A região de maior nebulosidade, com base na Figura 32, apresentou um padrão de chuva mais satisfatório, no caso porção noroeste do Estado. A parte central do Ceará, com menor cobertura de nuvens, e que concentra maior participação da mEa nos tipos de tempo, tem pluviosidade reduzida ou nula, como observado no posto de Quixeramobim.

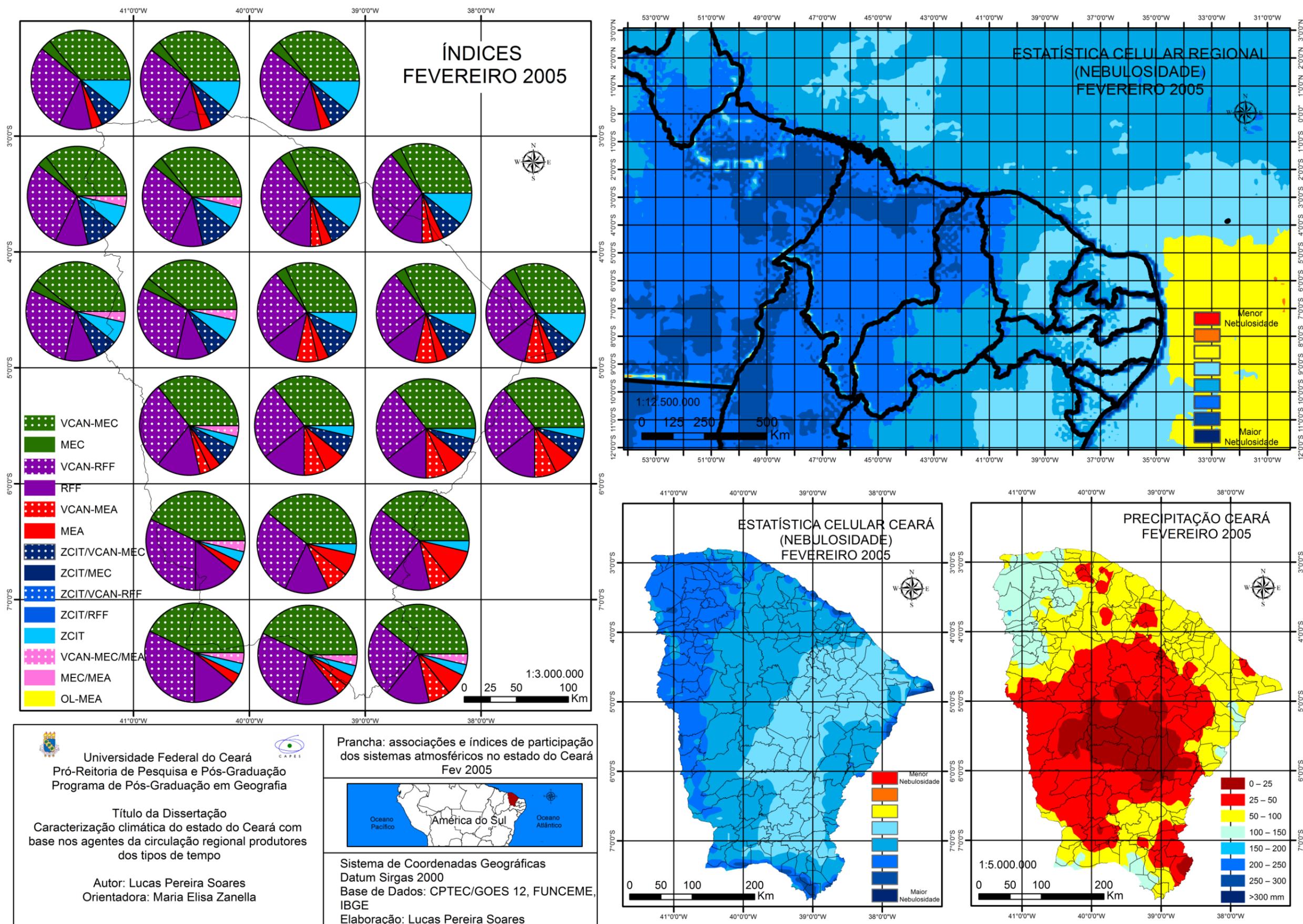
Para este mês, a ZCIT não se apresenta com seu ramo de maior convecção, atua a partir de sua nebulosidade periférica. As RFF e a mEc, sob a influencia dos VCAN, não foram responsáveis pela carga de chuvas habitual para o período, com maior pluviosidade, apenas, em Sobral e Fortaleza.

Figura 31: índices de participação dos sistemas nas chuvas para fevereiro de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 32: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2005



### *Março*

O mês de março, com base na Figura 35, concentra forte participação das RFF associadas aos VCAN, sendo mais comum na porção sul do Ceará, porém alcançando bons níveis em toda a região. A RFF apresentam ainda atuação sem a interferência dos VCAN, novamente com melhor ação no sul.

Na porção norte do Estado, tem-se ação mais constante da ZCIT, em combinação ao conjunto VCAN-mEc. Episodicamente, tem-se a ação entre ZCIT e mEc, sem os vórtices. De forma isolada, o sistema tem participação episódica e mais restrita no extremo norte do Ceará, fato que repercute na diminuição da precipitação.

Conseguindo avançar até a região norte, as RFF, influenciadas pelos VCAN, tem ação conjunta a ZCIT. A banda de nuvens intertropical atua isolada em alguns episódios, o que indica um enfraquecimento desta sob a região, visto não conseguir ser protagonista, em um período que, habitualmente, o sistema inicia seu ápice de participação nos tipos de tempo, indicando neste caso uma diminuição na precipitação, visto a atuação irregular desta.

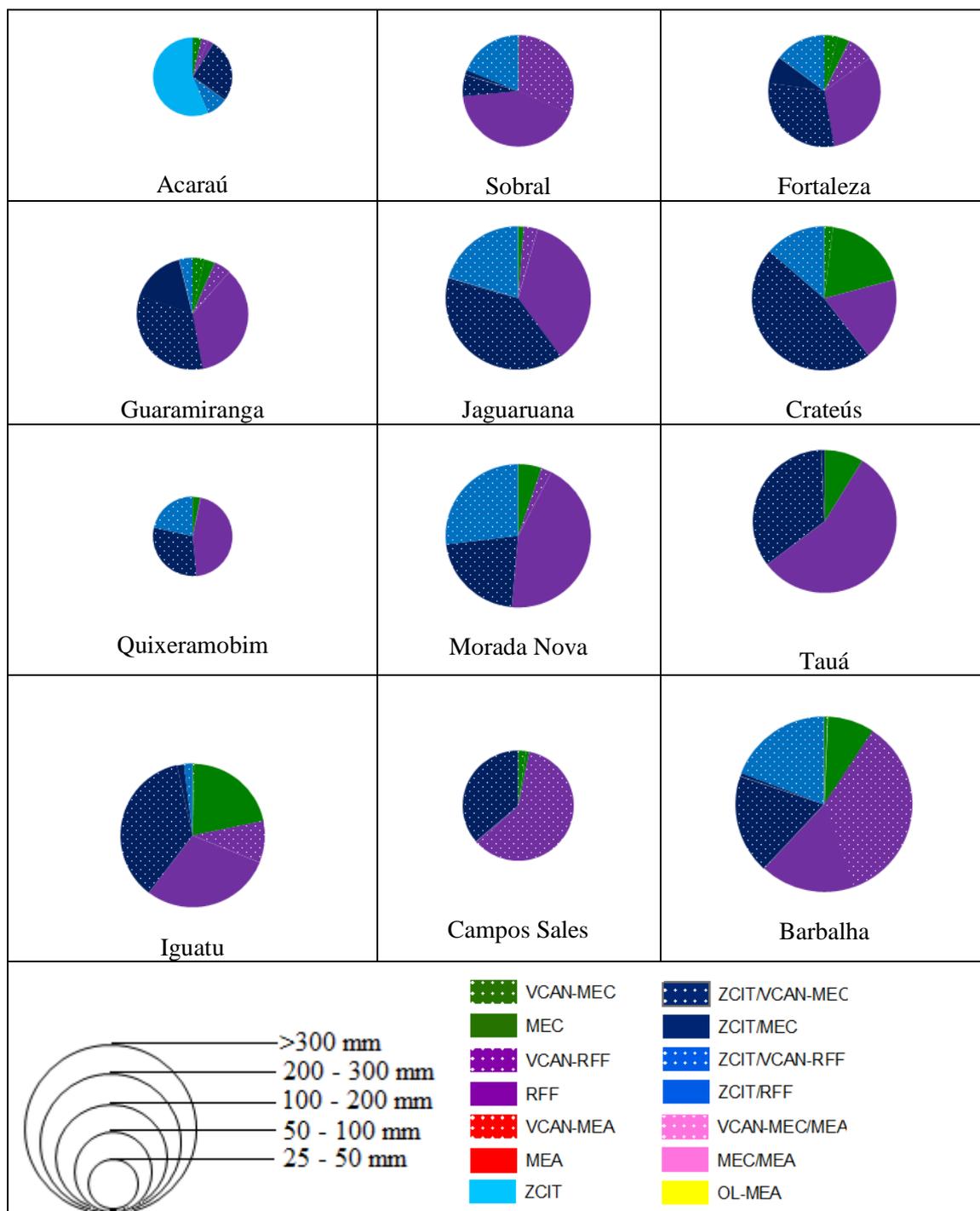
Devido a dinâmica da ZCIT no norte, mesmo que reduzida, a mEa mantém-se episódica, concentrando-se na região centro-sul do Estado, com seus maiores índices na porção leste.

A cobertura de nuvens para a região foi maior, como observado na Figura 35, principalmente na porção ocidental, noroeste e sul do Ceará, indicando padrões associados a dinâmica da ZCIT, da mEc, das RFF, em todos os casos destaca-se a associação aos VCAN. As chuvas foram em maior quantidade que aquelas evidenciadas para fevereiro, porém ainda reduzidas para o período.

As precipitações mais abundantes estiveram associadas a atuação das RFF, seja associada aos VCAN ou não. Com destaque a pluviosidade registrada nos postos Barbalha, Campos Sales, Crateús, Iguatu e Tauá, todos na porção centro-sul, região de maior influencia das RFF.

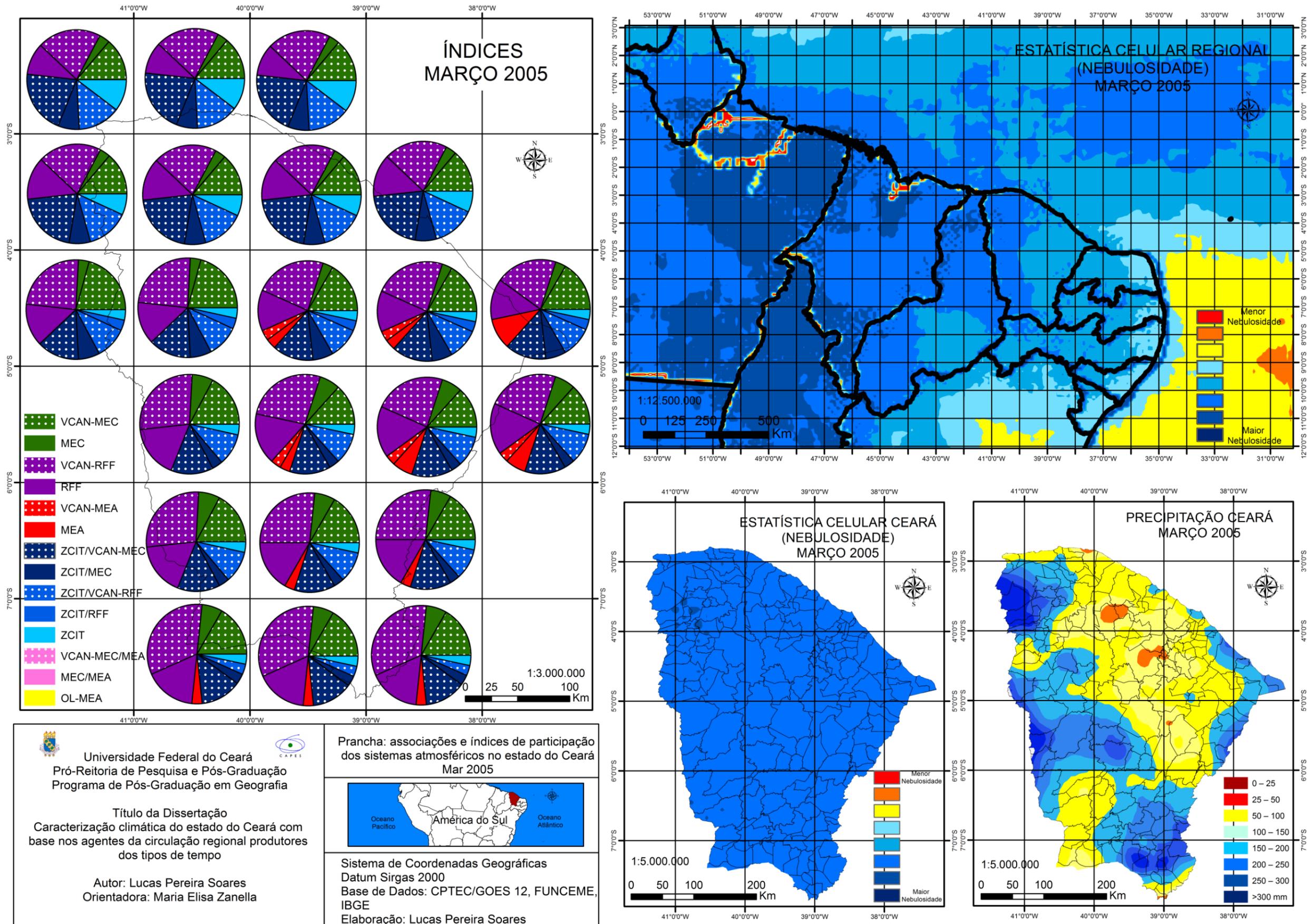
A ZCIT, para período e em atuação isolada, não é protagonista nas chuvas, não se sobrepondo a atuação das RFF e da mEc, dado que compromete a precipitação associada ao sistema para a região, principalmente, na porção norte do Ceará, como destacado em Fortaleza e Sobral, que não registram chuvas a partir da participação isolada do sistema. Apenas Acaraú, no extremo norte, mantém certa quantidade de pluviosidade associada a ZCIT.

Figura 34: índices de participação dos sistemas nas chuvas para março de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 35: índices de participação dos sistemas para o mês de março de 2005



## *Abril*

Em abril, a partir da Figura 37, tem-se o mês de maior registro da ZCIT nos tipos de tempo. O sistema atua isoladamente ou a partir da relação VCAN-mEc, mantém-se praticamente constante em todo o território, apresentando apenas um leve aumento dos índices para a região norte.

Os vórtices participam dos tipos de tempo associados, sobretudo, a mEc, seja a partir da relação ZCIT/VCAN-mEc, seja como VCAN-mEc/mEa, em ambos os casos com participação homogênea no Ceará.

A mEc participa isoladamente dos tipos de tempo, concentrando maiores valores na região oeste. A relação do sistema com mEa, sem a interferência dos VCAN, no conjunto mEc/mEa, concentra índices mais elevados na porção leste do Estado, região de gênese da mEa, que neste mês apresenta sua menor participação isolada, concentrando episodicamente no sul.

A nebulosidade para a região, como observado na Figura 37, foi mais constante na porção norte, intensificada pela ação da ZCIT. A porção centro-sul do Estado, apresenta pouca cobertura de nuvens, que repercute diretamente na precipitação, cujos valores são reduzidos.

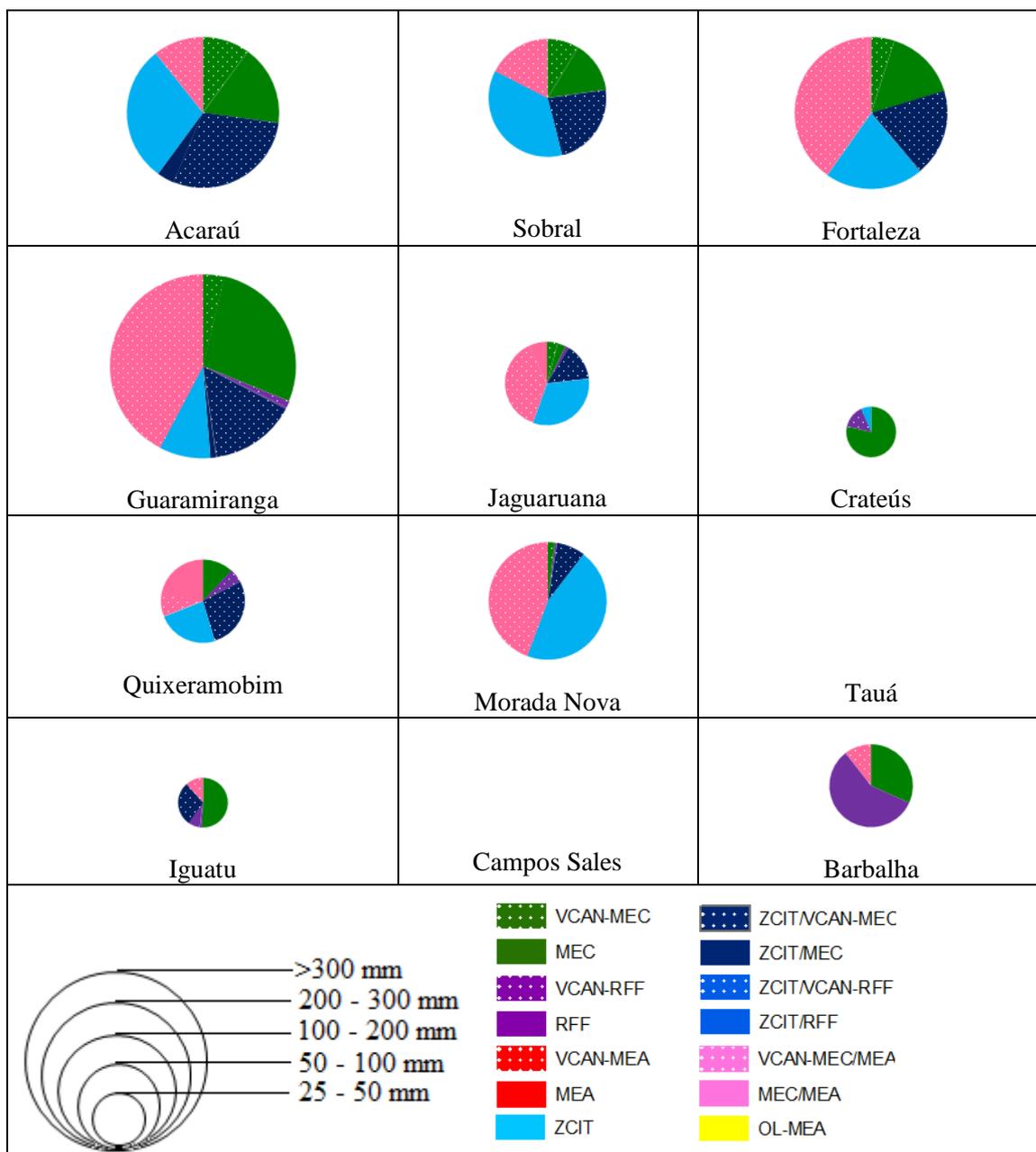
Apesar de uma maior nebulosidade e precipitação para algumas regiões, ressalta-se a participação irregular da ZCIT nos tipos de tempo, influenciando em uma queda da quantidade de precipitação para a região.

Somente nos postos mais ao norte o sistema registra maior pluviosidade, no caso, em Acaraú, Fortaleza e Sobral. A ZCIT mantém-se ainda associada aos VCAN e a mEc, novamente concentrando maior quantidade de precipitação no norte, com destaque ao posto de Sobral, porção noroeste do Estado.

Em diversos postos, na porção centro-norte do Ceará, tem-se chuvas oriundas da relação VCAN-mEc/mEa, neste caso as precipitações associadas a nebulosidade característica da mEc, dinamizadas pela participação dos vórtices.

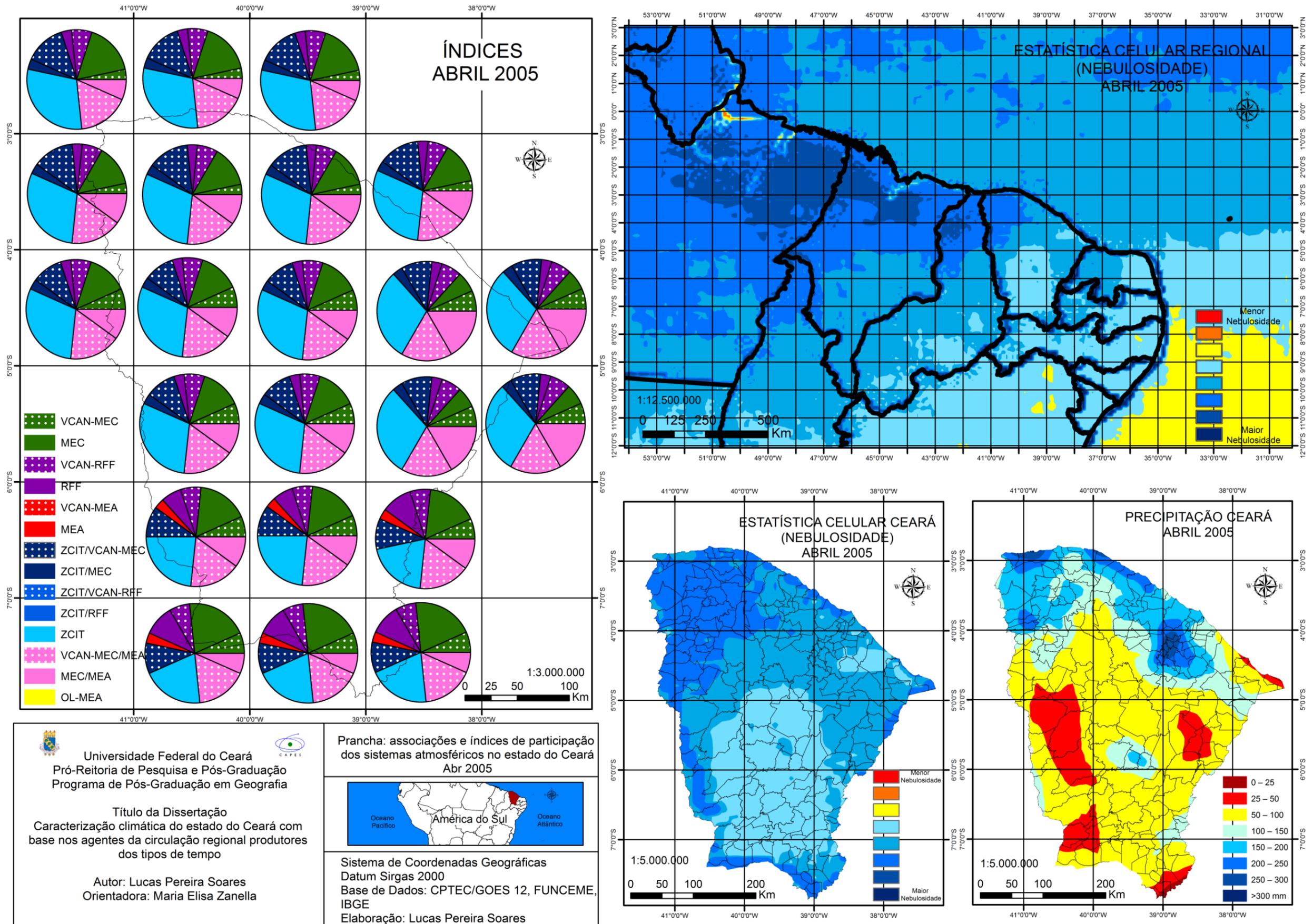
As chuvas são em menor quantidade na região sul, visto uma diminuição do avanço das RFF, em Barbalha tem-se precipitação inferior a 100 mm, e em Campos Sales não é registrado chuva.

Figura 36: índices de participação dos sistemas nas chuvas para abril de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 37: índices de participação dos sistemas para o mês de abril de 2005



### *Maio*

Em maio, como visto na Figura 39, a ZCIT não é mais atuante para a região. Habitualmente, o sistema é enfraquecido nesta época do ano, contudo diminui sua participação de maneira suave, culminando apenas com o final de maio em uma transição com presença mais constante da mEa e das OL.

Predomina para a região a mEc atuando isoladamente. De maneira secundária e concentrando-se, principalmente, no norte, os VCAN apresentam-se associados a mEc, estes sistemas seguem diminuindo sua participação, algo que já vem acontecendo desde o mês anterior. A mEc continua constante em todo o Ceará, seja isolada ou associada aos vórtices.

As RFF tem boa participação atuando isoladamente, porém, como a mEc, apresenta relação com os VCAN. Assim como os vórtices, e a própria mEc, tais sistemas tem participação reduzida nesse período do ano, devido a aproximação do inverno, visto que estes são mais comuns durante o verão, e entre as transições deste.

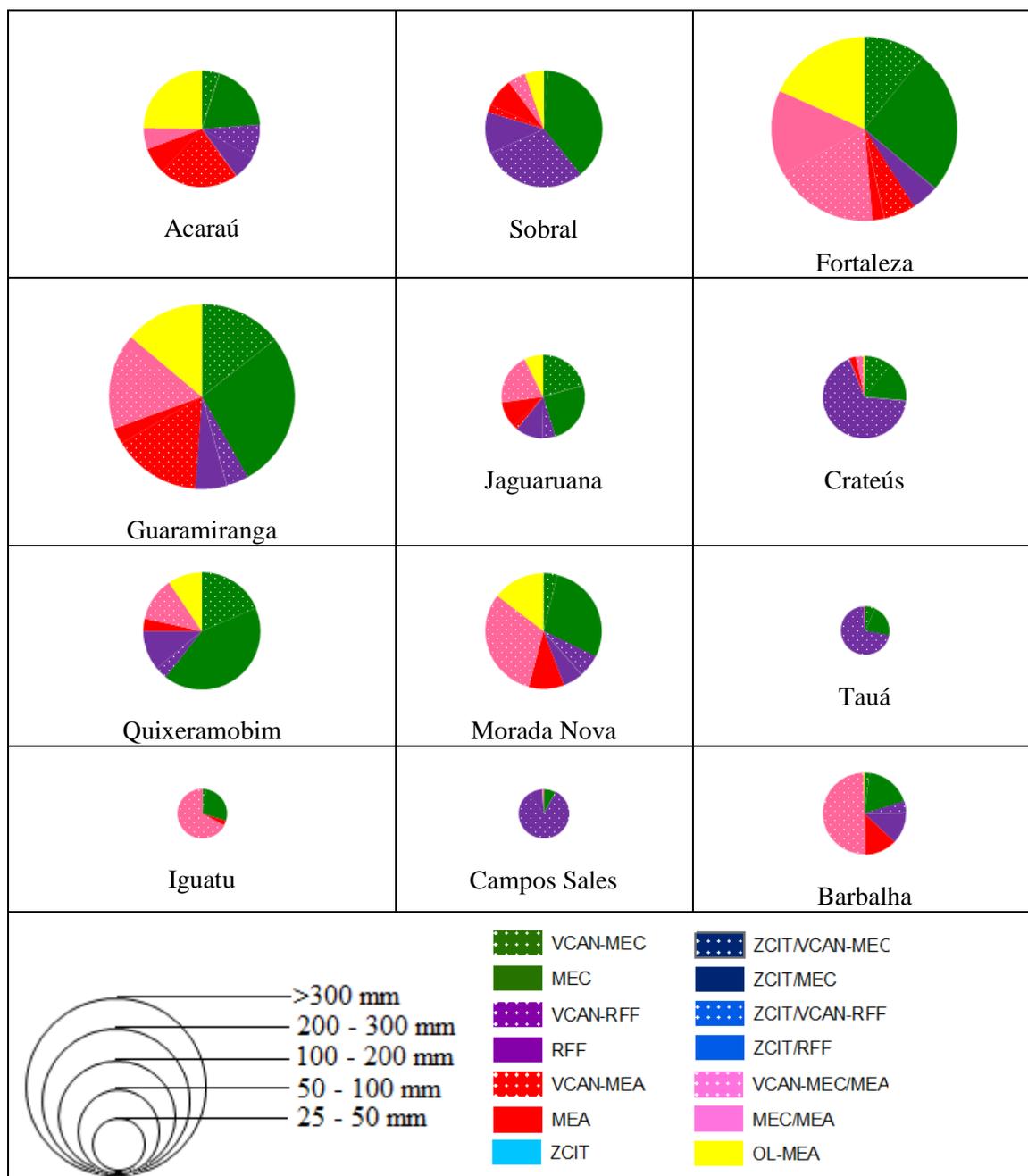
A mEc, continua forte para o período, dado a ausência da ZCIT nos tipos de tempo, e pelo fato da mEa apresentar fraca atuação isolada, estando mais associada as OL. A mEc atua como sistema oportunista, devido as condições atmosféricas reinantes ao período, dado a não dinâmica da ZCIT e um menor avanço da mEa, em atuação individual.

A mEc foi o principal sistema para as chuvas de março, seja atuando isolada, com a mEa, ou sob a interferência dos VCAN, concentrando seu índices, principalmente, na porção centro-norte do Ceará, destacando-se Fortaleza e Guaramiranga. No sul as chuvas são reduzidas, dado o enfraquecimento das RFF para a região.

Neste mês, tem-se o início de uma participação mais constante da mEa, a partir da participação episódica da massa de ar associada as OL. Individualmente, a mEa nesse período, inicia sua maior participação nas chuvas, principalmente em áreas próximas ao litoral e sob efeito orográfico, como observado para Fortaleza, Acaraú e Guaramiranga.

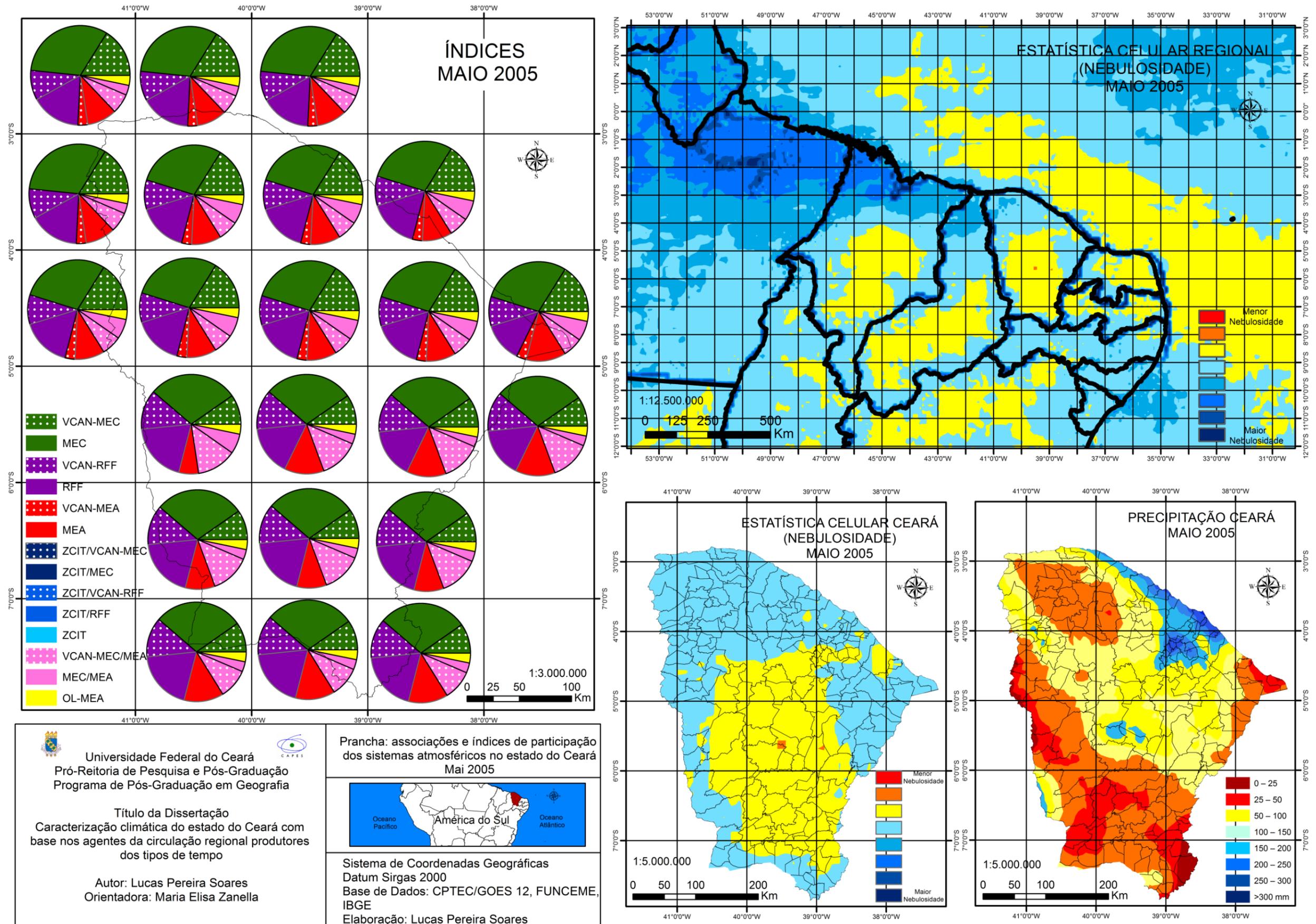
O conjunto OL-mEa concentra sua participação na chuvas, sobretudo na região norte, destaque para os postos mais próximos do litoral e mesmo Guaramiranga, em referencia a influencia orográfica.

Figura 38: índices de participação dos sistemas nas chuvas para maio de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 39: índices de participação dos sistemas para o mês de maio de 2005



### *Junho*

Em junho, como observado na Figura 41, predomina o domínio da mEa sob os tipos de tempo. A mEa atua isolada ou associada a formação de OL, no segundo caso, a relação OL-mEa é responsável por valores consideráveis de chuva para a região. A mEa age de maneira homogênea em todo o Estado, o mesmo para as OL, contudo esses distúrbios, oriundos da massa de ar, tem nebulosidade mais intensa nas áreas próximas ao litoral, visto ser esta a localização de gêneses territorial dos sistemas.

Tanto a mEc como as RFF, ainda resistem em participar dos tipos de tempo, com índices baixos, no caso da mEc, concentrando-se principalmente na porção noroeste, e a RFF mais constante no sul, em ambos os casos regiões de origem territorial dos sistemas.

Tem-se ainda, fraca participação do conjunto mEc/mEa. A relação é debilitada devido ao enfraquecimento da mEc, ao mesmo tempo que mantém-se ascendente o forte avanço da mEa, diminuindo assim a atuação conjunta das massas de ar.

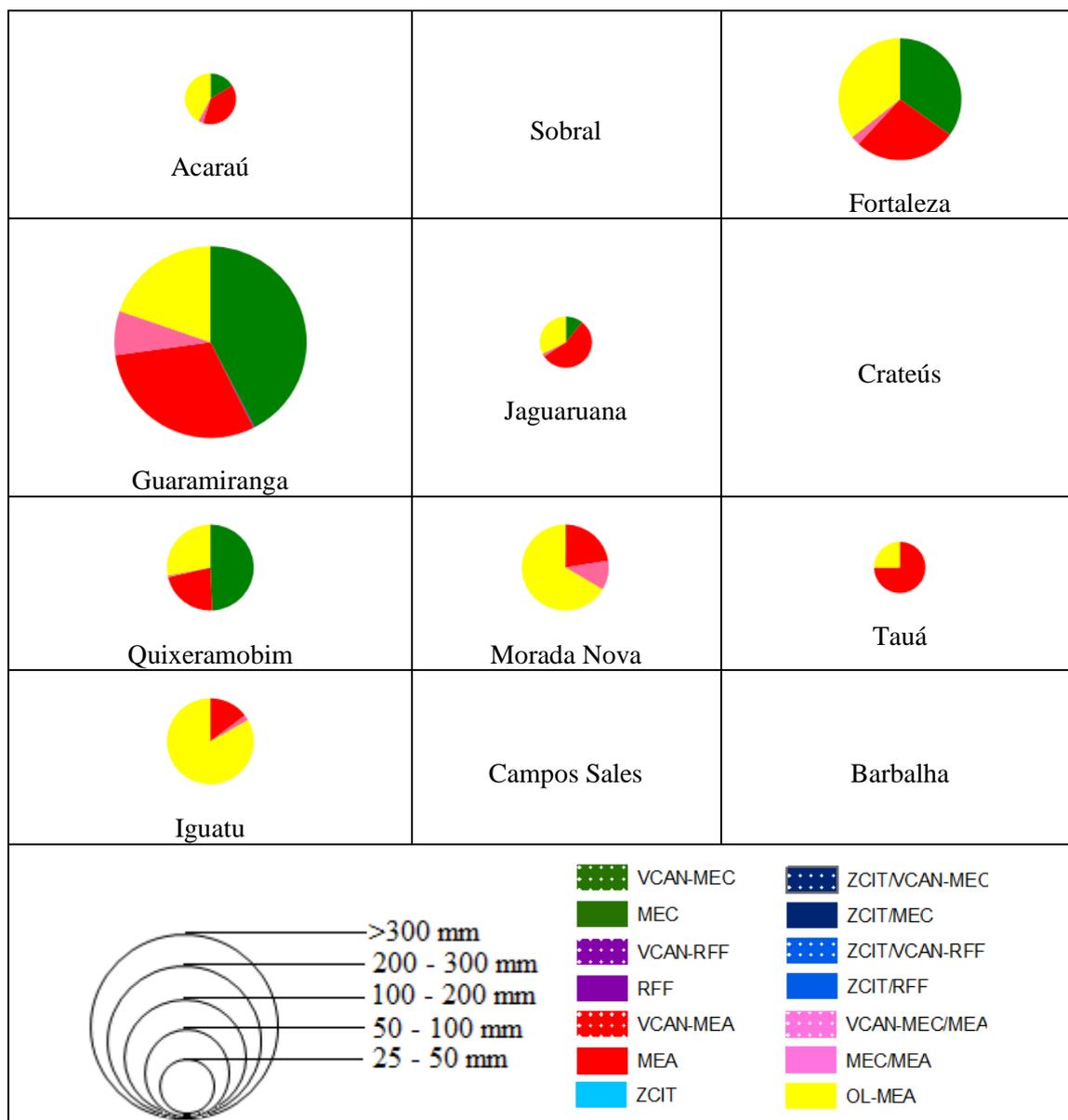
Os vórtices, que tendem a diminuir drasticamente sua participação para o período, não influenciaram as condições de tempo. No inverno como destacado por Gan e Kousky (1984), os sistemas tendem a apresentar este comportamento.

A nebulosidade para a região, com base na Figura 41, manteve o padrão de declínio iniciado já no mês anterior. Reitera-se ainda, o papel associado a mEa, que atua como um indicador de estabilidade climática, quebrada com os distúrbios responsáveis pela formação das OL. A diminuição da nebulosidade repercute nas chuvas, que apresenta maior pluviosidade, apenas nas regiões mais próximas ao litoral.

No mês de junho, destaca-se as chuvas oriundas da mEc, da participação isolada da mEa e da dinâmica OL-mEa, destacando-se maior precipitação nos postos de Fortaleza e Guaramiranga, como observado no mês anterior.

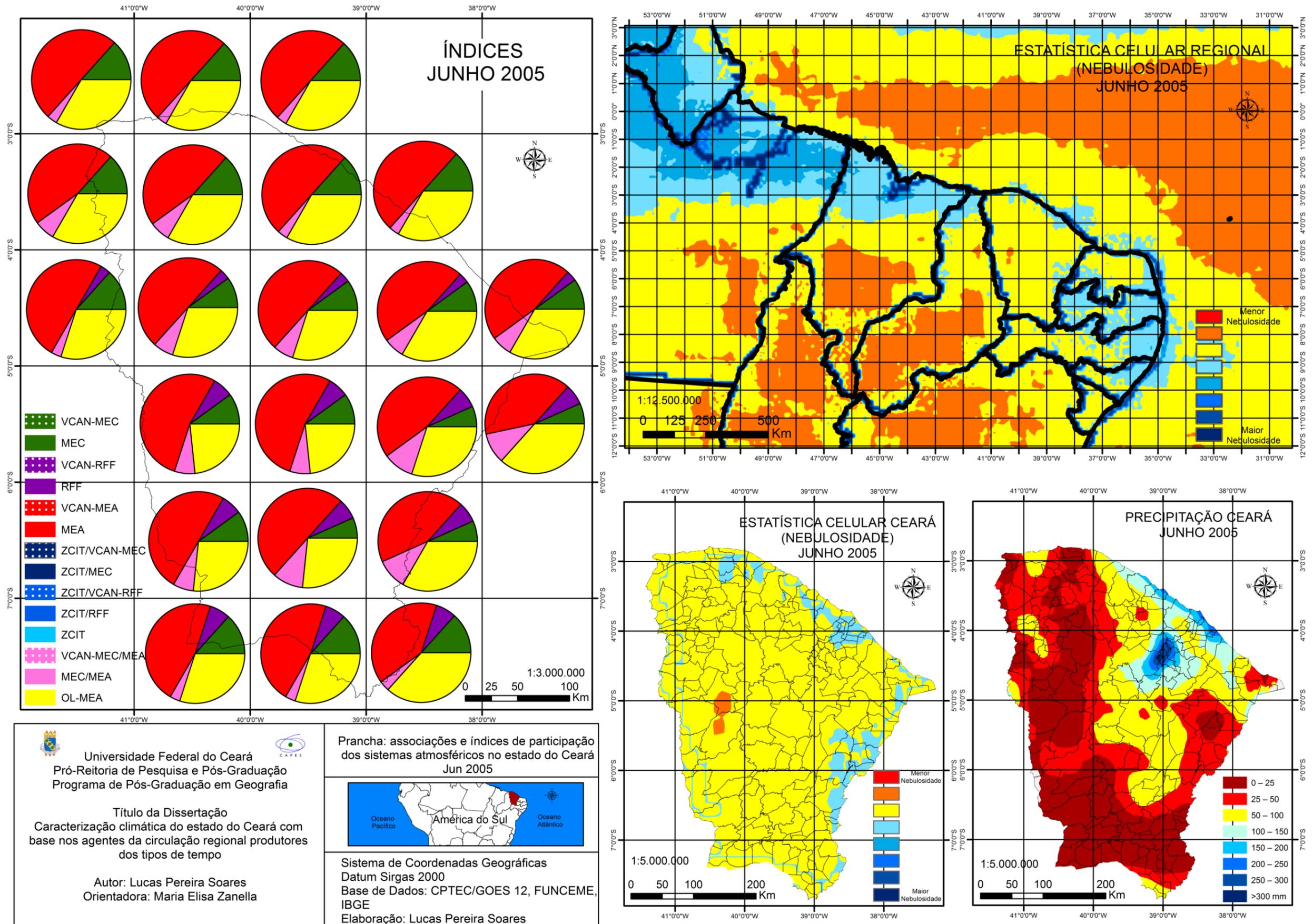
Novamente a porção sul do Ceará, apresentou pluviosidade reduzida, visto a diminuição do avanço de RFF para a região, combinada participação esporádica da mEc, especialmente, no norte. Apesar da participação das OL, tais sistemas ao avançar até a região já se apresentam com nebulosidade estratiforme, com pluviosidade muito reduzida, como observado para Tauá, no centro-sul.

Figura 40: índices de participação dos sistemas nas chuvas para junho de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 41: índices de participação dos sistemas para o mês de junho de 2005



## *Julho*

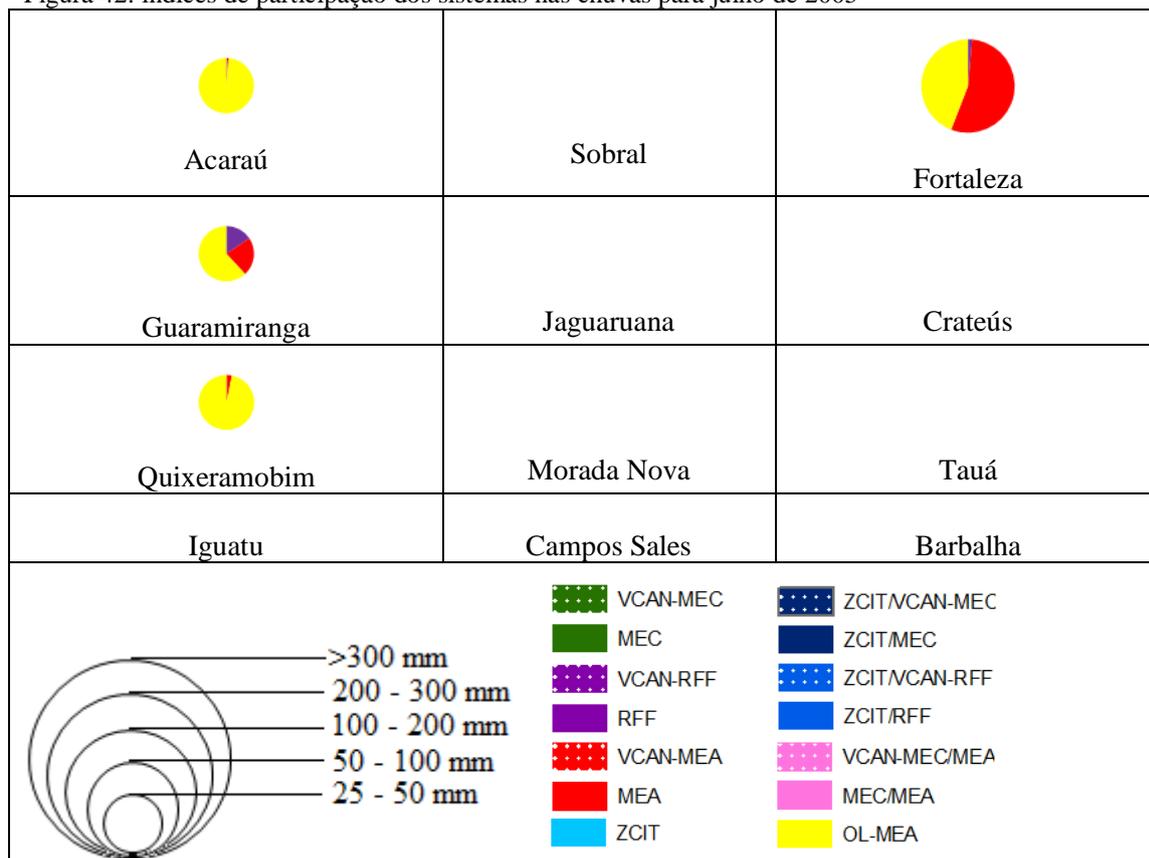
Para julho, como indicado na Figura 43, aumenta a participação da mEa nos tipos de tempo, considerando ainda uma diminuição das OL, o que acarreta um padrão maior de estabilidade nos tipos de tempo, visto a diminuição de distúrbios, causadores de nebulosidade convectiva mais intensa, associada a tais ondas. A mEa manteve-se dominante em todo o território, diminuindo sua participação apenas na porção sul, quando observa-se a atuação maior de RFF.

Como informado, os índices de participação associados a relação OL-mEa diminuíram, mantendo-se principalmente na porção norte, com destaque as áreas litorâneas. A partir do mês de agosto não há mais formação de OL neste ano de 2005, os sistemas foram mais constantes durante o mês de junho, apresentando índices menores nesse mês de julho.

As RFF apresentaram-se em julho, algo incomum, mas possível, principalmente se destacar que, também, alguns VCAN participam dos tipos de tempo no inverno. Há na verdade um enfraquecimento destes sistemas, que episodicamente tendem a surgir fora de seu período de maior representação. As RFF foram mais constantes no sul, apresentando porém nebulosidade bem reduzida, o mesmo para a relação entre VCAN-RFF.

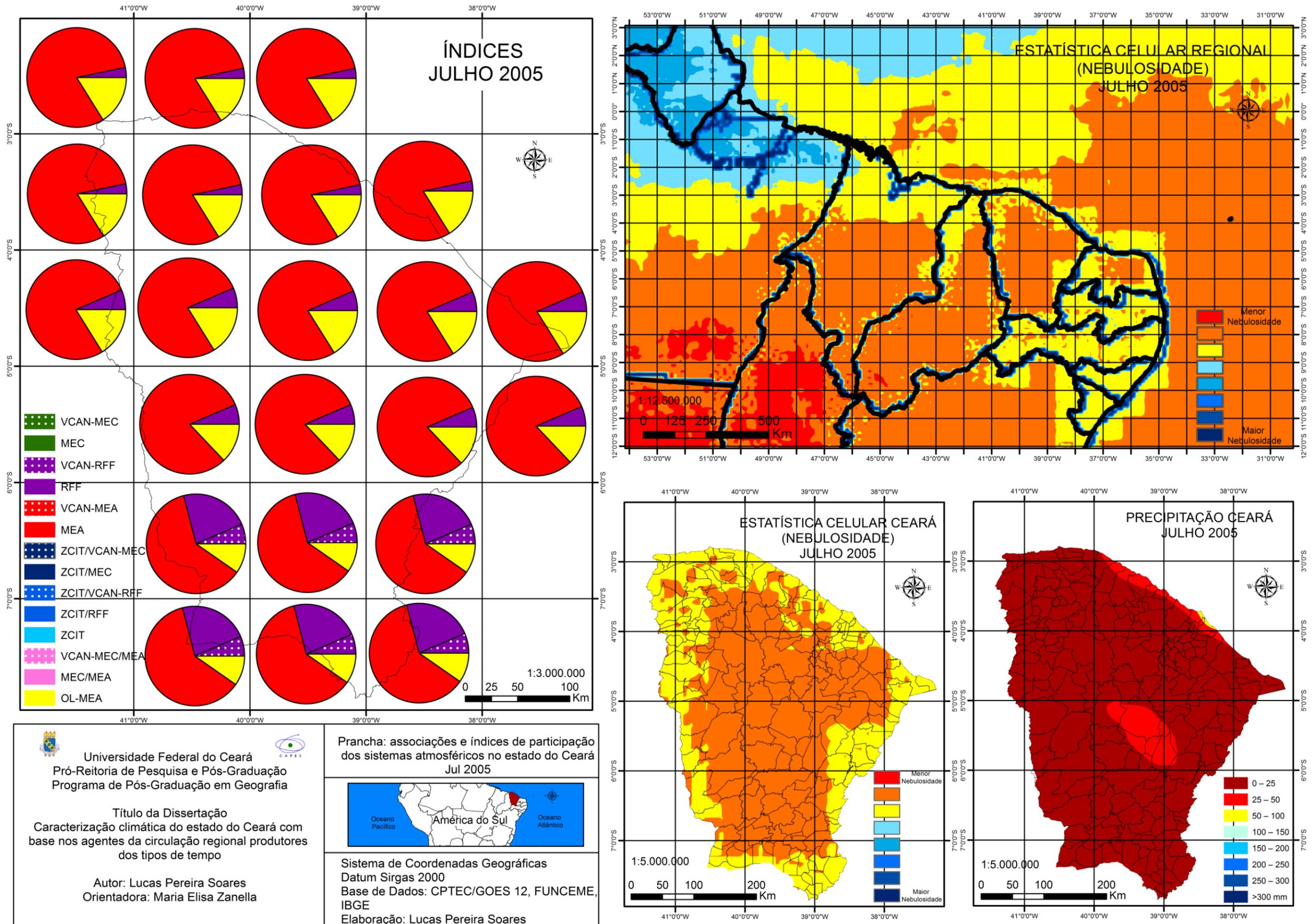
Para este mês, as OL se encontram muito enfraquecidas, destaca-se apenas alguns eventos com pluviosidade, principalmente, em Acaraú, Fortaleza e Guaramiranga. A mEa chega, ainda, a ser responsável por maior quantidade de chuva para Fortaleza, porém no geral, predomina a escassez.

Figura 42: índices de participação dos sistemas nas chuvas para julho de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 43: índices de participação dos sistemas para o mês de julho de 2005



*Agosto*

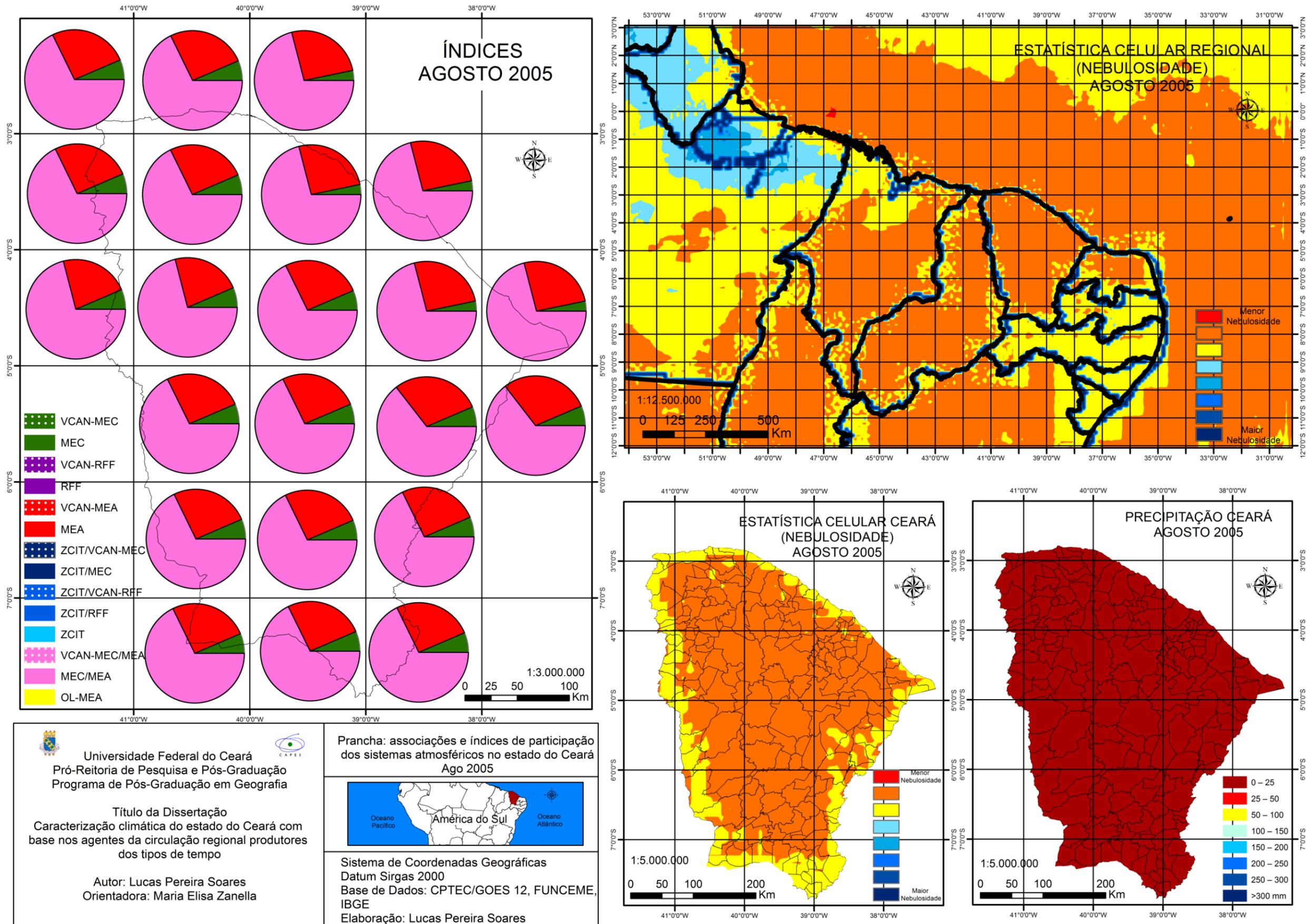
Para agosto, como visto na Figura 44, continua o domínio da mEa, contudo o sistema, mantém-se em conjunto a mEc durante grande parte dos tipos de tempo. A mEc apresenta-se enfraquecida, com nebulosidade quase nula, tem-se apenas um escoamento oriundo da região amazônica que caracteriza participação da massa de ar, principalmente quando observada a partir da carta sinótica. Ambas as massas de ar encontram-se sob o território cearense, caracterizando a relação mEc/mEa, não sendo possível distingui-las.

De forma isolada, tem-se ainda participação da mEa, que atua homogênea em todo o Estado, porém registra menor atividade quando comparada aos meses de junho e julho, caso justificado pela associação a mEc, consistente para o período.

Há também, ação episódica das RFF, tais sistemas apresentam valores baixos de participação durante o inverno, fato relacionado ao sistema ser consistente durante os meses característicos das estações primavera-verão-outono.

A cobertura de nuvens para a região mantém-se baixa, como observado na Figura 44, visto que tanto a participação da mEc, como das RFF, é representada por uma circulação dotada de nebulosidade quase nula. A mEa age de maneira constante, seja atuando em conjunto a mEc, seja isoladamente, indicando desta forma estabilidade aos tipos de tempo, o que favorece baixos ou valores nulos de precipitação.

Figura 44: índices de participação dos sistemas para o mês de agosto de 2005



*Setembro*

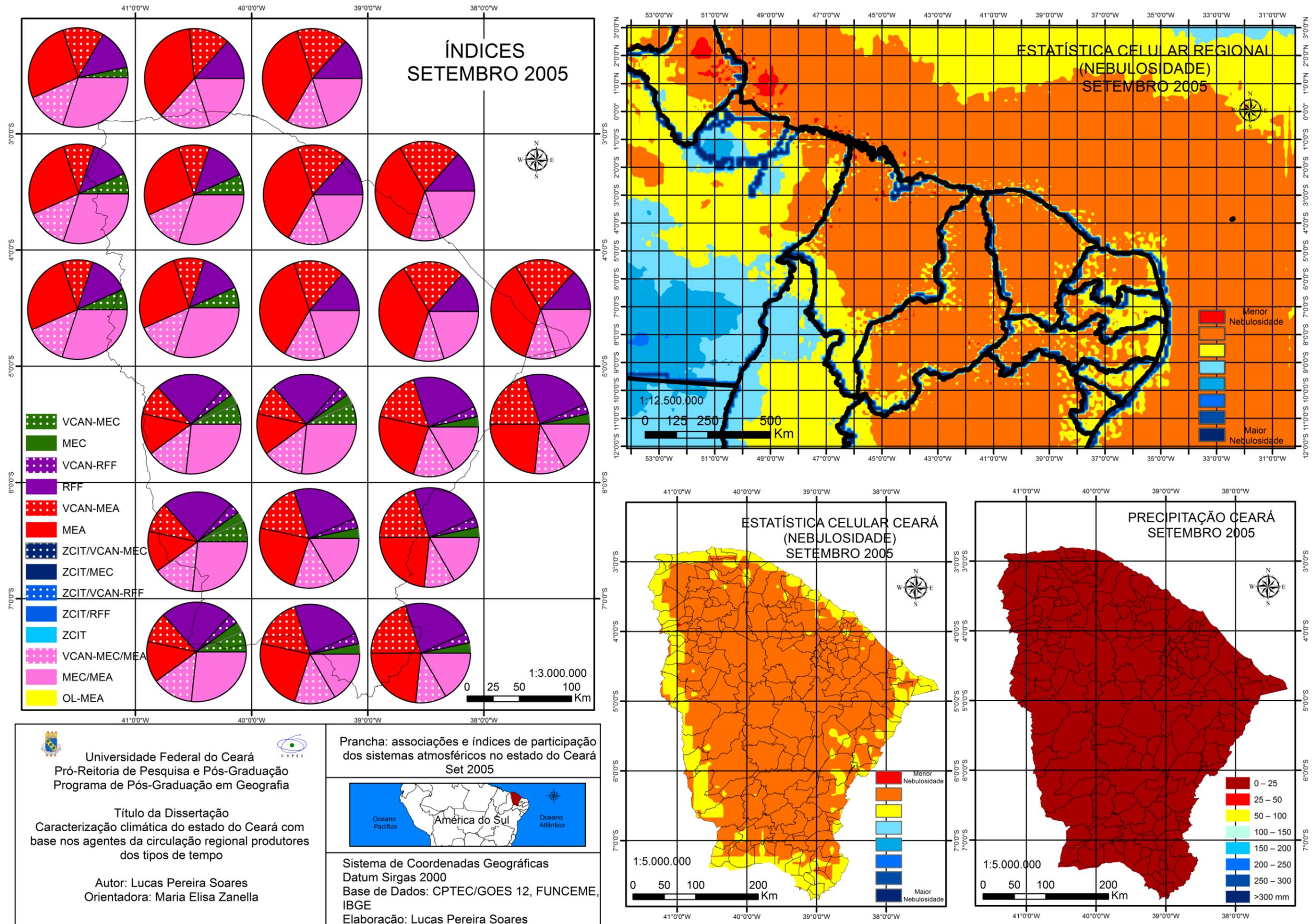
Em setembro, com base na Figura 45, retorna em maior quantidade a participação dos VCAN e das RFF, porém o domínio dos tipos de tempo mantém-se associado a mEa. A massa de ar atua isoladamente e em associação aos VCAN, agindo com índices maiores no norte-nordeste do Ceará. Na porção oriental, o sistema tem menor ação isolada, visto que a mEc, apresenta-se mais constante nessa região.

A mEa associa-se ainda, a massa de origem amazônica, apresentando certa homogeneidade de participação, com tal combinação mais constante na região de origem da mEc. Esta relação entre mEc/mEa sofre, também, da influência de vórtices ciclônicos, com distribuição mais comum na porção noroeste.

As RFF, assim como os VCAN, retornam mais constantes em setembro, fato observado pela proximidade com a primavera, e posterior a isso, o verão, quando os sistemas são mais ativos sob a região. Durante os próximos, meses tanto os vórtices como as RFF, se manterão constantes, com seu ápice de participação iniciando entre novembro, para as RFF, e dezembro, para os VCAN. Para setembro, as RFF isoladas apresentam melhores índices no sul, algo habitual, sendo esta, região de origem territorial do sistema no Ceará.

A nebulosidade para a região, indicada na Figura 45, mantém-se fraca, a mEa atua como indicador de condições estáveis nos tipos de tempo, porém mesmo quando tal massa de ar não participa, os sistemas responsáveis por condições de tempo instáveis, continuam ainda sob características secas. A convecção oriunda da mEc e das RFF, mesmo dos VCAN, relaciona-se a condições favoráveis no balanço de radiação, algo visto apenas no verão e nos meses de transição deste.

Figura 45: índices de participação dos sistemas para o mês de setembro 2005



## *Outubro*

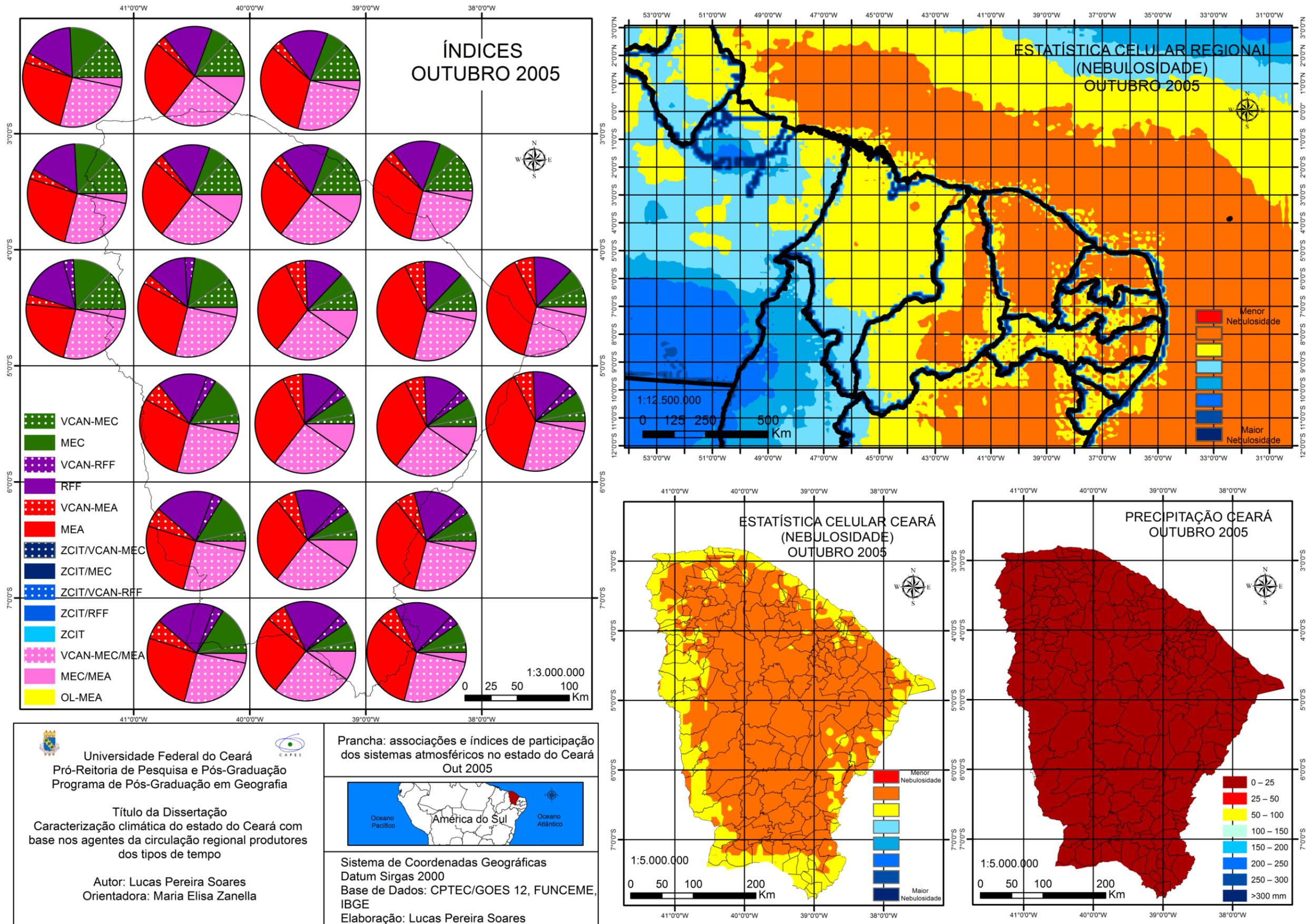
Para outubro, a partir da Figura 46, a mEa ainda apresenta-se forte, porém tem sua participação isolada comprometida pela associação com a mEc, condicionada pela dinâmica dos VCAN, formando o conjunto VCAN-mEc/mEa. Em todos os casos os sistemas tem ação homogênea no Estado.

Os VCAN interagem na dinâmica de todos os sistemas, influenciando diretamente as condições de tempo para a região, visto que quando associados a tais vórtices tanto a mEc, quanto as RFF dinamizam sua atuação, porém no período referente a outubro, os sistemas permanecem condicionados pela falta de atividade convectiva.

As RFF apresentam-se estáveis em todo o Ceará, sendo influenciadas pelos VCAN em alguns episódios. Os sistemas tendem a se desenvolver com maior propagação durante o próximo mês, que marca o início da participação mais abundante destas nos tipos de tempo.

A nebulosidade mantém o padrão baixo evidenciado nos meses anteriores, as mesmas condições para o mês anterior se repetem, devido a fragilidade dos sistemas em produzir atividade convectiva. A baixa cobertura de nuvens, repercute na falta de chuvas para a região.

Figura 46: índices de participação dos sistemas para o mês de outubro de 2005



*Novembro*

Em novembro, como observado na Figura 47, predomina os tipos de tempo associados as RFF e a mEa. A massa de ar permanece mais constante na porção centro-norte, sendo este mês o último com índices mais acentuados associados a mEa, pois em dezembro há o pleno domínio dos sistemas RFF e da mEc, principalmente em conjunto aos VCAN.

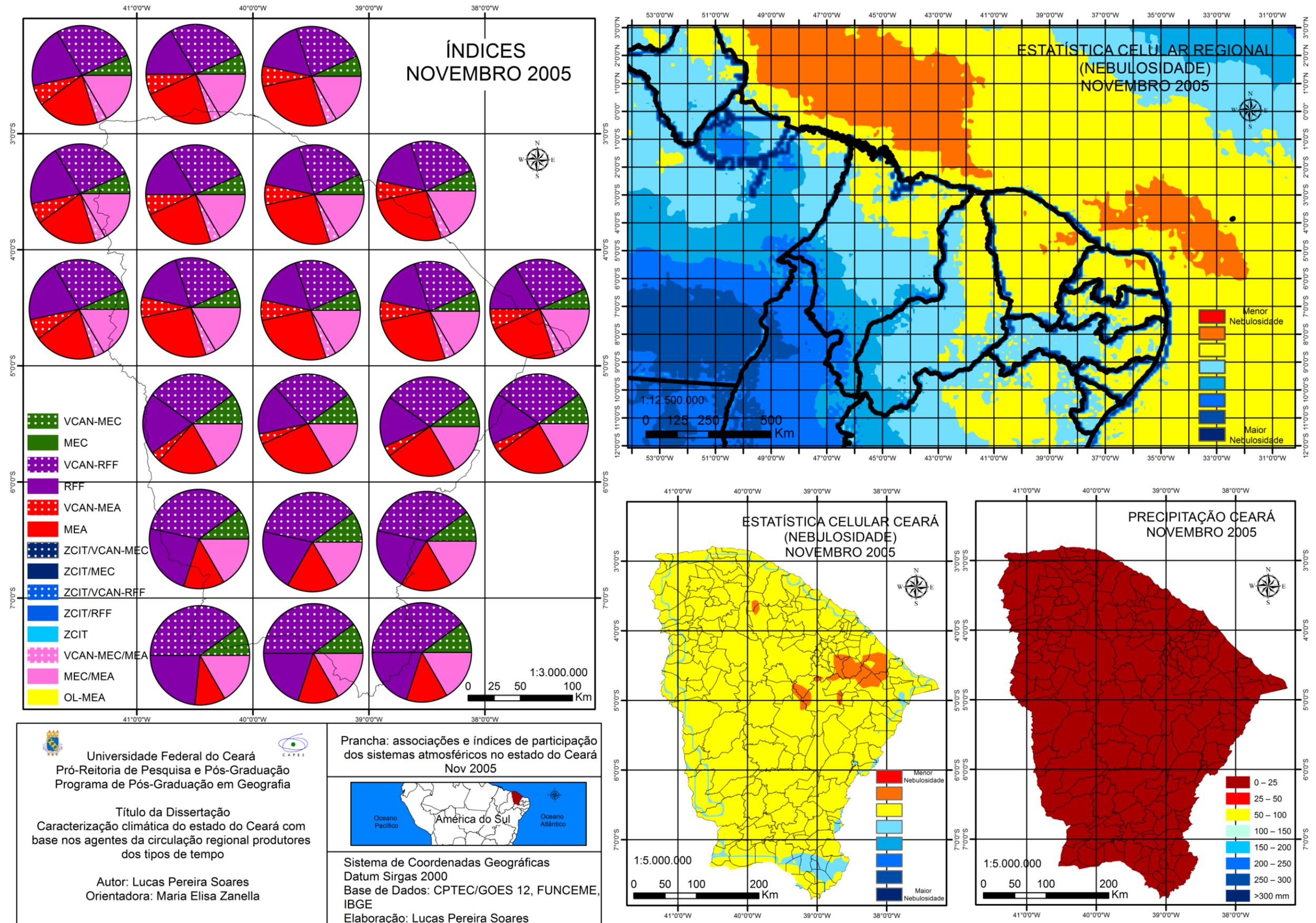
A mEa ainda associa-se a mEc, que ao contrário do que acontece em agosto, quando a mEc está fraca e a mEa fortalecida, neste período a massa de origem amazônica avança sob a mEa, trazendo maior nebulosidade a região. A relação mEc/mEa, é homogênea em todo o Estado.

As RFF atuam isoladamente ou em conjunto aos VCAN, o sistema tem ação bem distribuída por todo o território, sendo mais dinâmicas no sul. Durante os meses seguintes, a tendência é uma participação constante das RFF no Ceará, associada a intensa penetração de sistemas frontais no sul do Brasil, em conjunto ao dinamismo maior dos vórtices ciclônicos.

A mEc, neste período, apresenta nebulosidade maior se comparada aos meses anteriores, resultante da proximidade com o verão. O sistema continua associado aos VCAN, com participações ainda episódicas, porém com tendência a intensificar sua participação já no próximo mês.

A nebulosidade sob a região aumenta, como visto na Figura 47. No geral, do ponto de vista regional, toda a região norte do Nordeste do Brasil tem nebulosidade intensificada, dado as condições termodinâmicas favoráveis, indicando a proximidade do verão. Neste caso diminuindo a participação da mEa e aumentando, consideravelmente, os sistemas de verão como as RFF e a mEc, dinamizadas pela participação dos VCAN.

Figura 47: índices de participação dos sistemas para o mês de novembro de 2005



## *Dezembro*

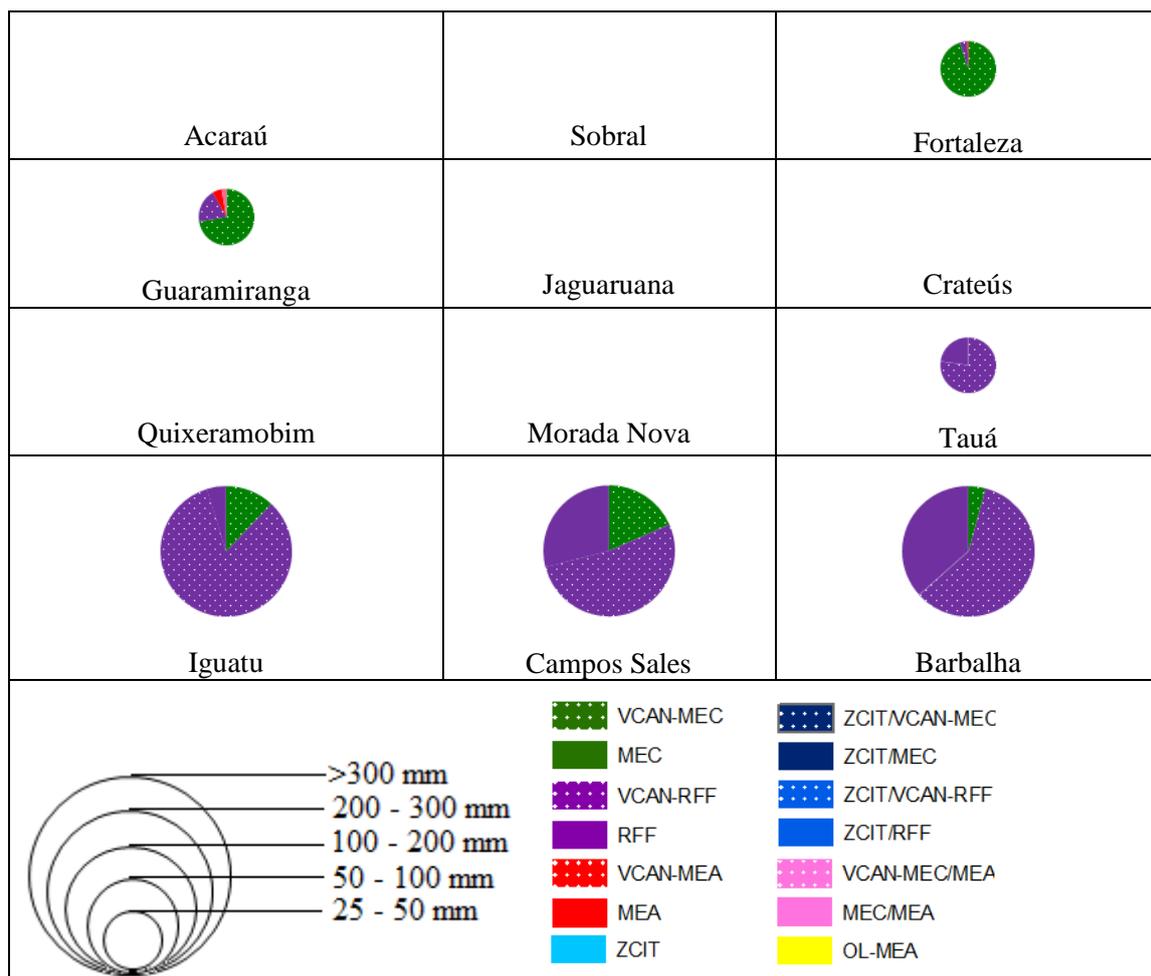
Em dezembro, com base na Figura 49, a mEa atua com os índices mais baixos desde o mês de maio, fato concebido devido a transição primavera-verão. A mEa é um sistema característico do inverno, quando concentra seus maiores índices, no verão é enfraquecida por conta da convecção provocada pelo balanço de radiação na região.

Na transição inverno-primavera a massa de ar continua forte, visto que a mEc e as RFF, dinamizadas pelos VCAN, só terão suporte a convecção no final da primavera e início do verão, neste caso a mEa mantém-se com seu domínio no chamado período seco, que vai de agosto a novembro.

Predomina nos tipos de tempo de dezembro, principalmente, para o sul, a participação constante das RFF e da mEc, dinamizadas pelos VCAN. Ressalta-se, também, o registro de estados de tempo associados ao conjunto VCAN-mEc/mEa, neste caso, com a mEc fortalecida e a mEa enfraquecida. Episodicamente, as RFF e a mEc atuam isoladas.

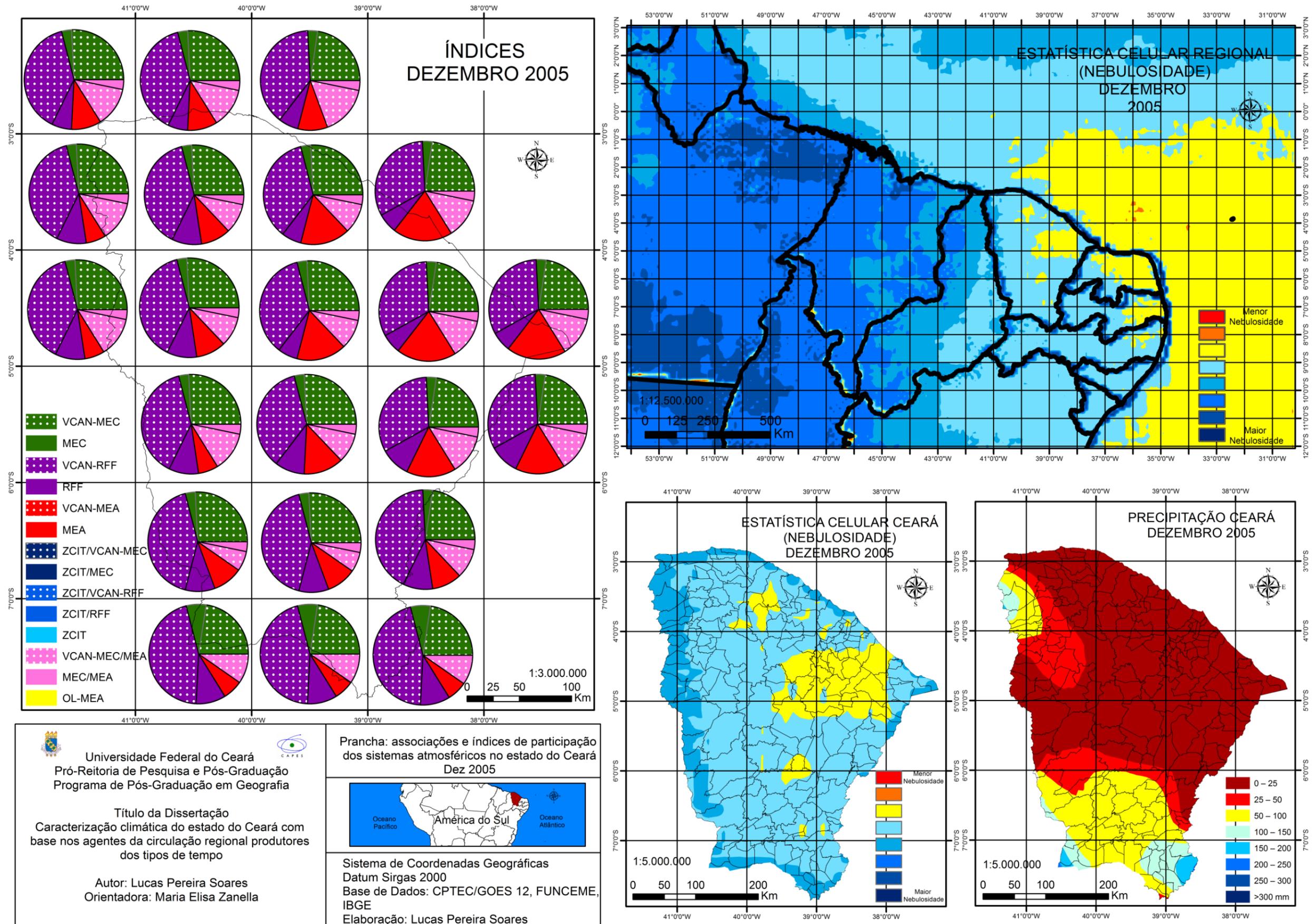
A cobertura de nuvens para a região aumenta, principalmente quando as RFF e a mEc, apresentam-se influenciadas pelos VCAN. Destaca-se, porém, que a porção nordeste do Estado, ainda apresenta nebulosidade mais reduzida. No sul e noroeste do Ceará, regiões de domínio das RFF e mEc, nota-se maiores precipitações e nebulosidade.

Figura 48: índices de participação dos sistemas nas chuvas para dezembro de 2005



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 49: índices de participação dos sistemas para o mês de dezembro de 2005



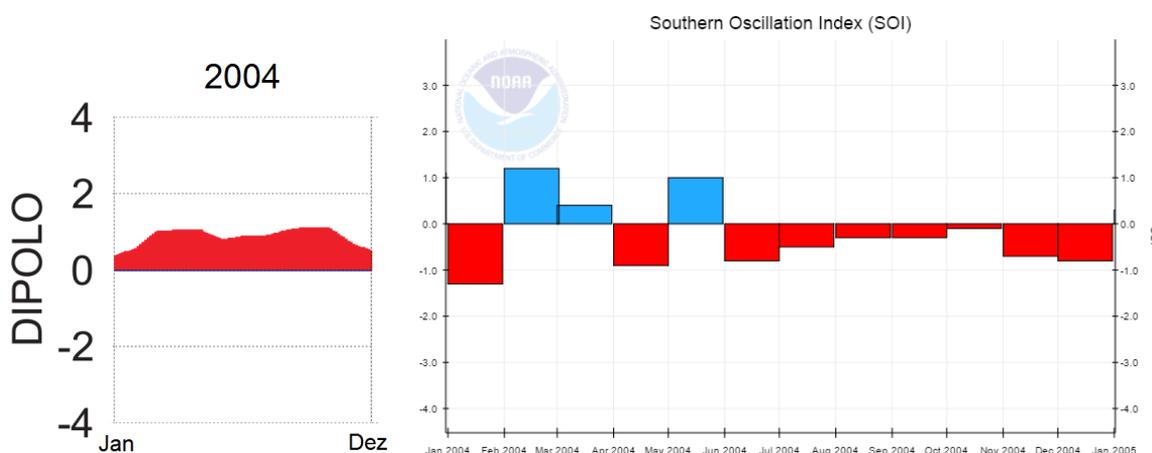
## Ano Padrão Habitual

O ano padrão habitual de 2004, foi aquele que apresentou uma dinâmica climática intermediária, quando comparado aos anos seco de 2005 e chuvoso de 2009. Esta participação intermediária permite, porém, uma diferenciação no ritmo das chuvas, visto que estas se concentraram, principalmente, durante os três primeiros meses do ano, com maior precipitação para o mês de janeiro, algo pouco comum.

A ZCIT tem participação moderada, concentrando suas chuvas durante 3 meses da quadra chuvosa do Ceará, que vai de fevereiro a maio, apresentando-se com uma nebulosidade menos vigorosa, o que caracteriza uma diminuição na precipitação para o período. Há ainda uma participação menos habitual do sistema nas chuvas de janeiro.

Sobre as condições oceânicas, a partir da Figura 34, predominou o efeito de El Niño no oceano Pacífico e um Dipolo do Positivo no oceano Atlântico, assim desfavorável a maiores chuvas no estado do Ceará, visto interferirem na atuação da ZCIT, impedindo o avanço do sistema para latitudes mais ao sul. O período que concentrou as maiores precipitações foi justamente o trimestre de janeiro a março, quando é evidente a predominância do efeito La Niña.

Figura 50: índice SOI representativo das condições oceânicas do Pacífico para 2004. A cor azul significa mês com La Niña e a cor vermelha meses classificados como El Niño.



Fonte: FUNCEME (2008), modificado pelo autor, e NCDC/NOAA (2015)

### *Variação Anual*

Com base na Figura 52, predomina para o estado do Ceará, novamente, os tipos de tempo associados a mEa, as RFF, a mEc e a relação mEc/mEa, todos estes participam de forma isolada ou sob a interferência dos VCAN. Essa combinação foi evidenciada para o ano de 2005, porém desta vez há uma participação mais reduzida da mEc, contrastando com maior dinâmica das RFF e da mEa. A ZCIT, assim como em 2005, tem participação reduzida.

A mEa tem atuação constante em todo o território, apresentando-se nos tipos de tempo já no mês de maio, visto que a ZCIT para o período não registra participação. Assim, o sistema é dominante entre maio e novembro, seja atuando isoladamente ou em conjunto as OL e a mEc. A relação com as OL foi mais comum entre maio e julho, e com a mEc concentrou-se, principalmente, durante maio, e entre agosto e novembro.

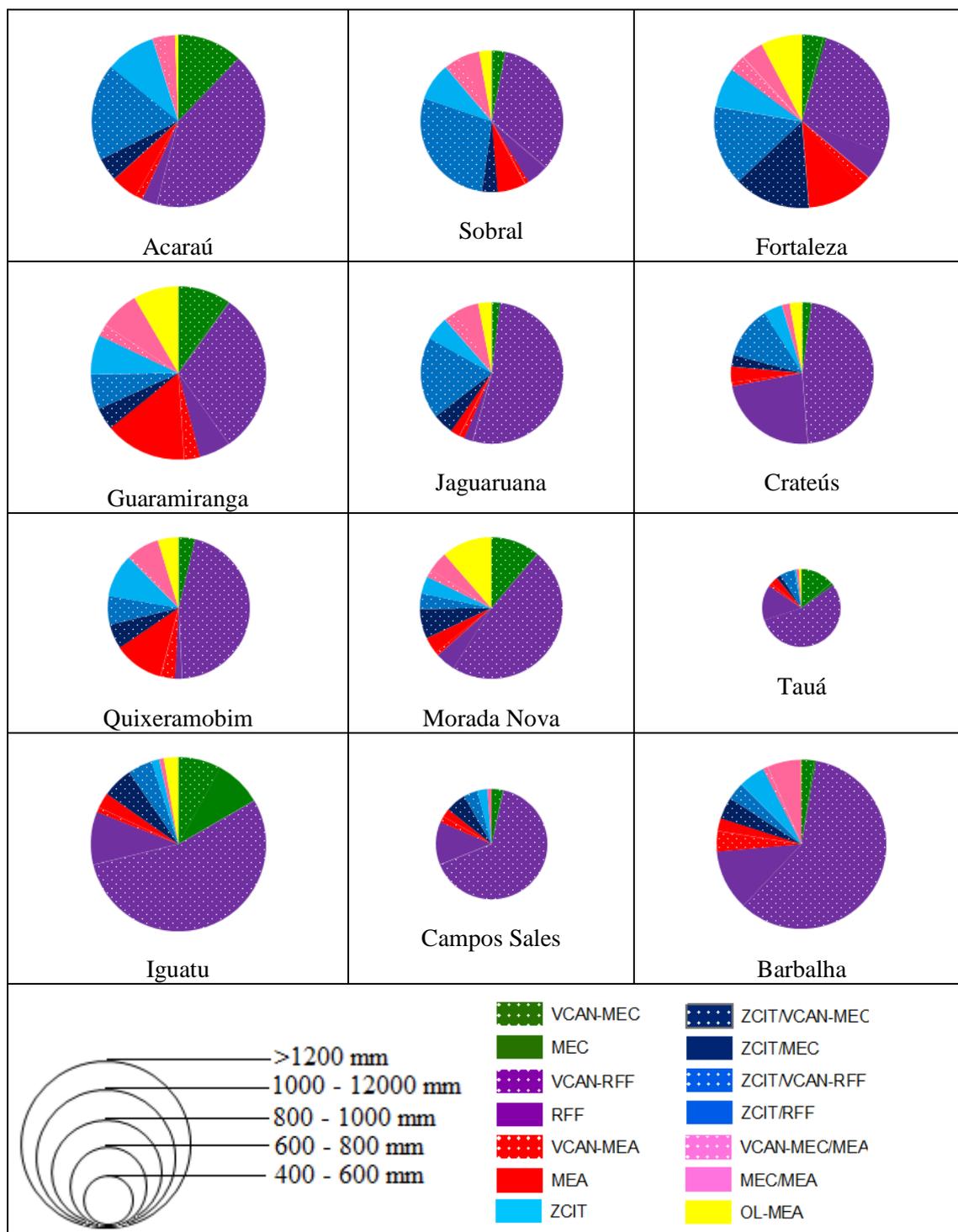
As RFF tem maior participação neste ano, que se comparado a 2005. Os sistemas são mais atuantes, sobretudo, no norte, entretanto, tem dinâmica intensa durante grande parte dos tipos de tempo para o resto do Estado. Concentram índices elevados, seja em sua participação conjunta aos VCAN, ou atuando individualmente.

Especialmente as precipitações são observadas na porção noroeste, no norte, grande parte da faixa litorânea, e sul do Ceará. Nestas regiões há também uma maior nebulosidade, sendo que tanto as chuvas como a cobertura de nuvens diminui a medida que se adentra em direção ao interior do Estado. Esta é a mesma configuração para o ano de 2005, entretanto, 2004 apresenta maior precipitação.

As RFF, principalmente associadas aos VCAN, atuaram como principal sistema responsável pelas chuvas, seguido pela ação das OL e da ZCIT, além da dinâmica conjunta entre ZCIT/VCAN-RFF. As chuvas só se apresentaram mais reduzidas em Tauá e Campos Sales, porção sudoeste do Ceará.

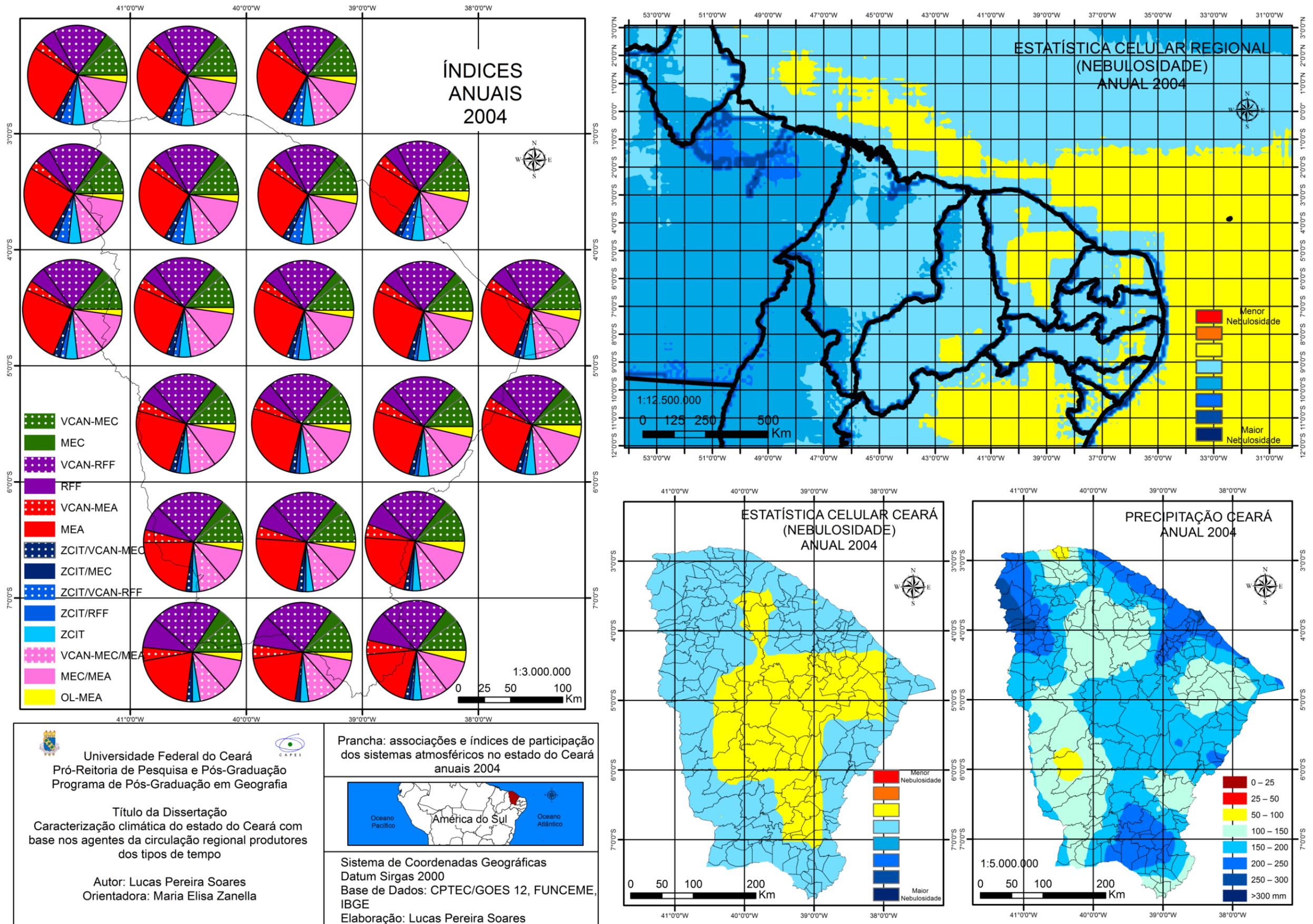
Destaca-se também, precipitações associadas ao conjunto ZCIT-VCAN-mEc, principalmente na faixa norte do Estado, como em Fortaleza, Guaramiranga, e Morada Nova. A mEc, participa das chuvas, sobretudo, a partir dos postos de Acaraú, Guaramiranga e Iguatu.

Figura 51: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 52: índices de participação dos sistemas para o ano de 2004



### *Janeiro*

Para janeiro, conforme a Figura 54, predomina participação das RFF associadas aos VCAN, estes estão integrados ainda todos os demais sistemas para o mês. Ressaltando a dinâmica sem os sistemas de altos níveis, destaca-se ação isolada das RFF, tais sistemas são constantes em todo o território, seja associada aos VCAN ou atuando de forma isolada.

Com participação secundária, tem-se a mEc, consorciada aos VCAN, e em outros casos participa dos tipos de tempo conjuntamente aos VCAN e mEa. A mEc, diminui sua participação na porção leste e sul do Ceará.

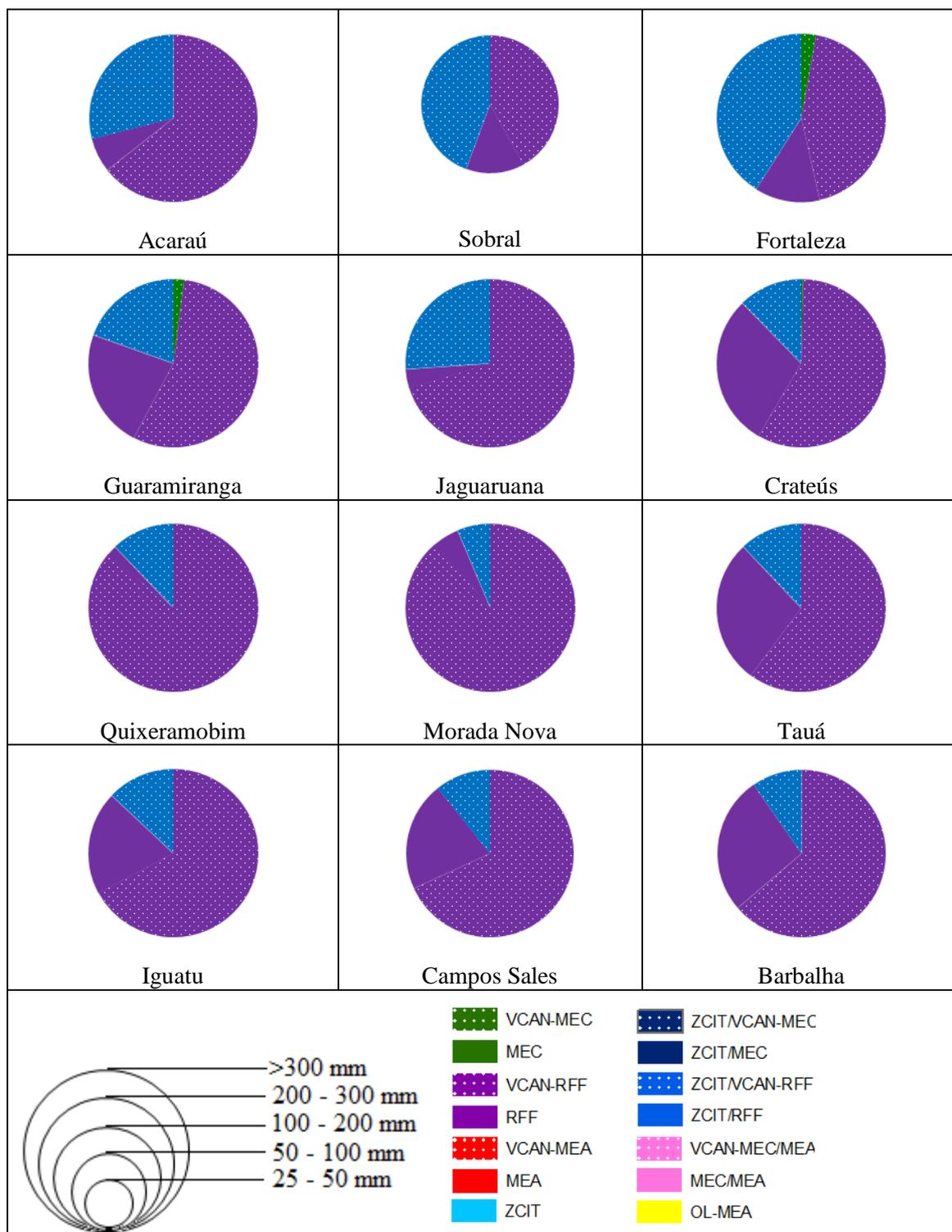
A ZCIT é outro sistema cuja dinâmica acontece em conjunto aos VCAN, participando de maneira episódica para este mês, visto que sua participação é intensificada para os meses seguintes. O sistema é mais constante na porção centro-norte do Estado.

A mEa é o sistema com menor ação, característica comum dessa massa de ar que, cuja dinâmica é maior entre o final do outono, passando pelo inverno, enfraquecendo já nos meados da primavera. O sistema participa junto a porção nordeste do Ceará. A mEa enfraquecida é um indicador de nebulosidade mais intensa para o Ceará.

Pela Figura 55, observa-se intensa nebulosidade para a região, oriunda do avanço de RFF no sul, da mEc no oeste e da ZCIT ao norte, sejam estes sistemas associados ou não a participação de VCAN. Esta nebulosidade mais intensa repercute diretamente em valores elevados de precipitação, como observado ainda na Figura 54, no campo referente a precipitação para janeiro de 2004 no Ceará.

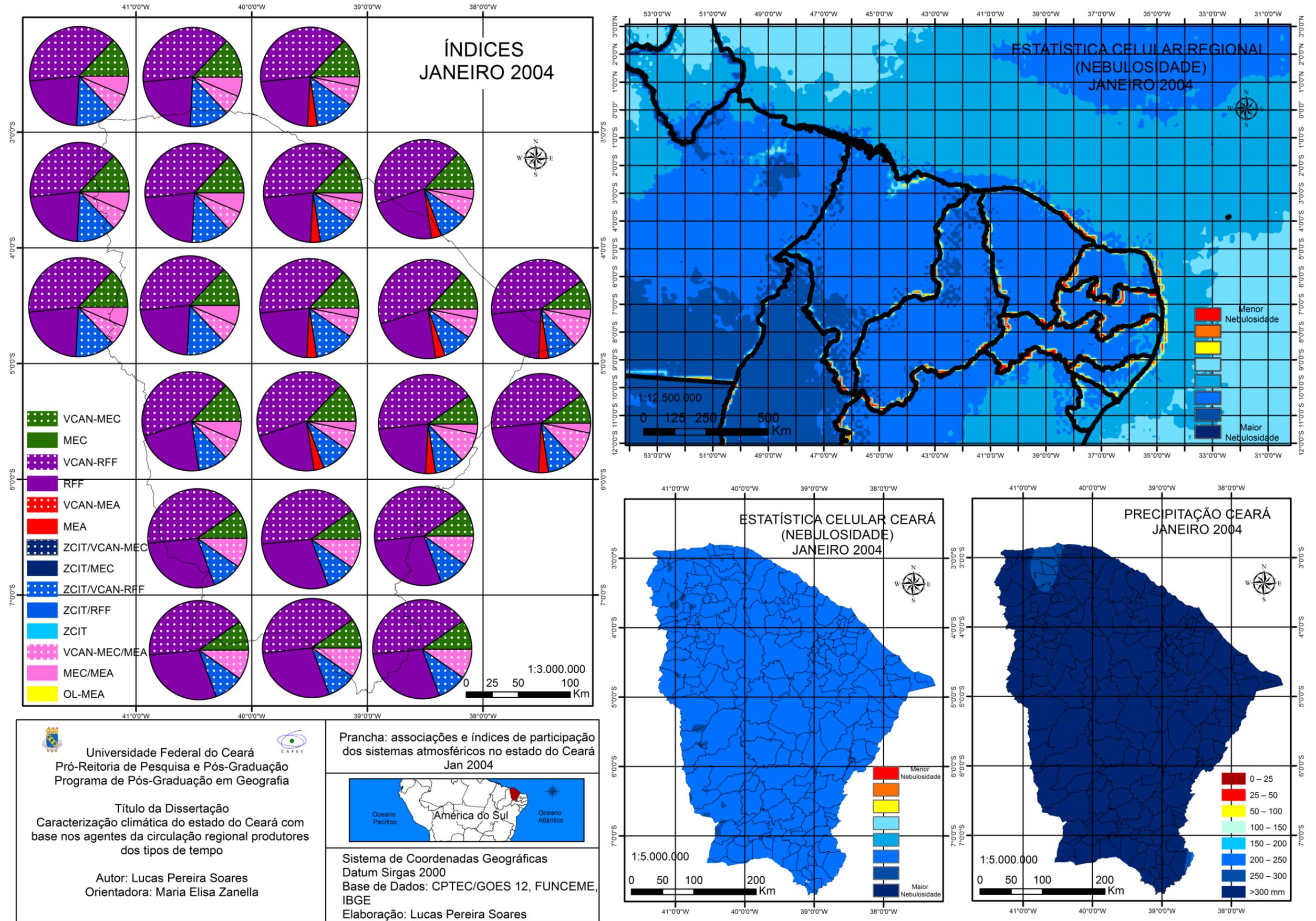
A precipitação apresenta quantidades superiores a 250 mm em todo o Estado, o que evidencia chuvas intensas em toda a região, associadas principalmente a dinâmica da associação ZCIT/VCAN-RFF no norte, e a relação VCAN-RFF no sul. Em alguns postos observa-se ainda participação isolada das RFF nas chuvas, com destaque aos postos mais ao sul, como em Barbalha e Tauá.

Figura 53: índices de participação dos sistemas nas chuvas para janeiro de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 54: índices de participação dos sistemas para o mês de janeiro de 2004



*Fevereiro*

Em fevereiro, conforme a Figura 56, há um predomínio ainda maior das RFF, em associação aos VCAN. Novamente os vórtices atuam em conjunto a todos os sistemas, havendo apenas uma pequena participação isolada das RFF. A relação VCAN-RFF é elevada nos tipos de tempo da porção centro-sul do Estado, diminuindo sua participação na região norte, quando observa-se mais constante o avanço da ZCIT, em associação aos vórtices. Para fevereiro de 2004, tem-se outra vez as RFF, em consórcio aos VCAN, como principal sistema atmosférico.

A ZCIT, habitualmente para este mês de janeiro, mantém participação mais constante no norte do Ceará. O sistema concentra-se, sobretudo, até a latitude de 4° S, intercalando sua participação nessa região com a mEc, que também atua em conjunto aos VCAN.

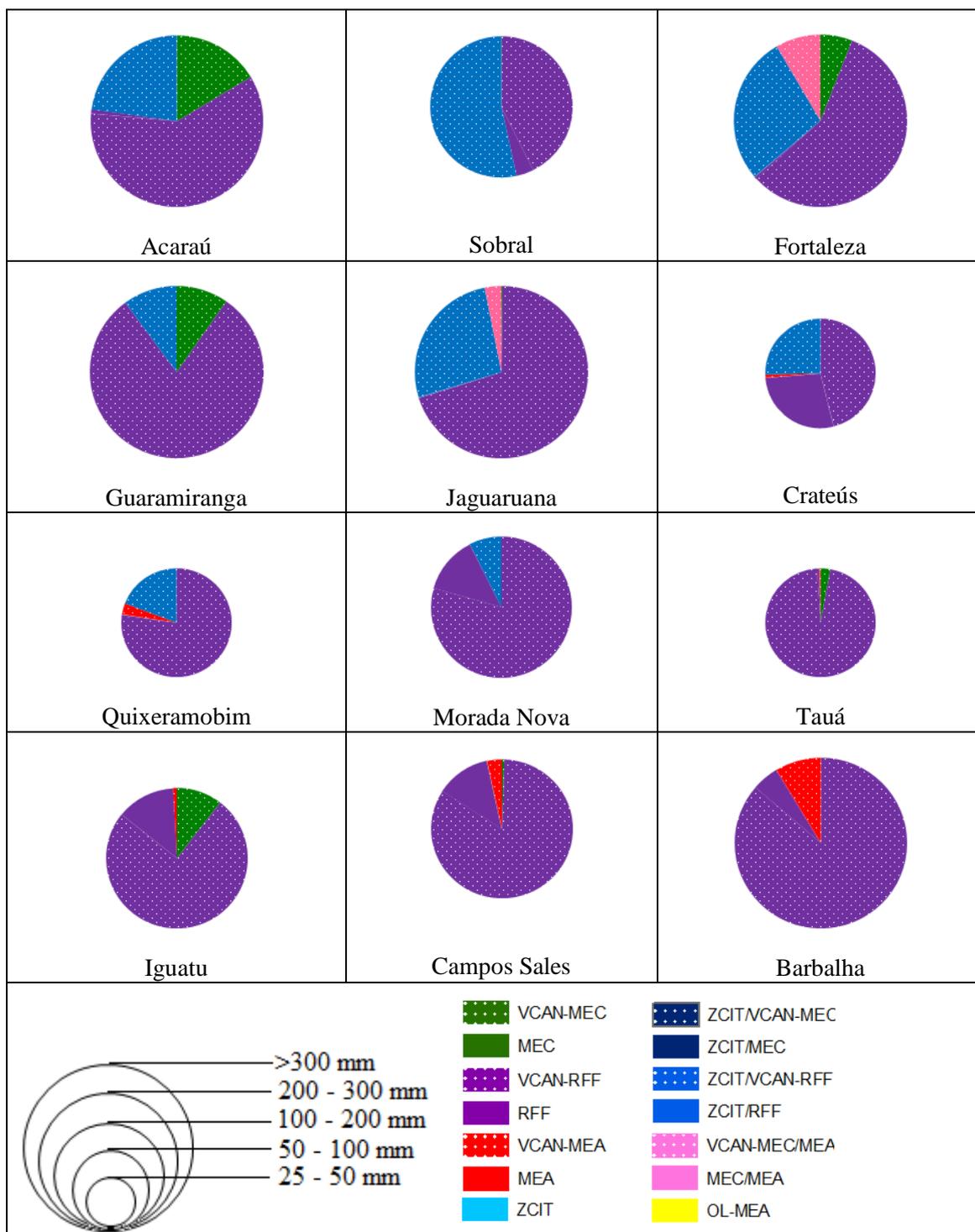
A mEc, atua no norte, adentrando pela porção oeste do Ceará, região onde apresenta maior participação. Em alguns casos, o sistema tem sua dinâmica em conjunto com a mEa, neste caso em áreas mais próximas ao litoral, região de gênese territorial da massa equatorial. Seja isoladamente, ou a em conjunto a mEa, o sistema esteve associado aos VCAN.

A mEa concentrou-se, em associação aos VCAN, na porção sul do Ceará, aproveitando ausência de sistemas convectivos, como a ZCIT e mEc, na região. Como já informado, em alguns casos esteve-se ainda associada a mEc, na porção nordeste do Ceará.

A nebulosidade para a região, a partir da Figura 56, diminuiu se comparada a janeiro. Concentrando-se mais intensa nas extremidades, porção noroeste, nordeste e sul do Ceará. A região central apresenta menor cobertura de nuvens, o que repercute em uma diminuição da precipitação.

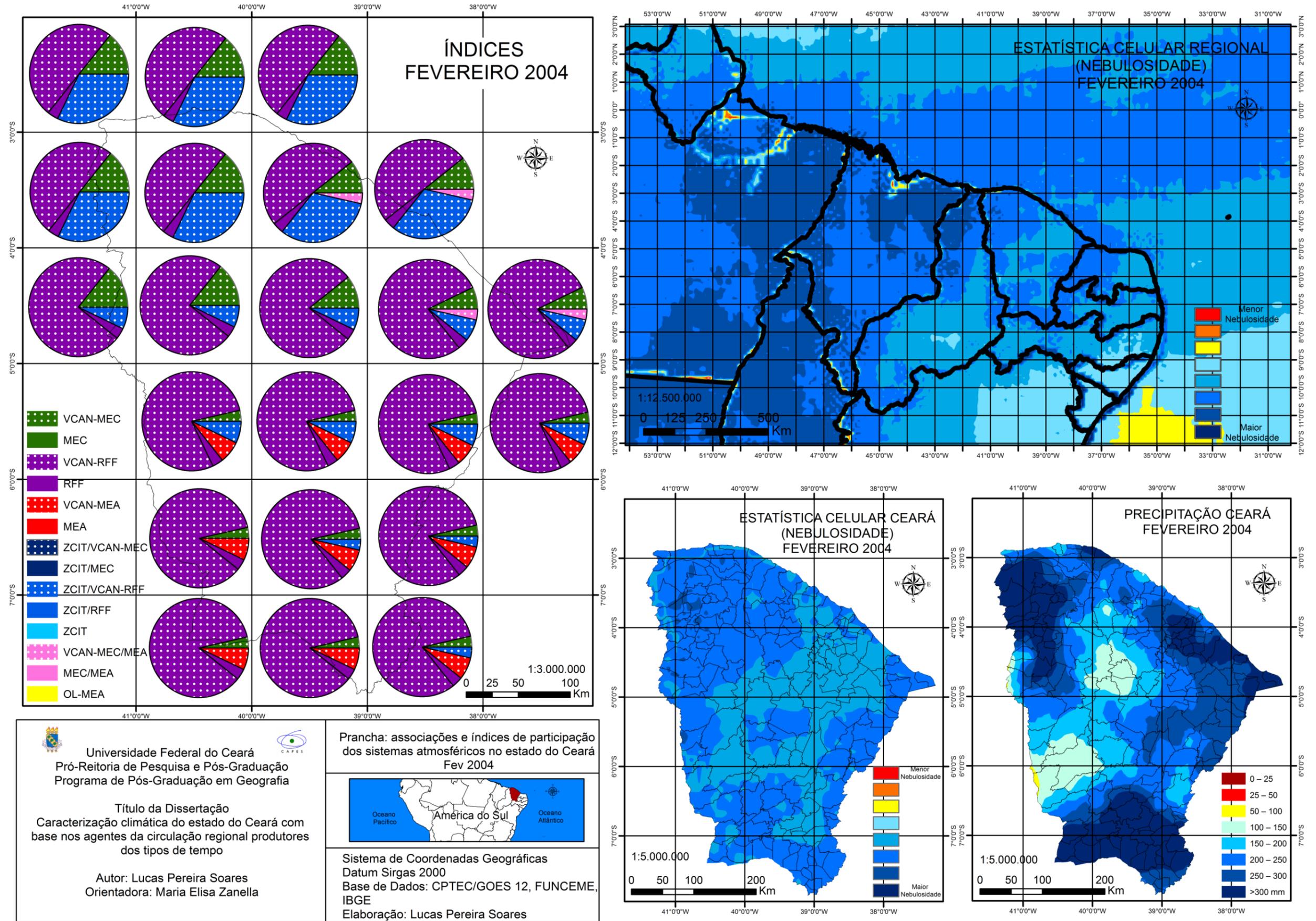
As chuvas concentraram-se principalmente no norte, associadas as relação VCAN-RFF e ao conjunto ZCIT/VCAN-RFF, e sul do Ceará, as precipitações são mais comuns a partir da dinâmica VCAN-RFF. Destaca-se pluviosidade mais abundante, superando os 300 mm, em Acaraú, Fortaleza, Guaramiranga, Jaguaruana e Barbalha.

Figura 55: índices de participação dos sistemas nas chuvas para fevereiro de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 56: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2004



*Março*

Com base na Figura 58, repete-se para março, algo visto nos meses anteriores, uma maior participação das RFF, em associação aos VCAN, nos tipos de tempo. O comportamento foi menor que aquele evidenciado no mês de fevereiro, porém maior do que o observado para janeiro, quando as RFF e os VCAN são habitualmente mais constantes. Em janeiro os VCAN associaram-se a todos os sistemas. Com a relação entre VCAN-RFF constante em todo o território, algo mais incomum para este período, reconhecidamente associado a participação da ZCIT.

A ZCIT, em relação aos meses anteriores, é mais constante e melhor distribuída no Estado. Desta vez o sistema apresentou maior participação atuando de forma individual. Como nos outros meses, quando atuou em conjunto aos VCAN, o sistema é mais participativo em sua região de gênese territorial, já na porção sul, apresenta-se de maneira episódica. A ação maior do sistema acontece na porção centro-norte, provocando inclusive uma diminuição do avanço de RFF para esta região do Estado.

A ZCIT associou-se, ainda, a relação entre VCAN-mEc, que consiste em uma nebulosidade conjunta oriunda da região amazônica integrada a banda de nuvens da zona de convergência. Essa associação foi mais constante no norte, com dinâmica também no sul do Ceará.

A mEc, que nos meses anteriores concentrou-se, sobretudo, no norte, agora devido a uma participação maior da ZCIT nessa região, é mais constante no sul do Ceará. Em todos os casos massa de ar esteve associada a vórtices ciclônicos.

A mEa é novamente um sistema de menor participação, concentrando-se no sul, associado aos vórtices, e assim como a mEc, tem seu avanço impedido no norte por conta da participação mais constante da ZCIT.

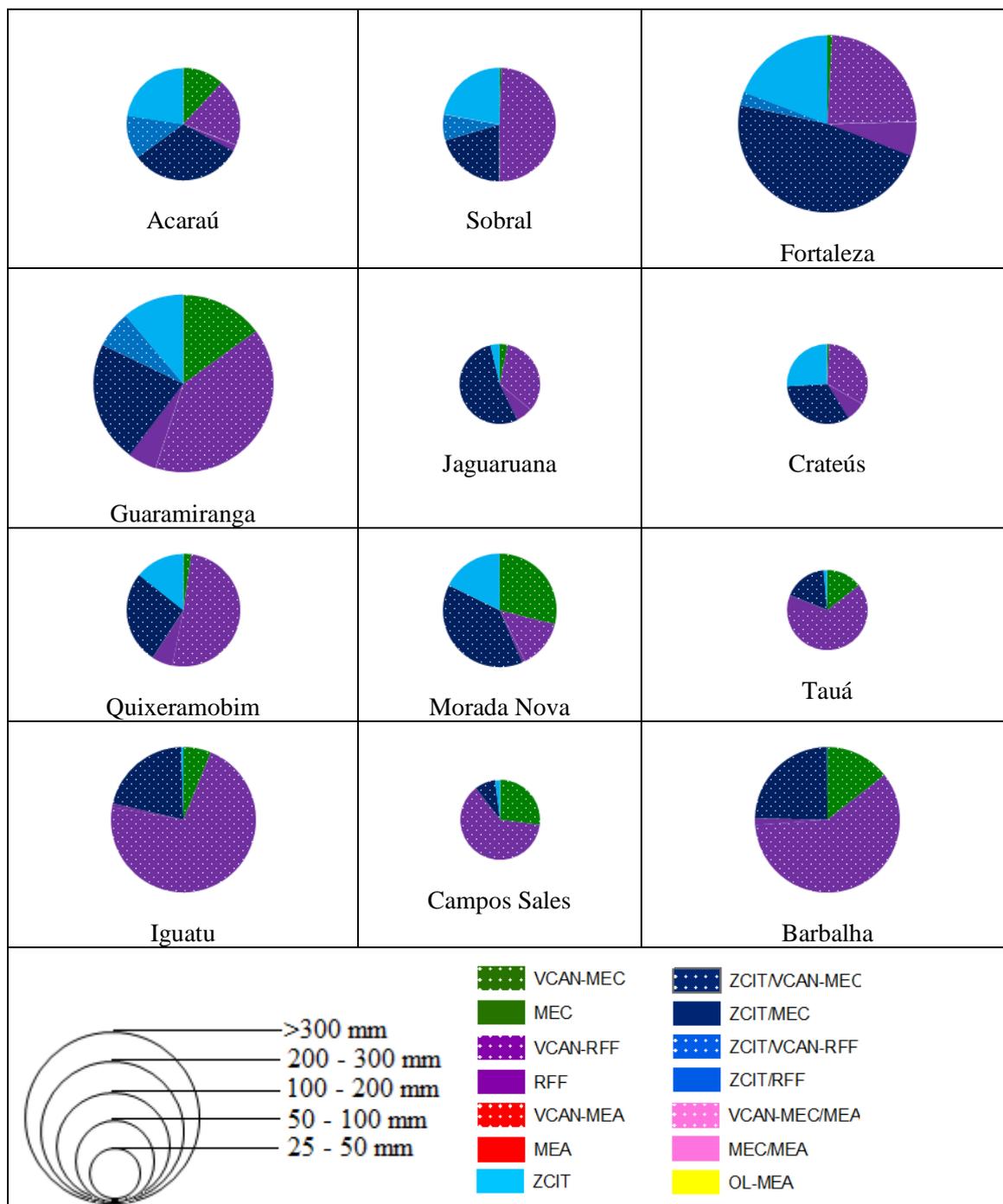
A nebulosidade para o período, como observado na Figura 58, mostrou-se parecida com aquela do mês de fevereiro, concentrando-se principalmente nas extremidades do Estado, no caso porção noroeste, norte e sul, com a região central mais desprovida de nuvens. A precipitação foi maior nestas regiões, destacando-se a porção sudoeste como aquela cuja chuva foi mais reduzida.

A ZCIT, isoladamente, teve maior participação nas chuvas de Sobral, Acaraú e Fortaleza, atuando com menores quantidades em outros postos, como aqueles localizados mais ao sul. Associada ao conjunto VCAN-mEc, a baixa equatorial

apresenta maior participação nas chuvas em todo o Estado, com maior participação na pluviosidade de Fortaleza.

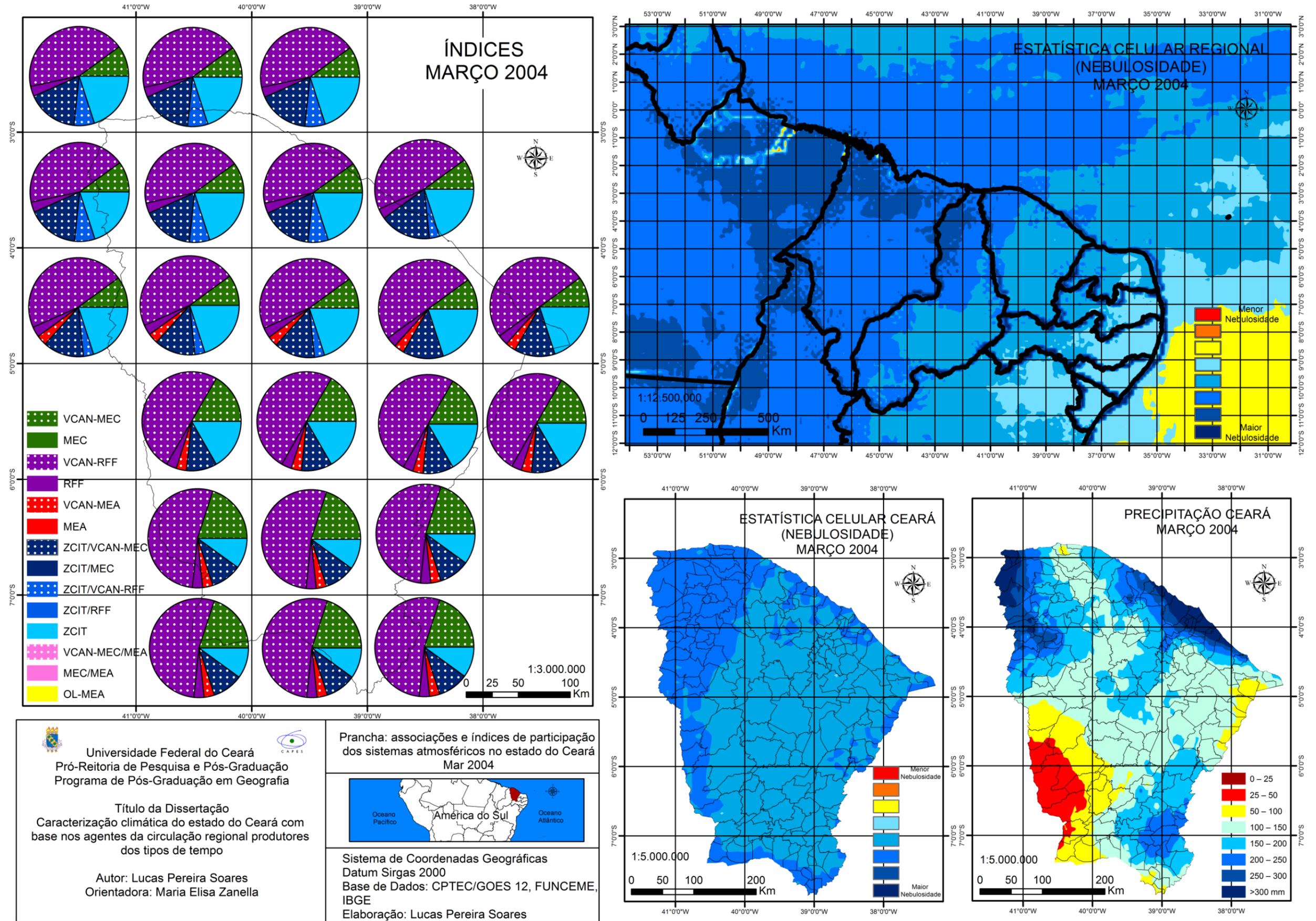
As RFF, em dinâmica com os VCAN, concentra maior ação nos postos de Barbalha, Iguatu, Guaramiranga e Fortaleza, neste caso elevando a quantidade de chuva no Ceará, principalmente nos limites sul e norte.

Figura 57: índices de participação dos sistemas nas chuvas para março de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 58: índices de participação dos sistemas para o mês de março de 2004



### *Abril*

O mês de abril, com base na Figura 60, é marcado por uma diminuição das RFF nos tipos de tempo, tem-se um incremento da participação da mEc, que aliada aos VCAN, foi constante em todo o território. Mesmo com índices elevados de participação, os VCAN tem neste mês, sensível diminuição em sua atuação, no caso provocada pela mudança de estação climática, visto que estes sistemas são mais característicos do verão.

Esse é o mês de maior participação da ZCIT nos tipos de tempo, sendo, assim como a relação VCAN-mEc, o principal sistema para o período. Atua de maneira isolada e constante em todo o território, porém de maneira habitual, diminui suavemente sua participação na região sul. O sistema encontra-se ainda associado ao conjunto VCAN-mEc, quando também apresenta-se de maneira homogênea no Estado.

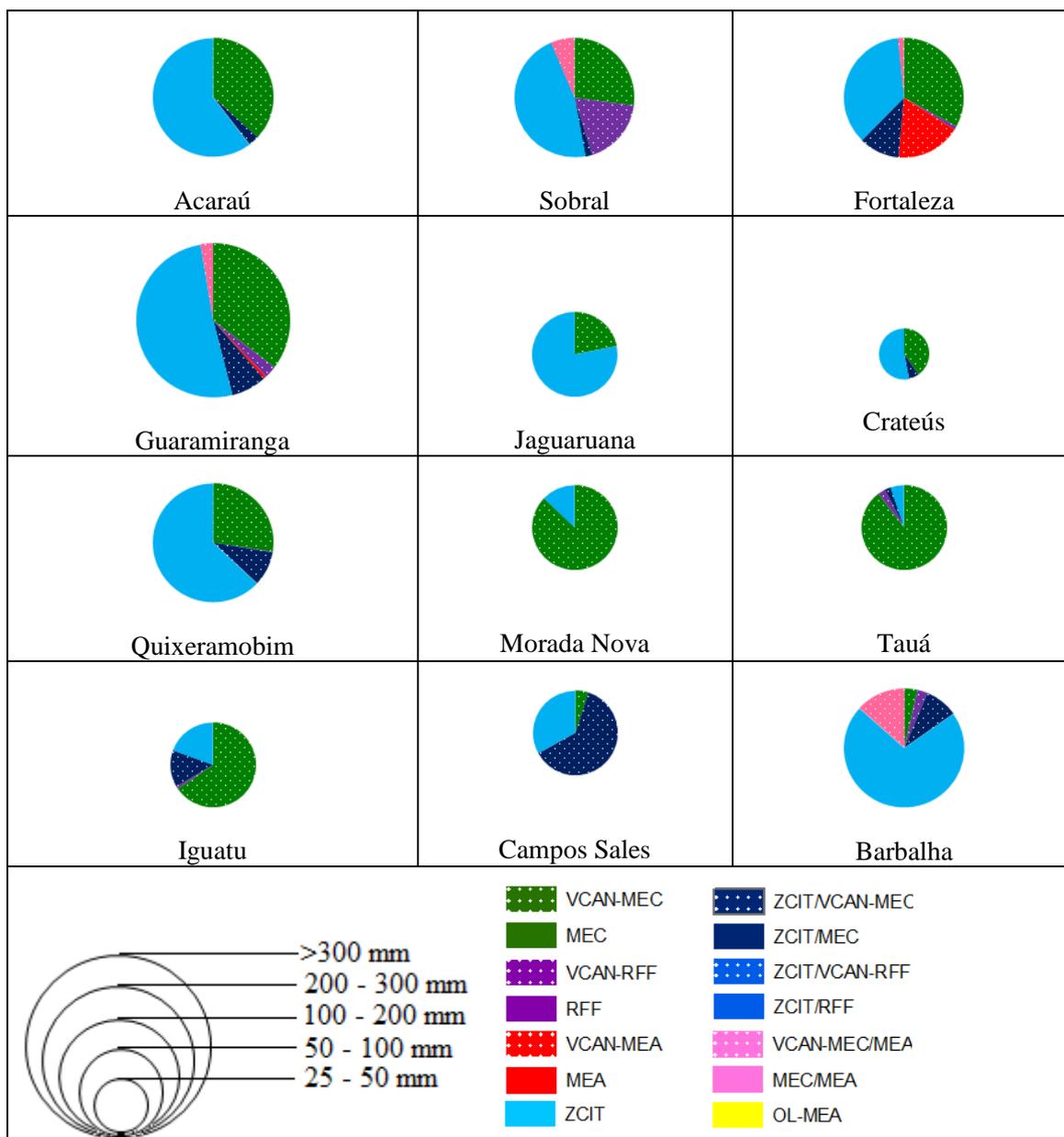
Para abril, tem-se o início, mesmo que tímido, de uma maior participação da mEa nos tipos de tempo, algo que será intensificado nos meses seguintes. A massa de ar avança por quase todo o Estado de maneira episódica, visto que ainda tem-se o forte domínio da ZCIT, e da relação VCAN-mEc.

A nebulosidade sob a ótica regional, como mostrado na Figura 60, apresenta-se mais reduzida se comparada aos meses anteriores, tal fato ocorre pela diminuição da participação das RFF, e principalmente dos VCAN, que associados aos demais sistemas são responsáveis por intensa cobertura de nuvens na região.

A ZCIT, mesmo mais constante, atua sob seu ramo periférico na região, é o principal sistema responsável pela precipitação, porém já se encontra no rumo para o hemisfério norte, fato que reflete diretamente na precipitação. Apesar dos registros de maior pluviosidade associado ao sistema, a quantidade de chuva é inferior ao observado nos três meses anteriores, algo que mostra-se deficitário, visto ser abril é o mês mais chuvoso para o Ceará.

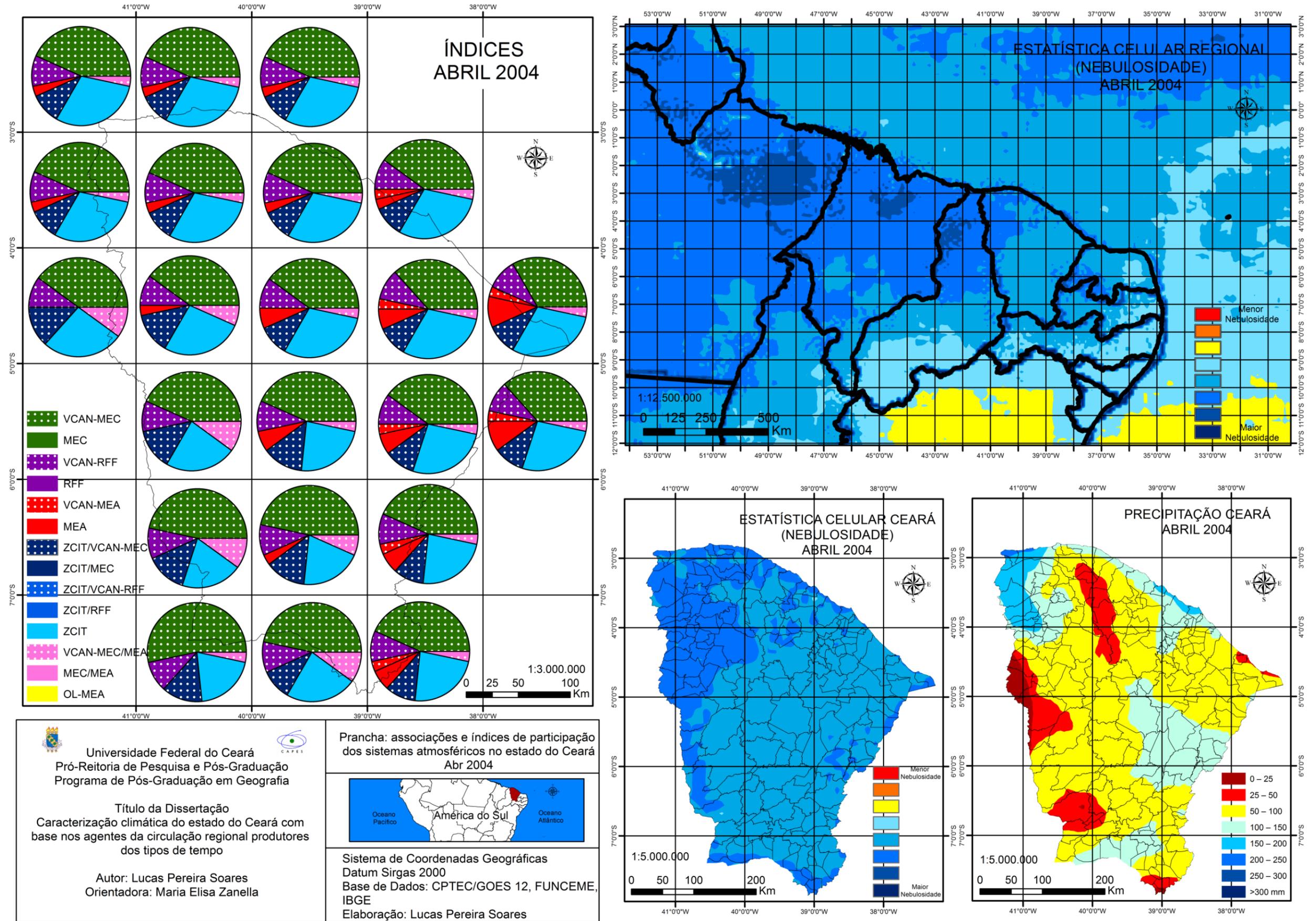
A ZCIT é responsável por maiores chuvas em Guaramiranga, Fortaleza, Acaraú, Sobral, e mesmo na porção centro-sul do Ceará, com em Quixeramobim e Barbalha. A mEc, sob a interferência dos VCAN, foi outro sistema importante nas chuvas, entretanto, com quantidades menores. A massa de ar atuou em todo o Estado, sendo mais constante nas chuvas dos postos localizados, entre a porção norte e faixa ocidental.

Figura 59: índices de participação dos sistemas nas chuvas para abril de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 60: índices de participação dos sistemas para o mês de abril de 2004



## *Maio*

Para maio, como observado na Figura 62, a ZCIT não participa mais dos tipos de tempo, o sistema atingiu seu ápice e declínio já no mês de abril. Predomina para a região a participação mEc/mEa, com ambas as massas de ar apresentam-se constantes em todo o território.

A mEa atua sobretudo individualmente, porém apresentando episódios de maneira conjunta aos VCAN. É o principal sistema para o mês de maio, dado principalmente pela não participação da ZCIT, e por conta da proximidade do inverno, período marcado pela forte atuação da massa de ar nos tipos de tempo.

A mEc é o sistema mais comum em maio. Tem uma atuação balanceada, entre sua participação isolada e sob a influencia dos vórtices. Ressalta-se porém, que a mEc apresenta-se sob baixa nebulosidade, visto a proximidade do inverno, que é fator preponderante a diminuição da nebulosidade sob a região amazônica, ao mesmo tempo, neste período do ano, tem-se também uma diminuição da participação de vórtices ciclônicos, ambos os casos responsáveis por nuvens convectivas associadas a mEc.

As massas de ar ainda participam de maneira conjunta dos tipos de tempo, a partir da relação mEc/mEa, e sob a influencia dos vórtices ciclônicos, relação VCAN-mEc/mEa, com participação constante em todo o Ceará.

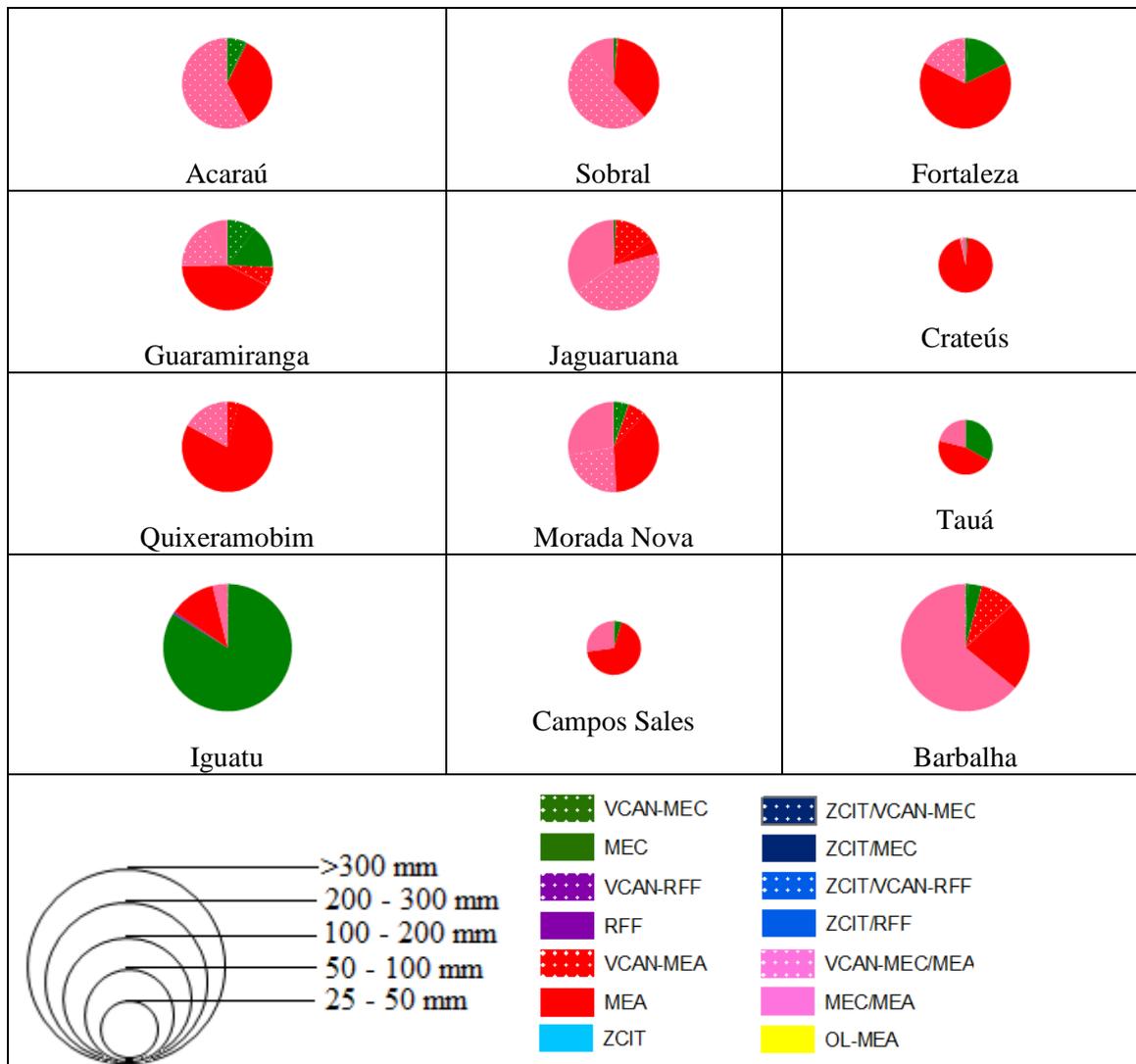
Assim como para a mEc, o inverno, ou a proximidade a este, representa um enfraquecimento da nebulosidade característica das RFF, neste caso, para maio, tais sistemas tem dinâmica episódica, diminuindo em muito a ação evidenciada durante os meses do verão.

Em maio, com base na Figura 62, observa-se uma diminuição da cobertura de nuvens sob a região, algo que já vinha acontecendo desde meados de abril. Essa diminuição da nebulosidade está associada ao enfraquecimento dos sistemas convectivos, que dependem principalmente do balanço de radiação favorável para se desenvolver, no caso a nebulosidade para o Estado é maior entre o final da primavera e o verão, diminuindo já no outono, alcançando valores muito baixos no inverno. Desse modo, essa diminuição da cobertura de nuvens, reflete diretamente na diminuição da chuva para região.

A precipitação manteve o declínio já evidenciado no mês de abril, no geral predomina pluviosidade associada a relação mEc/mEa, sob a interferência dos VCAN.

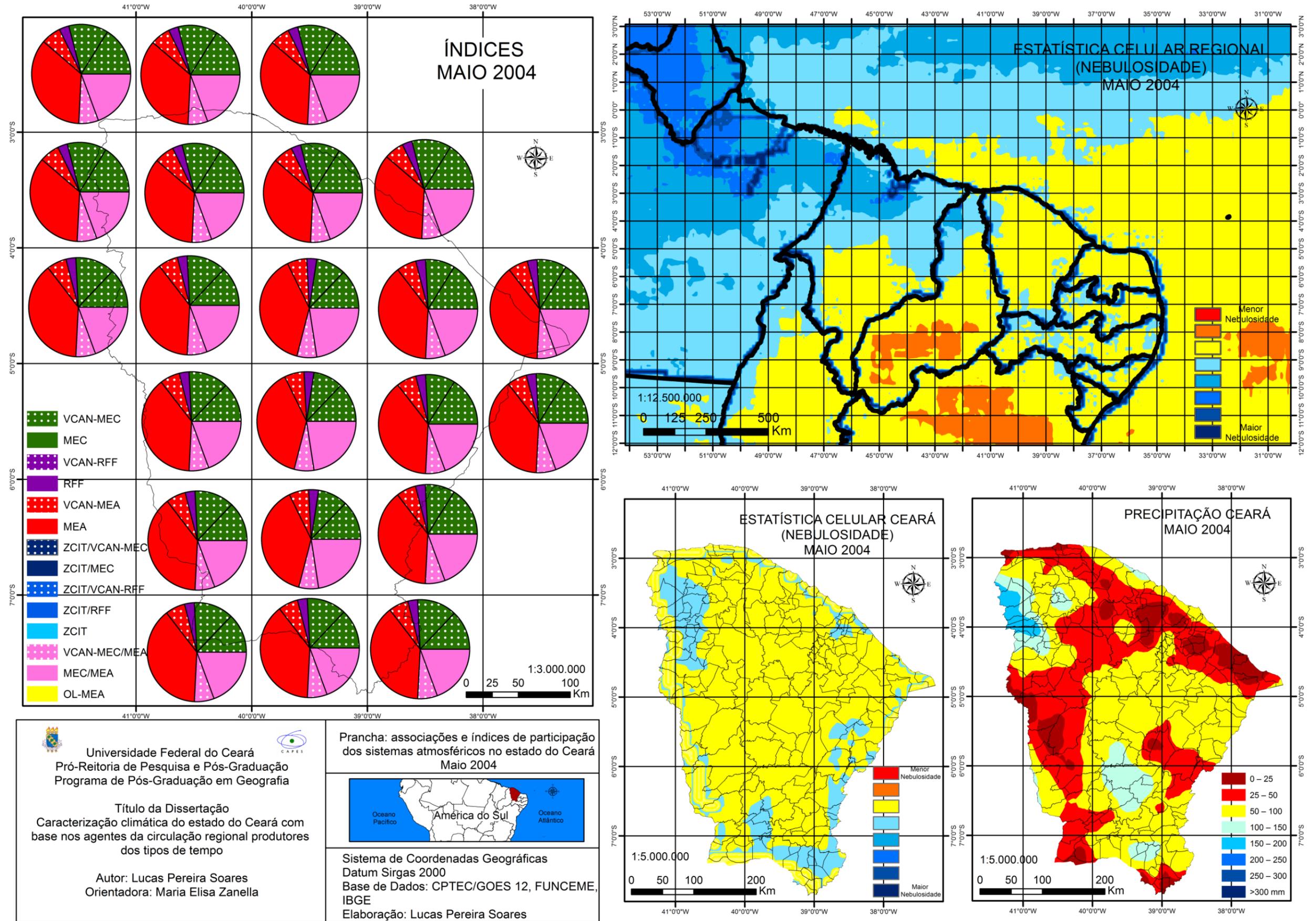
A mEa também é muito participativa, principalmente na porção centro-norte. No sul destaca-se o posto de Iguatu com maior participação da mEc nas chuvas.

Figura 61: índices de participação dos sistemas nas chuvas para maio de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 62: índices de participação dos sistemas para o mês de maio de 2004



*Junho*

Junho, como observado na Figura 64, é marcado pela ausência das RFF e dos VCAN, além de um forte enfraquecimento da participação individual da mEc nos tipos de tempo. Predomina para o mês a mEa, seja atuando em isolada, ou como distúrbio associado as OL.

As OL, sob o ramo de atuação da mEa, são os principais sistemas, responsáveis por nebulosidade mais intensa, nesse período de pós-quadra chuvosa. Tais ondas apresentaram-se com participação homogêneos em todo o Estado, porém sua nebulosidade mais intensa permaneceu nas proximidades do litoral, ou mesmo na região leste do Ceará, neste caso, devido as OL que adentraram a partir do litoral do Rio Grande do Norte e Paraíba, chegando a região já muito enfraquecidas.

A mEa apresenta-se sob todo o território, sendo mais constante no norte do Ceará. É um sistema cujo ápice de atuação acontece a partir deste mês, seguindo com forte participação nos meses da primavera.

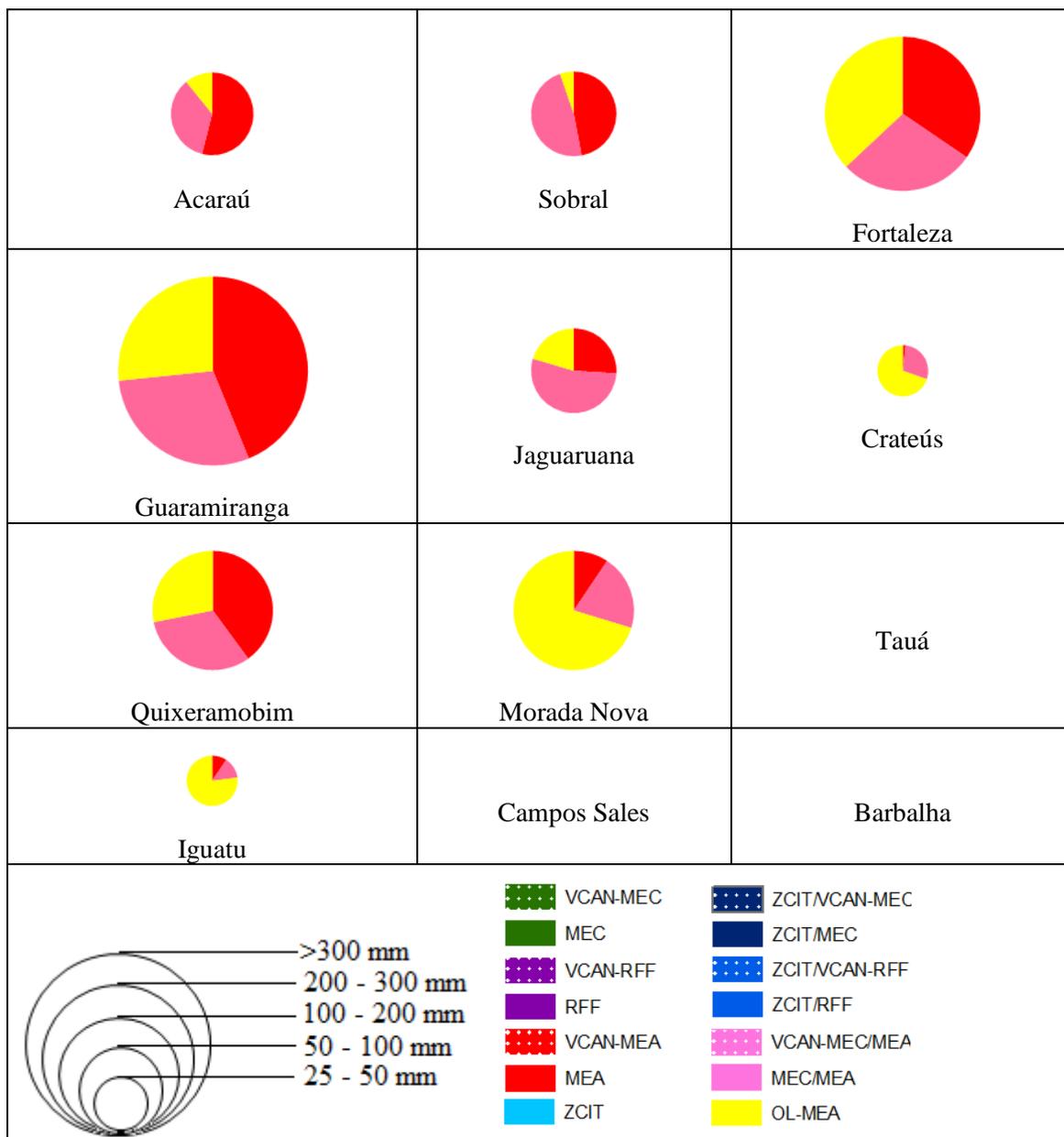
Devido ao enfraquecimento da cobertura de nuvens oriunda da Amazônia, e pela não atuação dos vórtices ciclônicos, a mEc é mais enfraquecida. A massa de ar não consegue avançar sob a mEa, neste caso a mEc vai de encontro a mEa, misturando-se e provocando uma associação entre ambas, no caso o conjunto mEc/mEa, que apresenta-se constante em todo o Ceará.

A nebulosidade na região continua reduzida, com tendência a ser ainda mais fraca durante os meses seguintes. A mEa e a mEc são responsáveis por nuvens estratiformes para o período, garantindo quantidade mais considerável de precipitação, como em Fortaleza e Guaramiranga.

A nebulosidade é maior associada aos distúrbios na mEa, neste caso as OL, que a partir de alguns episódios são responsáveis por uma maior cobertura de nuvens, causadora de chuvas mais intensas, como observado para região litorânea central do Ceará, destacando-se maiores precipitações em Fortaleza.

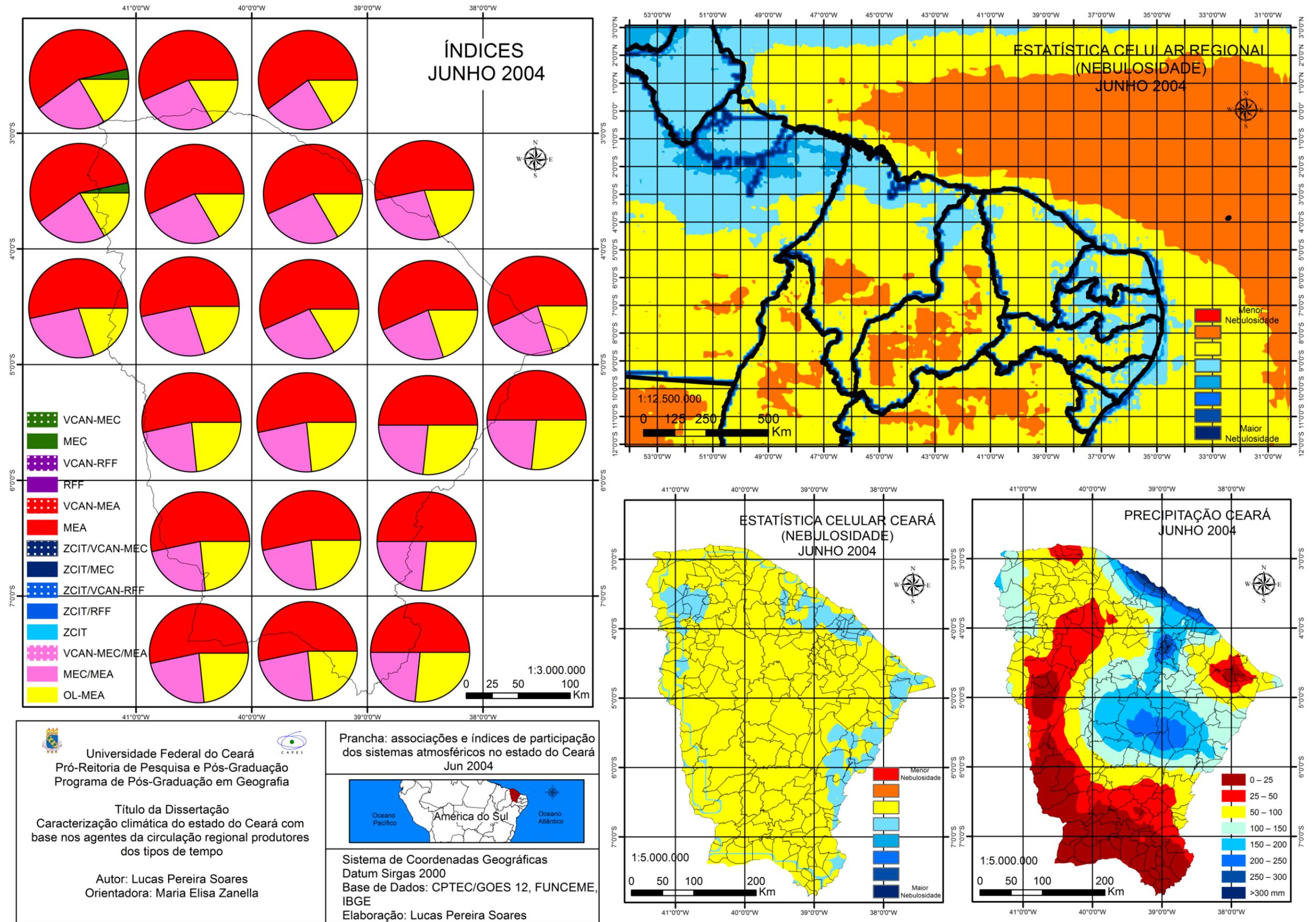
No sul do Estado, como em Tauá, Campos Sales e Barbalha, não foi registrada precipitação.

Figura 63: índices de participação dos sistemas nas chuvas para junho de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 64: índices de participação dos sistemas para o mês de junho de 2004



### *Julho*

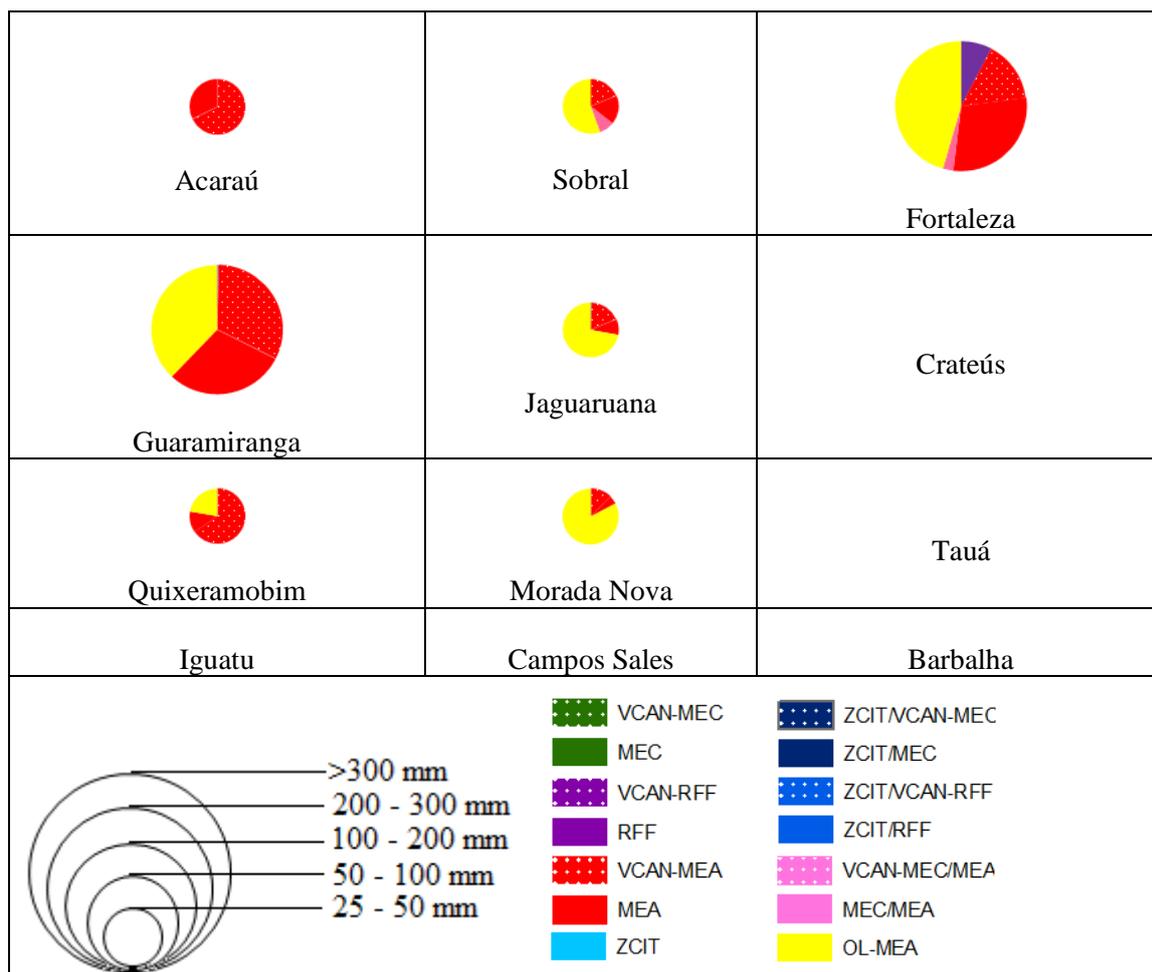
Julho é o mês de maior participação da mEa, como observado na Figura 66, sistema característico do inverno. A massa de ar é constante em todo o Estado, estando ela atuando isoladamente ou em associação as OL. É o principal sistema para julho, algo já observado no mês anterior, com tal dinâmica, perdurando durante os próximos meses.

Como sistema consorciado a mEa, tem-se as OL, que para julho concentram-se principalmente na porção oriental do Ceará, com destaque a região litorânea, quando tais sistemas são mais eficientes para precipitação. Em alguns casos, a mEa apresenta valores considerados de chuva, principalmente nas regiões litorânea e/ou com cotas altimétricas elevadas, no caso a massa de ar apresenta uma nebulosidade estratiforme, que difere daquela produzida nos distúrbios associadas as OL, quando a nebulosidade é provocada por cumulonimbus, que indicam uma instabilidade maior aos tipos de tempo.

De maneira episódica, tem-se ainda a participação dos VCAN nos tipos de tempo, neste caso aliado a mEa, garantindo uma nebulosidade estratiforme. O mesmo acontece para as RFF que são mais constantes na porção sul do Ceará. Mantem-se ainda para o período fraca atuação da mEc, que com nebulosidade reduzida, atua em comum a mEa, principalmente na porção centro-norte do Estado.

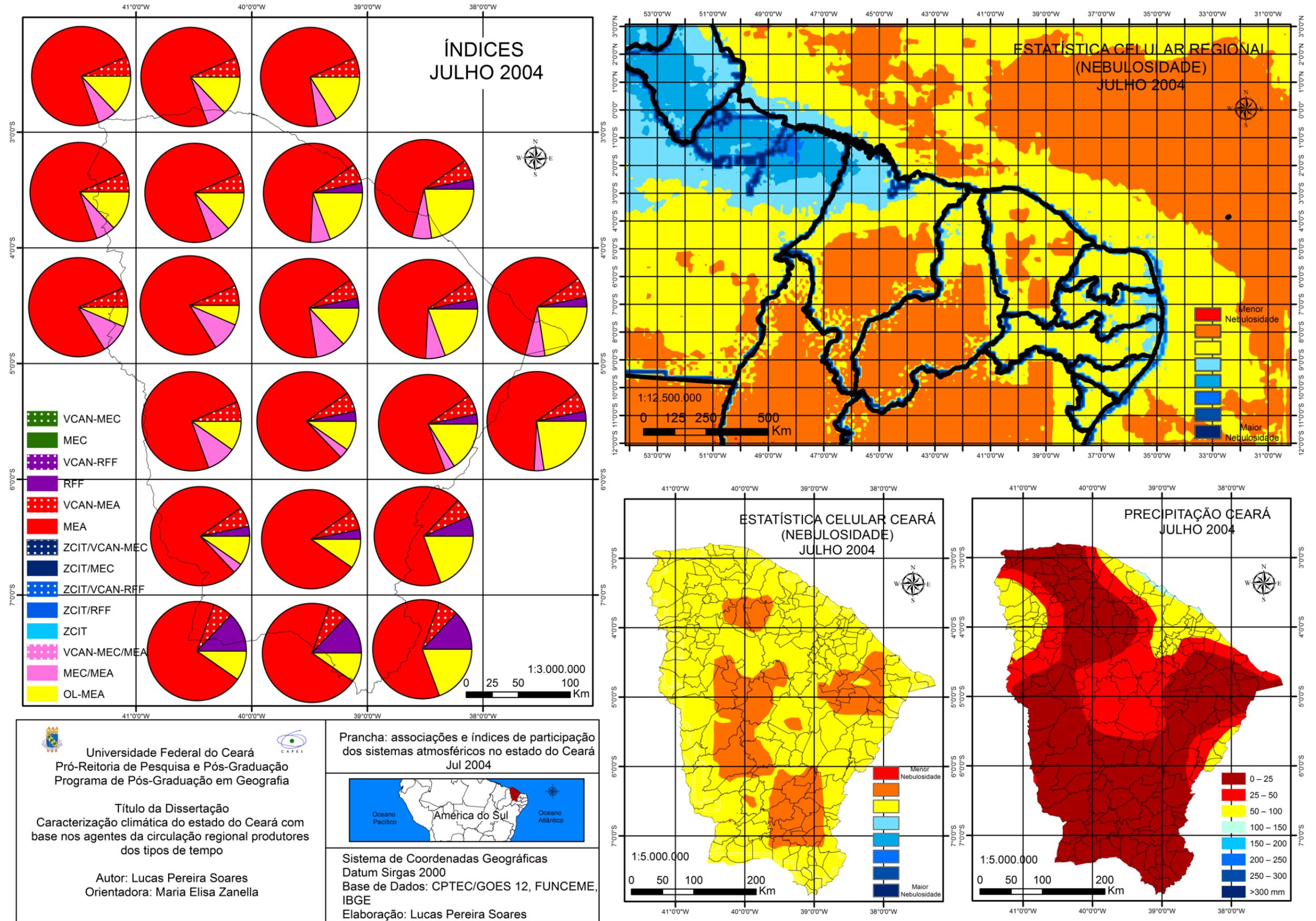
Quanto a cobertura de nuvens, com base na Figura 66, esta apresenta-se ainda mais reduzida. A atividade convectiva, foi mais característica na formação de cumulonimbus provocadas pelas OL, em associação a mEa, algo que garantiu maiores quantidades de chuva para a região litorânea do Estado, como observado, novamente, para o posto de Fortaleza e Guaramiranga.

Figura 65: índices de participação dos sistemas nas chuvas para julho de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 66: índices de participação dos sistemas para o mês de julho de 2004



*Agosto*

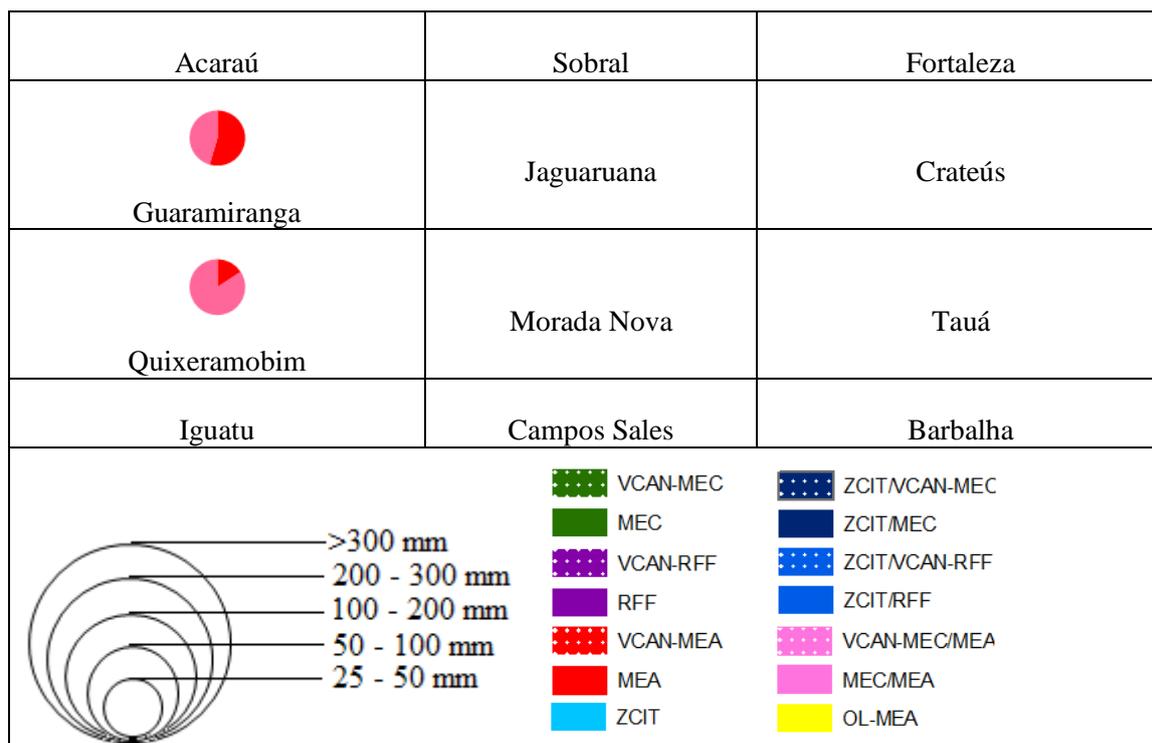
Em agosto, a partir da Figura 68, ainda é forte a participação da mEa, contudo a massa de ar tem participação mais reduzida se comparado aos meses de junho e julho. A mEa tende a se manter constante até setembro, visto que a partir de outubro divide sua atuação com outros sistemas que retornam a circular pela região, sendo estes a mEc e as RFF, que na maioria dos casos mantêm-se em conjunto com os VCAN.

A mEa é mais comum na porção centro-norte do Estado. Apresenta-se em alguns episódios associada aos VCAN, novamente concentrando-se no norte, o mesmo acontece para sua participação conjunta a mEc, cujos índices de atuação são maiores, quase equiparados a atuação isolada da massa de ar. Assim para agosto, destaca-se como principal sistema a mEa, seguida da relação entre mEa e mEc.

As RFF, concentram-se maiores índices que no mês anterior, indicando seu retorno, que será mais constante com uma participação maior dos VCAN, algo comum para meados da primavera. No caso, tais sistema apresentam-se, especialmente, na região sul, com alguns episódios avançando na porção ocidental do Ceará.

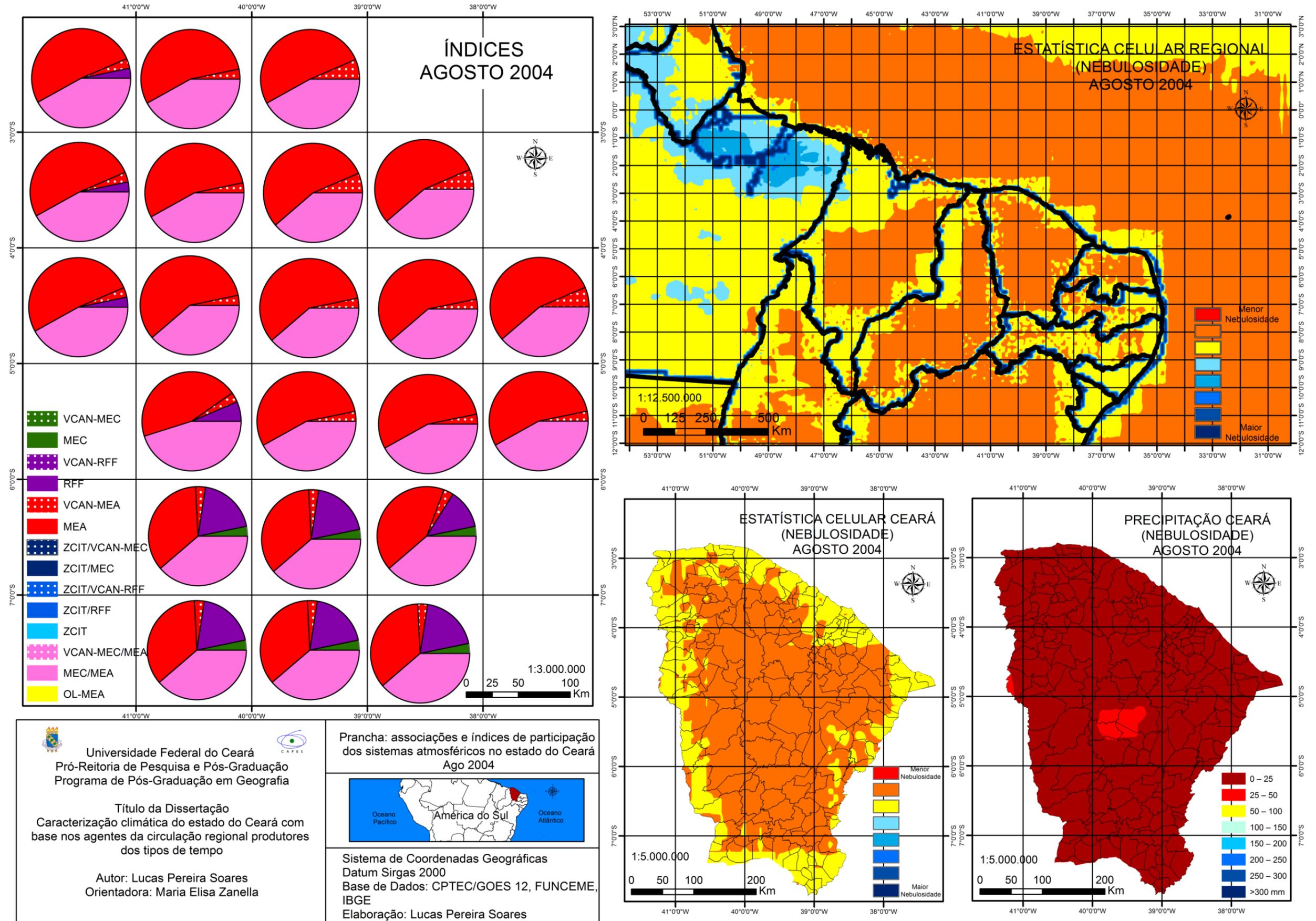
A nebulosidade para a região continua enfraquecida, como observado na Figura 68, algo habitual para o período do ano, visto ser o mês que apresenta ainda forte participação da mEa nos tipos de tempo, o que indica estabilidade atmosférica. Em alguns casos a massa de ar provoca precipitação, quando associada a condicionantes orográficas e marítimas, como observado para Guaramiranga neste mês de agosto.

Figura 67: índices de participação dos sistemas nas chuvas para agosto de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 68: índices de participação dos sistemas para o mês de agosto de 2004



*Setembro*

Para setembro, como observado na Figura 70, predomina a participação da mEa nos tipos de tempo, trata-se do último mês do inverno, assim a massa de ar equatorial tende a enfraquecer já para o mês de outubro, sob influência da primavera, facilitando a participação da mEc e das RFF, em conjunto aos VCAN.

A mEa tem forte concentração dos índices para todo o Estado, entretanto, é mais comum na porção centro-norte. Neste mês, a massa de ar avança menos sob o Ceará, se comparado ao mês anterior, visto um fortalecimento maior da mEc, que adentra mais no território cearense, assim impedindo que a massa equatorial adentre tanto ao continente, como visto nos meses anteriores.

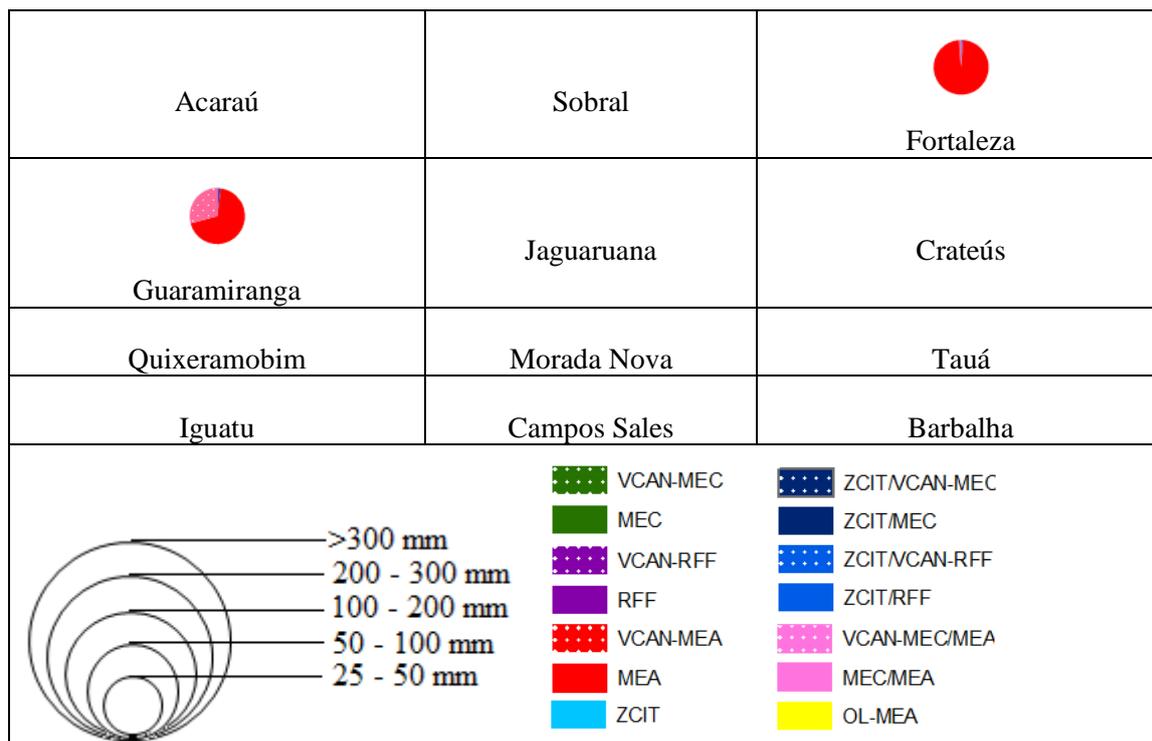
A relação entre mEc/mEa diminui, marcado por uma robustez maior da mEc, que se apresenta mais intensa para a região, no caso a mEa, mais enfraquecida, sucumbe a participação da mEc, retraindo-se ao oceano, e dessa forma garantindo uma participação isolada da massa de origem amazônica. A dinâmica entre mEc/mEa é marcada ainda pela entrada de vórtices ciclônicos, que neste período do ano, já apresentam-se mais constantes.

As RFF, mais uma vez, concentram-se especialmente na porção sul, porém se comparadas ao mês anterior, tem atuação melhor distribuída em todo o Estado. Os sistemas apresentam-se com baixa nebulosidade, contudo em uma crescente que tende a aumentar a medida que se aproxima o verão.

A nebulosidade, habitualmente, manteve-se reduzida. Os sistemas convectivos iniciam, já a partir deste mês, uma apresentação maior sob o território, entretanto muitos destes revelam-se apenas sob uma circulação característica, no caso a mEc, adentrando pelo oeste e as RFF pelo sul, apresentando nebulosidade fraca, sem caráter convectivo, nesse caso refletindo diretamente na falta de precipitação, como observado na Figura 70.

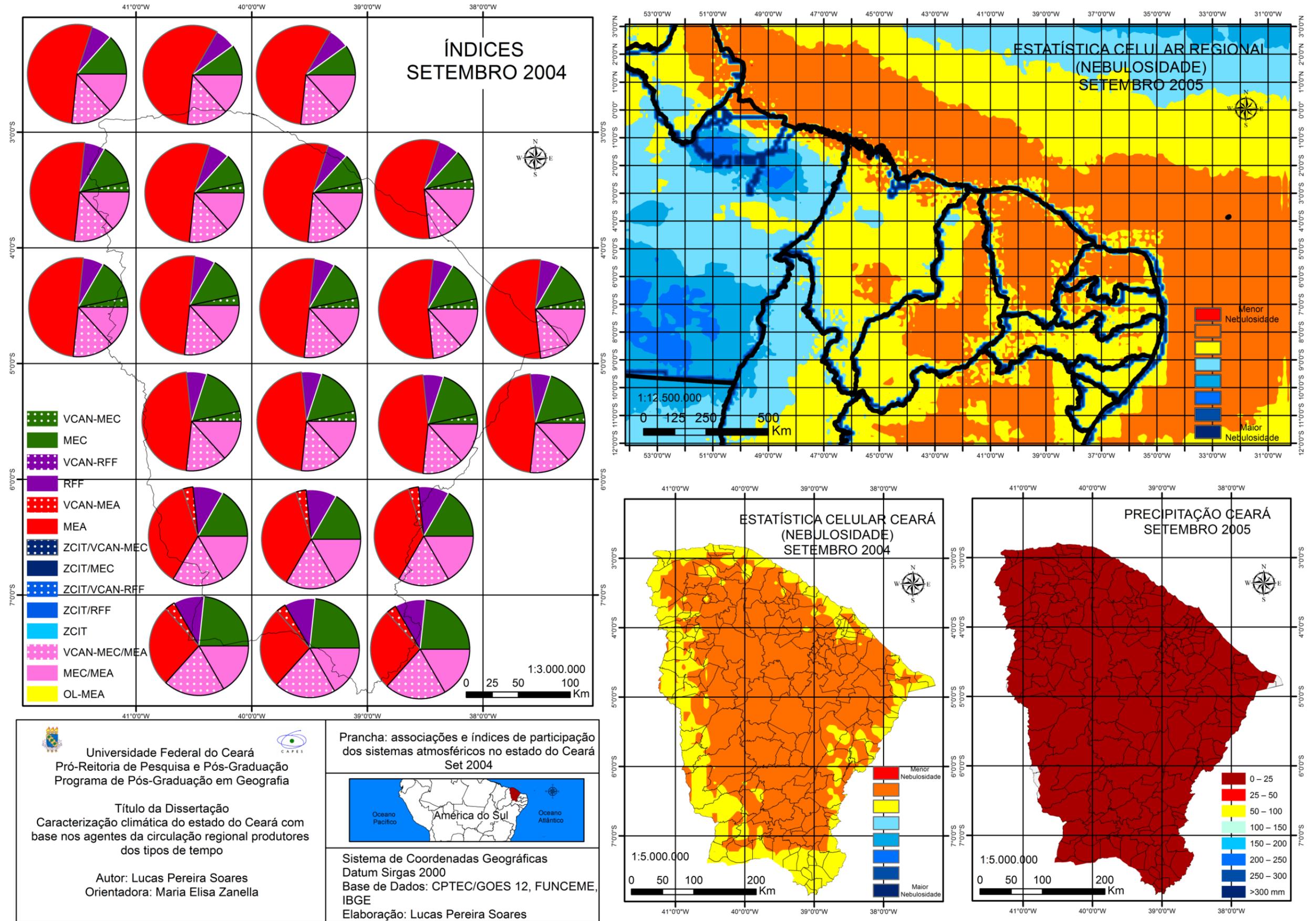
No que se refere a precipitação, em alguns casos a massa de ar tende a causar chuvas para regiões mais próximas do litoral como Fortaleza, bem como aquelas concebidas também por efeitos orográficos como Guaramiranga, porém tanto os VCAN como as RFF, atuam sob características secas, sem precipitações intensas, como observado na relação VCAN/mEa que apresenta valores mínimos de chuva para Guaramiranga, com uma relação aos efeitos orográfico e de maritimidade predominantes neste posto.

Figura 69: índices de participação dos sistemas nas chuvas para setembro de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 70: índices de participação dos sistemas para o mês de setembro de 2004



## *Outubro*

Em outubro, a partir da Figura 72, tem-se participação notável dos VCAN, que retornam em sua plenitude após o inverno. Tal sistema manteve-se associado principalmente a mEc, que relacionou-se com a mEa em grande parte do tempo, no caso formando o conjunto VCAN-mEc/mEa, cabendo ainda a relação VCAN-mEc bons índices de participação. A partir das associações com as massas de ar, os vórtices foram os principais articuladores dos tipos de tempo para a região, notabilizando-se por atuar constantemente em todo o território cearense.

A massas de ar, mEc e mEa, mantiveram ainda participação sem a influencia dos VCAN, algo também observado para as RFF, cuja participação foi maior atuando isoladamente. Em todos os casos os sistemas atuaram de maneira homogênea sob o Estado.

A mEa, individualmente, apresenta-se sob a forma de episódios, algo habitual, visto o retorno intenso de participação dos VCAN, influenciando diretamente a participação da mEc e das RFF, diminuindo assim o campo de atuação da mEa, que enfraquecida não consegue avançar sob a mEc, unindo-se a esta, cuja tendência é de fortalecimento para os meses seguintes.

A nebulosidade regional é mais robusta para o Ceará, como observado na Figura 73, continua baixa, visto que os sistemas apresentam apenas sua circulação habitual, a mEc adentra no Estado pelo oeste, e as RFF pelo sul. Mesmo com a participação dos VCAN, não se observa ainda forte nebulosidade, esta será mais comum apenas no verão. A primavera é uma transição, que exige uma participação maior da mEa nos tipos de tempo, facilitando a entrada dos sistemas de tendência convectiva para o verão. Assim as chuvas para a região mantém-se praticamente nulas.

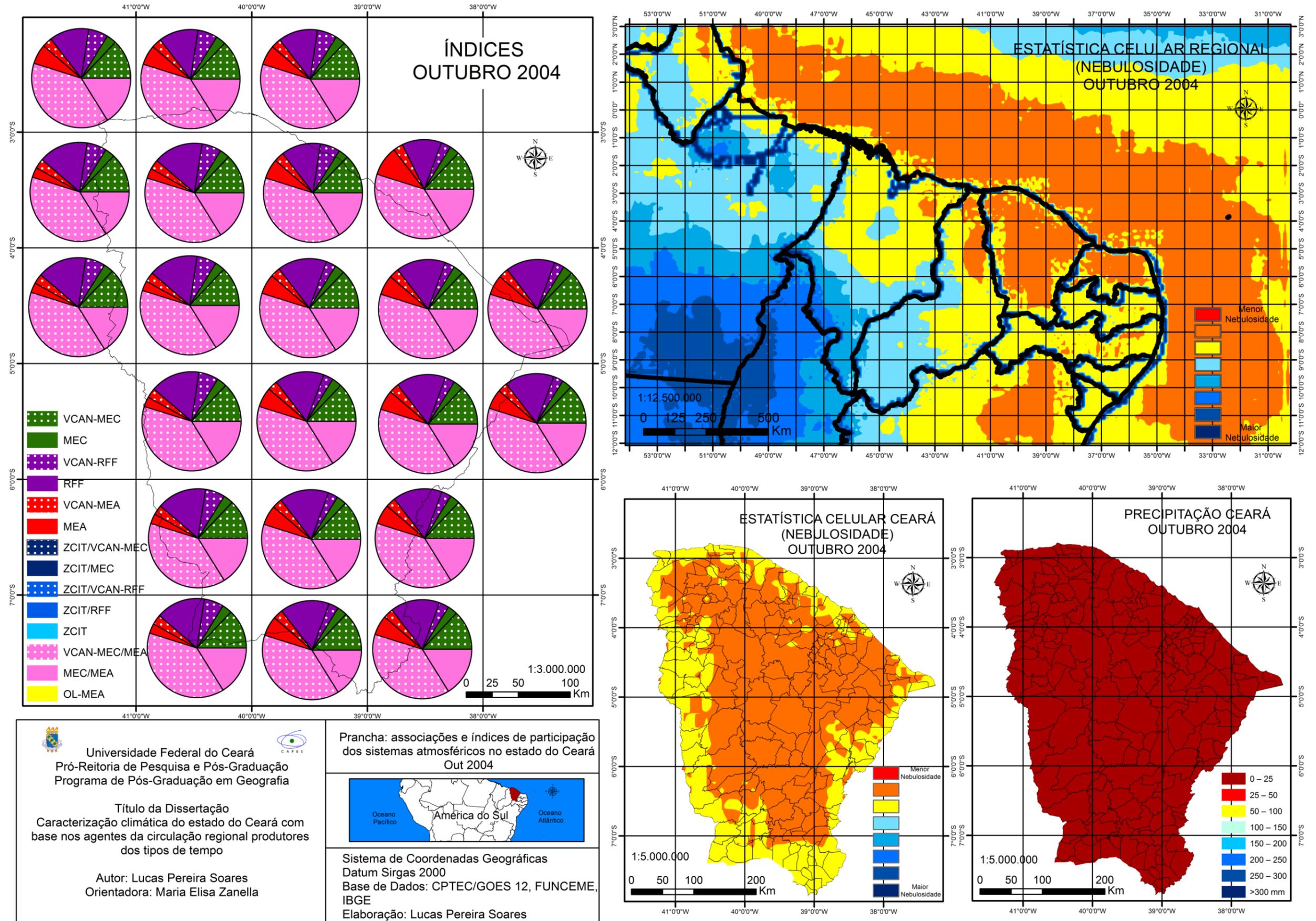
Ressalta-se, conforme a Figura 71, chuvas em Guaramiranga, associadas a mEa, as RFF e aos VCAN, neste caso devido ao fator predominante da orografia e dos ventos úmidos oceânicos.

Figura 71: índices de participação dos sistemas nas chuvas para outubro de 2004



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 72: índices de participação dos sistemas para o mês de outubro de 2004



*Novembro*

Em novembro há o domínio das RFF, aliada aos vórtices, algo observado na Figura 73. Para os mês anterior os VCAN mantiveram-se associados, principalmente, a mEc, adentrando pela porção oeste do Ceará, garantindo desta forma uma participação maior desta massa de ar, que aliada a mEa, manteve-se forte no mês de outubro. Em novembro, os VCAN agiram no fortalecimento da participação das RFF, adentrando pela região sul do Ceará.

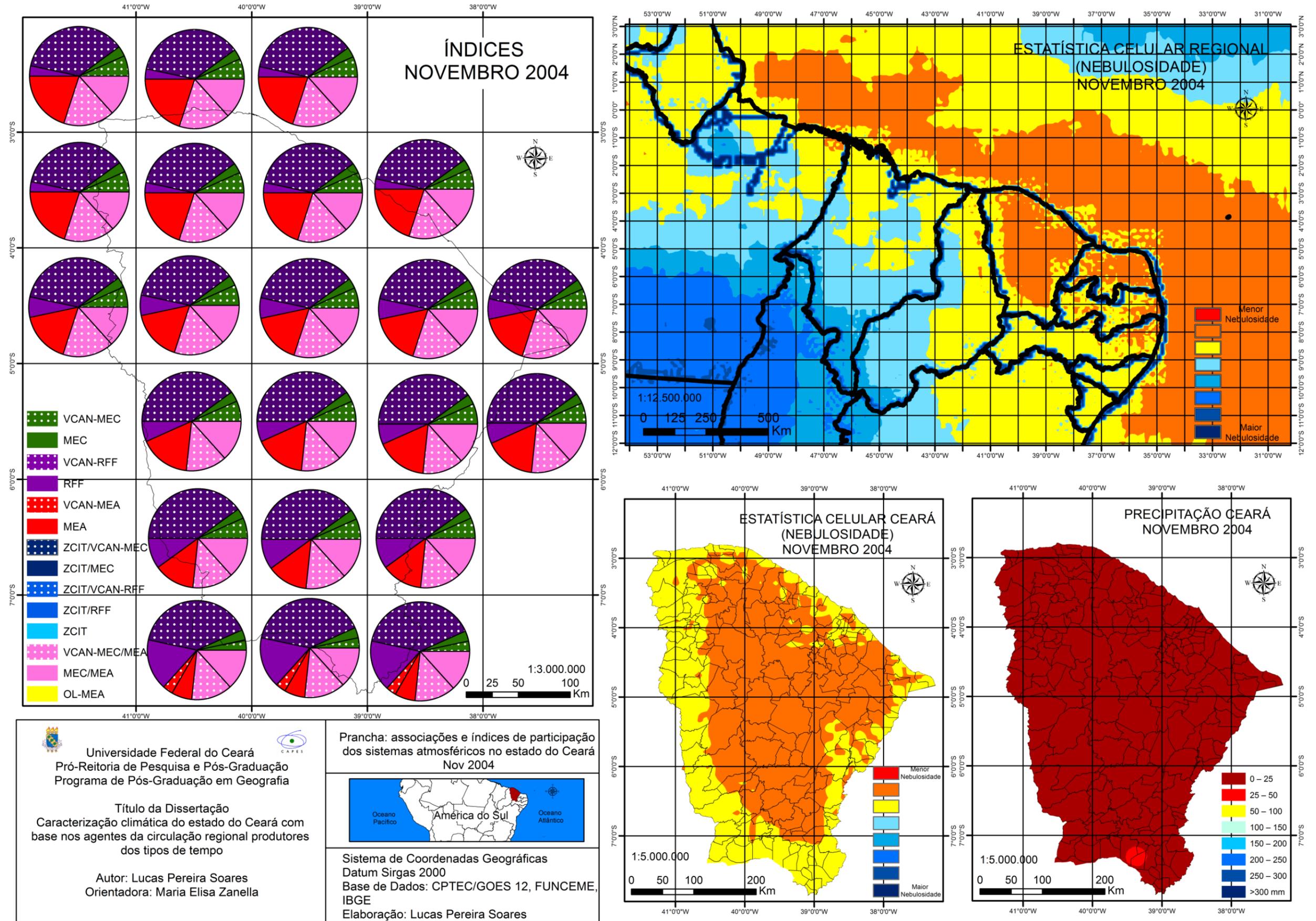
O conjunto VCAN-RFF mantem-se constante em todo o território, apenas as RFF, atuando de forma isolada, são mais comuns no sul do Estado. Ressalta-se que a forte participação das RFF, está diretamente associada ao incremento dos sistemas frontais que adentram pelo sul do Brasil, estes também são responsáveis por disparar a formação dos vórtices ciclônicos. Tanto os VCAN, com os sistemas frontais no sul, influenciam a mEc e as RFF, atuantes no Ceará para novembro, estes sistemas fortaleceram, sobretudo, a participação das RFF no Estado, diminuindo assim os índices referentes a mEc, que no mês anterior foram mais constantes aos tipos de tempo.

Na ausência de uma participação maior da mEc, a mEa, de maneira isolada, é mais comum a região, especialmente na porção centro-norte do Estado, diminuindo sua participação no sul, região de gênese das RFF. Atuando conjuntamente a mEc, a equatorial atlântica concentra, ainda, valores importantes de participação. Esta relação entre mEc/mEa, é influenciada pela ação de vórtices ciclônicos, com dinâmica bem distribuída em todo o Ceará.

A nebulosidade para a região, com base na Figura 73, apresenta o mesmo patamar do mês anterior, com os sistemas agindo, apenas, com circulação habitual sem nuvens de alto padrão convectivo. Algo que, novamente, repercute na falta de precipitação para a região. Os VCAN ainda apresentam características secas, sem influencia nas chuvas, quando associado ao deslocamento das RFF e da mEc.

Conforme o Figura 73, a mEa é mais constante no norte, enquanto que as penetrações associadas as RFF acontecem, principalmente a partir do sul do Ceará, provocando precipitação mínima para a região.

Figura 73: índices de participação dos sistemas para o mês de novembro de 2004



*Dezembro*

Para o mês de dezembro, como observado na Figura 74, os índices de participação dos VCAN são comparados aqueles identificados nos meses de janeiro e fevereiro e março, quando o sistema obteve seu ápice para o ano de 2004. Predomina agora, a relação deste sistema com a proximidade do verão, o que representa o período de maior participação deste.

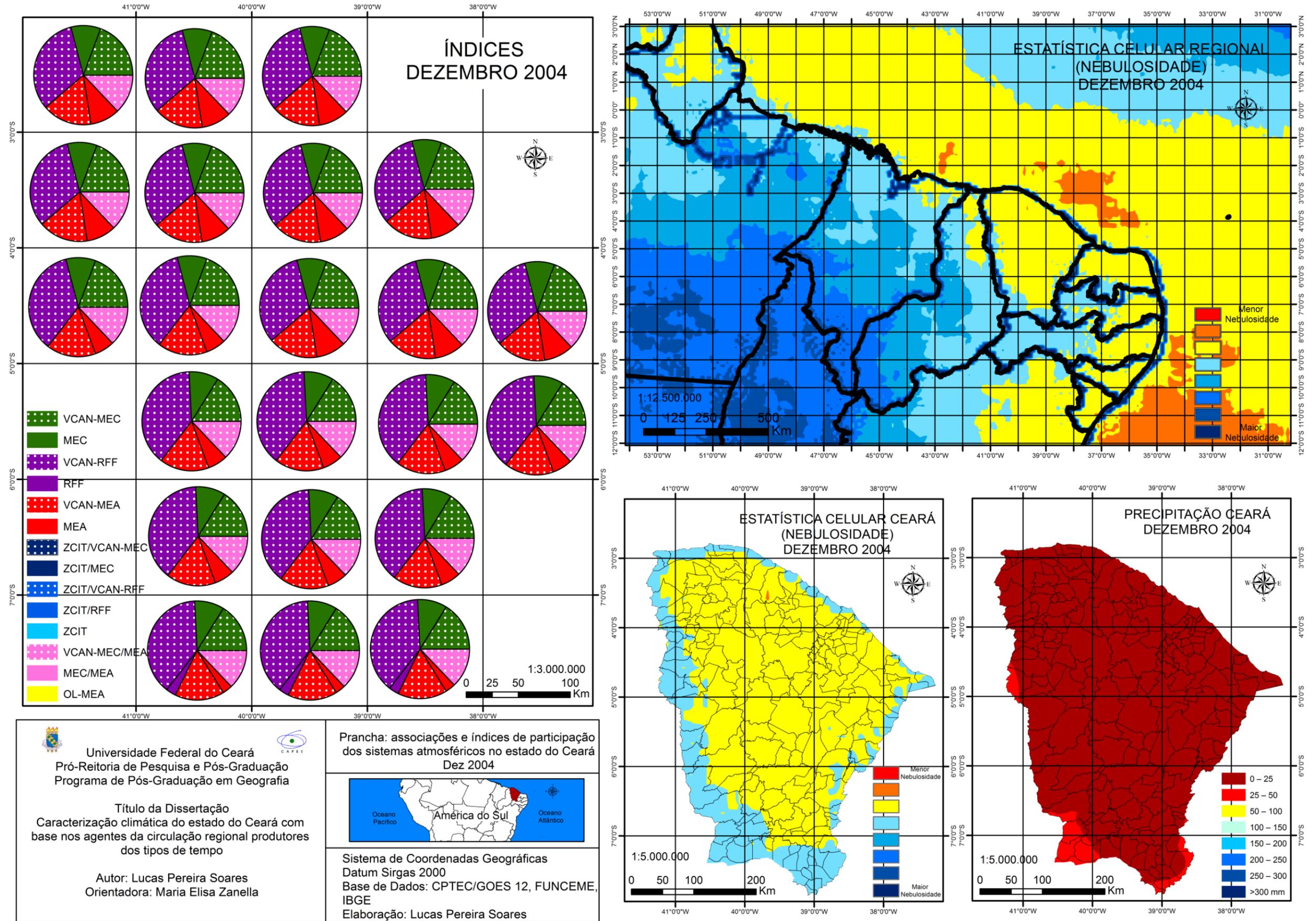
Os VCAN, assim como nos primeiros meses de 2004, mantiveram associação com todos os outros sistemas, com destaque novamente as RFF, sistema já fortemente relacionado aos vórtices no mês anterior. A relação entre VCAN-RFF foi comum em todo o Estado, com as RFF agindo isoladamente, apenas na porção sul e de maneira episódica.

A mEc, manteve boa participação de maneira isolada e sob a influência dos vórtices, concentrando-se homogeneamente em todo o Ceará. O mesmo para o conjunto mEc/mEa, que também manteve-se sob a influência dos VCAN.

A mEa, teve participação isolada, principalmente, no eixo centro-norte do Estado, nos demais casos o sistema manteve-se associado aos VCAN. O ramo periférico do vórtice, forma um distúrbio na região de atuação da mEa, nas proximidades do continente, sob o oceano. Neste caso há uma forte nebulosidade oriunda do VCAN, e no campo de avanço da mEa, cuja direção segue do oceano para o continente.

Há um aumento da nebulosidade para região, associada a proximidade do verão, que representa maior aporte de umidade para os sistemas convectivos como os VCAN, a mEc e as RFF. No caso, as chuvas mantiveram-se escassas, apenas a região sul, apresentou certa precipitação, porém reduzida.

Figura 74: índices de participação dos sistemas para o mês de dezembro de 2004



## Ano Padrão Chuvoso

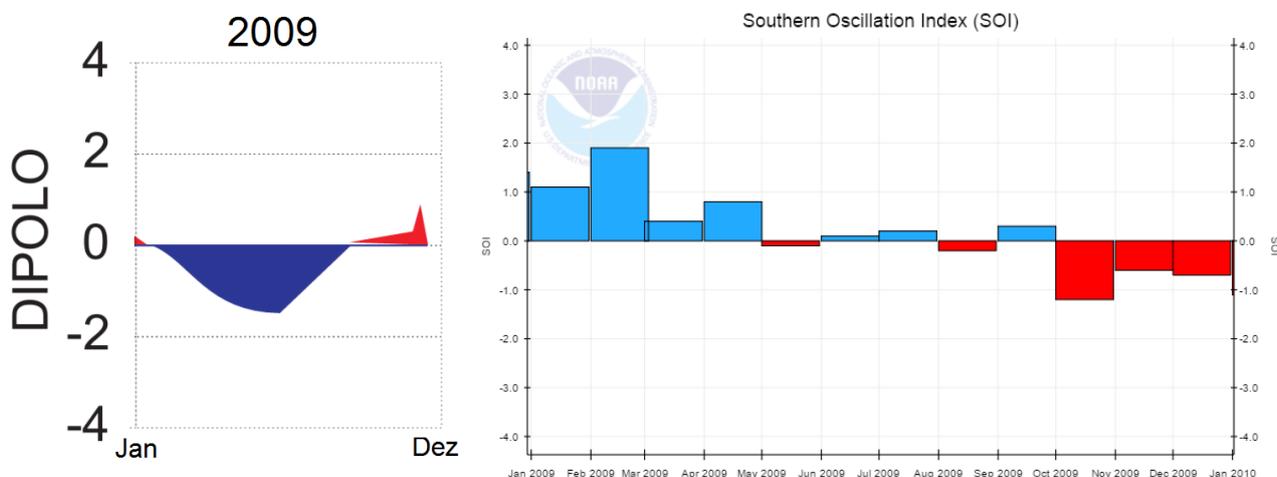
Como padrão chuvoso, o ano de 2009 foi controlado por uma dinâmica atmosférica com atuação constante dos principais sistemas atmosféricos atuantes no Ceará, no que se refere a escala anual, sendo estes a ZCIT, a mEa e as RFF, em conjunto aos VCAN, e as OL, a partir da mEa.

Essa participação tratada com maior detalhe, permite identificar um padrão das chuvas associado, principalmente, a forte atuação da ZCIT no primeiro semestre do ano, bem como uma intensa atuação da mEa para o segundo semestre. Os demais sistemas se encaixam entre a presença da ZCIT e da mEa no decorrer do ano.

Quando comparado ao ano seco, nota-se que a participação da mEa neste ano chuvoso é muito próxima da participação para 2005, assim o que caracteriza o ano seco não é uma participação mais ativa desta massa de ar, mas sim o enfraquecimento da ZCIT.

No que tange aos efeitos oceânicos, conforme a Figura 50, para o Atlântico o dipolo é classificado como negativo, assim favorável as precipitações, pois tem-se o deslocamento da ZCIT para posições mais meridionais, visto que as TSM mantém-se quentes para o Hemisfério Sul, conforme a Figura 51, o que fornece aporte de umidade para uma participação maior do sistema nos tipos de tempo do Ceará. No Pacífico destaca-se o fenômeno La Niña, assim com tendência a ser um ano chuvoso.

Figura 75: TSM do Atlântico Sul e Norte e índice SOI representativo das condições oceânicas do Pacífico para 2009. A cor azul significa mês com La Niña e a cor vermelha meses classificados como El Niño



Fonte: FUNCEME (2008), modificado pelo autor, e NCDC/NOAA (2015)

### *Variação Anual*

Com base na Figura 77, tem-se para 2009 maior participação associada a dinâmica da mEa, no período seco, e da ZCIT, durante o período chuvoso. Tal dinâmica é importante para região, visto que a mEa confinada, principalmente, no período seco indica que a nebulosidade durante a primeira metade do ano é intensa e assim, favorável a precipitação. Neste caso, com forte cobertura de nuvens associada a ZCIT, daí o sistema apresentar índices de participação maiores que aqueles evidenciados nos outros anos.

A mEc apresenta ainda, índices elevados de participação, sendo caracterizada como sistema oportunista, ao atuar intercalada a dinâmica da ZCIT, principalmente, quando a zona de convergência inicia seu retorno ao hemisfério norte, algo observado para o mês de maio.

A ZCIT atua em todo o Estado, porém sua representatividade é maior na porção centro-norte. As OL são constantes na região nordeste, neste caso adentrando, principalmente, pelo litoral. Já as RFF, com grande participação associadas aos vórtices, apresentam-se, sobretudo, no sul.

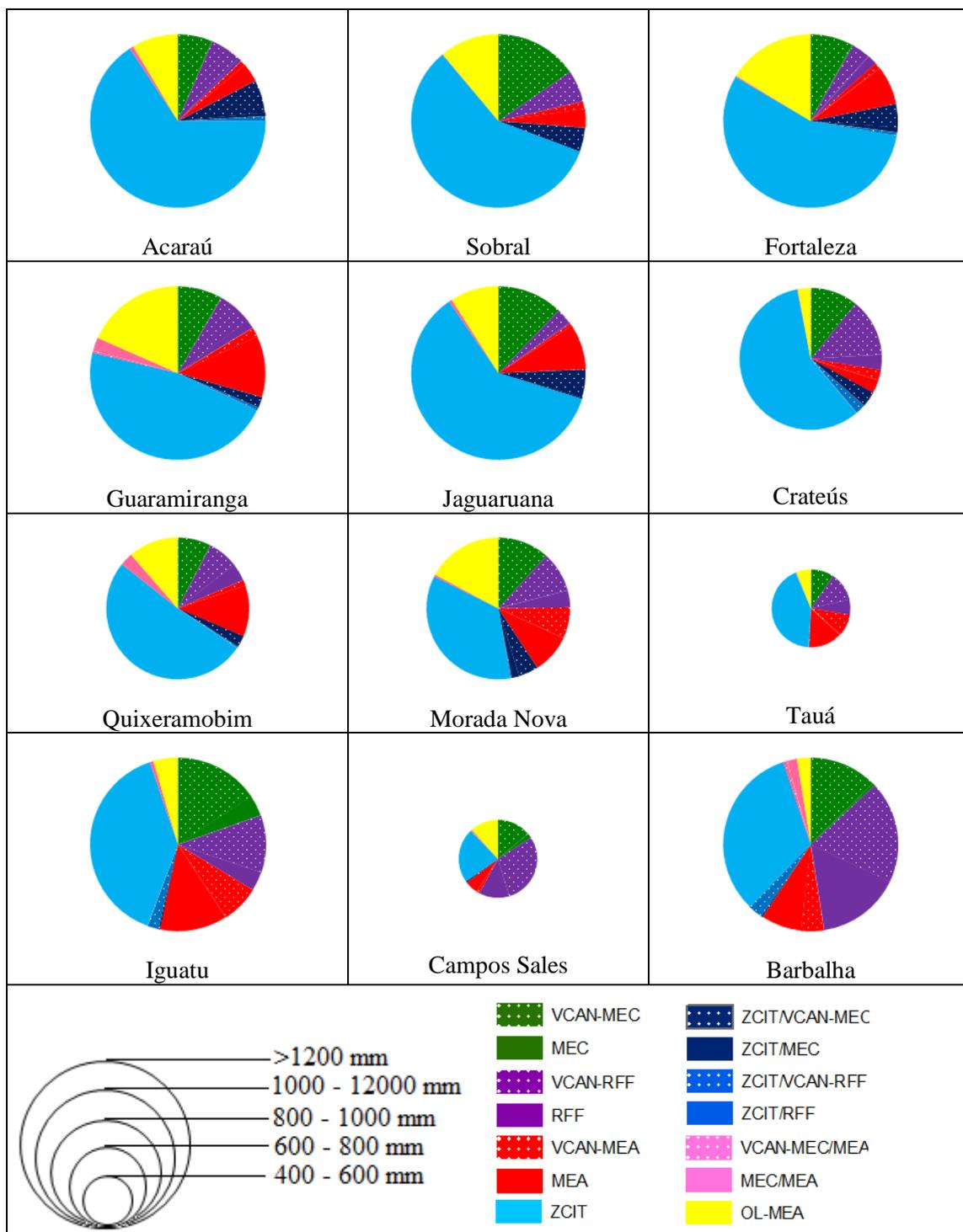
A mEa é o sistema que mais atua no ano, porém tem sua dinâmica concentrada principalmente durante a pós-quadra chuvosa e no período seco, assim não interferindo na dinâmica do primeiro semestre, neste caso indicando que nesse período houve forte atividade convectiva, que afastou a massa de ar equatorial da região.

É reduzido para 2009 a participação conjunta entre mEc/mEa, dado por maior convecção da mEc no primeiro semestre do ano, cuja instabilidade afasta a mEa da região, e mesmo pelo domínio mais acentuado da mEa para a segunda metade do ano, impedindo o avanço da mEc, que apresentando-se sob nebulosidade reduzida, não consegue avançar sob a massa equatorial.

Pela Figura 76, observa-se que a participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2009, notabilizou-se pela atuação intensa da ZCIT, a partir de quantidades elevadas de precipitação em praticamente todos os postos utilizados na pesquisa, porém diminuindo a medida que se avança para regiões mais ao sul, como observado para Campos Sales, que registra maior precipitação a partir da dinâmica do conjunto VCAN-RFF.

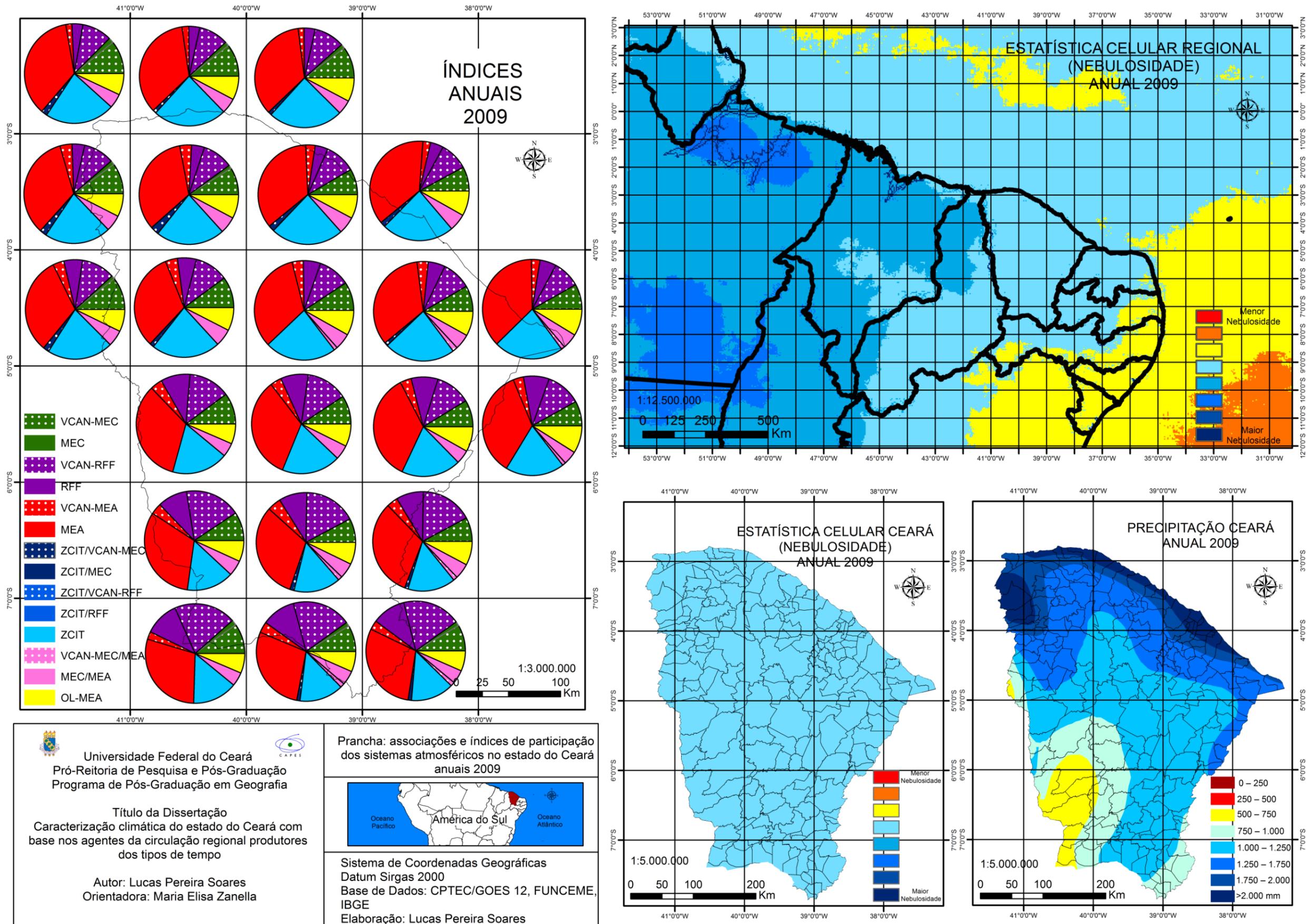
Este predomínio da ZCIT, com grandes quantidades de precipitação, suprimiu uma atuação maior das RFF e da mEc, que foram mais constantes em 2004 e 2005.

Figura 76: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o ano de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 77: índices de participação dos sistemas para o ano de 2009



*Janeiro*

Para janeiro de 2009, com base na Figura 79, tem-se para o Ceará uma participação mais balanceada dos sistemas, sendo estes as RFF, a mEc e a mEa, em todos os casos sob a influencia dos VCAN. Algo incomum, visto que nesse período a mEa apresenta-se mais fraca, e os demais sistemas mais constantes.

A mEa, individualmente, é mais atuante na porção centro-norte do território. A massa de ar é afetada pela influencia dos VCAN, que são responsáveis por causar distúrbios no campo de influencia da mEa, provocando em alguns casos nebulosidade mais acentuada, algo comum ao conjunto OL-mEa, atuante entre maio e julho, principalmente.

As RFF, atuam de forma isolada, do sul a região central do Ceará. Os demais momentos de ação do sistema são concebidos sob a influencia dos VCAN, o que garante maiores índices de participação em todo o Estado.

A mEc, também concentra índices de participação importantes, na grande maioria dos casos o sistema esteve-se associado aos VCAN, diminuindo sua participação apenas na porção nordeste do Ceará, quando há um domínio maior da mEa. A massa de ar apresenta-se em todo o território, com uma participação isolada, sem os VCAN, em alguns episódios.

A associação entre mEc e mEa também é comum, principalmente na porção nordeste do Estado, atuando com e sem a interferência dos VCAN.

Os demais sistemas, entre eles a ZCIT, apresentam-se de forma episódica, com sua participação, sobretudo, na porção norte, seja atuando de maneira isolada, ou a partir das associações com as RFF, a mEc e os VCAN.

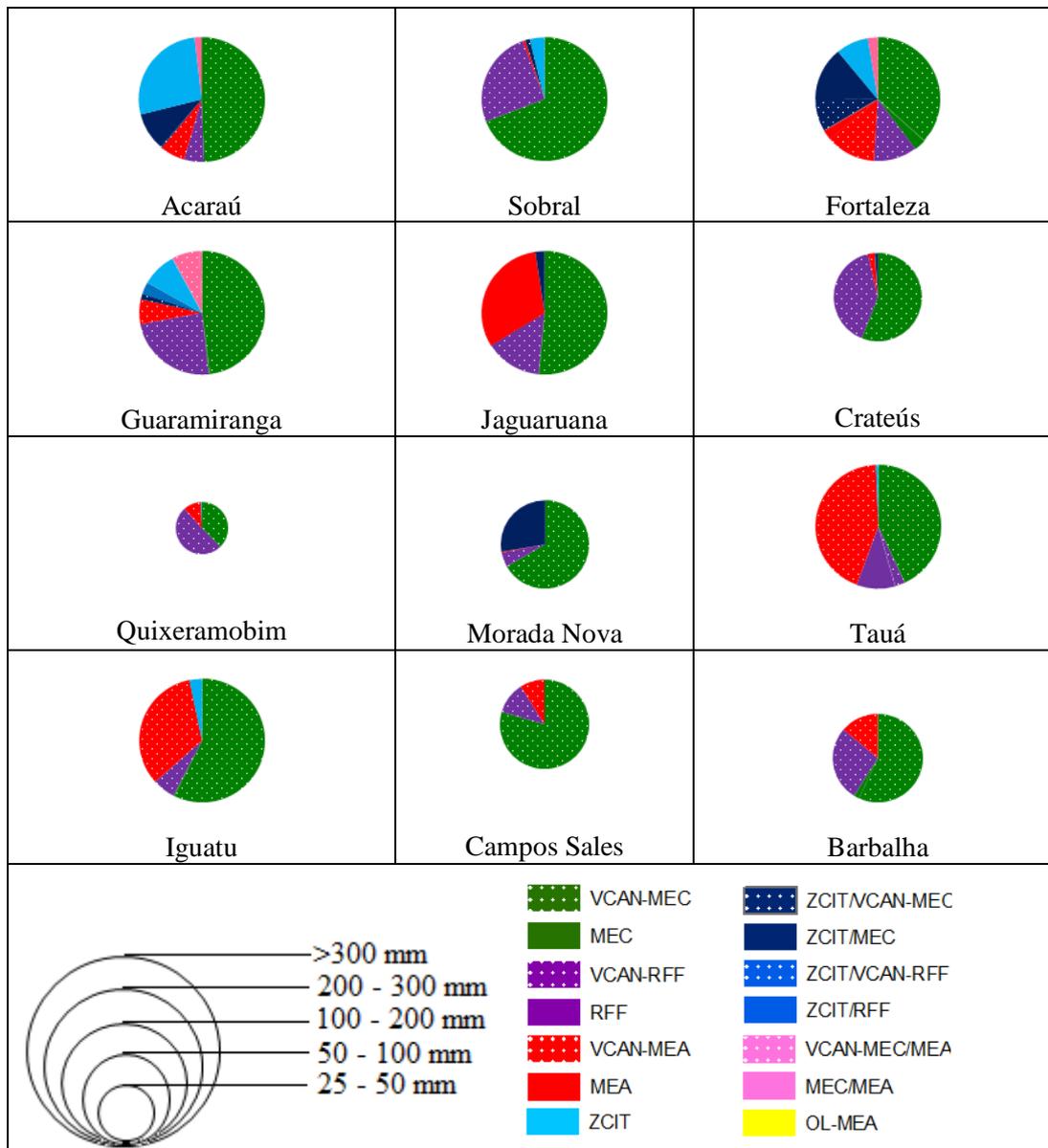
No que se refere a nebulosidade, com base na Figura 79, esta é maior na porção ocidental e sul do Ceará, associada ao avanço da mEc e das RFF, ao mesmo tempo que a região de menor nebulosidade sofre influencia maior da mEa.

O mês de janeiro concentra quantidades significativas de precipitação em quase todas as estações, destacando-se a participação da mEc, em conjunto aos VCAN, como principal sistema responsável pelas chuvas. Apenas os postos de Crateús e Quixeramobim registram pluviosidade menor.

No extremo norte, posto de Acaraú, tem-se a ZCIT atuando mais constante nas chuvas. Em Fortaleza, o sistema atua associada ao conjunto VCAN-mEc. Para a

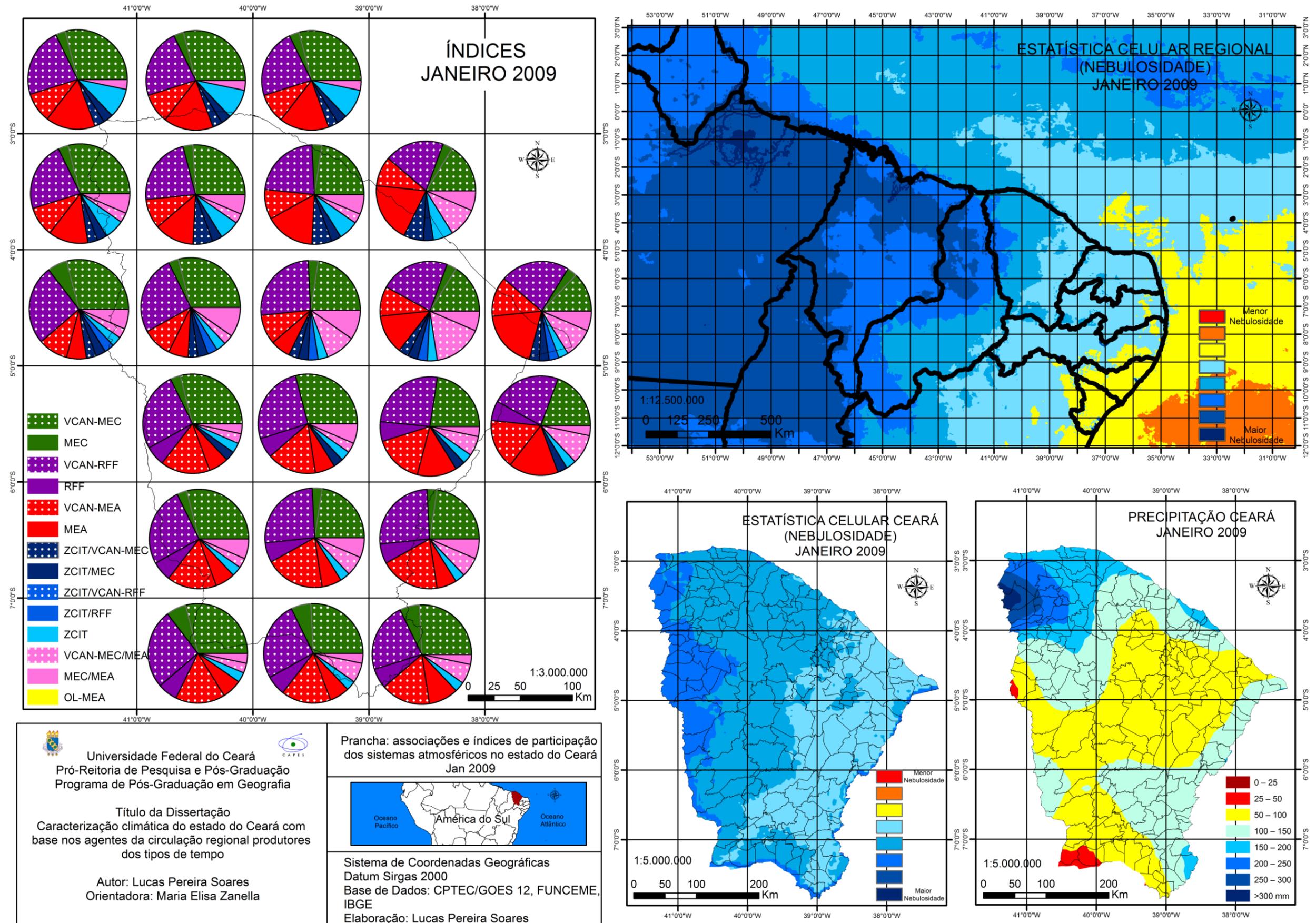
região centro sul registra-se boa participação da mEa nas precipitações. Sendo as RFF um sistema que participa das chuvas tanto na porção sul, como no norte.

Figura 78: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o trimestre janeiro de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 79: índices de participação dos sistemas para o mês de janeiro de 2009



*Fevereiro*

Para fevereiro, com base na Figura 81, há uma diminuição da participação da mEa, algo habitual, visto que tal massa de ar, comumente, é mais constante apenas entre o inverno-primavera. Há um maior domínio das RFF e da mEc, influenciadas pelos VCAN. Segue-se ainda de uma participação maior da ZCIT nos tipos de tempo.

A mEa concentra-se, principalmente, em sua região de gênese territorial no Ceará, ou seja porção nordeste do Estado. A massa de ar tem uma participação reduzida para a região, com sua intensificação, apenas a partir de junho.

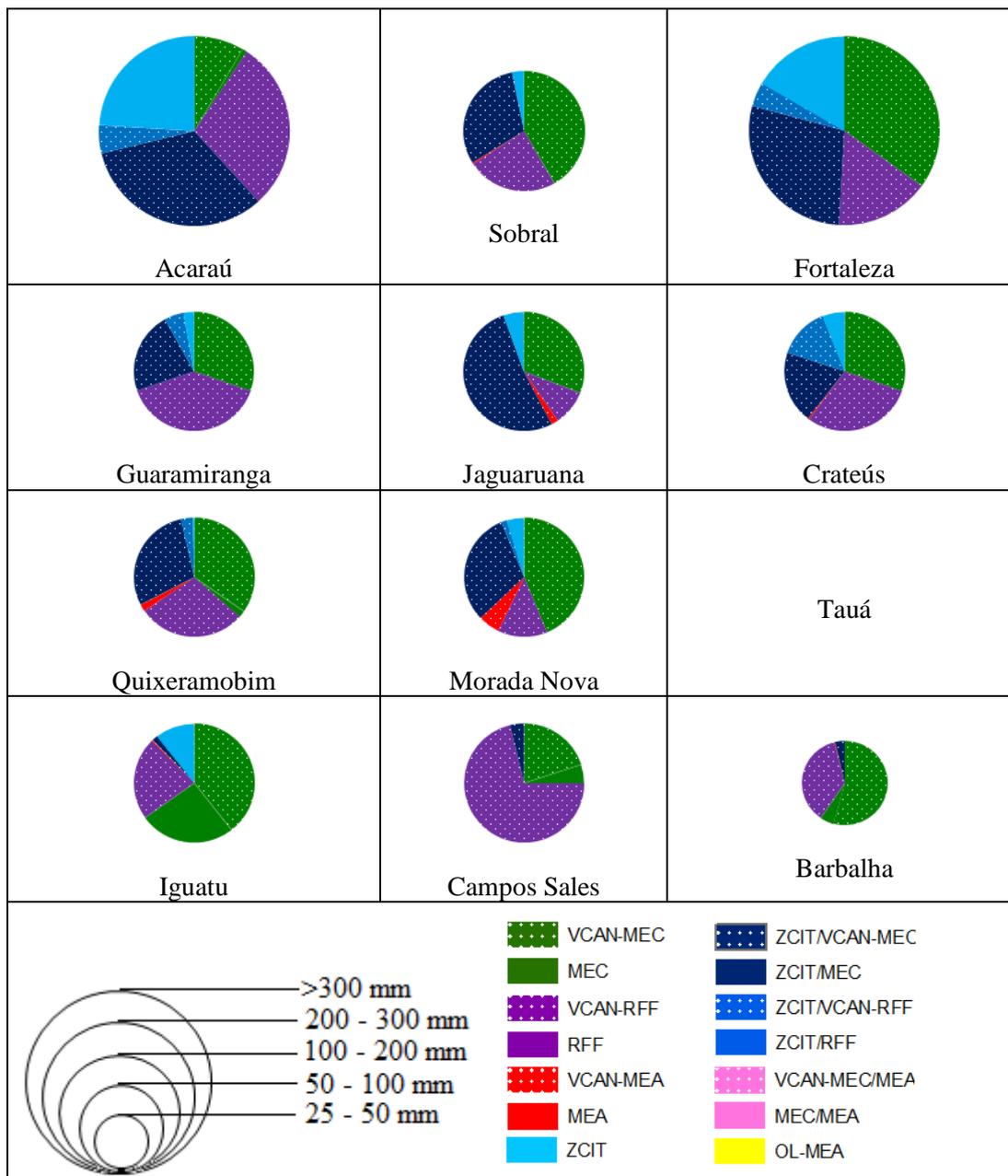
O principal sistema para o mês de fevereiro é a mEc, seguido pelas RFF, em ambos os casos os sistemas sofrem interferência dos vórtices. A mEc, tem seus maiores índices na porção oeste do Estado, concentrando boa participação também para a região norte. As RFF tem maior dinâmica no sul, avançando, contudo avança a regiões mais setentrionais.

A ZCIT, apresenta seus maiores índices atuando de forma isolada, tal participação, principalmente, na porção litorânea e proximidades. O sistema ainda adentra até a região central, quando é observada ainda participação associada as RFF e a mEc, sob influencia dos VCAN, algo observado no mês anterior.

A nebulosidade para o mês de fevereiro foi maior que aquela identificada para janeiro, como visto na Figura 81. As nuvens concentraram-se, principalmente, na porção ocidental, norte e sul do Ceará, indicando a participação da mEc, da ZCIT e das RFF, respectivamente. A região central apresentou menor cobertura de nuvens, sendo isso repercutido na precipitação.

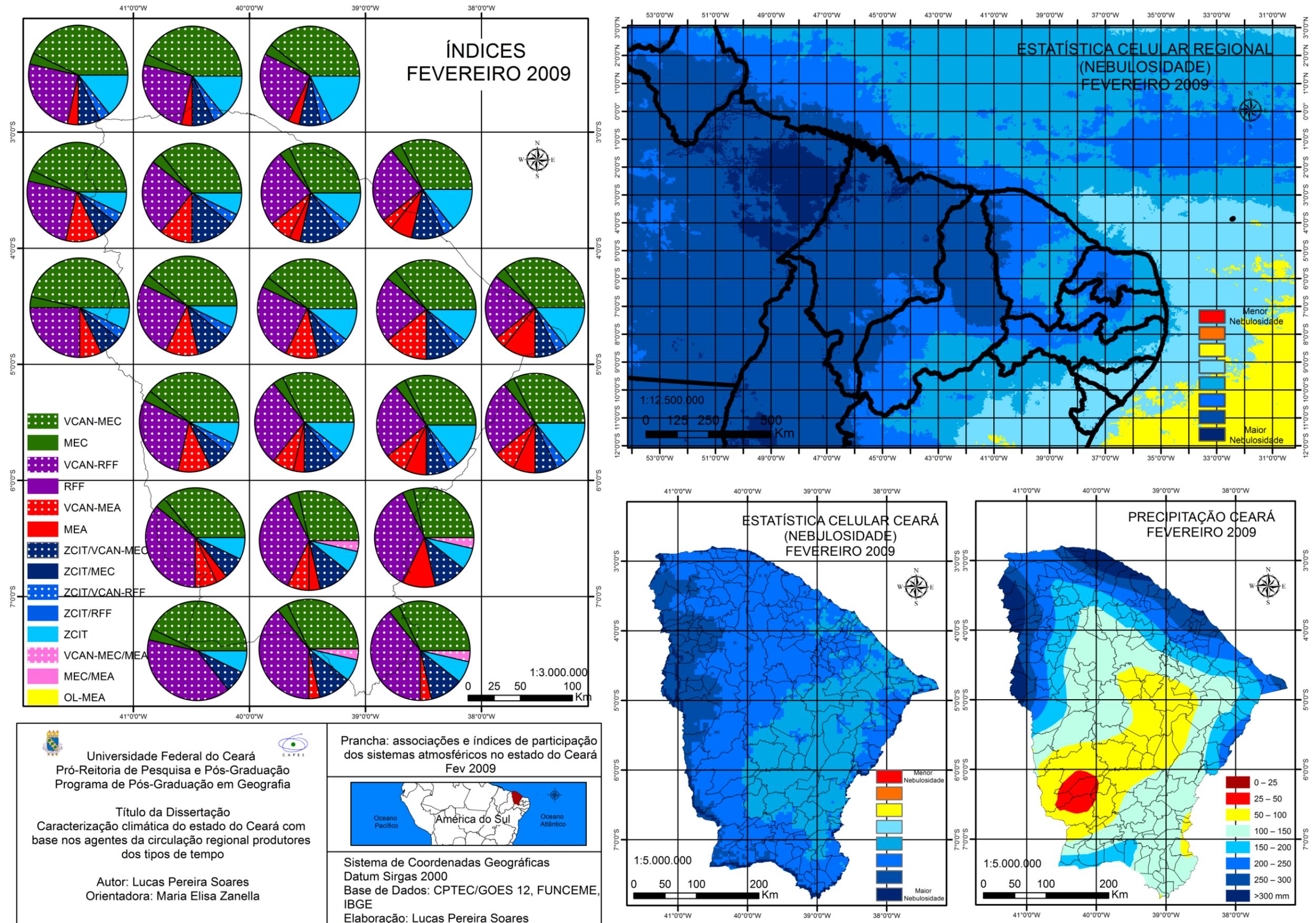
A região norte é aquela com maior pluviosidade, devido a participação importante de diversos sistemas, como a ZCIT, e a mEc com as RFF, que mantem-se sob a influencia dos VCAN. Os postos de Acaraú e Fortaleza são aqueles que concentram maior precipitação, com quantidades superiores a 300mm. Já na porção sul as chuvas são mais escassas, mantendo-se entre 100-200mm.

Figura 80: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o trimestre fevereiro de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 81: índices de participação dos sistemas para o mês de fevereiro de 2009



### *Março*

Em março, como observado na Figura 83, é evidente o domínio da ZCIT e um recuo elevado da presença das RFF, da mEc e dos VCAN. A ZCIT atua principalmente na porção centro-norte do Ceará, diminuindo sua influência nas regiões mais ao sul. O sistema é bem mais constante até 6°S, acima disso, entre 6° e 8°S tem-se a presença mais comum das RFF e da mEa, o que permite, por exemplo, que a precipitação seja maior sob a região centro-norte, e menor na região sul.

Na porção noroeste, a banda de nuvens da ZCIT associa-se a nebulosidade oriunda da mEc, que influenciada pelos VCAN, consegue agir em conjunto com tal zona.

As RFF avançam, de maneira episódica, até a região central do Estado, dado o domínio da ZCIT na região. Tais sistemas concentram-se, principalmente, na porção sul, região de menor participação da ZCIT para este mês. A participação das RFF mantém-se tanto de forma individual, como associada aos VCAN.

A mEa apresenta participação episódica em todo o Estado, sendo bem mais constante no sul, novamente devido menor participação da ZCIT na região. Os maiores índices de ação desta massa de ar, estão atrelados aos VCAN, concentrando-se na porção sul.

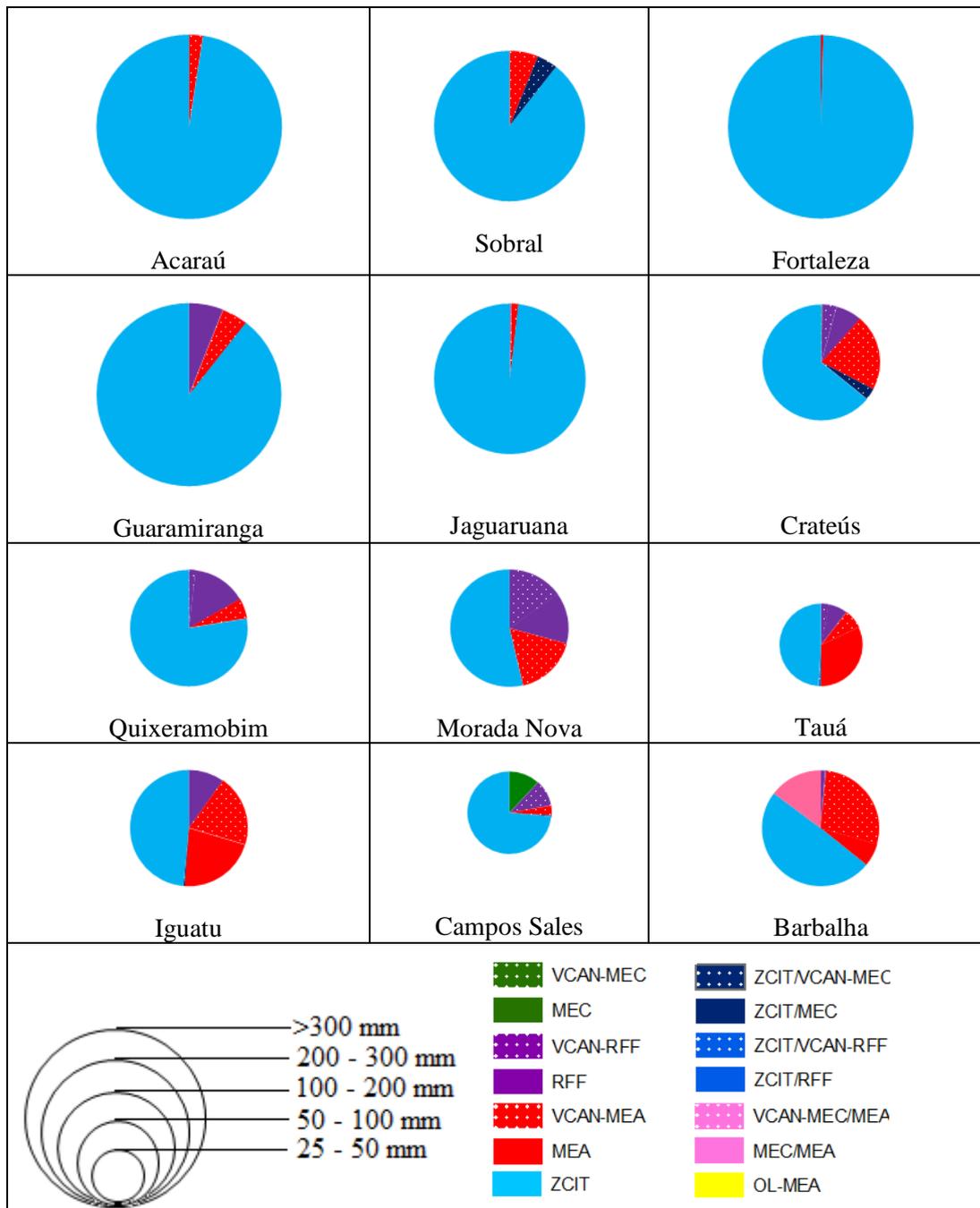
A nebulosidade para a região, conforme a Figura 83, tem nítida relação com a participação da ZCIT. O sistema tem seu ramo de nuvens principal sob a região norte do Ceará, algo que não foi evidenciado nos anos de 2005 (padrão seco) e 2004 (padrão habitual). Esta nebulosidade do ramo principal da ZCIT produz elevadas quantidades de precipitação, mantendo a região norte do Ceará com valores superiores a 300mm/mês. Em compensação a região menos atingida por tal banda de nuvens, apresenta menores quantidades de chuva.

As precipitações mais abundantes estão associadas a participação da ZCIT, neste caso para a porção norte do Ceará, como em Fortaleza, Guaramiranga, Acaraú, Jaguaruana e Sobral. No sul ainda predomina as chuvas associadas ao sistema, contudo há uma forte diminuição nos valores se comparado a porção norte do Estado, conforme evidenciado nos postos de Barbalha, Campos Sales, Crateús, Iguatu e Tauá.

O posto de Quixeramobim está em uma região de transição, visto se localizar na porção central do Ceará, que dessa forma recebe valores de chuva maiores que na porção sul, contudo bem inferiores também aos da região norte.

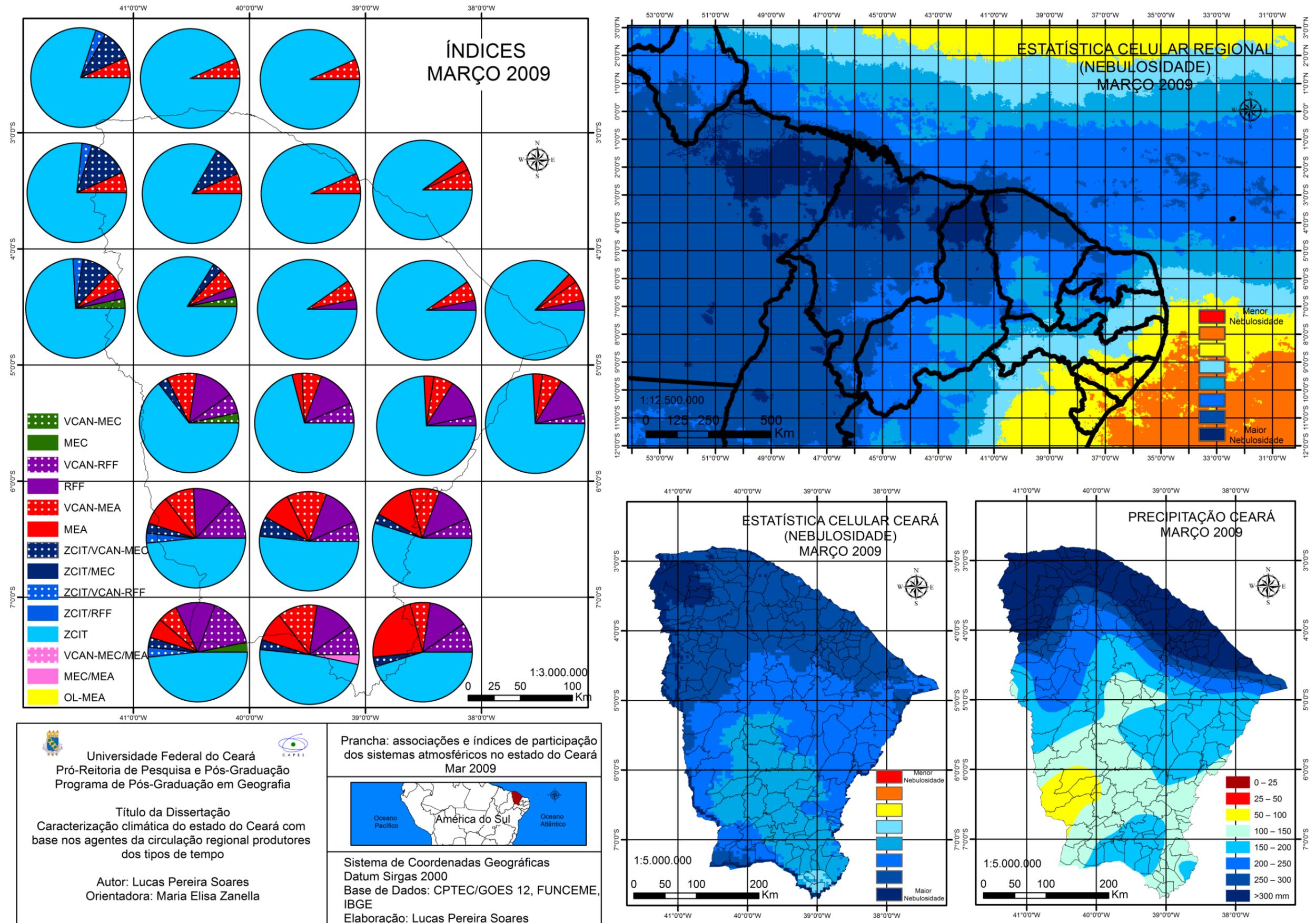
Secundariamente, observa-se precipitações mais escassas advindas da atuação da mEa e das RFF, principalmente na porção sul, com destaque ao posto de Barbalha e Iguatu.

Figura 82: índices de participação dos sistemas nas chuvas para o trimestre março de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 83: índices de participação dos sistemas para o mês de março de 2009



### *Abril*

Em abril, a ZCIT novamente atua em todo o território, como observado na Figura 85. Desta vez, é mais constante na região sul, contudo concentra, seus maiores índices na região centro-norte. No sul o sistema é mais intercalado pelo avanço das RFF, que atuando individualmente ou associadas aos VCAN, apresentam boa participação para a região.

Em continuidade ao mês anterior, o ramo principal de nuvens da ZCIT mantém-se sob o Ceará, desta vez atingindo de forma intensa toda a região. O sistema chega a avançar para além dos 8° S, interferindo na dinâmica climática de regiões mais ao sul do Estado.

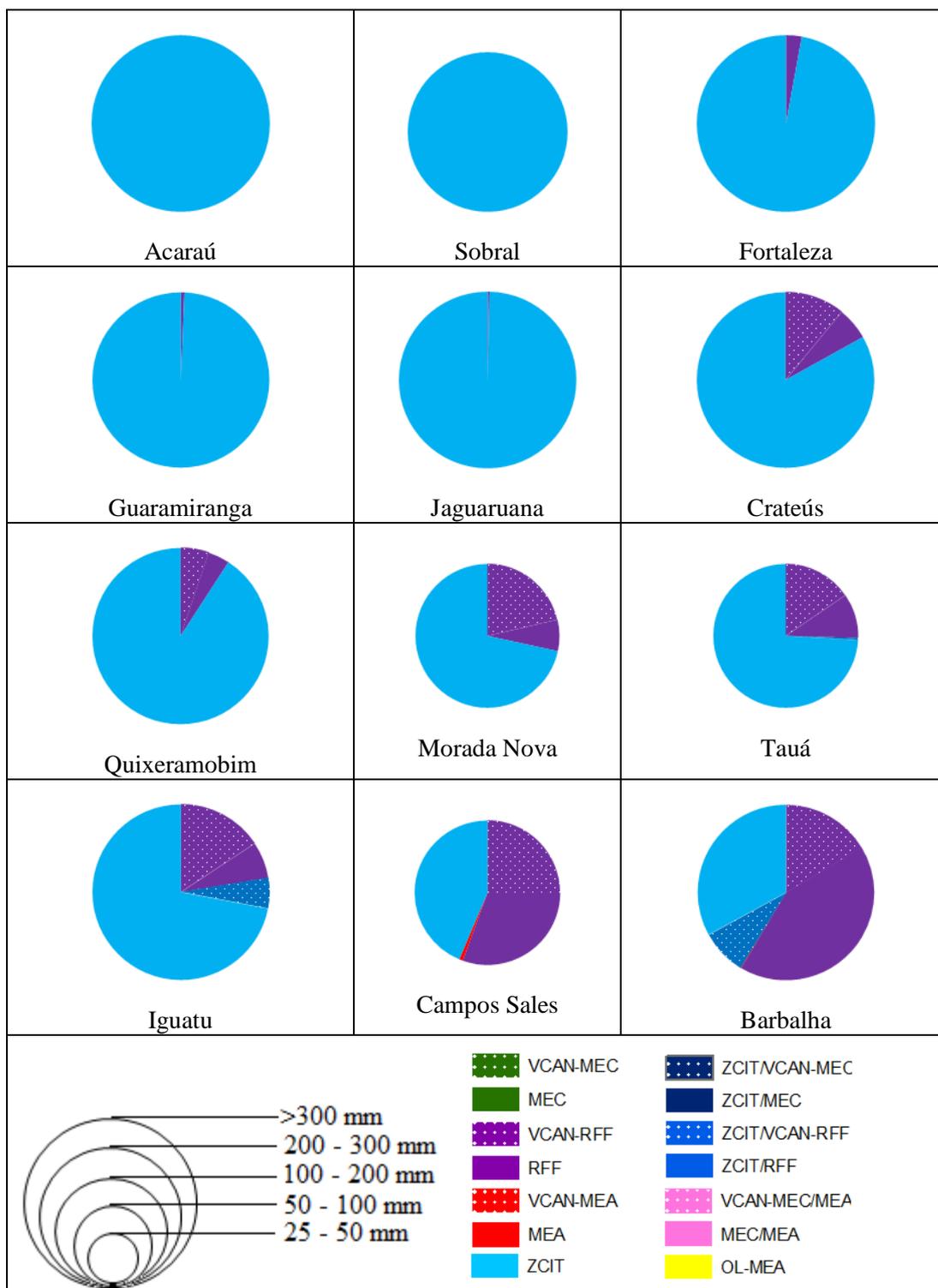
O avanço do ramo principal da ZCIT para a região, impossibilitou a participação da mEc para a região, algo já informado por Nimer (1964) relatando sobre o recuo da massa amazônica em períodos de forte participação da banda de nuvens associada a ZCIT, algo também observado para a atuação da mEa, que restringe-se episodicamente a sua presença na porção sul, visto que nesta região a ZCIT mantém-se em menor proporção, se comparada a região centro-norte.

Este é o período de maior participação da ZCIT nos tipos de tempo, garantindo uma quantidade elevada de chuvas, sendo valores superiores a 300mm/mês para grande parte do território cearense. Já no próximo mês, habitualmente, tal banda de nuvens, tende a retornar para posições mais ao norte.

As quantidades mais elevadas de precipitação também se estendem por todo o território, com o mês de abril caracterizado como mais chuvoso para o ano de 2009. Neste mês, acentua-se ainda mais a precipitação associada ZCIT, principalmente nos postos de Acaraú, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Morada Nova, Quixeramobim e Sobral.

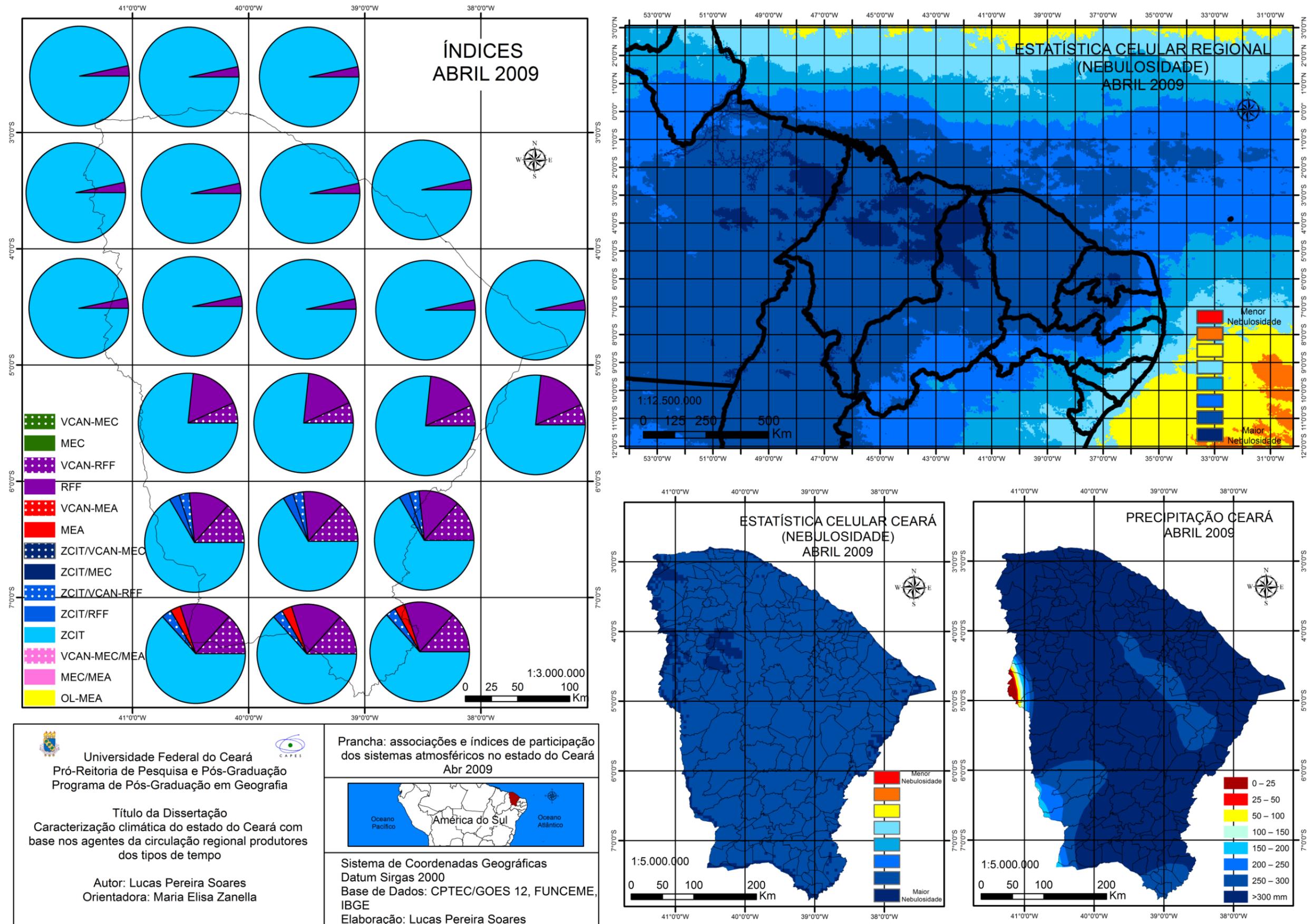
A medida que a ZCIT se desloca para posições mais ao sul, diminui-se a participação dos demais sistemas na precipitação, evidenciando um incremento na quantidade precipitada visto uma participação maior da ZCIT. O sistema foi mais atuante na região central do Estado, como em Quixeramobim, se direcionando a posições mais ao sul, como Crateús. No extremo Sul, neste caso em Campos Sales e Barbalha, a ZCIT ainda não se encontra tão bem definida, predominando inclusive forte participação das RFF nas chuvas da região.

Figura 84: índices de participação dos sistemas nas chuvas para abril de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 85: índices de participação dos sistemas para o mês de abril de 2009



## *Maio*

Em maio, a banda de nuvens da ZCIT está em seu movimento pendular de retorno para latitudes ao norte, algo observado na Figura 87. O sistema ainda, mantém-se imponente em participação, porém é bastante intercalado pela presença da mEc, que apresenta-se influenciada pelos VCAN, além de um início promissor do avanço de OL para a região. A ZCIT, como habitual, é mais constante na região norte, sendo ao sul com uma dinâmica mais reduzida.

Com este retorno pendular do sistema, a mEc apresenta-se com dinâmica oportunista, ao ocupar o espaço deixado pela ZCIT. A massa de ar amazônica, agindo consorciada aos VCAN, avança sob o continente de maneira homogênea. Mantém-se, ainda, associada de forma episódica com a mEa, na porção sul do Estado, e mesmo a partir do conjunto ZCIT/VCAN-mEc, na faixa norte.

A mEa, assim como as RFF apresentam-se, de forma episódica, na porção sul do Ceará, atuando isoladamente. Em todo o Estado, a massa de ar participa dos tipos de tempo a partir da relação OL-mEa, indicando a transição entre quadra e pós-quadra chuvosa, ao mesmo tempo indicando, também, transição futura entre outono e inverno, no mês de junho.

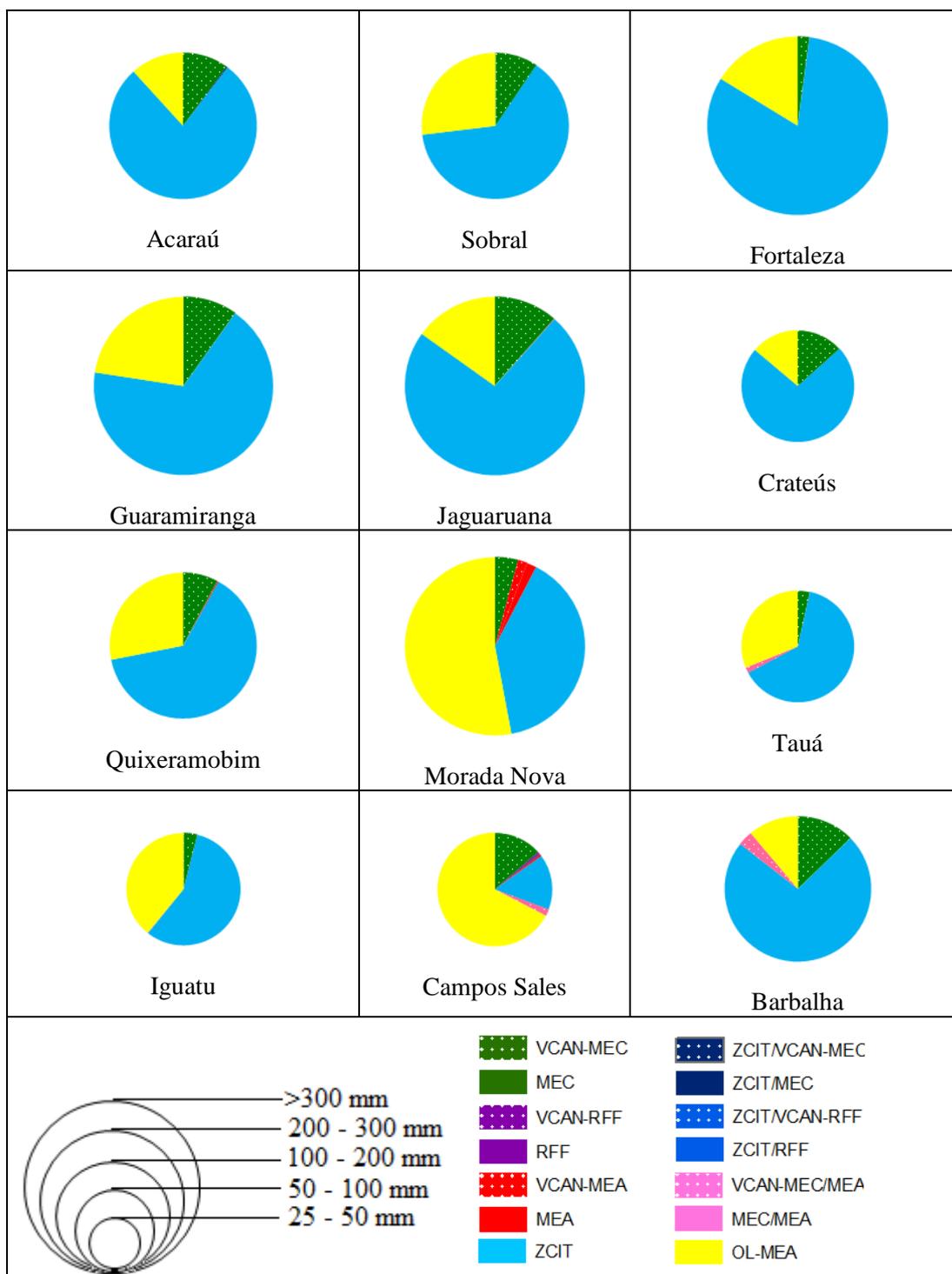
A nebulosidade para a região continua elevada, como observado na Figura 88, porém com padrão inferior ao identificado em abril. A região norte é mais agraciada, indicando maior precipitação, no sul identifica-se o contrário. Tal relação é interessante, pois mesmo com a participação no sul de sistemas convectivos como a mEc, sob a presença dos VCAN, e as RFF, estes não são capazes de produzir quantidades maiores de chuva, algo visto também para os anos de 2004 e 2005. São sistemas muitos inconstantes para precipitação, principalmente quando atuantes fora do verão.

Em maio a banda de nuvens associada a ZCIT já está retornando para as proximidades da linha do Equador, e no geral, as precipitações associadas ao sistema, diminuem em todos os postos, porém, algumas regiões ainda apresentam valores totais de chuva elevados.

Mesmo nesta transição observa-se, que o posto de Barbalha apresentou precipitação considerável para sua posição latitudinal, neste caso, dado ainda pela participação da ZCIT na região, algo comum para o início do mês de maio.

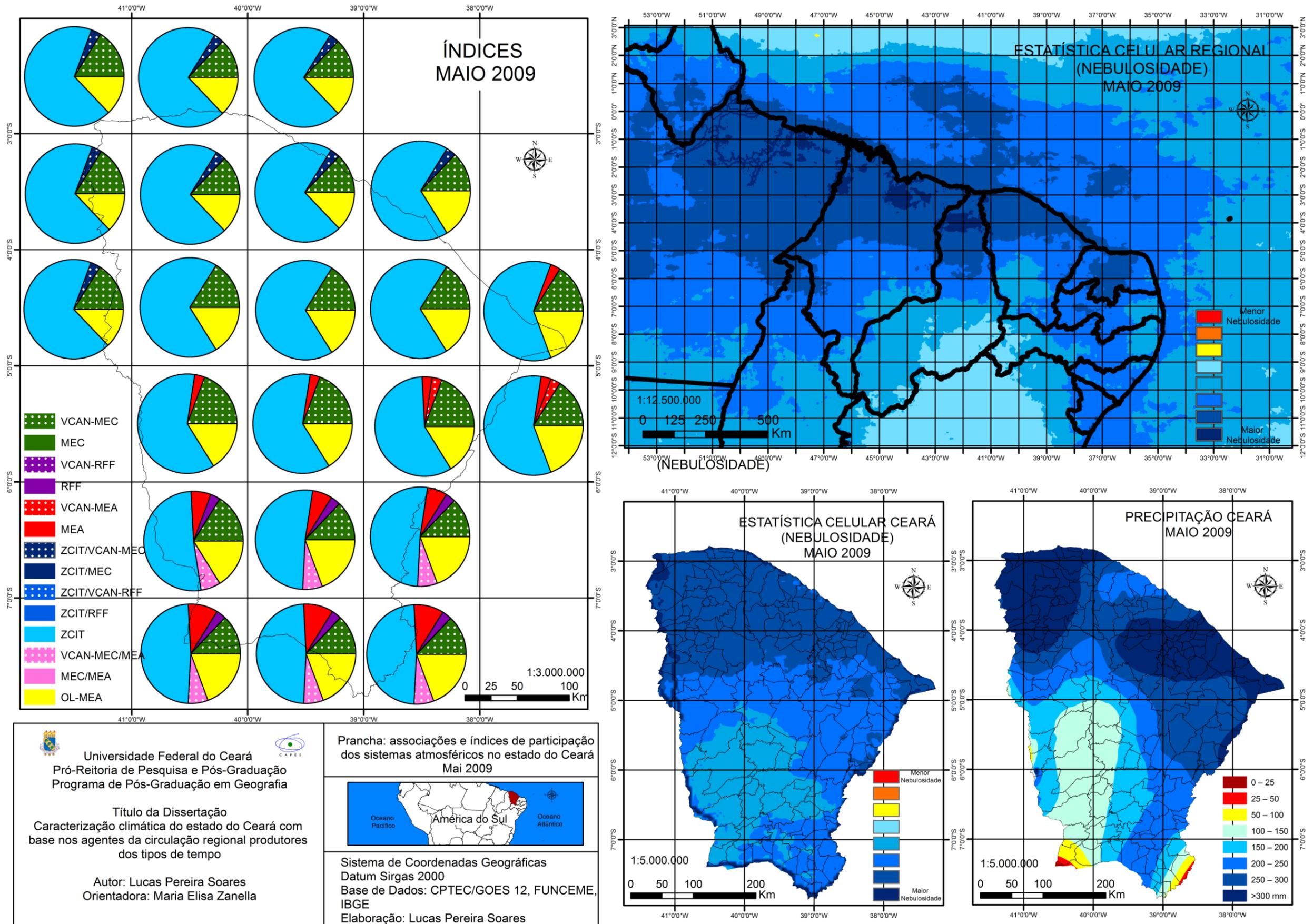
As chuvas são melhor evidenciadas nas regiões de menor latitude com Acaraú, Fortaleza, Guaramiranga, Jaguaruana, Quixeramobim e Sobral. Destaca-se ainda, quantidade considerável de chuva associada ao início da participação das OL, em todos os postos, com destaque as chuvas oriundas do sistema para Morada Nova.

Figura 86: índices de participação dos sistemas nas chuvas para maio de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 87: índices de participação dos sistemas para o mês de maio de 2009



*Junho*

Junho, como observado na Figura 89, revela-se sob intensa participação da mEa nos tipos de tempo, seja a massa de ar atuando isolada ou em consórcio as OL. É nítida a diminuição da participação de sistemas característicos do verão, tais como as RFF e a mEc, que durante o primeiro semestre do ano mantiveram-se associados principalmente a interferência dos VCAN. Neste período, a ZCIT encontra-se migrando para o norte, contudo chega a agir episodicamente nos primeiros dias de junho, a partir de uma nebulosidade secundária.

A mEa, é constante em todo o território, com índices elevados, provocados, tanto pelo enfraquecimento dos diversos sistemas convectivos atuantes para a região, como pela proximidade do inverno, estação de maior participação da massa de ar equatorial. Sob o raio de influencia da mEa, tem-se ainda a formação de OL, sistemas característicos deste período, formados por distúrbios ocasionados na mEa. As OL, apresentam-se constantes em todo o Estado, com nebulosidade maior na região norte.

De forma episódica, tem-se ainda a participação do conjunto VCAN-RFF na porção centro-sul do Ceará. No norte, destaca-se a associação entre mEc/mEa, marcada por uma enfraquecimento da mEc e fortalecimento da mEa.

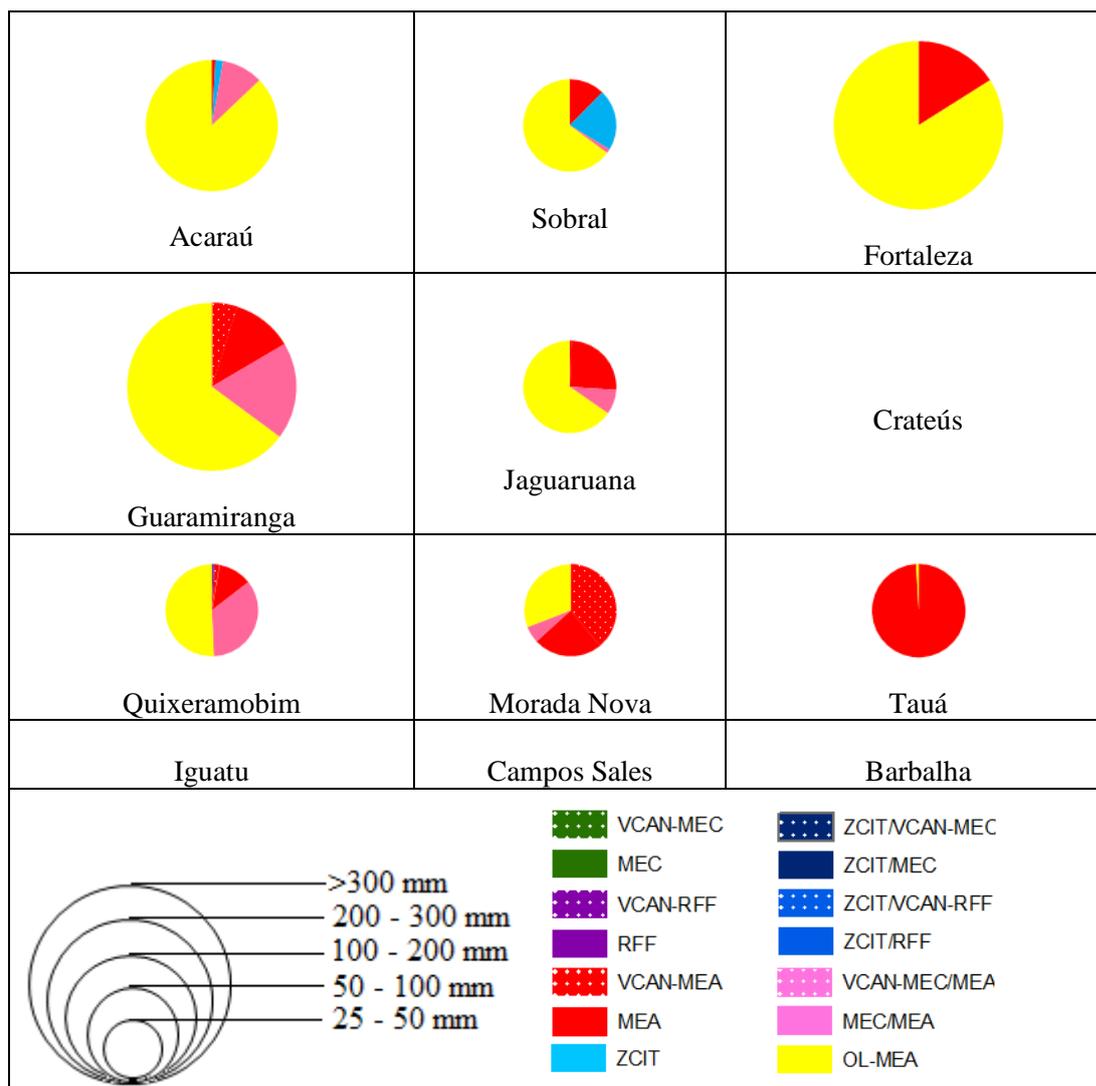
A nebulosidade para a região vem diminuindo desde o mês anterior, como observado na Figura 89. Novamente, a região norte apresenta quantidade maior de nuvens, associadas aos resquícios da ZCIT e principalmente a participação das OL. As chuvas concentram-se nessa região, diminuindo na porção sul do território, quando há uma perfeita interação entre a nebulosidade para a região e quantidade de chuva.

Em junho, predomina as chuvas associadas as OL, apresentando-se ainda alguns certa quantidade de chuva pela participação da ZCIT para o posto de Sobral, referente a pluviosidade para os primeiros dias de junho, apenas.

A precipitação associada às OL é bastante expressiva na região norte e faixa oriental do Estado, com quantidade maior de chuva em Fortaleza e Guaramiranga.

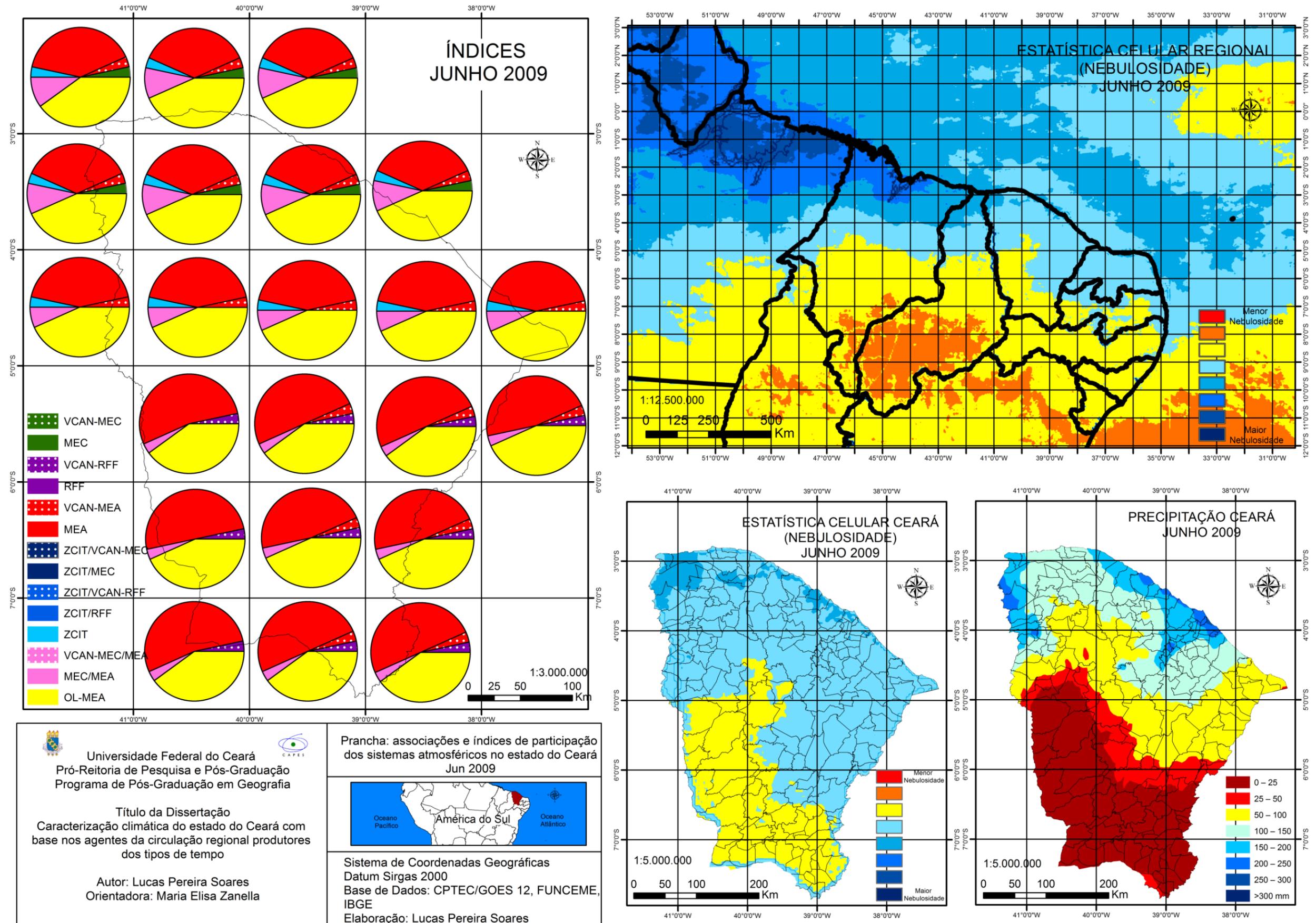
A mEa chega a ser responsável por chuvas isoladas de poucos milímetros, algo já destacado por Nimer (1964), no que se refere a convecção da massa de ar provocada no litoral e em regiões de altitudes consideráveis.

Figura 88: índices de participação dos sistemas nas chuvas para junho de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 89: índices de participação dos sistemas para o mês de junho de 2009



### *Julho*

Em julho, com base na Figura 91, mantém-se o domínio da mEa para a região, seja o sistema atuando isoladamente ou em conjunto as OL. Esse domínio da mEa, que iniciou-se ainda no mês anterior, mantém-se até novembro, posterior a isso a massa de ar é enfraquecida pelo advento do verão, no mês de dezembro. As OL atuam apenas até este mês, em alguns casos, que os sistemas podem participar até agosto, como indicado por Alves et al, 2001.

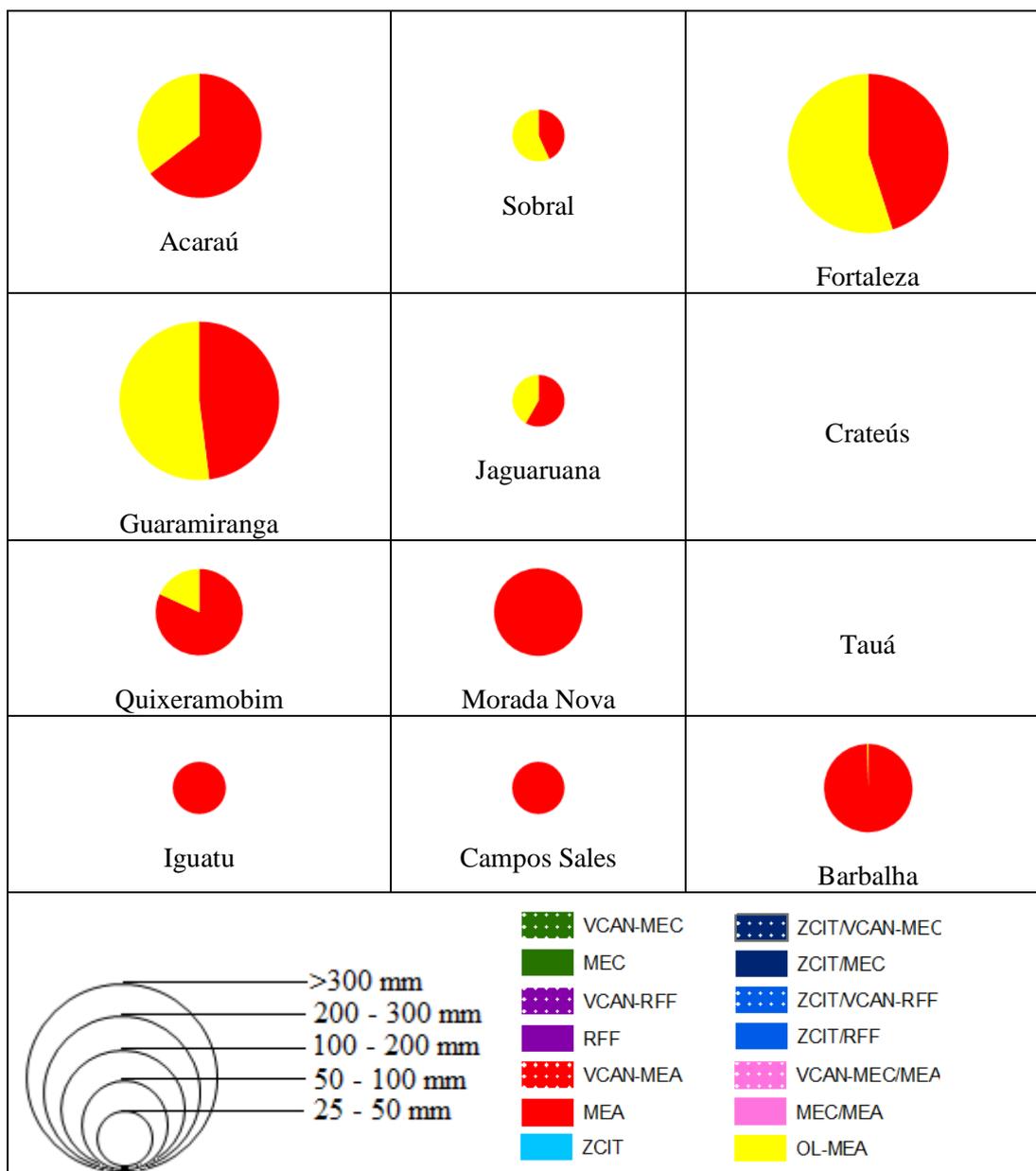
De forma isolada, a mEa é mais comum na porção sul do Ceará, visto que no norte a massa de ar apresenta-se em conjunto as OL. Mesmo participando em todo o Estado, as OL tem atividade convectiva concentrada, principalmente, em sua região de origem territorial, no caso porção nordeste do Ceará. Em alguns casos, sistemas que adentram pela costa do Rio Grande do Norte e Paraíba, avançam pela porção oriental do Ceará, porém com nebulosidade mais reduzida.

Para o período, tem-se ainda participação episódica da relação mEc/mEa, que chega a atingir todo o Estado. As RFF também atuam episodicamente, restritas a região sul do Ceará.

A nebulosidade para o período tem uma maior diminuição, como observado na Figura 92, visto o enfraquecimento da participação dos sistemas convectivos, como a mEc, as RFF, os VCAN e a ZCIT. Para o período seco, principalmente durante os meses de agosto a novembro, estes sistemas, excetuando a ZCIT, retornam, porém sob características secas, com atividade convectiva quase nula.

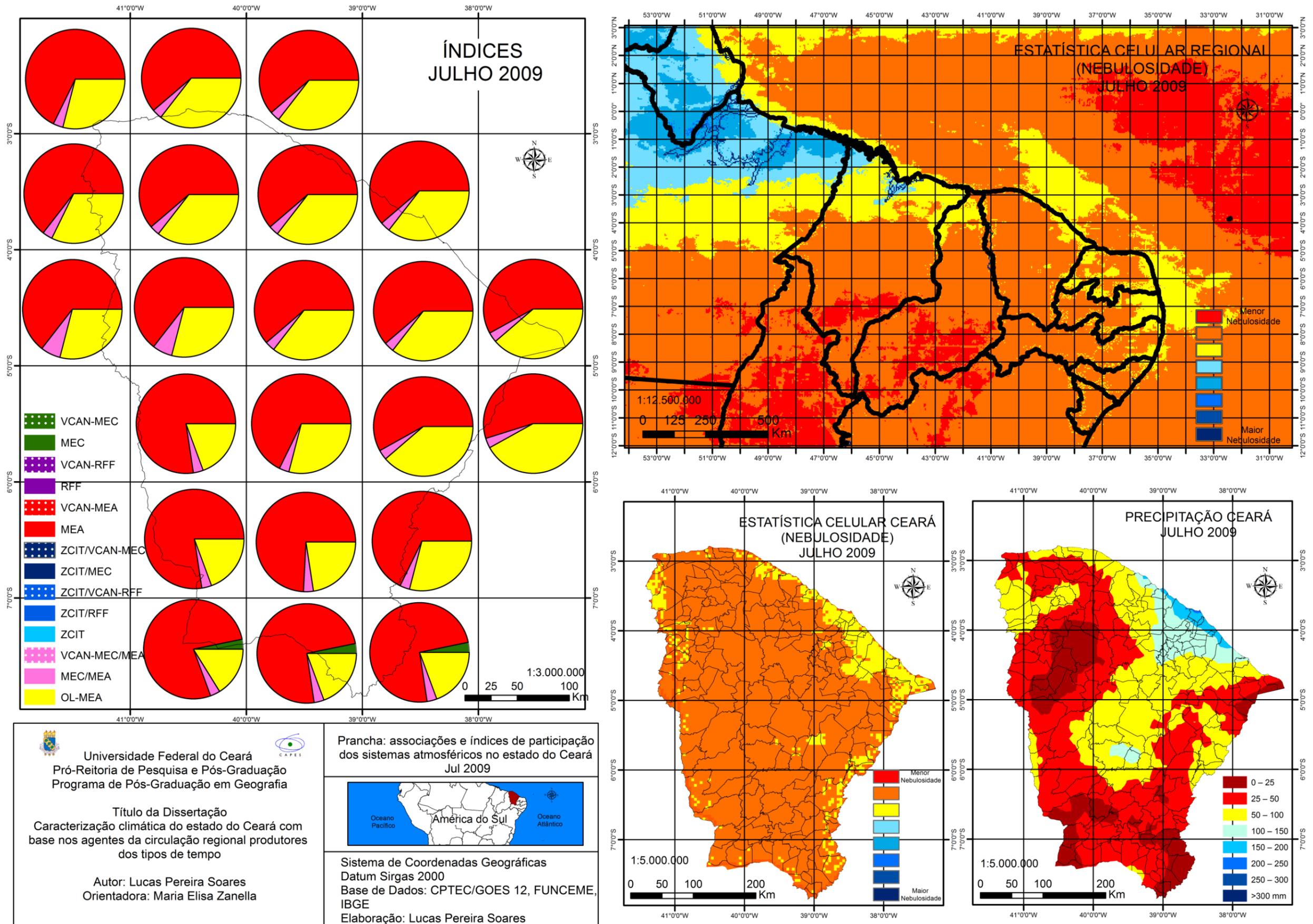
As chuvas de julho, em sua grande maioria, estão associadas as OL e a mEa, com destaque a valores mais consideráveis de precipitação para os postos de Fortaleza e Guaramiranga. A mEa também participa, neste caso com chuvas mais constantes no litoral, regiões de orografia mais acentuada, e mesmo quantidades menores no sul do Estado.

Figura 90: índices de participação dos sistemas nas chuvas para julho de 2009



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 91: índices de participação dos sistemas para o mês de julho de 2009



*Agosto*

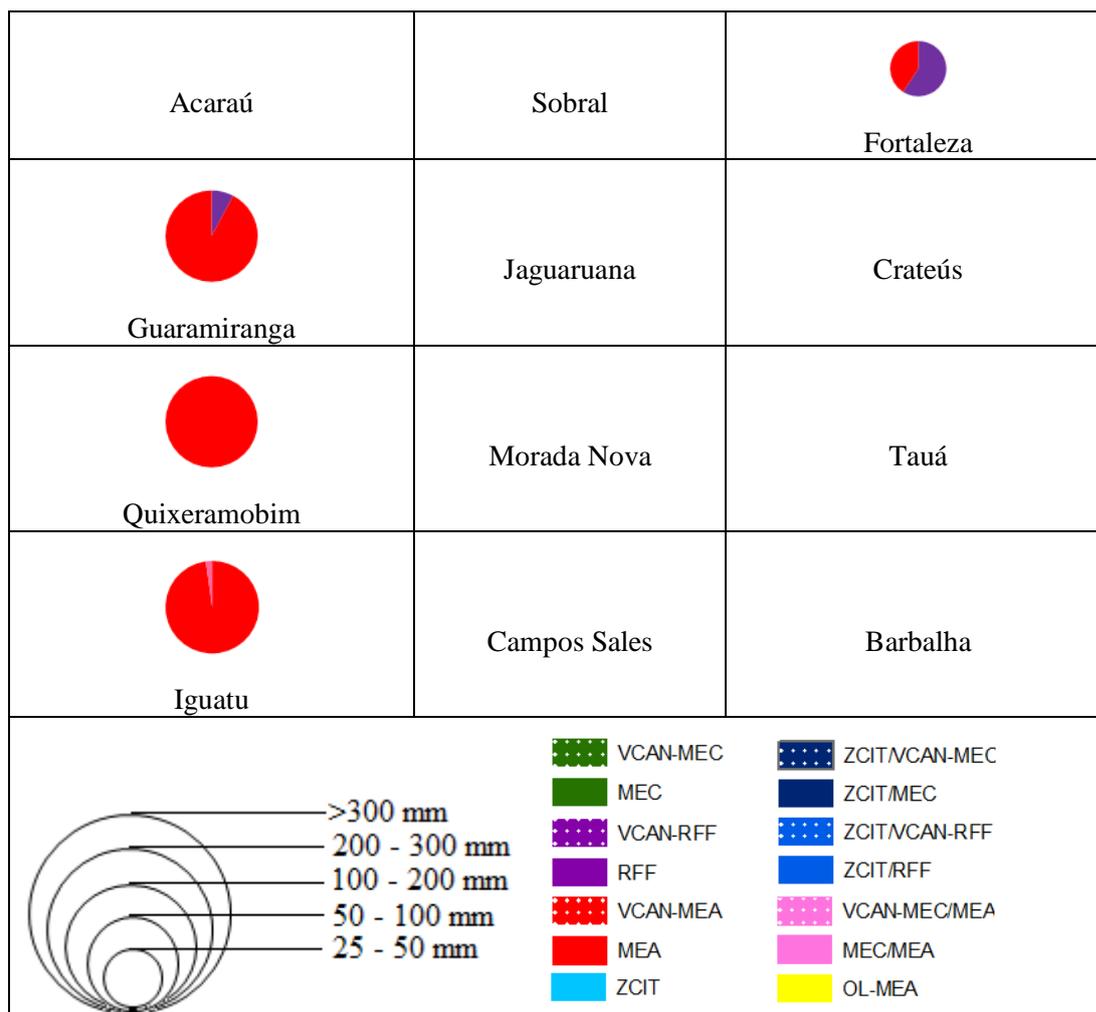
No mês de agosto é intensificado o domínio da mEa para a região (ver Figura 93). A massa de ar vem em uma crescente desde o mês de junho, participando de maneira homogênea em todo o Ceará. O predomínio da mEa tem relação com a estação inverno, que favorece o avanço da massa equatorial, sendo desfavorável a participação de sistemas convectivos, como a mEc, as RFF e os VCAN.

As RFF, mantém boa distribuição regional, visto não ser o período característico destas, concentrando-se principalmente na porção sul do Ceará. O sistema tem nebulosidade reduzida, mantendo para a região apenas um escoamento sul-norte associado a passagem de sistemas oclusos sob o oceano Atlântico.

Com uma participação episódica destaca-se o conjunto VCAN-mEc/mEa, atuando na porção central do Estado. Mais constante nos tipos de tempo, destaca-se o conjunto mEc/mEa, sem a intervenção dos VCAN, que para o período tem ação muito reduzida. Se comparado aos anos de 2005 (seco) e 2004 (habitual), esta relação entre mEc/mEc teve uma queda forte em participação.

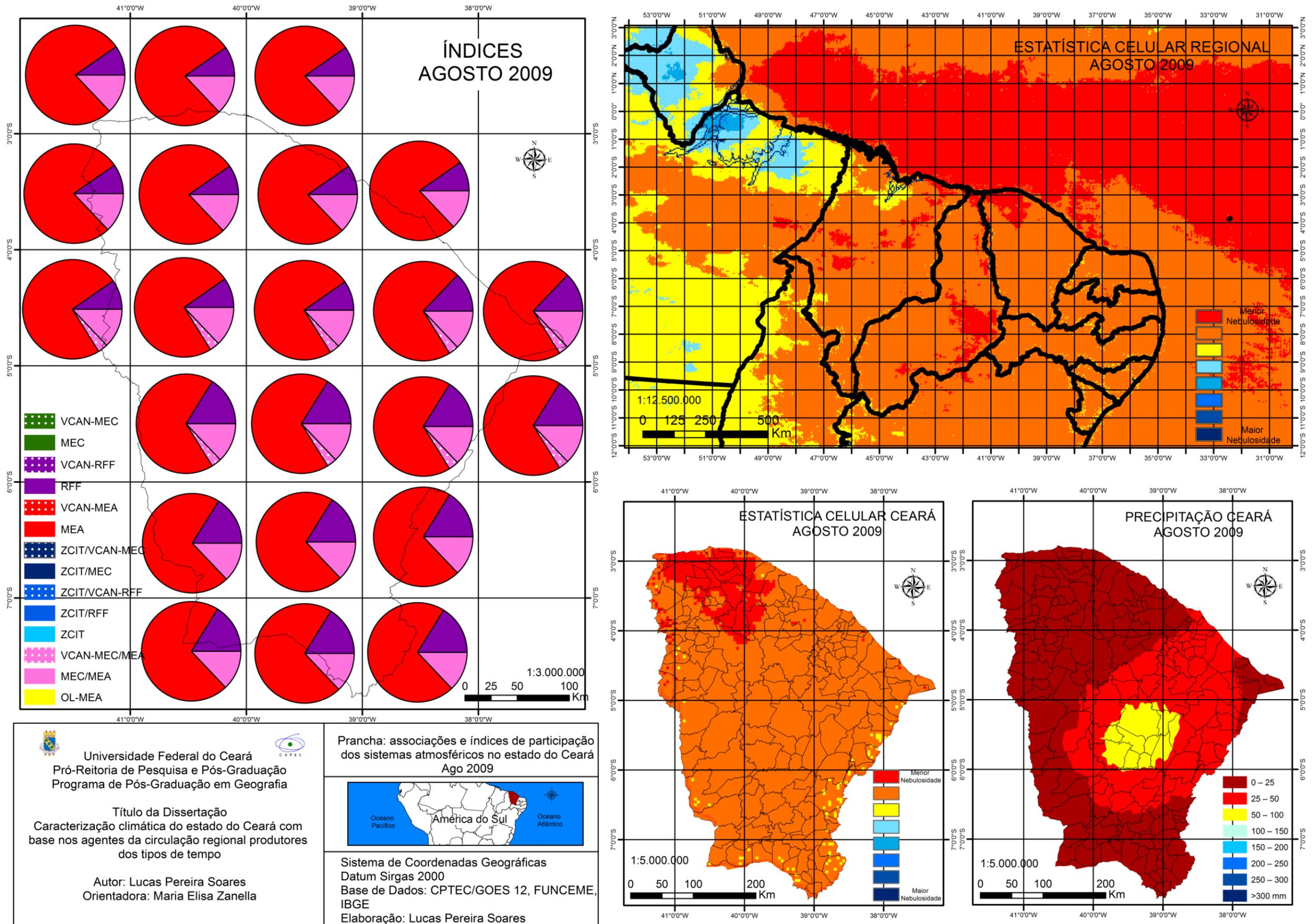
A nebulosidade para o período configura-se com um padrão baixo, no mês anterior a atividade convectiva oriunda das OL permitiu uma nebulosidade mais acentuada, em agosto, como observado na Figura 94, as OL cessaram sua participação, mantendo dessa forma um padrão reduzido de nuvens para a região. Tem-se ainda certa quantidade de chuva, associadas principalmente a nuvens estratiformes oriundas a mEa.

Figura 92: índices de participação dos sistemas nas chuvas para agosto de 2009



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 93: índices de participação dos sistemas para o mês de agosto de 2009



*Setembro*

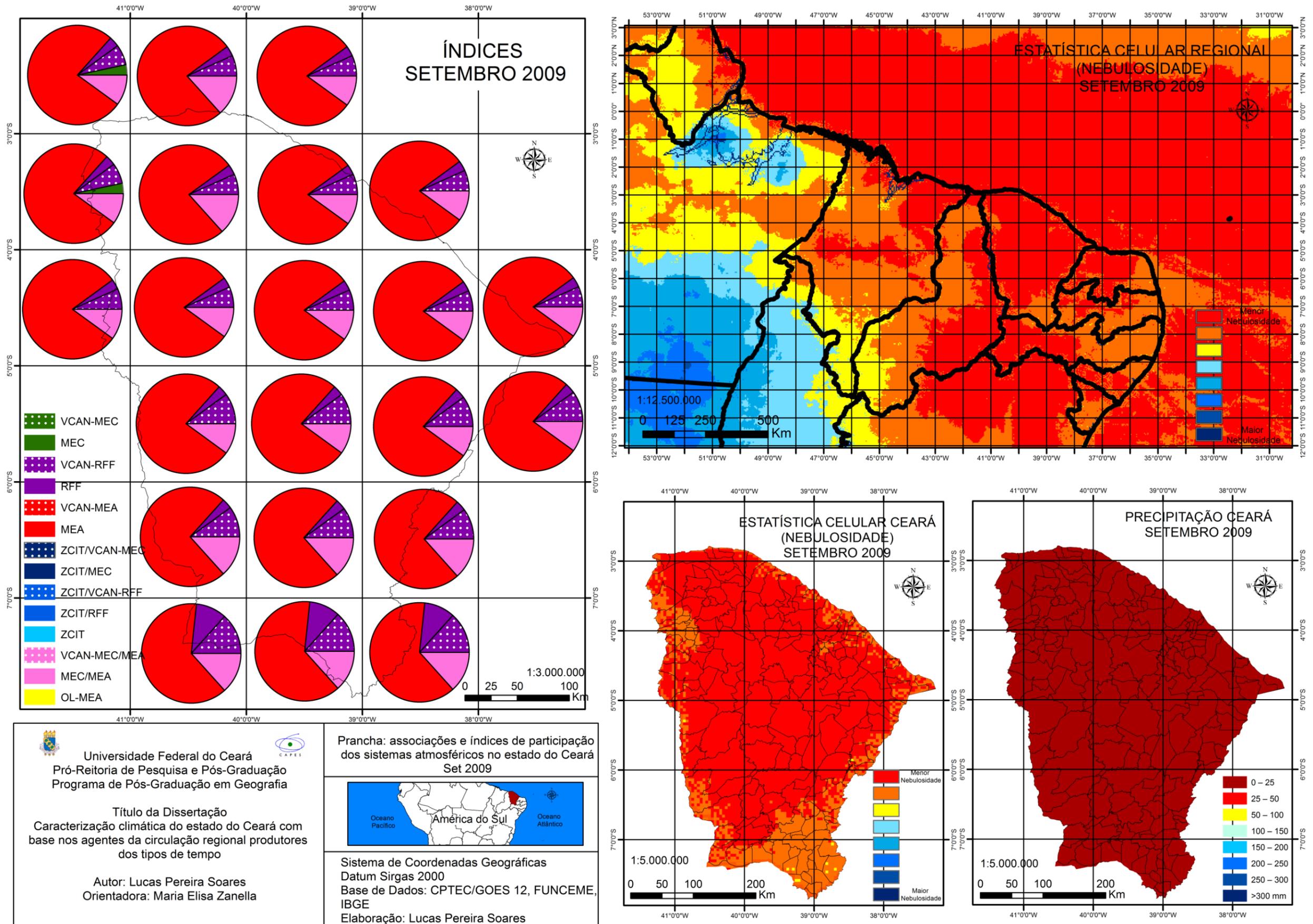
Em setembro, mantem-se elevado a participação da mEa, como observado na Figura 94. Se comparado aos meses anteriores, este tem maior participação individual da massa de ar, dado novamente pelo período do ano, na estação climática inverno, que é favorável aos avanços da massa equatorial e desfavorável aos demais sistemas.

Quanto comparado aos anos anteriores, 2005 (seco) e 2004 (habitual), a participação da relação  $m_{Ec}/m_{Ea}$  foi maior nesse período, fato que impediu um maior avanço individual da mEa sob a região. Para 2009 há uma diminuição da participação deste conjunto entre  $m_{Ec}$  e  $m_{Ea}$ , dado pela baixa influencia da massa amazônica, proporcionando assim um avanço maior da massa equatorial, indicando participação constante nos tipos de tempo.

Também em um padrão reduzido, tem-se as RFF, seja estas atuando isoladamente ou em conjunto aos VCAN. Tais sistemas mantém-se com participação de caráter episódico, aumentando sua participação durante os meses seguintes, quando atinge valores constantes entre outubro e dezembro.

Para setembro a nebulosidade continua fraca, algo comum devido ao domínio da mEa, não foi registrado precipitação para o período, o que ressalta a característica seca desta segunda metade do ano.

Figura 94: índices de participação dos sistemas para o mês de setembro de 2009



### *Outubro*

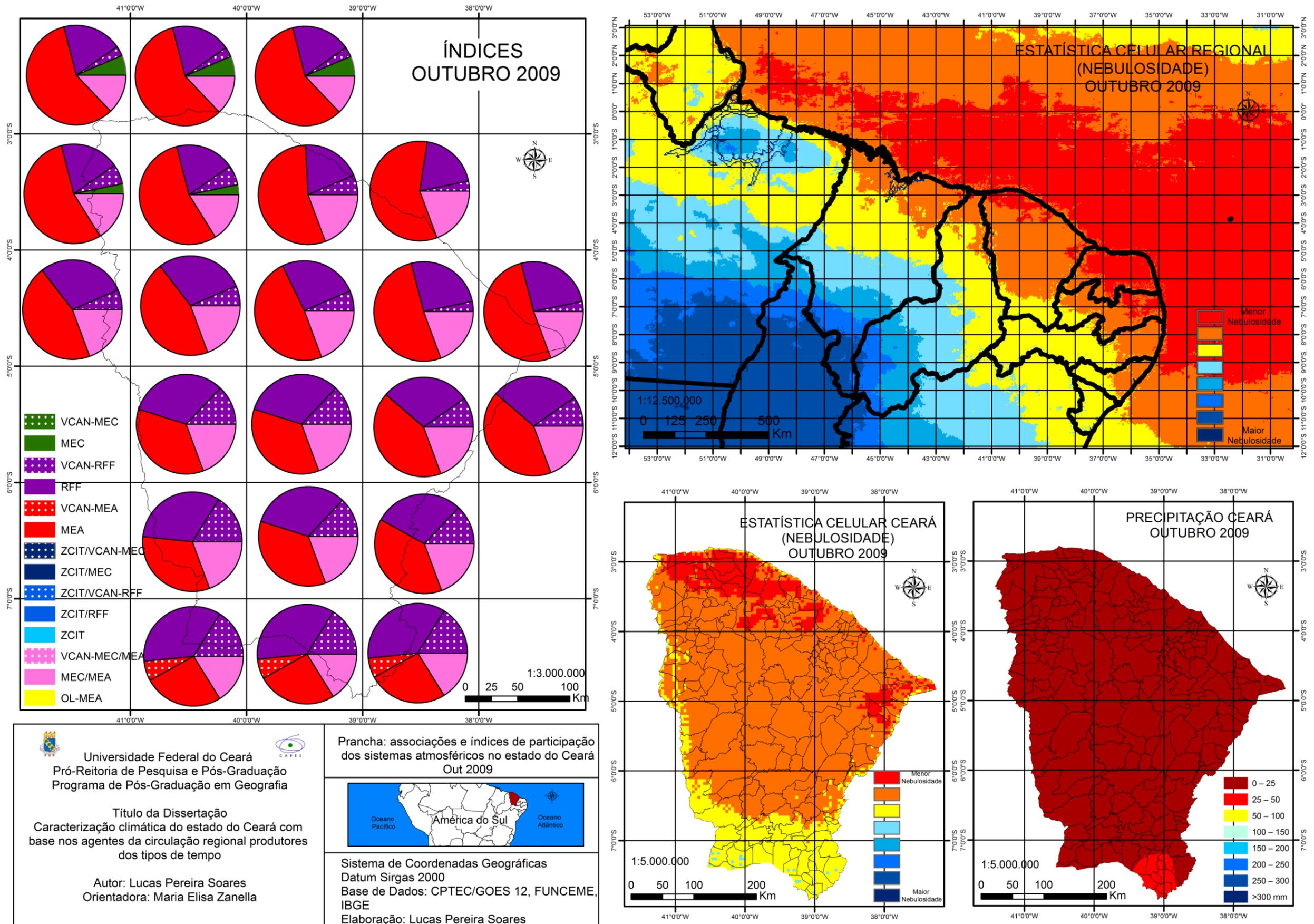
O mês de outubro, com base na Figura 95, marca participação mais constante das RFF, além do surgimento episódico da mEc. A mEa continua seu domínio, que no período está mais reduzido. A massa equatorial abrange todo o Ceará, concentrando sua atuação no norte, porção territorial que marca uma diminuição da participação conjunta entre mEc e mEa, fato este associado ao domínio da massa equatorial sob a região. Nas demais áreas predomina uma participação homogênea do conjunto mEc/mEa.

Se comparado aos anos anteriores a relação entre mEc e mEa, tem uma queda de participação para 2009, fato este concebido por um avanço maior da mEa, e diminuição da participação da mEc.

As RFF apresentam maiores índices para o mês, com tendência, a ser um sistema ainda mais constante nos tipos de tempo para os próximos meses. Os sistemas concentram-se, principalmente, em sua região de gênese territorial, atuando isoladamente, ou sob a interferência dos VCAN, que para o período apresentam participação parecida com aquela evidenciada no mês anterior, porém abaixo do observado para os anos seco e habitual.

A região apresentou maior nebulosidade para outubro, fato associado, especialmente, a participação das RFF e da mEc, mesmo mantendo-se associada a mEa. Como observado na Figura 95, a região sul do Ceará foi aquela que recebeu maior cobertura de nuvens. Se comparado ao mês anterior, observa-se para outubro o avanço das RFF para a região, com um aumento da nebulosidade na escala regional. Ao passo, porém, que as chuvas mantiveram-se escassas, algo comum, principalmente em comparação aos anos de 2004 e 2005.

Figura 95: índices de participação dos sistemas para o mês de outubro de 2009



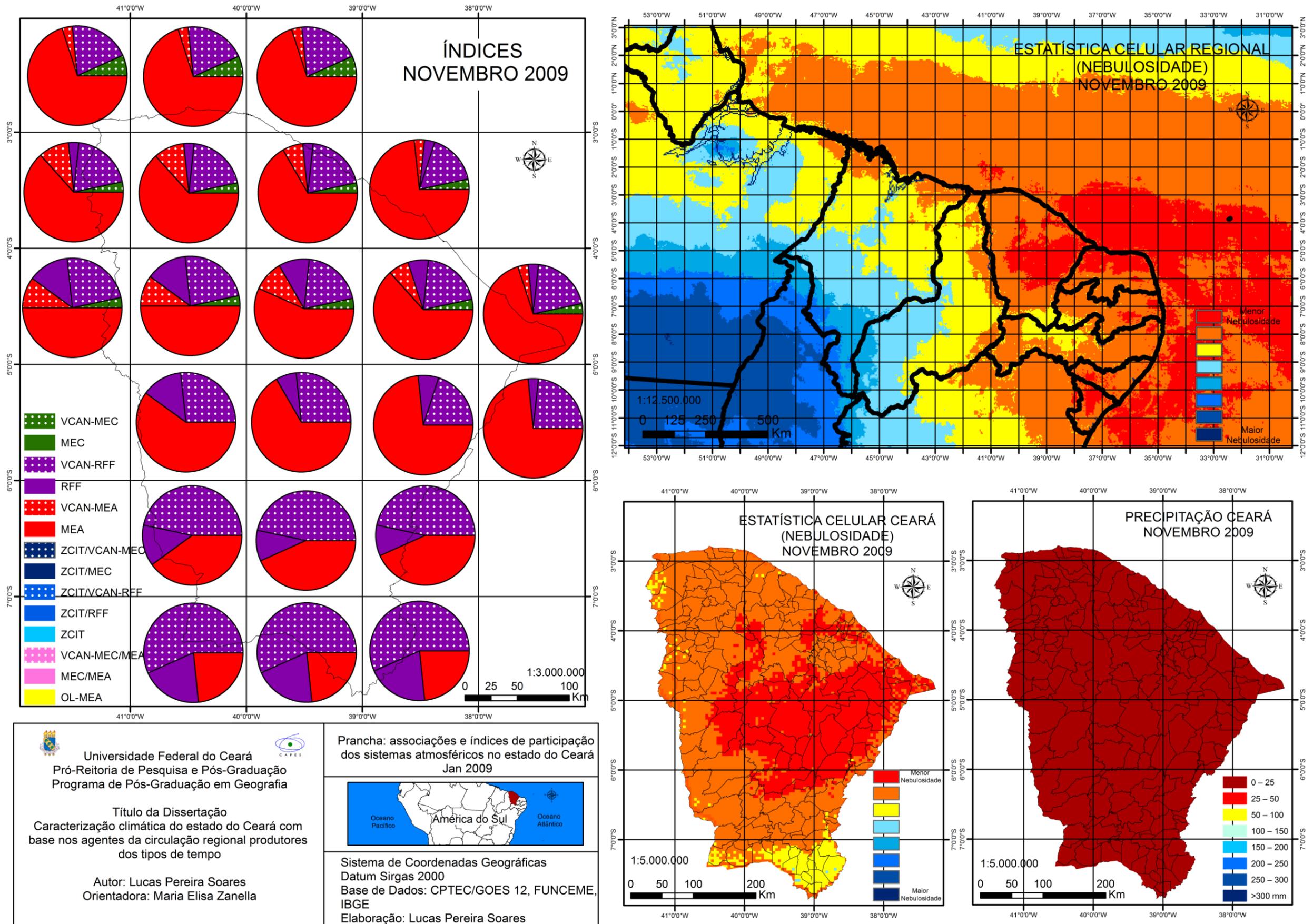
*Novembro*

Em novembro, com base na Figura 96, há uma diminuição da participação conjunta entre mEc e mEa, predominando a massa de ar atlântica, o que aumenta os índices de participação da mEa para novembro, quando comparado a outubro. A massa de ar é mais constante na porção centro-norte do Ceará, onde também apresenta-se, sob a forma de episódios, associada aos VCAN.

As RFF, dominam os tipos de tempo na região sul, os sistemas tem participação isolada e associada aos VCAN, com índices superiores aqueles evidenciados para o mês anterior nesta região. No Estado, as RFF apresentam queda na participação, dado que contribuiu ao fortalecimento da mEa.

Sob a forma episódica, tem-se a participação isolada das RFF, bem como a atuação conjunta entre a mEc e os VCAN. Em novembro, a cobertura de nuvens foi inferior aquela evidenciada para outubro, fato este associado a diminuição da participação da mEc, permitindo um maior avanço da mEa sob a região. A massa equatorial é um indicador de baixa nebulosidade, no caso de uma forte atuação desta, tem-se como resultando uma diminuição das nuvens para a região afetada.

Figura 96: índices de participação dos sistemas para o mês de novembro de 2009



*Dezembro*

Para dezembro, tem-se participação muito reduzida da mEa, como observado na Figura 98. A massa de ar reduz-se por conta da proximidade do verão, participando dos tipos de tempo com maior intensidade a mEc e as RFF, em ambos os casos associadas a vórtices ciclônicos. Trata-se de um período de transição, contemplado pela escassez de participação da mEa, e início do domínio da mEc e das RFF, que na maioria dos casos atuam sob a influência dos VCAN.

A mEa é mais constante na região nordeste do Ceará, sua área de gênese territorial. No restante do Estado, mantém-se com menor participação, não chegando por exemplo a atuar no extremo sul.

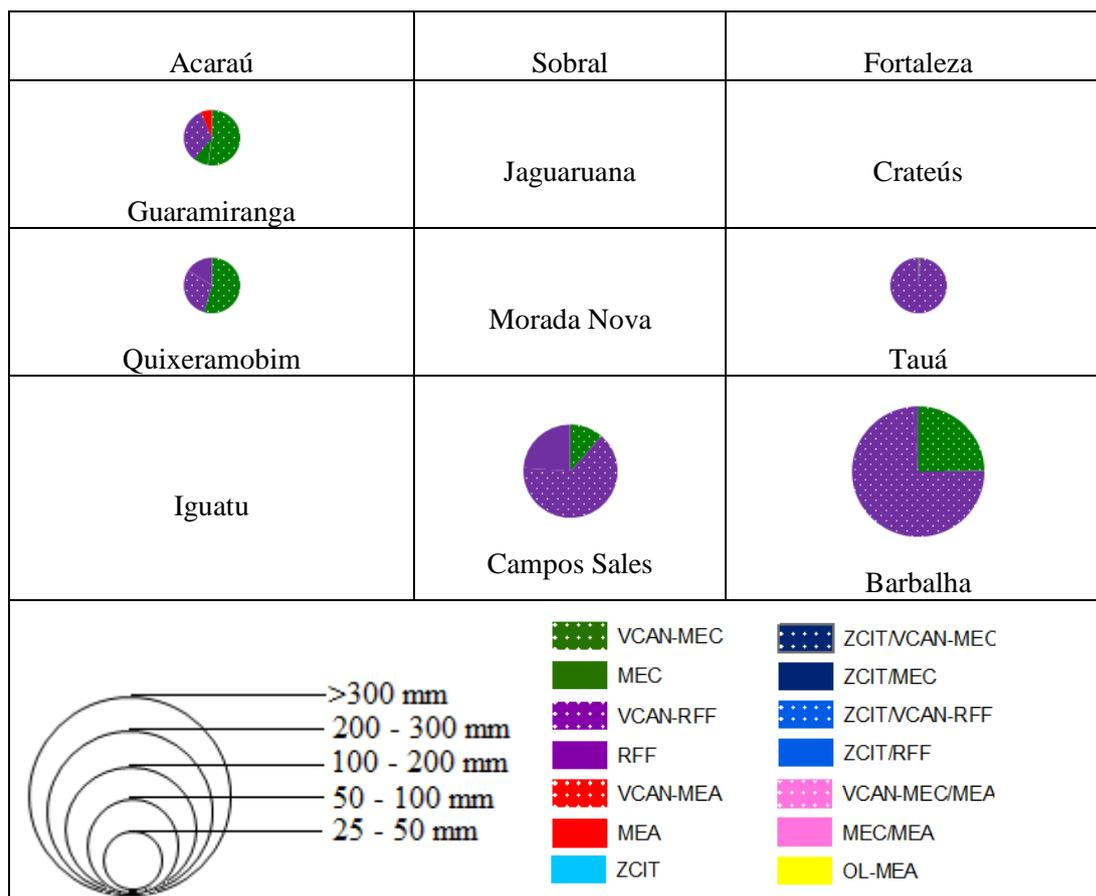
As RFF atuam intensamente em todo o Estado, habitualmente concentrando seus maiores índices no sul do Ceará, seja em ação isolada, ou em conjunto aos VCAN. Os sistemas tem agora, tendência a participar cada vez mais dos tipos de tempo, algo que deve permear por todo o verão, com participação mais reduzida em meados do outono.

A mEc, que desde o período chuvoso não concentra índices tão robustos, atua em todo o território de maneira constante, sendo fortemente influenciada pela participação dos VCAN. Individualmente, a massa de ar mantém-se de forma episódica, não participando dos tipos de tempo no norte.

Predomina na região boa cobertura de nuvens, como observado na Figura 98, principalmente na porção oeste e sul do Ceará, trata-se do início do período de maior atividade convectiva para a região, que para dezembro, é alimentado a partir do avanço da mEc no oeste, e das RFF no sul, ressalta-se, entretanto, que as chuvas mantiveram-se, habitualmente, concentradas na porção sul do Estado, principalmente associadas ao conjunto VCAN-RFF.

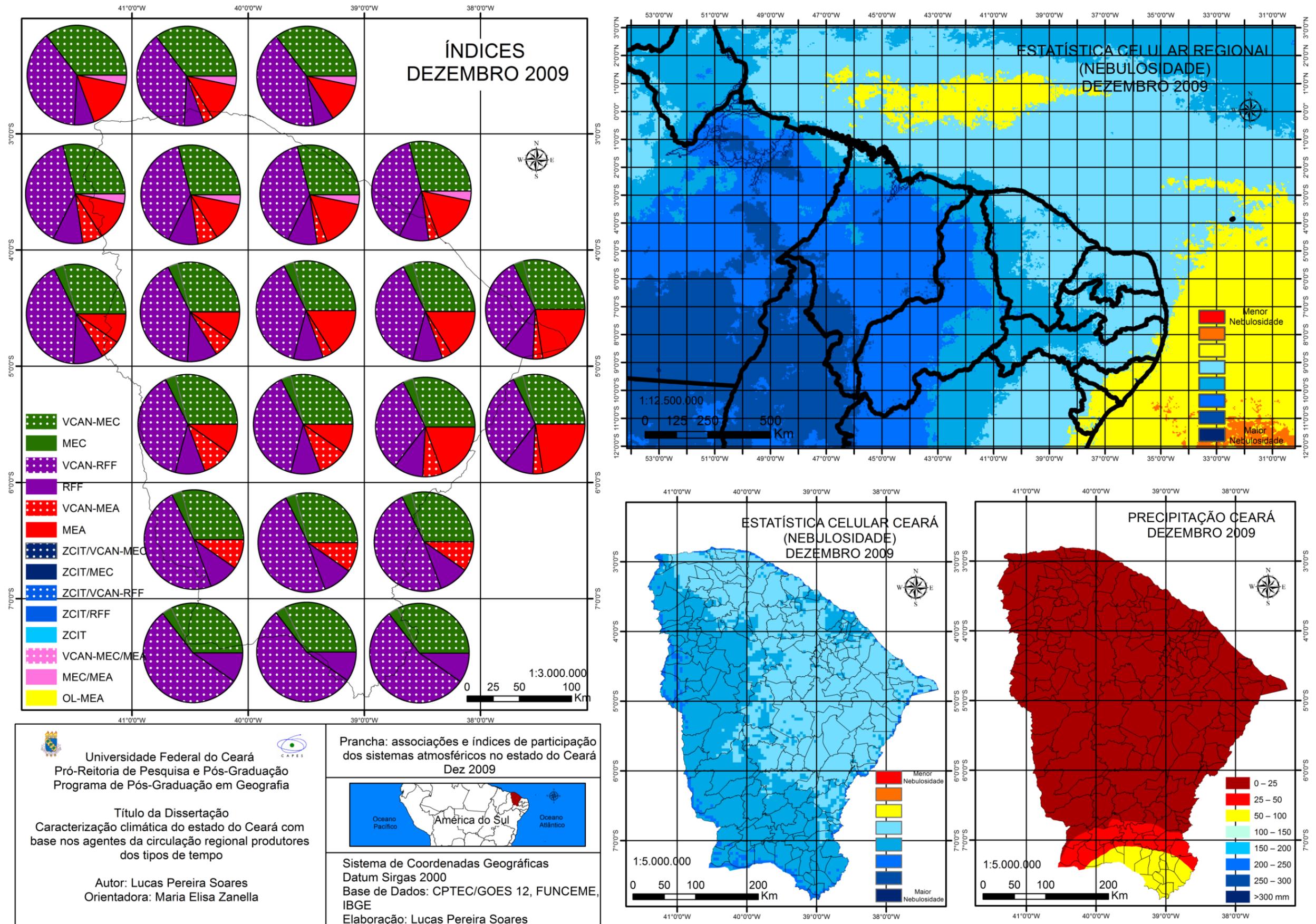
As chuvas no mês de dezembro, estão associadas sobretudo a atuação das RFF e da mEc, em ambos os casos sob a interferência dos VCAN. Destaca-se maior pluviosidade nos postos de Barbalha, Campos Sales e Tauá, na região sul do Ceará, bem como para locais mais ao norte como Quixeramobim e Guaramiranga.

Figura 97: índices de participação dos sistemas nas chuvas para dezembro de 2009



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 98: índices de participação dos sistemas para o mês de dezembro de 2009



### 5.3. Proposta de síntese da dinâmica atmosférica regional para o estado do Ceará

A tentativa de síntese foi realizada com base na dinâmica climática regional, teve como fundamento os índices de participação, representativos dos principais sistemas atmosféricos atuantes no território cearense, na escala temporal competente aos 3 anos padrão eleitos.

O “cartograma A” representa a proposta de síntese da circulação atmosférica regional para o estado do Ceará. Trata-se de um cartograma que visa, em linhas gerais e temáticas, estabelecer as regiões onde os sistemas atmosféricos foram mais ou menos constantes no território cearense, considerando a porcentagem de cada um dos 22 quadrantes, referente aos dias de atuação dos sistemas no decorrer dos anos padrão.

Os “cartogramas B”, que complementam aquilo representado pelo “cartograma A”, a partir de uma apresentação da síntese individual do comportamento espacial dos sistemas, visando assim uma detalhando maior da variação espacial destes no Ceará.

Como observado nos “cartogramas B”, optou-se por separar aqui os índices referentes a participação dos VCAN, com o objetivo de tratar da dinâmica para cada sistema. Neste caso, gerando uma síntese da participação isolada dos vórtices, a partir da dinâmica deste com as RFF, a mEc e mEa. O mesmo foi realizado para estes sistemas, que sofreram da influencia dos VCAN, ou seja, considerou-se na síntese a participação das RFF, da mEc e da mEa, dos conjuntos mEc/mEa, ZCIT/RFF e ZCIT/mEc, seja sob a interferência dos vórtices ou não, a fim de garantir índices próprios a estes sistemas.

Assim em uma análise da variação espacial dos sistemas, com base no cartograma (A), identifica-se que a ZCIT é mais constante no norte onde participa em 11% dos dias do ano, na porção central o sistema mantém-se com 8%, e já no sul a participação diminui para apenas 6% no ano. Essa variação latitudinal da ZCIT pode ser observada mais detalhadamente a partir do cartograma (B), no que se refere principalmente ao contraste de participação do sistema no norte e sul do Ceará.

Os VCAN apresentam-se constantes em todo o Ceará, sob um percentual anual entre 39% e 41% dos tipos de tempo entre o sul sudoeste, avançando ainda com boa participação para região central e noroeste do Estado. Os sistemas adentram principalmente pela porção ocidental extravasando para a parte meridional e setentrional do Ceará, porém são retidos ao penetrarem para a porção nordeste, quando sua

participação mantem-se entre 35 e 37%, nesse caso a diminuição dos VCAN acontece na região de maior predominância da mEa, conforme observado no “cartograma C” referente a massa de ar.

A mEc, que manteve-se sob forte interferência dos VCAN, concentra sua participação na porção ocidental do Ceará, com índices entre 14,5 e 15,5% nos tipos de tempo, visto que na margem oriental, destaca-se dinâmica constante da mEa. É nítido a partir do “cartograma C” a dinâmica mais constante do sistema em sua região de origem territorial, fato contrário quando observada a região que surge a mEa, quando a massa de ar continental tem sua participação reduzida a 12,5%.

As RFF mantem sua maior participação na região centro-sul, com porcentagem variando entre 28 e 32% dos dias no ano. Assim como a ZCIT o sistema tem um deslocamento latitudinal, porém apresenta-se mais intensa no sul do Ceará, visto ser esta sua região de origem. No norte as RFF atuam entre 20 e 24% dos dias. Pelo cartograma (C), observa-se mais claramente essa variação latitudinal, com uma predominância muito grande dos sistemas em toda a porção sul do Ceará.

A participação da mEa no Ceará é elevada, os índices se mantem entre 24 e 33%. Há esse comportamento devido a todo o período seco quando a massa de ar é estável sob a região, sua diminuição é vista durante a primeira metade do ano, quando observa-se o predomínio de sistemas convectivos, que impedem o avanço da mEa para o continente.

A massa de ar é mais constante na porção norte do Ceará, adentrando pelo litoral, quando seus índices se mantem entre 30 e 33%. A diminuição da participação da mEa nos tipos de tempo acontece na região oeste e sul do Ceará, com sua porcentagem entre 27 e 30%, destaca-se nessa região uma maior distância do litoral, além de ser a área de gênese territorial da mEc e das RFF, que assim como a mEa apresentam forte atuação anual no Ceará.

As OL-mEa, apresentam-se entre 5 e 6% dos dias na faixa nordeste do Ceará, diminuindo sua atuação a medida que avança para o interior do Estado, quando os índices ficam em 4%. Ressalta-se uma pequena variação entre a região que recebe uma maior participação e aquele de menor atuação das OL, porém como se tratam de sistemas episódicos, com nebulosidade de maturação muito rápida, logo se dissipando, essa pequena variação é fundamental pois delimita bem as regiões mais propicias as chuvas associadas as OL, no caso toda a porção que apresenta-se com índices entre a 5 e 6%.

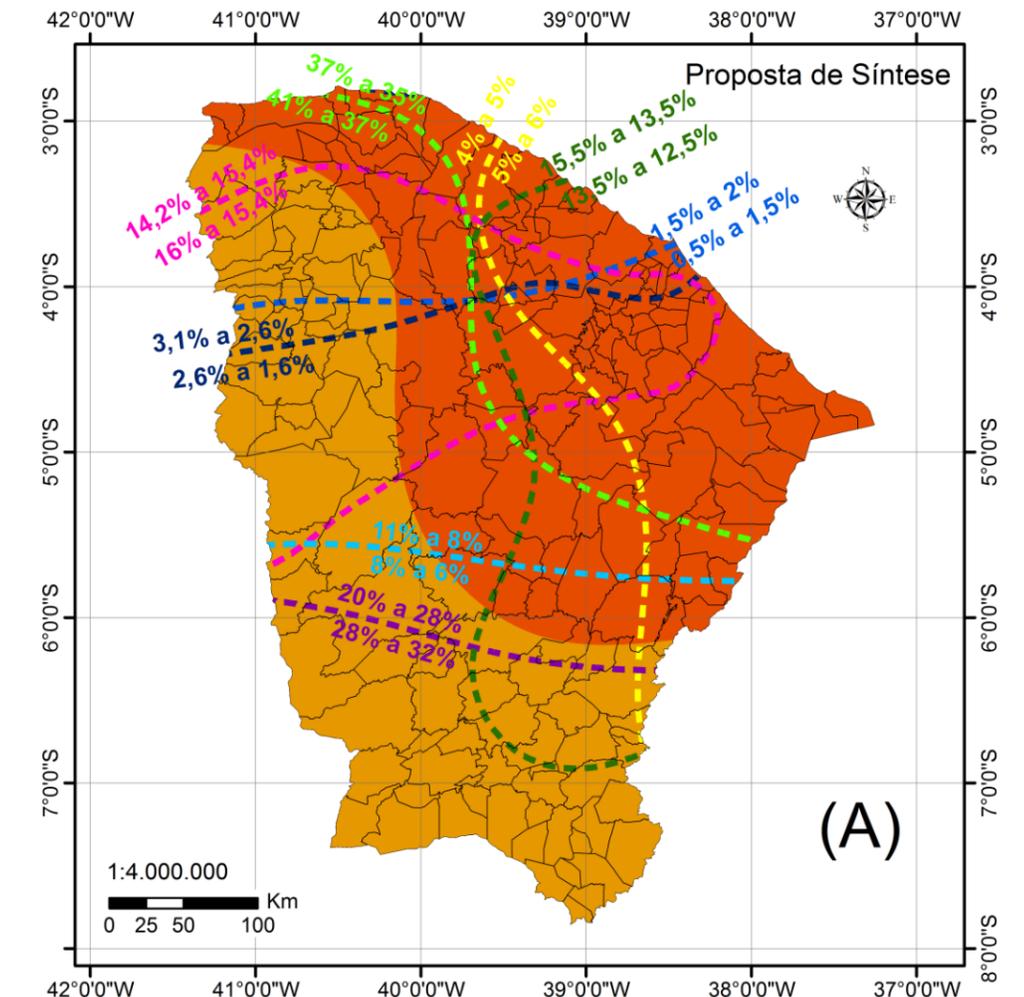
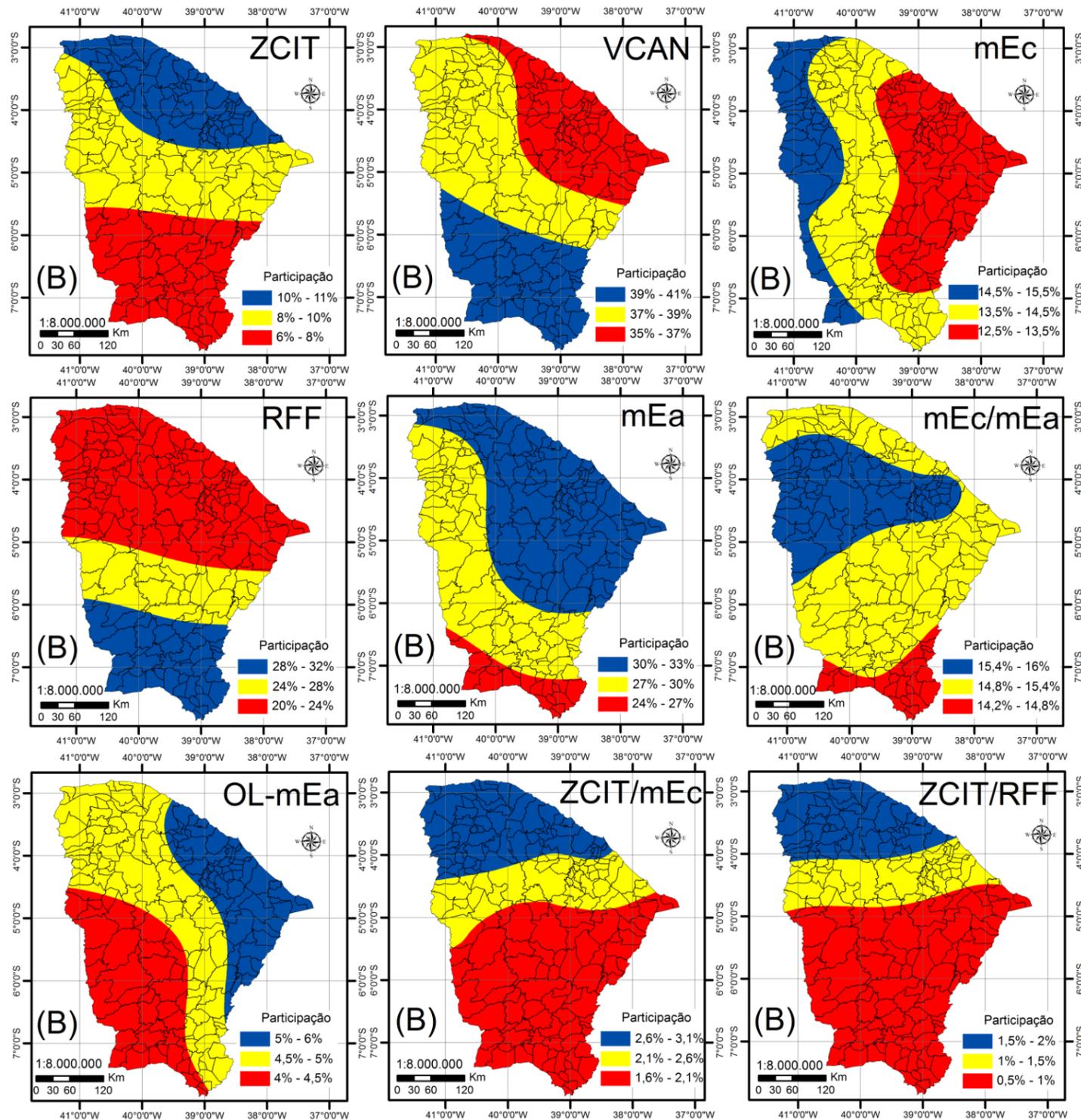
O conjunto mEc/mEa tem um avanço diferente dos demais sistemas, apresenta um ramo de maior participação adentrando entre a região de origem da mEc, no oeste, e da mEa, no leste, fato observado pela dinâmica conjunta das massas de ar. Os índices nessa região são superior a 15%, enquanto que para as demais regiões os valores de participação chegam a 14%, com destaque a porção sul onde a relação mEc/mEa tem menor participação.

A participação episódica entre a ZCIT e os sistemas mEc e RFF, tem seus índices espacializados nos “cartogramas B”. A relação ZCIT/mEc, é mais comum na porção norte, abrangendo também uma parte maior da região oeste do Estado, sendo área de gênese da mEc, seus maiores índices mantem-se entre 2,6 e 3,1%,

O conjunto ZCIT/RFF tem maior participação no norte, fato explicado pela ZCIT ser menos comum na região sul, já as RFF conseguem avançar mais facilmente em direção a porção norte, quando, em caso de atuação da ZCIT, se encontra com a banda de nuvens associada a zona de convergência. Os maiores índices concentram-se entre 1,5 e 2% de participação nos tipos de tempo.

Figura 99: proposta de síntese da circulação atmosférica regional

# PROPOSTA DE SÍNTESE DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL PARA O ESTADO DO CEARÁ



Universidade Federal do Ceará  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Programa de Pós-Graduação Geografia

Título da Dissertação  
 Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação atmosférica regional produtores dos tipos de tempo.

Autor: Lucas Pereira Soares  
 Orientadora: Maria Elisa Zanella

Prancha: Proposta de síntese da dinâmica climática regional

(A) Proposta de síntese pela participação percentual dos principais sistemas da circulação atmosférica regional para o estado do Ceará.

(B) Participação percentual individual dos principais sistemas da circulação atmosférica regional para o estado do Ceará.

**Convenções Cartográficas**

Delimitação Política Ceará

**Legenda (A)**

- ZCIT: Participação de até 8%
- VCAN: Participação de até 37%
- mEc: Participação de até 13,5%
- RFF: Participação de até 28%
- mEc/mEa: Participação de até 15,4%
- OL-mEa: Participação de até 5%
- ZCIT/mEc: Participação de até 2,6%
- ZCIT/RFF: Participação de até 1,5%
- mEa: Participação entre 24 - 30%
- Participação entre 30 - 33%

Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: SIRGAS 2000  
 Base Cartográfica: IBGE  
 Elaboração: Lucas Pereira Soares

A proposta de síntese tem por objetivo ainda apresentar a distribuição temporal destes sistemas no decorrer do ano, a fim de desenvolver para o Estado uma correlação espaço-temporal da dinâmica regional. Nessa caso, destaca-se a seguir os domínios característicos dos sistemas durante o ano.

#### 1. mEc

Seu domínio inicia-se em dezembro e vai até meados de março. Os sistemas apresentam forte interferência dos VCAN durante o ano. Em 2004 e 2005, tem participação considerável entre abril e maio, visto a não participação intensa da ZCIT. Também inicia sua participação já em meados de agosto, porém tem o domínio dos tipos de tempo a partir de dezembro;

#### 2. RFF

Seu domínio inicia-se em novembro e vai até março. Tem maior participação já em meados de outubro, porém seu domínio é estabelecido em novembro. Os sistemas apresentam forte interferência dos VCAN durante o ano. No ano chuvoso é muito enfraquecido entre abril e maio, já no ano seco, devido ausência da ZCIT, o sistema avança mais sob o território cearense durante esses meses;

#### 3. mEa

Seu domínio inicia-se em junho e vai até novembro. Sistema atuante durante o pós-quadra chuvosa e período seco. Nos anos seco e habitual, teve sua atuação já intensificada em meados de maio, por ausência da ZCIT. Tem tendência a se associar com a mEc no período seco, com a massa de origem amazônica apresentando nebulosidade muito reduzida;

#### 4. mEc/mEa

Se domínio inicia-se em agosto e vai até outubro. Esta relação tende inicia-se já em maio, porém seu domínio é caracterizado somente a partir de agosto, com destaque a participação associada destes sistemas principalmente para os anos seco e habitual, quando a mEc não apresenta convecção suficiente para impedir o avanço da mEa.

#### 5. ZCIT

Seu domínio inicia-se em março e vai até maio. O sistema mantém-se constante entre fevereiro e maio, somente na classificação de ano chuvoso. Nos anos seco e habitual, tende a apresentar participação episódica, concentrando sua atuação em associação a outros sistemas, não sendo

protagonista nas chuvas. Não apresenta dinâmica na região para o mês de maio, quando na classificação de ano seco e habitual. Em janeiro pode atuar de forma episódica sob a região. O sistema apresenta boa participação já em fevereiro, porém seu domínio é caracterizado a partir de março.

#### 6. OL-mEa

Seu domínio inicia-se em junho e vai até julho. São distúrbios oriundos da circulação da mEa, que tem participação no período de forte dinâmica da massa de ar. Iniciam sua participação já em maio, com ápice em junho, e declínio em julho.

#### 7. ZCIT/mEc e ZCIT/RFF

Tem participação episódica entre janeiro e abril. Concentra sua atuação, principalmente, nos anos seco e habitual, visto que no ano chuvoso a ZCIT, com forte nebulosidade, impede o maior avanço da mEc e das RFF. Sofre ainda da interferência dos VCAN em alguns casos.

#### 8. VCAN

Domínio entre outubro e abril. São sistemas enfraquecidos entre o final do outono e o inverno. No ano chuvoso, interfere menos da dinâmica climática da região entre março e abril, visto a dinâmica maior da ZCIT. Participa intensamente dos tipos de tempo, dinamizando, principalmente, a participação da mEc e das RFF.

## CONCLUSÕES

O fundamento rítmico, aplicado a este trabalho, foi incorporando desde a coleta de dados, que foram organizados em favor da eleição de anos padrão, para o estabelecimento da análise rítmica, sendo esta fundamental ao desenvolvimento dos índices que permitiram a proposta de síntese da dinâmica climática regional.

Os anos padrão, criteriosamente selecionados pelo método de Tavares (1976), representaram com fidelidade as condições climáticas, destacando-se que por meio deste, foi possível compreender o dinamismo local das chuvas para o Ceará, com base em uma análise particular das 184 estações pluviométricas realizada pela interpretação dos dendogramas, que associados a produção dos mapas geoestatísticos, permitiram uma noção regional do comportamento da precipitação no território cearense.

Mesmo com a aplicação de um método que emprega exatidão na classificação de anos secos, habituais e chuvosos, assim como de um trabalho de espacialização destas classificações, existe certa dificuldade para a identificação de padrões específicos em certos anos, principalmente considerando o padrão de chuvas convectivas e a extensão territorial do Ceará, com todos os seus fatores geográficos, que dificultam o estabelecimento da classificação em anos padrão.

No que tange a análise rítmica, esta mostrou-se como um fundamento excelente ao emprego da caracterização climática, visto que além de incorporar todas as variáveis meteorológicas disponíveis, permite uma associação com a dinâmica climática regional. É uma ferramenta ampla e completa, permitindo uma análise em torno do encadeamento dos tipos de tempo em sua variação natural. Neste trabalho, o papel da análise rítmica diz respeito, principalmente, a associação entre o elemento precipitação e dinâmica atmosférica regional, o que assim torna possível compreender a gênese das chuvas, a partir do estabelecimento dos índices de participação.

Esta análise geográfica da dinâmica do clima, manteve-se fortemente apegada a escala regional, que no método de Monteiro (1973) competente a etapa referente ao desenvolvimento da proposta de síntese da circulação atmosférica regional.

Não foi possível continuar a aplicação do método, cujo desenvolvimento final, acontece a partir de uma organização em torno da transição do regional ao local, neste caso, partindo da proposta de síntese da dinâmica climática regional para uma proposta de classificação climática, fundamentada na circulação regional e nos fatores

geográficos, notadamente o relevo. Assim, concebeu-se apenas a escala regional, que compete ao estudo da participação dos sistemas dentro da escala temporal dos anos padrão.

Com base na escala espaço-temporal, competente ao regional e aos anos padrão, destaca-se a mEa como um dos sistemas dominantes para os anos padrão eleitos, trata-se do sistema atuante em todo o tempo seco, que rege o dinamismo climático em praticamente 6 meses do ano ou mais.

As RFF, seguida da mEc participaram ativamente da dinâmica dos tipos de tempo para a região, seja os sistemas atuando de forma isolada ou, na grande maioria dos casos, associadas aos VCAN. Estes sistemas atuam, principalmente quando de uma dificuldade maior da ZCIT em permanecer sob regiões mais ao sul da linha do Equador, destacando-se, principalmente, o ano seco de 2005 e o ano habitual de 2004. No ano chuvoso relata-se a ZCIT como sistema responsável pelas fortes precipitações durante a 1ª metade do ano.

Os sistemas apresentaram-se de maneira mais constante em sua região de origem territorial, se exaurindo a medida que avançam mais adentro do continente, não sendo articulados como sistemas frontais a se perpetuar no continente e posteriormente sair e se fortalecer novamente sob o oceano. Apenas a ZCIT, com sua característica pendular, se mantém mais intensa em quase todas as suas apresentações frente a região continental. Os demais sistemas, tendem a se exaurir e se dissipar de maneira mais rápida sobre o continente. Em alguns casos, estes já adentram de maneira muito fraca neste.

A mEa é mais intensa em junho, no início do inverno e diminuição da temperatura, que promovem um aumento da pressão do anticiclone do Atlântico para 1016 hPa, visto que durante o verão e o outono a pressão mantem-se principalmente sob 1012 hPa. Mostra assim, ser interessante estabelecer uma relação entre as Temperatura de Superfície do Mar (TSM) e o desenvolver da mEa, considerando as isóbaras do anticiclone do Atlântico.

A ZCIT, realmente apresenta-se como principal sistema atmosférico responsável pela precipitação para o Ceará. Quando o sistema é decadente a seca impera, visto que mesmo sob influencia dos VCAN, as RFF e a mEc, como sistemas oportunistas, não conseguem suprir a precipitação gerada pela ZCIT. Nesse caso há que relatar também, que o sistema não é todo constante para o Ceará, mesmo no ano padrão chuvoso, a porção sul do Estado é menos influenciada, e depende muito da precipitação

oriunda da relação VCAN-RFF, que caso não houvesse, com certeza as isoietas para a região seriam inferiores.

As OL-mEa consideradas como sistemas de pós-período chuvoso, rendem uma precipitação considerável, principalmente, para as regiões mais próximas do litoral. O sistema desloca-se em muitas ocasiões da costa do Rio Grande do Norte e da Paraíba, apresentando-se sob toda a faixa oriental do Ceará, o que, porém não garante maior precipitação, visto que tais ondas já apresentam-se bastante enfraquecidas. Sua periodicidade foi maior no ano padrão chuvoso, talvez associada as TSM mais quentes no Atlântico, que também propiciaram uma participação maior da ZCIT.

A espacialização das variáveis climáticas foi de total importância ao trabalho, principalmente no que refere a um trabalho de Geografia, que assim visa a compreensão do fenômeno climático, resta porém melhorar a produção dos mapas de nebulosidade oriundo da estatística celular, estabelecendo critérios mais metódicos no tratamento das imagens de satélite a partir deste.

Importante mencionar também a relação entre os conceitos de massas de ar e sistemas atmosféricos, o primeiro refere-se a uma aplicação maior na Geografia, e o segundo tem suas bases na Meteorologia, porém no âmbito da dinâmica atmosférica ambos se completam. Devido a isso, neste trabalho foi desenvolvido uma análise a partir da base geográfica, no que concerne ao estudo das massas de ar, aliada a conceitos puramente meteorológicos, em referencia aos VCAN e sobre as condições de TSM, principalmente.

No geral, relata-se que para o desenvolvimento de análises mais apuradas, por exemplo, para uma proposta de classificação climática como indicado por Monteiro (1973), deve-se considerar ferramentas mais recentes da constante promoção tecnológica oriunda das imagens de satélite e de seus sensores orbitais.

Destacam-se imagens, oriundas de satélites com sensor MODIS, como o Terra e o Aqua, que apresentam cenas de alta resolução, sendo possível identificar as nuvens em uma padrão mais realista na superfície. Importante também mencionar a incorporação de imagens do projeto TRMM, que são desenvolvidas justamente para o estudo da precipitação, e podem ser aplicadas a dinâmica climática brasileira no geral. Além, claro do manuseio de dados de Reanálises do NOAA, que incorporados às imagens de satélites geoestacionários e pelas cartas sinóticas, permitem uma interpretação mais detalhada e assertiva das condições atmosféricas de dada região.

Assim, foi com intuito de desenvolver para o estado do Ceará um estudo fundamentado no ritmo climático, apegado a um forte viés geográfico, que visa além de uma representação espacial do fenômeno climático, concebê-lo em sua natureza, considerando a sucessão oriunda das muitas facetas da atmosfera, que se individualizam em sistemas, responsáveis pela dinâmica dos tipos de tempo.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ACTION 2.3 (Brasil). **Análise Cluster**. 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 01 maio 2014.
- ALVES, J. M. B., REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS). **Rev. Bras. Meteorol.**, v.7, n02, p.583-92, 1992.
- ALVES, J. M. B.; TEIXEIRA, R. F. B.; FERREIRA, A. G. Um intenso sistema convectivo de mesoescala no setor leste do Nordeste: O caso de 20 a 21 de maio de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, n. 1, p. 19-31, 2001.
- ANDREOLI, Rita Valéria; KAYANO, Mary Toshie. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 22, n. 1, Apr. 2007. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010277862007000100007ng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010277862007000100007ng=en&nrm=iso)>. Access on 20 Jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S010277862007000100007>.
- ARCGIS DESKTOP 10.0 (ESRI). **Cell Statistics (Spatial Analyst)**. 2009. Disponível em:<<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z0000007q000000.htm>>, acessado em: 02/06/2014.
- TISDALE, Bob. **ENOS**. 2014. Disponível em:<<https://bobtisdale.wordpress.com/2010/08/08/an-introduction-to-enso-amo-and-pdo-%E2%80%93-part-1/>>, acessado em: 02/06/2014.
- BARBOSA JR, A. R. **Precipitação**. 2000. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Ensino).
- BARBOSA, Nyedja F. M. et al. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 18, n. 7, jul. 2014. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415436620140007000](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415436620140007000)>
- BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator**, vol. 08, nº 16, 2009. p. 255-261.
- BARROS, Juliana Ramalho. **Tipos de tempo e incidência de doenças respiratórias: um estudo geográfico aplicado ao Distrito Federal**. 2006. v, 121 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2006. [http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/100078/barros\\_jr\\_dr\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/100078/barros_jr_dr_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

BARROS, Linton Ferreira de. ESBOÇO CLIMATOLÓGICO DA REGIAO LESTE BRASILEIRA. **Revista Brasileira de Geografia**, Brasília, v. 30, n. 1, p.3-54, jan. 1968. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg\\_1968\\_v30\\_n1.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1968_v30_n1.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2015.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000. Brasília, DF: INMET, 2009. Páginas: 119 p.

BORSATO, Victor Assunção. A La Niña e a dinâmica atmosférica em Campo Mourão na primavera de 2010. **Geografia em Questão**, Cascavel, v. 5, n. 1, p.212-230, Não é um mês valido! 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/4891>>. Acesso em: 06 jun. 2014.

BORSATO, Victor da Assunção; HIERA, Mitchel Druz. Zona de Convergência do Atlântico Sul e a dinâmica atmosférica para o noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**. no 8 – Vol. 11 – Jul/Dez 2012

BORSATO, Victor da Assunção. A dinâmica atmosférica no centro-sul do Brasil no verão e as influencias do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 22 (2011), p. 135-157.

BORSATO, Victor da Assunção. AS Chuvas de Janeiro de 2010 em Maringá Paraná e a Dinâmica dos sistemas atmosféricos. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2010, Porto Alegre. **Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos**. Porto Alegre: 2010. p. 1 - 9. Disponível em: <[www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=2904](http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=2904)>. Acesso em: 06 jun. 2014.

BORSATO, Victor Assunção. A La Niña e a dinâmica atmosférica em Campo Mourão na primavera de 2010. **Geografia em Questão**, Cascavel, v. 5, n. 1, p.212-230, Não é um mês valido! 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/4891>>. Acesso em: 06 jun. 2014.

BORSATO, Victor Assunção; SOUZA FILHO, Edvard Elias de. O ritmo climático e episódios pluviométricos no ano de 1980 na vertente ocidental da bacia do Alto Rio Paraná Brasil. **Geografia em Questão**, Londrina, v. 17, n. 1, p.83-109, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/5459>>. Acesso em: 06 jun. 2014.

BROMER, Rainer. The first global map of the distribution of human diseases: Friedrich Schnurrer's' Charte über die geographische Ausbreitung der Krankheiten'(1827). In: RUPKE, Nicolaas A (org.). **Medical Geography in Historical Perspective**. January 2000, DOI: 10.1017/S0025727300073208, Published online: 16 November 2012.

LUCENA, Daisy Beserra; SERVAIN, Jacques; FILHO, Manoel Francisco Gomes. **Evolução do Impacto de Eventos Climáticos Extremos nos Oceanos**

**Pacífico e Atlântico sobre a Estação Chuvosa no Nordeste do Brasil.** In: CAMPOS, José Nilson B.; SERVAIN, Jacques (Org.). *Clima do Atlântico Tropical e Impactos Sobre o Nordeste (CATIN)/Climat de l'Atlantique Tropical et Impacts sur le Nordeste*. Fortaleza: CNPq/IRD: 2010. 392p

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. **Influências da circulação de escala sinótica na circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul.** 1982. São José dos Campos, INPE (INPE-2573-PRE/221).

BRASIL. Marinha do Brasil. **Cartas Sinóticas.** 2014. Disponível em:< [www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm)>, acessado em: 02/06/2014.

BRASIL. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Banco de dados de imagens.** 2014. Disponível em:< <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>>, acessado em: 02/06/2014.

BRASIL. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Boletim Climanálise.** 2014. Disponível em:< <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>, acessado em: 02/06/2014.

BRASIL. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Cartas de Altitude.** 2014. Disponível em:< <http://tempo.cptec.inpe.br/>>, acessado em: 02/06/2014.

BRASIL. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **El Niño e La Niña.** 2014. Disponível em:< <http://enos.cptec.inpe.br/>>, acessado em: 02/06/2014.

BRASIL. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Pedido Web DSA.** 2014. Disponível em:< <http://satelite.cptec.inpe.br/pedidoweb/pedido.formulario.logic/>>, acessado em: 02/06/2014.

CHAN, Chou Sin. **Análise dos Distúrbios Ondulatórios de Leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul.** 1990. 134 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos.

CLAUDINO-SALES, Vanda de. PEULVAST, Jean-Pierre. Evolucao morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceara, Nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia.** Uberlândia v. 7, n. 2. Fev/2007 p

COHEN, J.C.P.; CAVALCANTI, I.F.A.; BRAGA, R.H.M.; SANTOS NETO, L.A. **Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da America do Sul.** In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. *Tempo e clima do Brasil.* 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 75-93, 2009.

COHEN, Julia Clarinda Paiva. **Um estudo observacional de Linhas de Instabilidade na Amazônia.** 1989. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE. São José dos Campos.

CONTI, José Bueno. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste Paulista**. Sao Paulo : Universidade de Sao Paulo, Instituto de Geografia, 1975. serie Teses e Monografias, n° 18; Série Teses e Monografias - Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, n° 18

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

EICHHOLZ, Cristiano Wickboldt; CAMPOS, Cláudia Rejane Jacondino de. **Características Físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que Afetaram o Rio Grande do Sul em 2006**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 37 - 1 / 2014 p. 70-80

ELY, Deise Fabiana. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas**. 2006. 208 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente

ESRI (EUA). **ArcGIS Desktop**: Release 10. 2012: Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

ESRI (EUA). **How Cell Statistics works**. 2012. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z00000088000000>>, acessado em: 20/10/2014

ESRI (EUA). **Cell Statistics**. 2009. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z00000088000000>>, acessado em: 20/10/2014

ESRI (EUA). **Performing cross-validation and validation**. 2013. Disponível em: <<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003100000059000000>>, acessado em: 20/10/2014

NCDC (EUA). Southern Oscillation Index. 2014. Disponível em:<<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>>, acessado em: 02/04/2015.

FEDOROVA, Natalia; CARVALHO, Maria Helena de; FEDOROV, Dmitri. Formação de vórtices observados no campo de nebulosidade sobre a América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 14, n.2, 15-27, 1999.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **ABClima**, vol. 1, ano 1, 2005.

FERREIRA, N. J., CHAN, C.S., SATYAMURTI, P.. Análise dos distúrbios ondulatório de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 6, 1990, Salvador, Rio de Janeiro, p. 462-466.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). **Séries históricas**. Disponível em:<<http://www.funceme.br/areas/monitoramento/download-de-series-historicas>>, acessado em: 05/06/2010.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). **Projetos especiais**. Disponível em:<<http://www.funceme.br/projetos/principal-pirata>>, acessado em: 05/06/2010.

GAN, Manoel Alonso; KOUSKY, Vernon Edgar. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**; 1986, v1, 19-28.

GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira; SILVA, Bárbara Christine Nentwig. 1981. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL. 161 p.

HAAS, Reinaldo; AMBRIZZI, Tércio; FILHO, Augusto José Pereira. Chuva severa associada a um Vórtice Ciclônico: diagnóstico do caso 18 a 31/12/1995 por meio de Vorticidade Potencial Isentrópica. **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz do Iguaçu, PR, 4 a 9 de agosto de 2002.

HANN, J.: **Atlas der Meteorologie** . 1887. Gotha: Justus Perthes, 12 SKarten., Bremerhaven, PANGAEA, 12. <http://epic.awi.de/28759/1/Han1887a.pdf>

HANN, Julius von. **Handbuch der klimatologie**. Publisher: Stuttgart, J. Engelhorn (1908). University of Michigan. <https://archive.org/details/handbuchderklim06hanngoog>

HUMBOLDT, Alexander von. **Cosmos: ensayo de una descripción física del mundo**. 1875. Bélgica: E. Perié University of Toronto 1769-1859 v. 01-02. <https://archive.org/details/cosmosensayodeun01humbuoft>

IPECE. **Ceará em números 2011**: caracterização territorial. Fortaleza: IPECE. 2011.

SOUZA, M. J. N. . **Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará**. Revista Ciência Agrônômica , Fortaleza, v. 9, 1979.

SOUZA, E.B; ALVES, J.M.B. estudo diagnóstico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste brasileiro. IN: **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congressoda Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia**. Brasília, DF. 1998.

KÖPPEN, W., **Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf** (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). 1918.Petermanns Geogr. Mitt. 64, 193-203, 243-248. map 1 and map 2. [http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen\\_1918.pdf](http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1918.pdf)

KÖPPEN, W.,: **Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet** (The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and of the impact of heat on the organic world), 1884.

Meteorol. Z. 1, 215-226. Map. [http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen\\_1884.pdf](http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1884.pdf)

LAWSON, Russell M.. **Science in the ancient world: an encyclopedia.** 2004: California. ABC-CLIO's history of science series. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

LIMA, Luiz Cruz; MORAIS, Jáder Onofre de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000.

LINACRE, Edward. **Climate Data and Resources: A Reference and Guide.** 1992. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. ISBN 0-415-05702-7. ISBN 0-415-05703-5.

LUCENA, D.B., J. SERVAIN e M.F. GOMES FILHO, 2010: Evolução do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacíficos e Atlântico sobre a estação chuvosa no Nordeste do Brasil. In Servain, J., J.N.B. Campos, E.S.P.R. Martins, and D.S. Reis, Jr., Edts : **Clima do Atlântico Tropical e impactos sobre o Nordeste (CATIN).** Climat de l'Atlantique tropical et impacts sur le Nordeste (CATIN). Série Oceanografia e Meteorologia da Funcem 1. Fortaleza Funceme CNPq/IRD 2010. ISBN : 978-85 62406 07-2, 176è197.

MAIA, Diego Corrêa; MAIA Ana Cláudia Nogueira. A utilização dos ditos populares e da observação do tempo para a Climatologia Escolar no Ensino Fundamental II. **GeoTextos**, vol. 6, n. 1, jul. 2010. D. Maia, A. Maia 51-71.

DE MARTONNE, Emmanuel. **Le traité de géographie physique.** 1925. Paris: Collins. York University - University of Toronto Libraries. ASC - York University Libraries. <https://archive.org/details/traitedegeograph00mart>

MELLO, Namir G. S.; SAKAMOTO, Meiry S.; TORSANI, José Aparecido. **Estudo de caso de um Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) observado no Nordeste do Brasil.** Edição IX - Campos do Jordão – 1996.

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

METED. Tropical. 2014 Disponível em: [http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook\\_2nd\\_edition\\_es/navmenu.php?tab=5&page=2.1.2](http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition_es/navmenu.php?tab=5&page=2.1.2) Acessado em 12/11/2014

METEOPT (Portugal). **Reanalyse NCEP diário.** Disponível em: <http://www.meteopt.com/clima/reanalyse-ncep/diario/america-do-sul>. Acesso em: 03 mar. 2015.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1991.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG, 1973.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Análise Rítmica em Climatologia**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1971.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Atlas Climatológico da Bahia**. 1976. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Atlas Geográfico).

MORAES, Antonio Carlos Robert. Geografia: **Pequena Historia Critica**. São Paulo: Hucitec, 1994.

MÜHRY, Adolf. **Beitraege Zur Geo-Physik Und Klimatographie**. Book 1-3 (1863) <https://play.google.com/books/reader?printsec=frontcover&output=reader&id=nA85AAAcAAJ&pg=GBS.PP1>

MÜHRY, Adolf. **Die geographischen Verhaeltnisse der Krankheiten, oder, Grundzuege der Noso-Geographie**. 1 edition (1 ebook). 1856. <https://archive.org/stream/diegeographische00mh#page/n3/mode/2up>

NIMER, E. **Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro**: IBGE, 1979. 422 p. (Recursos naturais e meio ambiente).

NIMER, Edmon. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências: o fenômeno das secas. **Revista Brasileira de Geografia**, Brasília, v. 26, n. 2, p.03-13, abril- junho 1964. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201964%20v26\\_n2.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201964%20v26_n2.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2012.

NÓBREGA, Ranyére Silva; SANTIAGO, Gabriela Ayane Chagas Felipe. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2014.

OLIVEIRA, Fabíola de. **100 anos de meteorologia no Brasil**: INMET 1909-2009

PAIXÃO, Edson Borges; GANDU, Adilson Wagner. **Característica do Vórtice Ciclônico de Ar Superior no Nordeste Brasileiro**. Anais da SBMET, pp.3222-3425, 2000.

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: SEDES, 1970. 246 p.

PEDRAS, Lúcia Ricotta V.. A paisagem em Alexander von Humboldt o modo descritivo dos quadros da natureza. **REVISTA USP**, São Paulo, n.46, p. 97-114, junho/agosto 2000.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., and MCMAHON, T. A.: **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633-1644, doi:10.5194/hess-11-1633-2007, 2007.

PEREIRA, R. C. M. ; SILVA, E. V. . **Solos e Vegetação do Ceará: características gerais**. In: José Borzacchiello da Silva, Tércia Cavalcante, Eustógio Dantas. (Org.). Ceará: um novo olhar geográfico. 2ªed.Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, v. 01, p. 189-210.

RAMÍREZ, M. C. V. **Padrões climáticos dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis no Nordeste do Brasil**. 132p. (INPE-6408-TDI/618). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1997. Disponível em: < <http://mtc.m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTCm13@80/2005/09.15.19.39/doc/INPE-6408-TDI-618.pdf>>

ROLLER, Duane W.. **Eratosthenes' Geography**: fragments collected and translated, with commentary and additional material. 2010: Princeton University Press. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

RUBEL, Franz, KOTTEK, Markus. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 20, No. 3, 361-365 (June 2011) by Gebrüder Borntraeger 2011. MetZet Classic Papers

RUPKE, Nicolaas A. **Humboldtian Medicine**. Medical History, 1996, 40: 293-3 10

SANT'ANNA NETO, João Lima. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001.

SERRA, Adalberto. Meteorologia do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Brasília, v. 7, n. 3, p.03-90, julho-setembro 1945. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/RBG/RBG%201964%20v26\\_n2.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/RBG/RBG%201964%20v26_n2.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2012.

SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. Sistemas de mesoescala e previsão do tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**; 1987; Vol. 2, 133-150.

SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Apostila de Hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2014.

SOLOMON, Susan Gross (Editor). **Doing Medicine Together: Germany and Russia Between the Wars** (German and European Studies). Hardcover – November 18, 2006

SOUZA, Cleonice Furtado de. **Dinâmica climática e as chuvas no Nordeste Brasileiro no eixo Barra do Corda/MA – Natal/RN(relações com o fenômeno El Niño)**. 1998. Tese (Doutorado em Geografia (Geografia Física)) - Universidade de São Paulo.

SOUZA, M.J.N., OLIVEIRA, V.P.V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. **Mercator**, 9, 85-102, 2006.

STRAHLER, Arthur. STRAHLER, Alan. **Geografia Física**. 1994. Barcelona, Omega.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista (ensaio metodológico aplicado ao ano agrícola de 1968/1969)**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1973. (Série Teses e Monografias, 8).

TAVARES, Antônio Carlos. **Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica**. Geografia, n.1, v.1, Rio Claro, abril 1976, p.79-87.

Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM (NASA). **TRMM Mission Overview**. 2014. Disponível em:< <http://pmm.nasa.gov/TRMM/mission-overview>>, acessado em: 02/06/2014.

UVO, C. **A Zona de Convergência e sua relação com a precipitação no Nordeste Brasileiro**. São José dos Campos. 120 p. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. 1989.

VITORINO, Maria Isabel; SILVA, Maria Elisa S.; ALVES, José Maria Brabo. Classificação de Sistemas Convectivos de Mesoescala no setor Norte do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.12, n.1,21-32, 1997.

VITTE, Antonio Carlos; SILVEIRA, Roberison Wittgeinstein Dias da. Natureza em Alexander von Humboldt: entre a ontologia e o empirismo. **Mercator** - volume 9, número 20, 2010: set./dez.

WOLDRICH, Jan Nepomuk. **Versuch zu einer Klimatographie des Salzburgischen Alpenlandes, mit Berücksichtigung der vegetations-, land- und forstwirtschaftlichen Verhältnisse, etc Unknown Binding** – 1867.  
<https://play.google.com/books/reader?printsec=frontcover&output=reader&id=H5Q5A AAAcAAJ>

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de Chuva - Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**, Cap.3 e 6 / Cap.11, ABC Editora, Fortaleza-Ceará, 2001, 478 p.

XAVIER, Teresinha de Maria Bezerra Silva; XAVIER, Airton Fontenele Sampaio; DIAS, Pedro Leite da Silva; SILVA DIAS, Mairia Assunção Faus da. A Zona de Convergencia Intertropical – ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 15, n. 1, 27-43,2000.

ZANELLA, M. E. . **Caracterização Climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará**. In: José Borzacchiello da Silva; Eustógio Wanderlei Dantas; Tércia Cavalcante. (Org.). Geografia do Ceará: um novo olhar geográfico. 2aed.Fortaleza: Ed. Demócrito Rocha, 2007, v. 169, p. 188-.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 126-142, 2014.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudos geográficos com vista à regionalização climática.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 129p. Disponível em [www.rc.unesp.br/igce/geografia/pos](http://www.rc.unesp.br/igce/geografia/pos). Acesso em: 20/11/2014.



**APÊNDICES**









APÊNDICE B - CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS EM SECO (VERMELHO), HABITUAL (AMARELO) E CHUVOSO (AZUL) PARA TODOS OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO  
CEARÁ, A PARTIR DO MÉTODO DE TAVARES (1976)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Abaiara	-223	-250	-234	-168	227	-60	-41	5	489	56	-160	303	95	-114	27	415	174	-186	-4	369	-105	-247	-243	-171	-126	-114	-197	-6	544	-58
Acaraú	-142	-158	-208	-98	973	-23	-140	533	608	-216	-245	-253	99	159	190	-86	-162	-256	-34	112	-102	-5	-102	-93	-290	-194	-130	-30	477	-185
Acopiara	-203	81	-67	-141	571	160	-165	340	292	-67	-177	43	-192	11	16	-109	-97	-241	33	135	-77	-129	-14	-49	-215	-40	-12	-115	289	137
Aiuaba	-58	-173	-303	-49	1099	93	-171	67	618	326	-191	-236	-185	-76	-180	57	-84	-288	8	380	-238	-52	-248	-52	-170	-117	-33	-75	244	87
Altaneira	-213	-171	-279	-98	313	52	-244	132	304	138	-207	65	115	78	13	267	-41	-186	-76	-147	-44	164	-190	-101	-247	-37	395	-72	347	-30
Antonina do Norte	-80	-154	-208	312	500	124	-237	155	654	336	-269	601	-162	236	-109	201	14	-286	-52	-93	-340	-244	-264	-167	-161	-125	-125	-203	192	-45
Aquiraz	-117	41	-225	181	619	201	-81	380	250	6	29	-264	-264	167	-113	-114	-91	-217	-49	253	-81	155	-98	-35	-170	-127	-62	-125	166	-216
Aracati	131	-120	-329	443	750	140	-170	490	522	-185	-252	-232	-210	15	86	-107	-198	-266	-184	38	-117	-113	-19	231	-305	-22	-136	-53	314	-142
Aracoiaba	-89	-174	-304	125	404	145	-218	219	463	-36	-174	-198	-229	487	32	72	-133	-121	-77	407	-58	13	-139	-48	-188	-69	-168	-76	154	-21
Araripe	-112	-189	-246	72	813	-94	323	154	183	213	-195	-158	-146	-77	112	178	-32	-257	-57	297	-220	92	-210	-128	-121	-163	-250	-175	304	89
Aratuba	61	-175	-254	16	375	452	-112	7	183	-17	-160	-76	-245	34	-41	166	-131	-138	-52	267	-183	-44	31	25	-142	-14	-80	101	242	-94
Arneiroz	-100	-238	-265	19	1019	56	-153	89	551	261	-219	-225	-232	277	101	-56	-59	-308	-97	192	-207	-174	-74	52	-200	-117	-162	-13	67	215
Assaré	-93	-126	-278	-28	464	204	-160	48	269	391	-236	68	-186	-46	-38	226	-61	-227	58	267	-60	141	-159	-76	-162	-54	-71	-203	224	-99
Aurora	-139	-165	-238	-37	505	-225	-250	109	557	323	-216	-41	-19	-36	20	-2	-51	-219	-79	71	17	-51	-73	18	-180	68	-115	157	167	125
Baixio	-190	-282	-277	-136	269	357	-113	-60	655	-84	-220	-123	-148	169	91	14	22	-235	-90	516	-136	-30	-167	-5	-157	40	-229	187	240	123
Barbalha	-267	-192	-186	-11	336	134	65	57	152	77	-182	93	-54	-13	9	207	-87	-139	-104	45	60	308	-146	-89	-123	-108	-66	8	229	-14
Barro	-198	56	-187	-47	507	320	-138	82	526	408	-144	-208	121	154	167	350	112	-146	-82	-155	-219	-239	-250	-100	-68	-174	-230	-70	-23	-124
Baturité	7	-101	-268	-16	510	197	-213	435	354	-187	-237	-181	-180	217	-12	73	-94	-217	-74	420	-140	-43	-3	-55	-122	1	-104	-71	85	17
Beberibe	-100	-331	-322	251	120	-100	-202	174	927	-186	-198	-220	-302	491	23	-43	-48	-147	97	337	19	148	-63	10	-209	-93	-140	-203	492	-180
Bela Cruz	-271	-141	-341	-82	1561	77	-230	550	675	-258	-220	-273	87	526	-5	-124	-250	-298	-52	322	-256	-1	-101	-190	-281	-190	-159	-116	334	-293
Boa Viagem	20	-173	-310	106	855	279	-259	130	763	-119	-219	-192	-262	-21	20	-192	-67	-256	-51	310	-165	-151	-189	211	-95	-148	-28	-111	377	-66
Brejo Santo	-190	-160	-183	-67	249	-121	27	-27	483	-25	-167	242	138	-90	31	33	33	-227	30	384	197	-78	-224	-36	-198	-71	-234	224	53	-26
Canindé	13	-177	-303	101	422	-118	-192	404	1086	-143	-193	-237	-264	396	-24	136	-102	-326	88	579	-270	-100	-183	-85	-258	-46	-257	31	22	2
Camocim	-104	-264	-349	233	1065	-65	-207	55	470	-267	-176	-253	-103	142	45	16	-257	233	143	107	-121	1	-182	-216	-238	-252	294	-10	341	-80
Campos Sales	-164	-202	-272	-71	407	186	201	27	352	62	-267	49	-27	-146	20	-46	212	-266	85	153	42	-131	-189	-10	-116	-177	-135	-68	346	144
Capistrano	-87	-239	-274	204	559	-77	-196	70	616	-82	-227	-208	-124	289	125	9	-97	-295	121	385	-214	-55	-52	17	-142	-127	-191	77	173	44
Cariré	-59	-157	-287	-61	758	-133	-284	-91	1002	121	-239	-295	-69	37	100	-176	-134	-288	186	115	-168	-167	-47	350	-9	-199	-34	-133	351	10
Caririaçu	-157	-238	-244	-27	379	328	-84	96	362	100	-204	107	50	115	10	144	47	-258	-50	225	-56	65	-209	-41	-229	2	-155	114	-93	-102
Cascavel	-147	195	-268	-88	303	95	-263	155	705	-86	-44	-252	-142	265	27	-133	-126	-269	-53	506	-159	66	-74	-62	-49	-97	-84	-121	264	-65
Catarina	-143	-135	-277	74	571	284	11	51	542	172	-104	-108	-37	130	80	31	23	-271	-3	-101	-220	-131	-88	-62	-145	34	-138	-104	247	-182
Caucaia	-148	-126	-65	179	626	107	-123	427	249	-41	-120	-221	-109	134	41	-112	-178	-266	-182	243	-59	40	8	-44	-231	-195	56	-111	276	-55
Cedro	-168	-167	-243	-103	520	239	-133	-30	792	145	-208	-117	-173	104	108	-40	-67	-176	-93	262	-79	-237	-145	-130	-192	121	-86	114	135	47
Coreaú	-250	-249	-344	-32	836	-35	-270	236	1161	-56	-230	-290	-162	261	53	-129	-77	-221	106	120	-205	-196	-126	116	-35	-197	-37	-52	620	-315
Crateús	39	-141	-323	-16	310	-7	-204	275	527	963	-186	-309	-282	52	362	170	-185	-271	74	-20	72	-219	-183	-91	-242	-194	-241	175	120	-26
Crato	-215	-162	-209	-9	247	45	-91	31	50	-153	-151	66	-151	-3	78	194	-172	-115	-13	123	260	267	45	-17	-66	-4	-110	66	202	-33
Dep. Irapuan Pinheiro	-232	181	-282	132	1481	400	-80	-301	-119	-33	-216	27	-265	471	61	-25	-125	-315	521	120	-237	-204	-90	-2	-154	-40	-198	-136	-192	-147
Farias Brito	-205	-144	-317	-68	657	298	-117	-43	105	330	-223	204	-6	-46	3	-59	-154	-121	-82	147	-29	108	-115	145	-264	51	-99	27	150	-132

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
General																															
Sampaio	36	-159	-348	-12	659	38	-198	193	591	-20	-233	-247	-105	241	26	383	-252	-181	-17	225	-259	-5	-148	227	-234	-130	-261	-194	256	128	
Granja	-214	-202	-334	1	1472	-8	-286	22	146	-86	-238	-289	-223	173	205	42	-186	23	136	108	-192	-7	-36	53	-240	-195	143	84	205	-78	
Guaiuba	-303	145	-243	-208	-38	-137	-313	-205	159	-71	-252	-238	-205	556	144	144	101	-244	-5	846	-38	373	-93	126	-53	19	-139	-174	446	-101	
Guaraciaba do Norte	-111	-192	-313	34	731	170	-120	84	499	8	-148	-201	-205	25	93	215	-51	-177	-31	256	-253	-27	-28	79	-170	-161	-194	-68	194	64	
Guaramiranga	-124	-9	-194	67	193	263	-83	210	334	8	-111	-83	-88	154	20	50	-177	-229	-175	121	-37	140	84	22	-155	13	-129	-40	91	-137	
Hidrolândia	-111	-109	-334	125	1260	-91	-235	-107	779	-31	-204	-276	-246	-20	-92	422	-171	-194	-171	-239	-275	-211	-148	401	-33	-259	83	-139	408	220	
Ibiapina	-120	9	-274	1	439	-23	-182	57	470	-13	-175	-288	-51	61	84	92	-258	-178	-119	318	-114	74	9	237	-20	-46	-200	71	90	50	
Iguatu	-186	-225	-229	-15	514	236	-25	-76	366	322	-180	-253	-93	-112	-117	59	21	-48	48	270	-22	-158	-25	-67	-118	55	-140	-110	310	-1	
Independência	-148	-232	-245	19	368	219	-231	18	772	-172	-204	-181	-321	-45	77	22	17	-341	302	671	-199	-191	-230	-26	-161	-127	-147	166	581	-29	
Ipauimirim	-175	-116	-311	-43	225	411	-190	-24	624	48	-235	-152	-18	33	-93	15	-78	-169	12	374	-67	29	-99	-47	-233	39	-200	257	148	35	
Ipu	-82	-231	-380	-32	951	101	-252	122	533	-123	-207	-284	95	8	-69	203	-136	-331	-25	402	-171	-119	-156	112	-168	-105	-115	-53	194	320	
Ipueiras	-233	-113	-340	-206	542	19	-233	286	545	199	-266	-249	-142	120	35	218	-27	-142	42	284	-236	-159	-115	15	-131	-84	-140	-105	331	285	
Iracema	-188	-122	-333	79	323	48	-204	608	277	-100	-208	-220	-321	173	84	55	-221	-259	340	318	11	7	-198	218	-165	-92	-181	16	237	19	
Irauçuba	-242	-272	-333	-83	781	-10	-219	-19	1706	-73	-197	-296	-228	221	54	-125	-55	-347	19	728	-253	11	-136	-78	-319	-119	-280	-56	515	-293	
Itaíçaba	417	-249	-342	41	681	108	-186	318	1137	-162	-148	-195	-179	51	111	63	-80	-317	221	-176	-340	-110	-111	-138	-249	-79	-163	-179	324	-70	
Itapajé	-103	-203	-318	107	799	343	-191	109	293	213	-163	-226	-75	421	-115	7	-205	51	-25	328	-265	19	-158	-55	-230	-148	-119	-198	184	-78	
Itapipoca	-101	-156	-263	-126	409	33	-219	-156	857	-47	-207	-235	-32	160	254	-2	-145	-4	-61	281	-174	72	-79	59	-178	-36	-52	61	184	-98	
Itapiuna	252	-212	-266	455	172	81	-249	121	329	-123	-215	-245	-279	73	114	-146	-256	-23	125	646	-87	-38	-113	19	-206	33	-57	4	135	-42	
Itatira	209	-43	-345	58	926	34	-289	453	638	-119	-267	-244	-241	238	-239	-20	-247	-332	-158	85	-299	381	-164	42	-157	-238	-97	128	182	126	
Jaguaratama	-190	-203	-259	262	527	197	-34	10	488	-66	-254	-234	-292	250	372	155	-106	-222	31	119	-153	-21	-159	-22	-115	-41	-179	-116	50	208	
Jaguaribara	-33	-214	-293	85	326	310	-203	357	1013	11	-191	-243	-228	204	258	49	-190	-316	7	44	-287	-107	-208	-83	-284	-180	-118	-33	405	144	
Jaguaribe	37	-138	-305	64	163	327	-171	60	607	-72	-273	-140	-292	73	221	-2	-91	-269	203	209	-217	-57	-171	-45	-131	-16	-257	170	355	154	
Jaguaruana	148	7	-333	262	919	-26	-159	288	725	-237	-257	-172	-354	105	476	-112	-325	-247	-106	236	-188	-147	-39	-23	-276	-176	-228	96	149	-7	
Jardim	-120	-235	-157	230	360	196	49	132	396	17	-192	59	-133	44	51	250	100	-175	-115	-222	66	-75	-219	-136	57	-153	-226	23	77	51	
Jati	-29	-14	-249	174	532	129	-99	39	207	-43	-241	-159	-57	-127	54	81	-84	-206	-37	227	239	203	-184	-160	73	-188	-175	103	83	-91	
Juazeiro do Norte	-207	-235	-217	-62	317	-55	-220	-85	153	157	-144	167	6	-20	188	-163	24	-118	-108	-77	35	804	-79	-55	-160	-116	-90	-18	470	-93	
Jucás	-126	30	-199	144	548	101	-155	85	715	75	-173	-207	-268	12	-75	89	28	-213	-158	567	-86	-269	-209	-26	-199	-22	-139	27	117	-13	
Lavras da Mangabeira	-177	-111	-260	-142	643	-124	-207	136	419	232	-251	-51	-91	167	-38	135	-10	-185	-88	190	-189	-109	-114	122	-161	175	-97	-19	210	-7	
Maracanaú	-68	-5	-145	191	759	212	-185	260	119	-80	-205	-222	-47	190	-39	-70	-133	-151	-131	174	-154	49	-9	-55	-217	-119	-89	-114	213	72	
Maranguape	-92	-56	-285	170	745	262	-163	524	301	-180	-116	-195	-182	83	-99	-66	-7	-172	-59	333	-91	59	-86	-96	-309	-156	-107	-79	163	-45	
Marco	-73	-151	-325	153	1585	770	-178	332	86	-187	-207	-244	20	-173	-134	-141	-335	-316	79	278	-257	-110	-133	5	-211	-218	72	-112	217	-91	
Martinópole	-1	-207	-305	111	930	-71	-234	394	751	-53	-92	-286	-95	59	-48	417	-169	-105	207	97	-242	-67	-164	-198	-275	-124	-114	-152	147	-114	
Massapê	-87	-240	-346	-140	209	7	-236	341	705	-34	-222	-246	-157	306	-188	-23	-106	-94	53	327	-266	-40	-56	-130	-174	177	-51	294	419	-2	
Mauriti	-206	-106	-149	-188	269	401	-217	-18	539	15	-123	-170	480	-125	65	57	31	-266	-59	-29	78	7	-249	94	-59	44	-244	19	91	18	
Meruoca	-86	-125	-278	71	489	-78	-260	133	614	-190	-231	-246	-242	365	-19	10	-197	-188	-6	533	-155	43	-107	-193	-306	56	5	115	360	111	
Milagres	-241	-54	-282	-136	309	209	-134	-57	292	100	-197	0	60	-72	186	77	-10	-189	50	249	44	-133	-177	8	-56	59	-250	202	57	87	
Milha	-274	-103	-295	-96	428	162	-203	69	1280	76	-253	-211	-296	179	111	80	47	-265	169	71	-226	-132	-228	26	4	-109	-18	-65	79	-8	
Missão Velha	-246	-193	-236	31	221	-62	-120	-72	196	-63	-220	329	2	-164	302	316	5	-173	-53	152	-80	285	69	-40	-101	-70	-144	-29	210	-53	
Mombaça	-180	-119	-310	2	385	455	-212	65	467	331	-211	-149	-314	98	184	-16	-115	-185	131	173	-150	-165	-113	-18	-85	58	22	-36	124	-116	

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Monsenhor Tabosa	-76	-213	-342	-23	929	258	-252	14	505	-76	-142	-270	-312	21	-60	2	-197	-273	52	289	-111	-77	-144	218	-72	-135	9	24	322	132
Mucambo	-231	-160	-307	-105	760	336	-171	188	723	107	-227	-281	-274	-4	100	33	-115	-214	-66	168	-160	-133	-146	49	-156	-218	-143	11	302	334
Morada Nova	12	-45	-263	52	760	-58	-211	357	190	-294	-239	-163	-342	-16	-33	-205	-220	-155	26	750	-239	212	-193	60	-251	-171	-217	-71	331	636
Nova Olinda	-203	-146	-262	107	701	-27	-137	122	435	164	-133	105	-218	-124	-108	110	-187	-171	-93	158	-25	-240	-168	-121	-201	-159	-107	62	1011	-144
Nova Russas	10	-107	-298	-147	861	-68	-266	16	869	231	-126	-295	-286	80	-74	-144	-284	-319	211	661	-198	-159	-200	-148	-112	6	-209	-82	142	435
Novo Oriente	95	-257	-298	587	465	-45	-193	360	167	72	-189	-278	-280	19	23	-21	-191	-253	247	595	-230	-107	-89	-88	-246	-168	-165	-67	466	69
Pacajus	-10	-228	-313	315	145	-122	-140	-81	808	-189	-149	-215	-237	565	9	23	-94	-137	-154	350	-106	65	-66	35	-167	-38	-182	-147	493	-32
Pacoti	-157	157	-219	151	231	283	-89	177	309	-84	-69	-169	-50	-19	-63	65	-130	-121	-52	224	-3	18	31	-91	-156	-48	-115	-55	131	-86
Pacuja	-197	-250	-292	-85	1118	-46	-165	75	798	43	-196	-278	-164	-71	107	220	-171	-243	-40	298	-229	-105	-127	31	-114	-179	-167	-62	193	297
Palhano	449	-123	-295	343	537	318	-167	344	1193	-97	-227	-129	-284	90	25	-92	-204	-333	-205	100	-293	-143	-194	-172	-251	-157	-187	-233	255	131
Palmácia	-139	-44	-226	278	417	272	-94	92	281	-97	-99	-147	-128	136	24	-37	-176	-135	-49	284	-122	71	11	-26	-131	-77	-46	-110	126	-110
Paracuru	-111	-167	-298	84	594	33	-158	404	644	-223	-80	-209	-142	234	38	-178	-139	-175	10	219	-149	-58	-107	85	-191	-51	-67	-139	118	176
Parambu	-190	-223	-308	166	1180	17	-261	5	407	238	-235	-260	-27	327	-50	-113	-48	-298	-112	192	-202	-160	-232	47	-107	-134	-5	-69	344	110
Pedra Branca	-65	-186	-242	-19	743	488	-139	13	626	-99	-150	-95	-214	118	-7	12	-52	-85	136	344	-228	-139	-190	42	-126	-69	-123	-94	-24	-177
Penaforte	-191	-112	-145	-151	360	-237	570	285	242	369	-211	155	-101	-203	-39	47	-101	-301	-33	-90	-101	-159	-105	-75	32	-240	-215	306	507	-64
Pentecoste	150	-102	-326	-39	758	130	-193	-127	963	-186	-140	-205	-251	151	-138	-82	-62	-151	-68	391	-162	-143	-134	25	-194	-112	-102	-50	291	108
Pereiro Piquet	-165	-173	-219	121	702	276	-123	65	445	-122	-208	-202	-195	137	132	234	226	-275	-60	-21	-37	-182	-196	-3	-202	-64	-193	217	187	-101
Carneiro	-177	-175	-272	-58	520	272	-189	28	684	-193	-263	-241	-299	331	-194	-222	-92	-313	28	-14	9	-79	-168	-86	-225	206	-40	-29	1205	44
Porteiras	-119	-188	-288	-111	592	95	-125	3	539	-9	-129	376	-81	-45	-28	217	-58	-185	26	48	9	-30	-208	-92	-76	-128	-234	-83	199	112
Potengi	-185	-134	-317	-89	523	808	-82	247	173	65	-194	143	-88	25	184	238	-59	-327	-109	-103	-178	-262	-171	-30	-204	-218	-150	-68	534	30
Quixadá	1	-95	-336	-5	427	-89	-247	-143	1090	-202	-244	-187	-287	87	-14	-110	-238	-332	204	612	-154	-2	-75	138	-69	10	-171	-30	409	53
Quixeramobim	181	-75	-307	62	809	369	-209	-18	367	-192	-248	-166	-294	277	-46	-4	-68	-268	-101	292	-132	-30	-200	98	-139	-138	-245	-57	277	205
Quixeré	-54	213	-189	32	371	313	-69	403	418	-271	-255	-222	-232	-111	177	44	-254	-45	421	-170	-295	-175	-107	-89	-207	-155	-246	-169	490	432
Redenção	-154	-130	-251	152	337	140	-130	392	609	-111	-193	-135	-212	272	-41	-73	-154	-104	49	359	-135	77	-35	-43	-204	-163	-178	-66	266	-145
Reriutaba	-170	-256	-320	112	463	-121	-254	22	1550	17	-200	-282	-326	-66	-100	-110	-141	-174	-97	517	-211	-109	-34	-112	-99	-172	-73	33	382	329
Russas	-137	-18	-272	144	960	219	-164	123	165	-313	-258	-135	-303	47	7	9	-267	-161	116	489	-234	-176	-117	-91	-150	45	-13	-133	231	389
Saboeiro	-130	-166	-220	104	1049	15	-187	-46	648	52	-277	-269	-133	101	-49	-47	-97	-162	-81	393	-175	-249	-209	86	-125	-62	-60	-83	141	238
Santa Quitéria	235	-124	-358	64	1180	209	-223	162	261	61	-211	-244	-196	463	226	-19	-34	-270	64	226	-247	-245	-215	-130	-259	-174	83	-95	-109	-80
Santana do Acaraú	-171	-192	-280	-140	1221	-46	-163	434	848	177	-215	-241	-330	295	-135	-48	-175	-337	-85	273	-250	89	-157	-148	-237	-213	33	-19	420	-208
Santana do Cariri	-190	-201	-300	11	444	117	-116	43	136	-20	-211	352	-160	95	-95	371	-55	-90	-14	52	-96	141	43	133	-148	-147	-92	-137	236	-101
São Benedito	-150	-98	-293	48	332	179	-181	133	374	64	-216	-260	-53	8	203	187	-175	-146	16	363	-119	30	-47	64	-175	-193	-120	-73	197	101
São Gonçalo do Amarante	35	5	-224	165	743	467	-89	170	450	-109	-96	-230	44	-22	-83	-169	-173	-301	-182	99	-124	-64	-104	-39	-238	-83	-118	-213	276	209
São João do Jaguaribe	-27	110	-275	104	1117	132	-204	-19	1008	-300	-195	-176	-243	133	-102	-116	-136	-252	-104	443	-280	122	-202	10	-257	-214	-209	-194	389	-67

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
São Luís do Curú	39	-254	-107	182	1016	22	-195	117	428	-65	-159	-230	-152	277	-103	-164	-45	-283	185	110	-265	82	-130	81	-255	-174	-96	154	297	-315
Senador Pompeu	-260	-133	-243	15	715	-130	-200	81	786	-104	-192	-179	-216	259	-29	12	74	-167	71	188	-144	24	-169	43	-10	-147	48	-48	193	-142
Sobral	-164	-232	23	-18	661	264	-213	3	483	-56	-232	-278	-236	40	-170	2	-306	-261	381	523	-172	-39	-78	283	-234	-101	46	136	120	-177
Solonopole	-7	-211	-261	-146	280	431	-243	193	661	244	-204	-192	-332	167	28	-69	14	-278	175	17	-61	-122	-201	34	-22	-56	-166	-55	310	69
Tabuleiro do Norte	-141	-152	-302	19	548	32	-196	45	477	-280	-225	-120	-244	7	50	31	-215	-310	211	360	-134	133	-54	-23	-198	-85	-164	38	452	441
Tamboril	230	-195	-325	-140	343	-8	-321	251	-99	-274	-89	-319	1	40	-137	-53	-101	-285	124	838	-230	-44	-224	653	-100	-121	-68	121	346	184
Tauá	-43	1	-284	64	1438	96	90	150	703	-271	-282	-272	-122	229	139	-177	-144	-324	-188	428	-226	-232	-138	-200	-169	-151	-152	-99	104	34
Tianguá	-167	-217	-297	48	488	67	-239	111	634	-29	-137	-169	-92	150	135	137	-251	-40	-4	275	-94	-115	-139	73	-219	-199	-87	54	174	148
Trairi	-283	-42	-131	288	351	-184	-130	289	780	-106	-99	-221	-70	31	-195	-209	-248	-248	134	105	-249	-5	-49	8	-140	71	22	-2	379	154
Ubajara	-81	-75	-295	8	529	234	-174	46	502	-89	-137	-215	-59	188	38	145	-170	-153	-110	86	-88	-177	-123	226	-125	-163	-115	47	273	27
Uruburetama	-63	-42	-271	138	634	432	-234	-59	766	-40	-197	-215	25	221	-61	-96	-18	-154	50	226	-265	-75	-161	-47	-199	-90	-150	-20	229	-268
Uruoca	-190	-91	-357	115	778	-147	-253	321	608	135	-250	-287	-94	74	90	208	-137	-199	134	371	-246	-204	-173	-201	-242	-210	31	-31	657	-211
Várzea Alegre	-188	-152	-226	-64	833	444	-179	25	265	98	-174	79	-68	52	-31	44	-27	-207	-61	250	-100	-80	-148	53	-164	38	-154	-67	66	-158
Viçosa do Ceará	-120	-71	-287	-32	611	91	-155	131	620	-4	-184	-178	-15	4	-4	78	-192	-116	-106	115	-130	-74	-56	-33	-90	-52	-229	65	193	220

Fonte: elaborado pelo autor

APENDICE C – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO SECO DE 2005

Universidade Federal do Ceará  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Programa de Pós-Graduação em Geografia

Título da Dissertação  
 Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo

Autor: Lucas Pereira Soares  
 Orientadora: Maria Elisa Zanella

Análise Rítmica

Legenda

Sistemas Atmosféricos

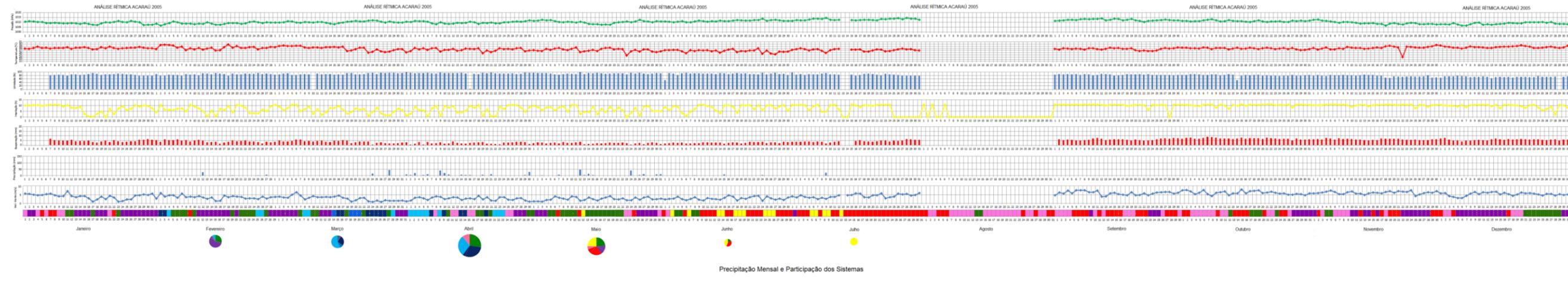
- VCANMEC
- MEC
- VCANRFF
- RFF
- VCANMEA
- MEA
- ZOT
- ZOTVCANMEC
- ZOTMEC
- ZOTVCANRFF
- ZOTRFF
- VCANMECMEA
- MECMEA
- OLMEA

Legenda Precipitação

Anual Mensal

Precipitação Anual e Participação dos Sistemas Atmosféricos

2005



Universidade Federal do Ceará  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Programa de Pós-Graduação em Geografia

Título da Dissertação  
 Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo

Autor: Lucas Pereira Soares  
 Orientadora: Maria Elisa Zanella

Análise Rítmica

Legenda

Sistemas Atmosféricos

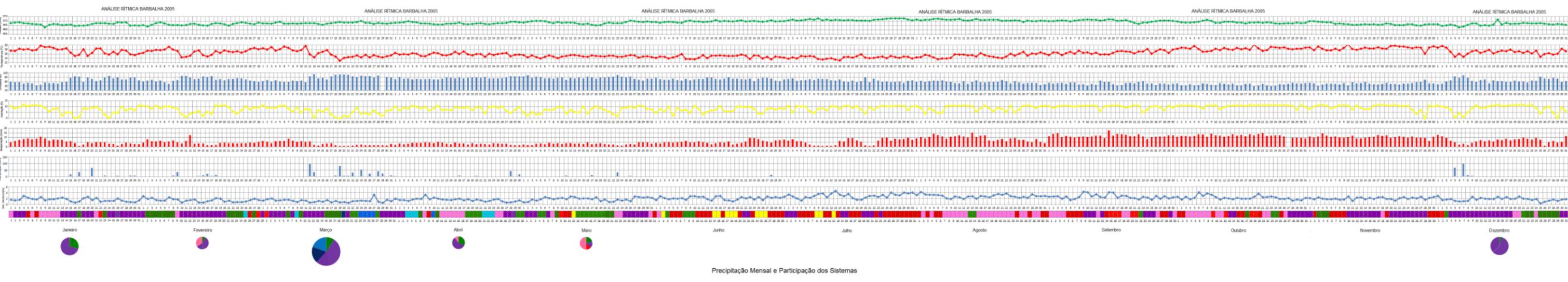
- VCANMEC
- MEC
- VCANRFF
- RFF
- VCANMEA
- MEA
- ZOT
- ZOTVCANMEC
- ZOTMEC
- ZOTVCANRFF
- ZOTRFF
- VCANMECMEA
- MECMEA
- OLMEA

Legenda Precipitação

Anual Mensal

Precipitação Anual e Participação dos Sistemas Atmosféricos

2005



Universidade Federal do Ceará  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Programa de Pós-Graduação em Geografia

Título da Dissertação  
 Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo

Autor: Lucas Pereira Soares  
 Orientadora: Maria Elisa Zanella

Análise Rítmica

Legenda

Sistemas Atmosféricos

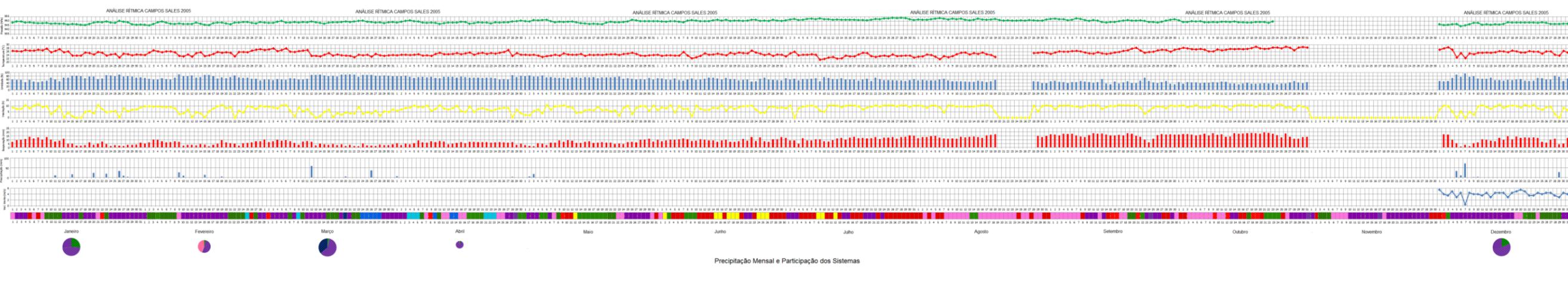
- VCANMEC
- MEC
- VCANRFF
- RFF
- VCANMEA
- MEA
- ZOT
- ZOTVCANMEC
- ZOTMEC
- ZOTVCANRFF
- ZOTRFF
- VCANMECMEA
- MECMEA
- OLMEA

Legenda Precipitação

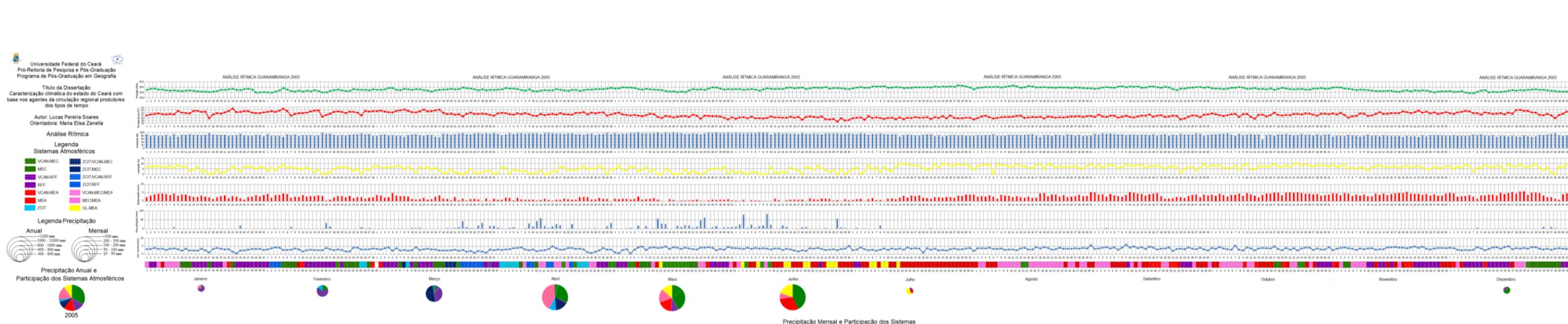
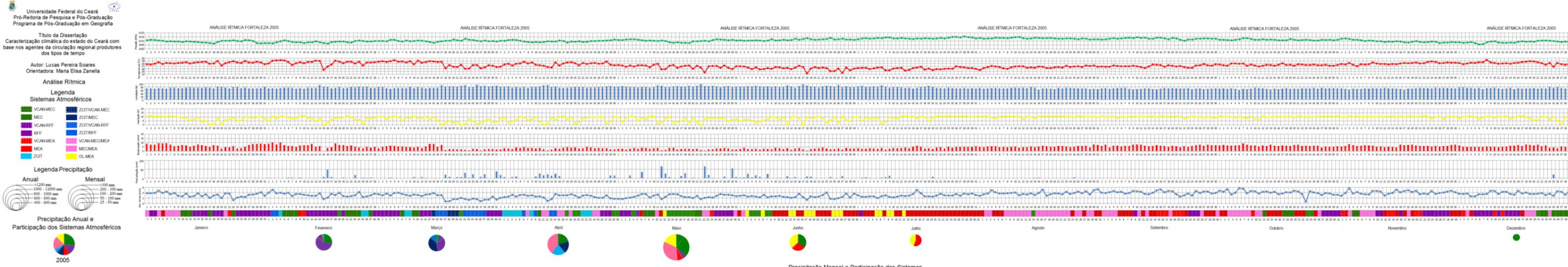
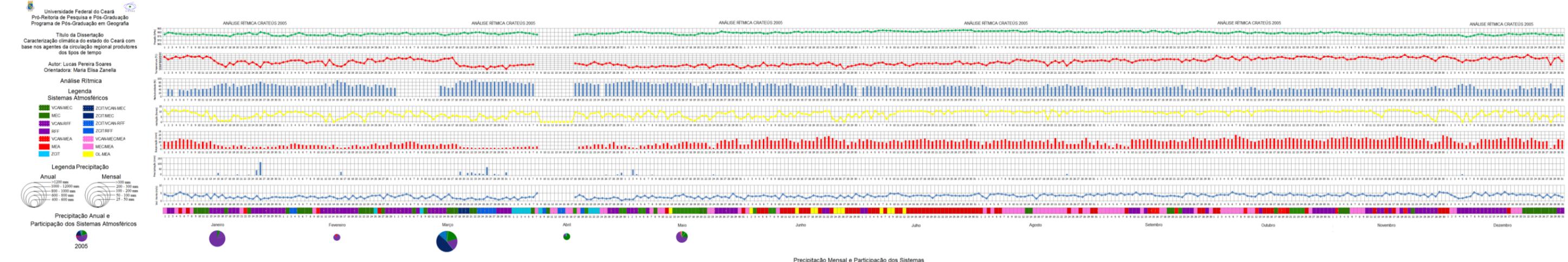
Anual Mensal

Precipitação Anual e Participação dos Sistemas Atmosféricos

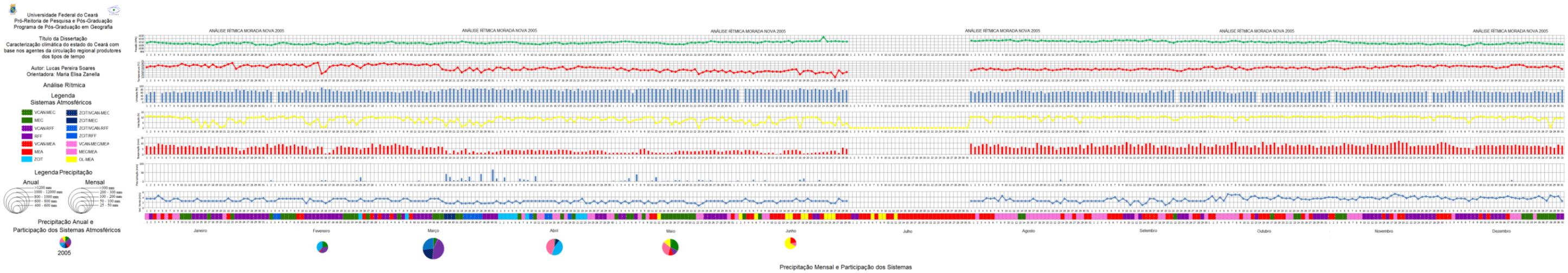
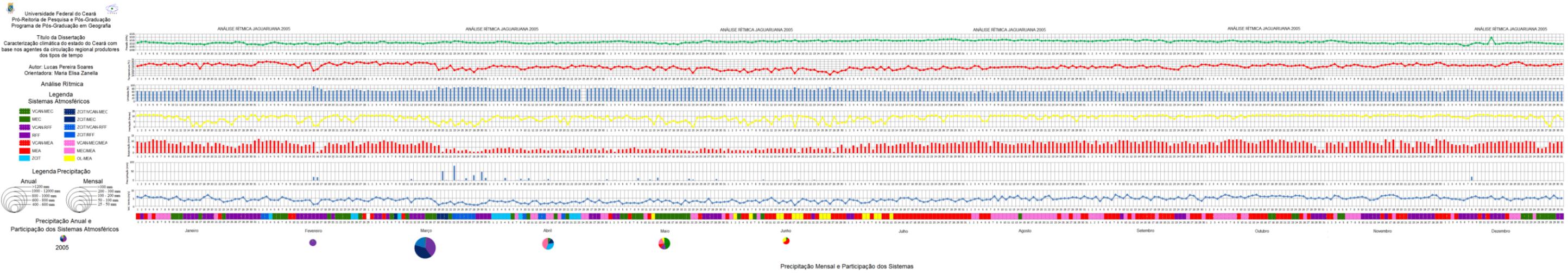
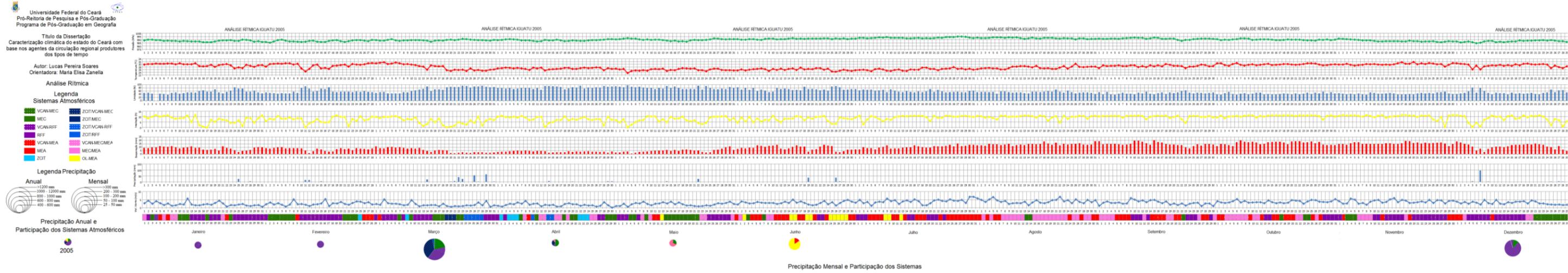
2005



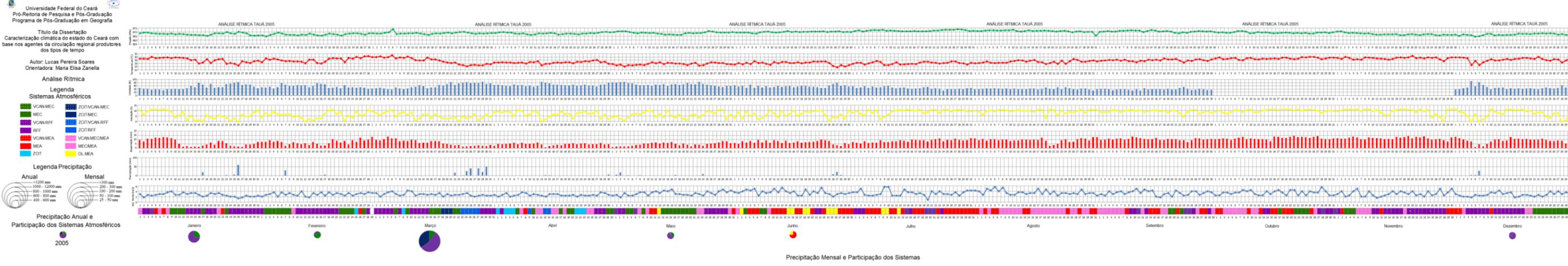
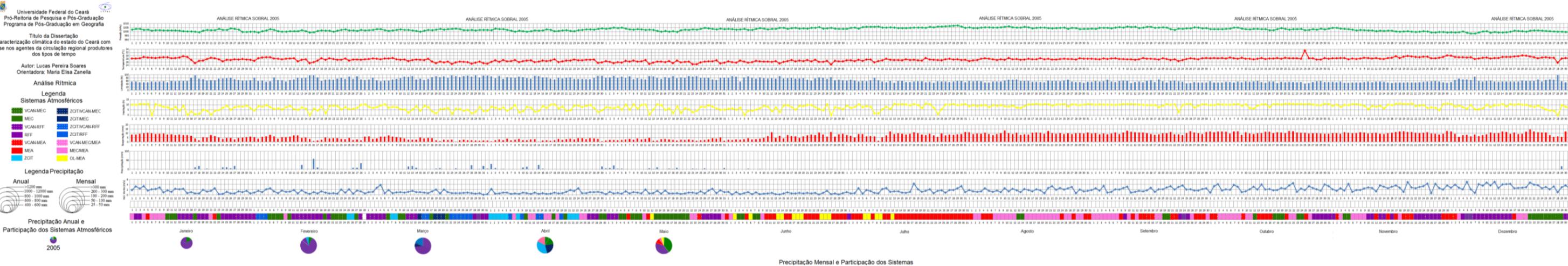
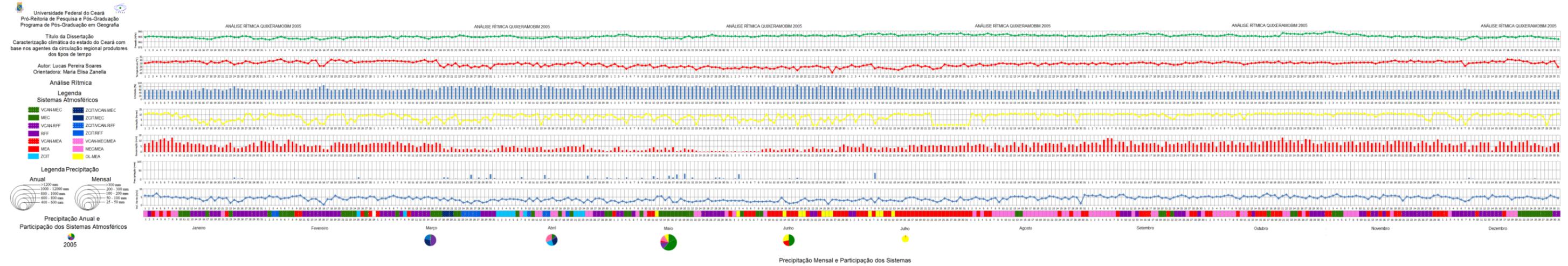
### APENDICE C – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO SECO DE 2005



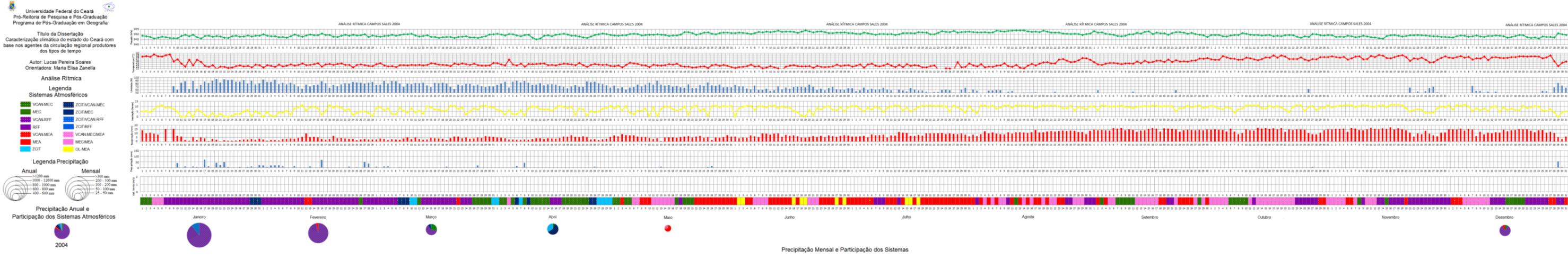
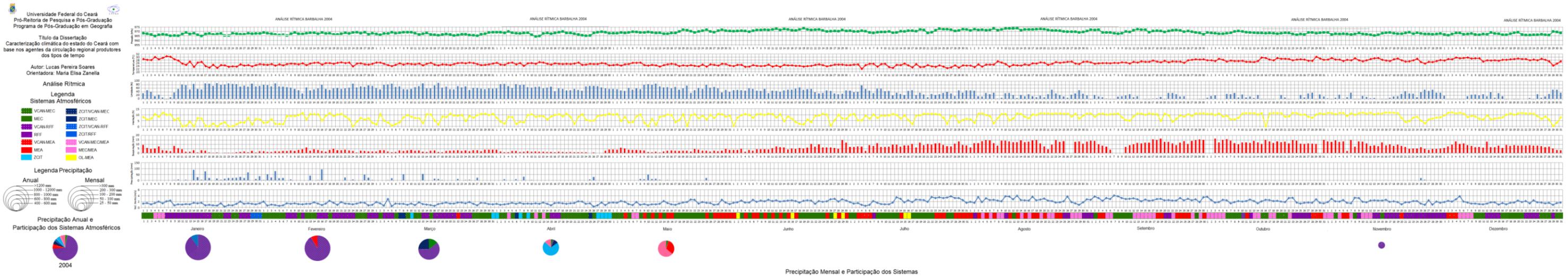
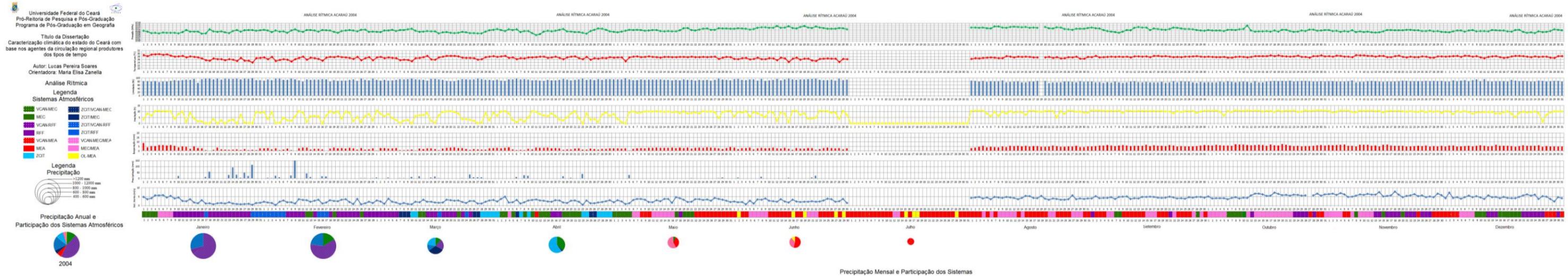
APENDICE C – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO SECO DE 2005



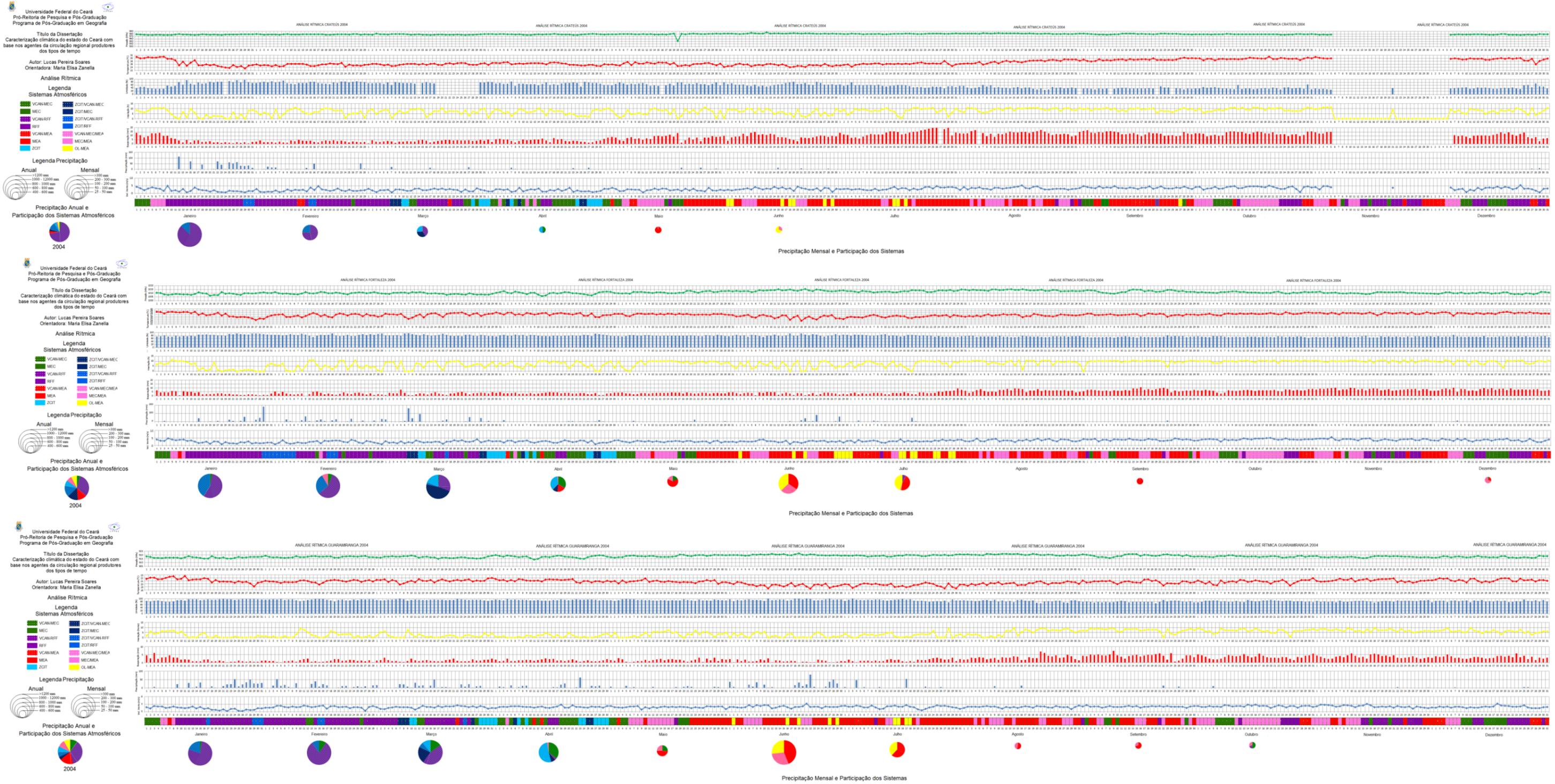
APENDICE C – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO SECO DE 2005



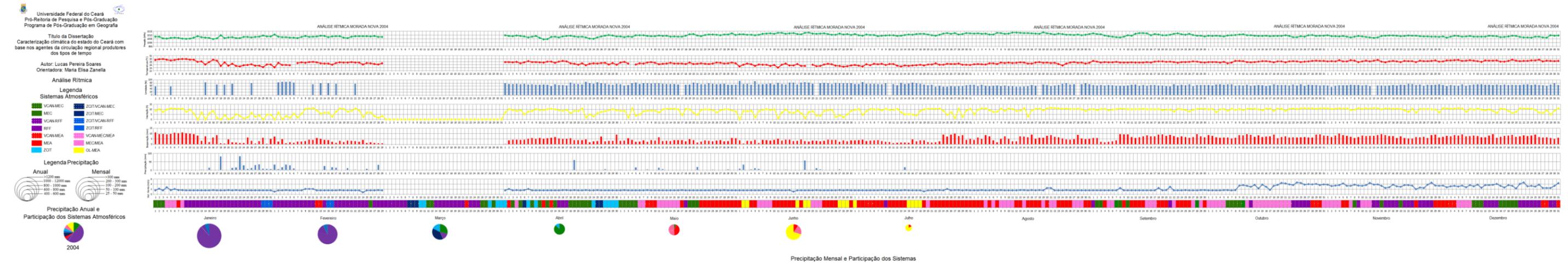
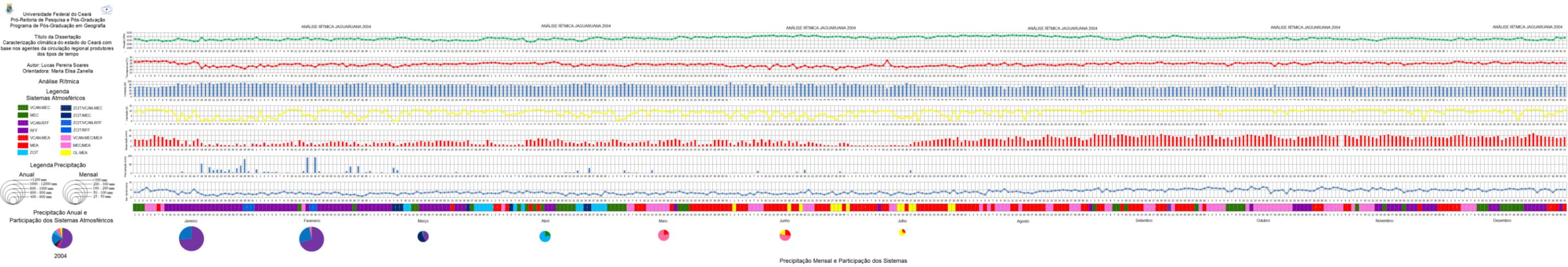
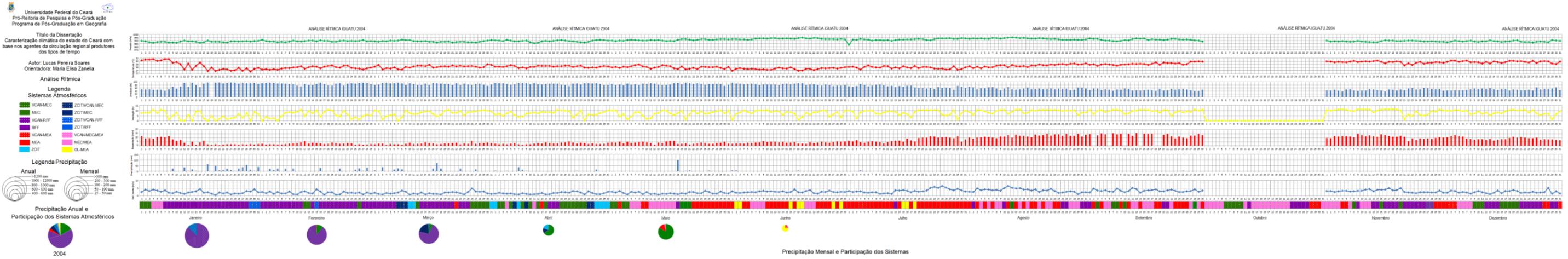
APENDICE D – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO HABITUAL DE 2004



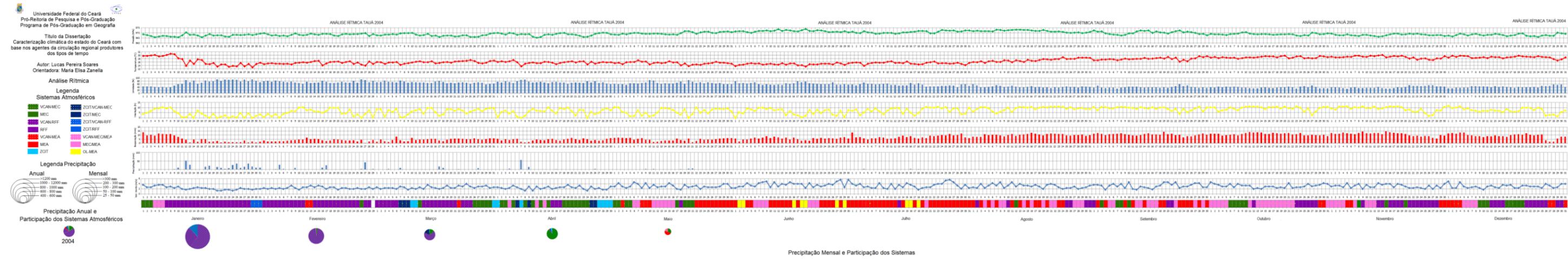
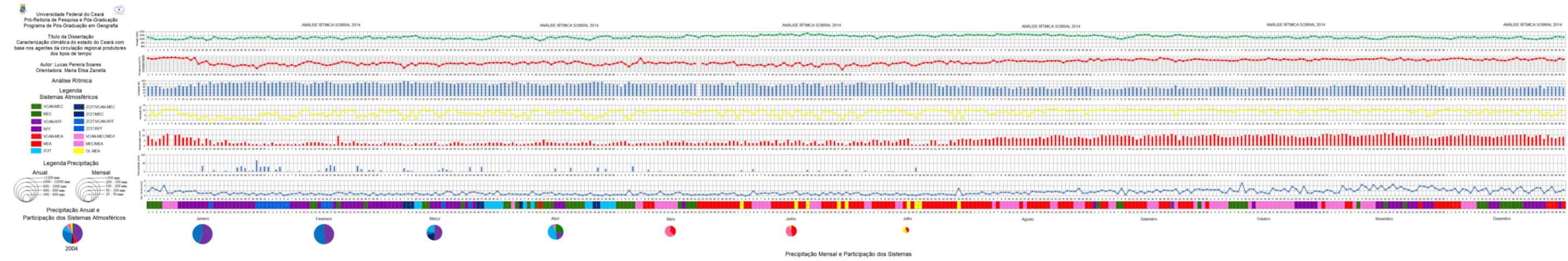
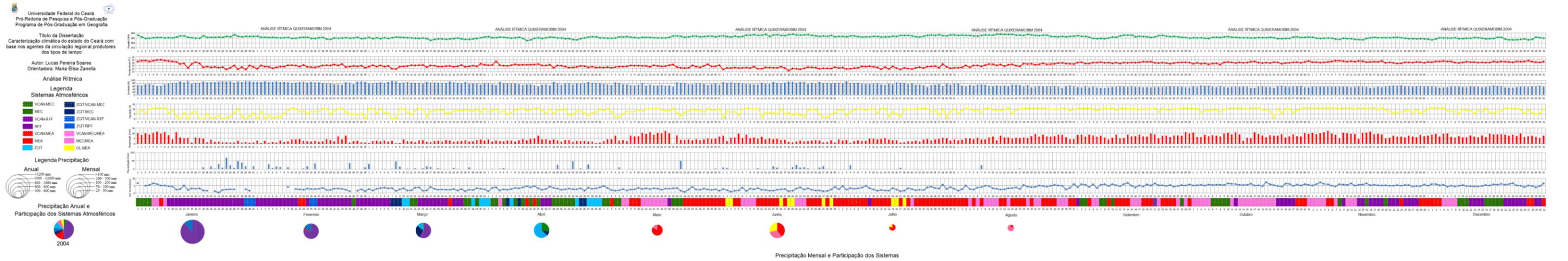
APENDICE D – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO HABITUAL DE 2004



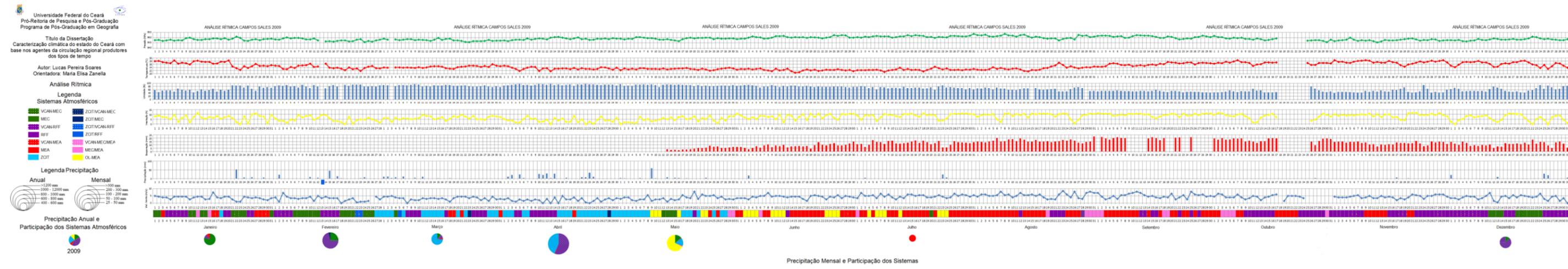
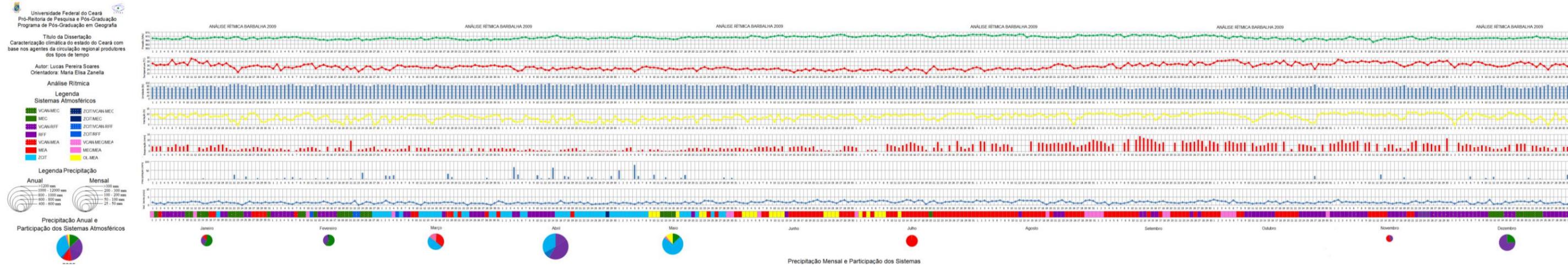
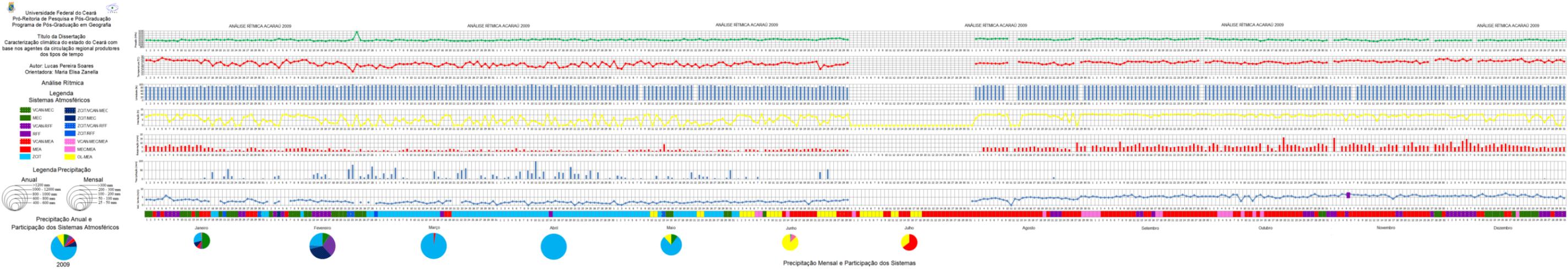
APENDICE D – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO HABITUAL DE 2004



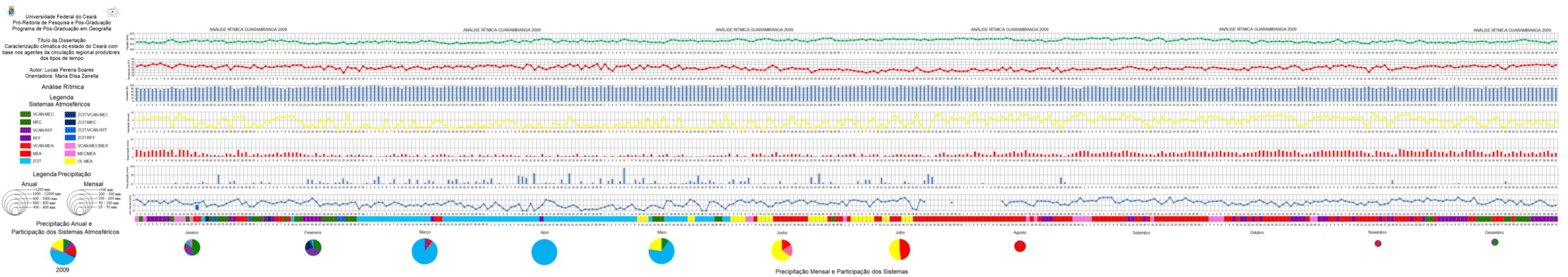
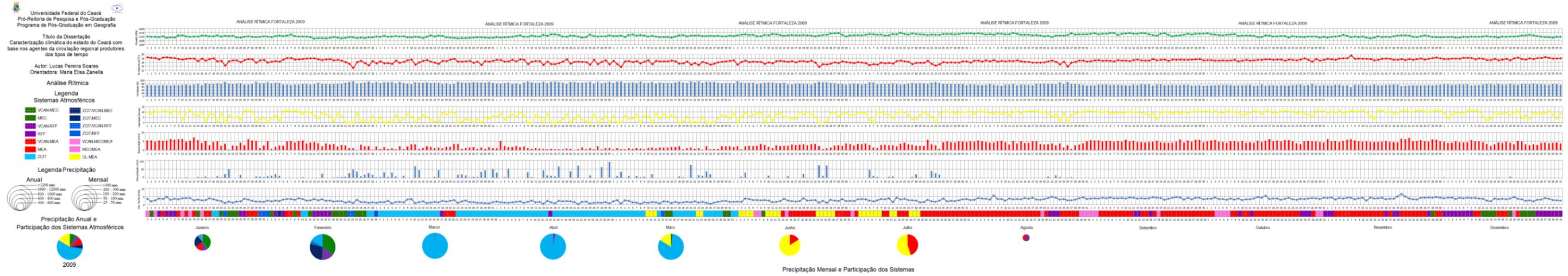
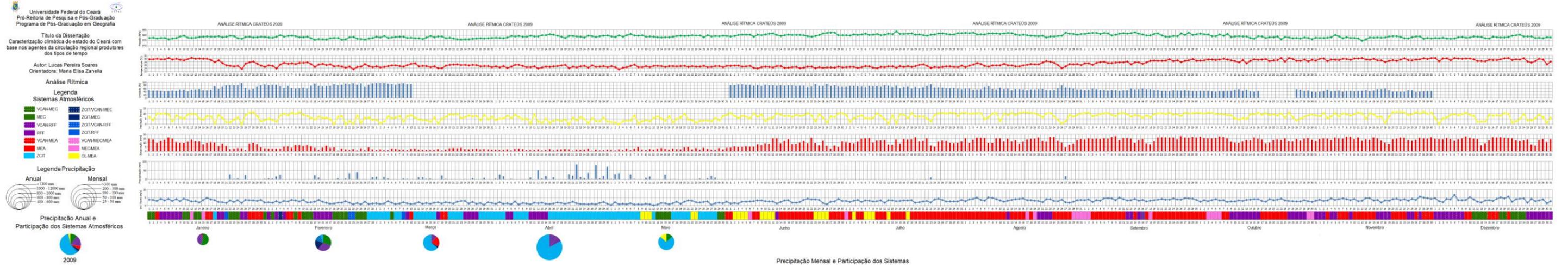
APENDICE D – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO HABITUAL DE 2004



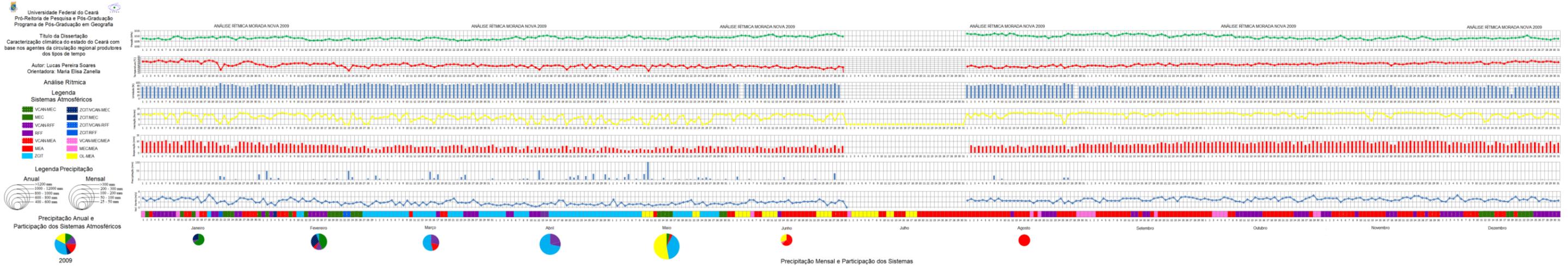
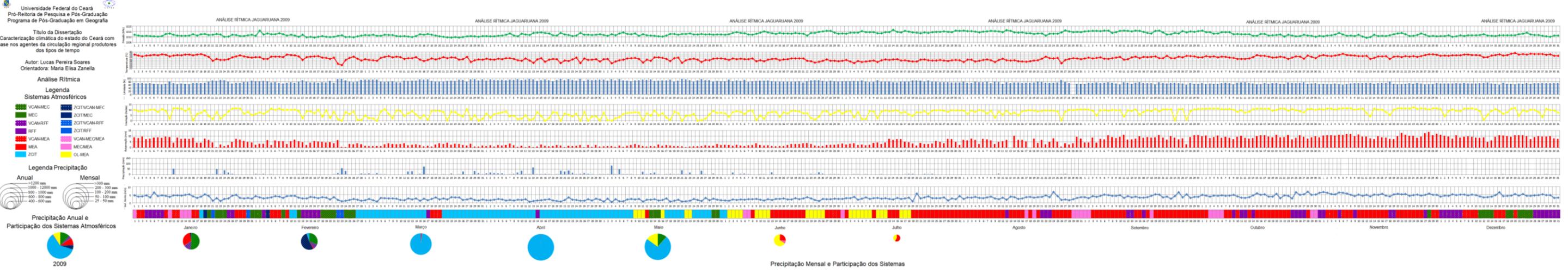
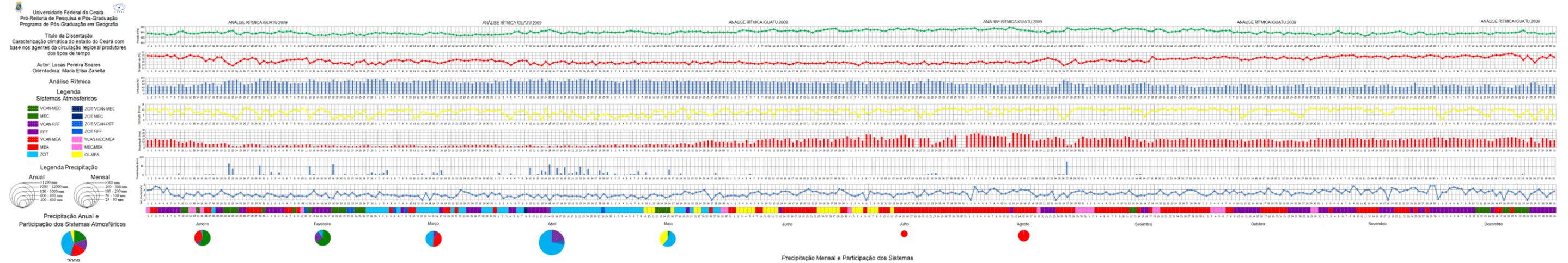
APENDICE E – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO CHUVOSO DE 2009



APENDICE E – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO CHUVOSO DE 2009



APENDICE E – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO CHUVOSO DE 2009



APENDICE E – GRÁFICOS DE ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO CHUVOSO DE 2009

