



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**PRECIPITAÇÕES NO CERRADO: ANÁLISE DA VARIABILIDADE
PLUVIOMÉTRICA E INFLUÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO SUL**

CRISTIANO ALVES DA SILVA

TESE DE DOUTORADO

Brasília - DF
Outubro de 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**PRECIPITAÇÕES NO CERRADO: ANÁLISE DA VARIABILIDADE
PLUVIOMÉTRICA E INFLUÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO SUL**

Cristiano Alves da Silva

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ercília Torres Steinke

Tese de Doutorado

Brasília - DF
Outubro de 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**PRECIPITAÇÕES NO CERRADO: ANÁLISE DA VARIABILIDADE
PLUVIOMÉTRICA E INFLUÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO SUL**

Cristiano Alves da Silva

Tese de Doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Geografia, área de concentração: Gestão Ambiental e Territorial.

Aprovado por:

Prof^a. Dr^a. Ercília Torres Steinke – (GEA – UnB)
(Orientadora)

Prof. Dr. Emerson Galvani – (FFLCH - USP)
(Examinador Externo)

Prof^a. Dr^a. Ruth Elias de Paula Laranja - (GEA – UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Rafael Rodrigues da Franca - (GEA – UnB)
(Examinador Interno)

Prof^a. Dr^a. Roselir de Oliveira Nascimento - (GEA – UnB)
(Suplente)

Brasília – DF, outubro de 2018

[Ficha catalográfica]

SILVA, CRISTIANO ALVES DA

Precipitações no Cerrado: Análise da variabilidade pluviométrica e influência do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul, 190 p., 297 mm, (UnB - Departamento de Geografia, Doutorado, Geografia, 2018).

Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

1. Cerrado
3. Variabilidade

2. Precipitação
4. El Niño

I. UnB-Departamento de Geografia

II. Título

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Cristiano Alves da Silva

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE ABREVIACÕES, NOMENCLATURAS E SÍMBOLOS.....	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 - O CERRADO – DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO.....	4
1.2 - A PRECIPITAÇÃO NOS CERRADOS.....	11
1.3 - A PRECIPITAÇÃO E O <i>EL-NINÕ</i> OSCILAÇÃO SUL.....	21
CAPÍTULO II - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
2.2 – DADOS DE PRECIPITAÇÕES E DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS.....	35
2.3 - CLASSIFICAÇÃO PELOS QUANTIS	39
2.4 – ANÁLISE MULTIVARIADA - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (AA).....	41
2.5 - EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL E O ÍNDICE OCEÂNICO DE EL NIÑO (OCEANIC NIÑO INDEX - ONI)	44
CAPÍTULO III – ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	49
3.1 - ANÁLISE TEMPORAL DA PLUVIOMETRIA ACUMULADA	49
3.2 - DETERMINAÇÃO E EXPOSIÇÃO DE GRUPOS HOMOGÊNEOS	61
3.3 - CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PELO MÉTODO QUANTÍLICO, ANÁLISE FREQUENCIAL, SAZONAL E DE CLASSES.....	66
3.4 - ANÁLISE DOS EPISÓDIOS DE EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL DE INTENSIDADE MUITO FORTE, OCORRIDOS NO PERÍODO DE 1980 A 2010 E O CASO DO EL NIÑO DE 2015.....	76
3.4.1 - O EL NIÑO DE 1982/1983.....	77
3.4.2 - O EL NIÑO DE 1997/1998.....	97
3.4.3 - ANÁLISE DO EL NIÑO OCORRIDO EM 2015/2016.....	120
3.5 - ANÁLISE DAS SIMILARIDADES ENTRE OS FENÔMENOS EL NIÑO, DE INTENSIDADE MUITO FORTE, OCORRIDOS EM 1982-83, 1997-98 E 2015-16	139
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	151
REFERÊNCIAS.....	155
APÊNDICE I.....	165
APÊNDICE II.....	172

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquematisação das principais fitofisionomias do Cerrado Brasileiro.....	6
Figura 2: Mapa de climas do Brasil.....	8
Figura 3: Mapas de vegetação e a antropização.	9
Figura 4: Grupos de precipitação dos Cerrados publicado em Assad (1994).	12
Figura 5: Imagens de satélite GOES 13.....	17
Figura 6: Atuações sazonais das massas de ar (posição média), na América do Sul.	18
Figura 7: Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010), referente à precipitação acumulada mensal e anual, sendo destacado a área de estudo.....	20
Figura 8: Comparação entre a ocorrência de um fenômeno <i>El Niño</i> (B) com um ano normal (A) no Pacífico	23
Figura 9: Circulação atmosférica sobre o Equador (0°)	24
Figura 10: As regiões centrais relacionando ENOS e Precipitação para a América do Sul.	26
Figura 11: Fluxo de trabalho	33
Figura 12: Localização da área de estudo.....	34
Figura 13: Localização das estações pluviométricas.....	36
Figura 14: Fluxograma para consolidação da base de dados.....	39
Figura 15: Fluxo de trabalho para o uso da técnica dos quantis.....	41
Figura 16: Etapas para a realização da análise de agrupamentos	43
Figura 17: Áreas de estudo do fenômeno ENOS. Destaque para a região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial	45
Figura 18: Etapas para a realização da análise das ocorrências de <i>El Niño</i>	48
Figura 19: Etapas para a realização da pesquisa.....	48
Figura 20: Normais Climatológicas da Precipitação. Em (A) Normal de 1961-1990 e, em (B) Normal de 1981-2010.....	51
Figura 21: Histogramas de frequência das Normais Climatológicas da Precipitação. Em (A) frequência da Normal de 1961-1990 e, em (B) frequência da Normal de 1981-2010	51
Figura 22: Histograma da frequência (raster) para os dados de Precipitação acumulada do período Jan 1980 a Dez 2010.	52
Figura 23: Acumulado pluviométrico para o período 1980-2010	53
Figura 24: Variabilidade pluviométrica para o período de 1980 a 2010.	55
Figura 25: Acumulado pluviométrico decenal para o período 1980-2010. Tem-se em (A) a representação do volume pluviométrico para o decênio 1980-1989, em (B) a representação para o decênio 1990-1999, e em (C) tem-se o decênio 2000-2010.....	56
Figura 26: Gráfico demonstrando a frequência percentual que cada classe pluviométrica representa para o Cerrado, durante os distintos decênios analisados.	57
Figura 27: Média histórica anual da precipitação (mm) para o período (1980-2010), segundo os decênios.	58
Figura 28: Mapas da precipitação total média nas escalas mensal e anual, referente ao período de 1980 a 2010.....	610
Figura 29: Dendrograma das áreas homogêneas de precipitação do Cerrado para o período (1980-2010), obtido pelo método de Ward, com dados padronizados da precipitação anual nas 153 estações meteorológicas	61
Figura 30: Representação das áreas homogêneas para o período de 1980-2010.....	63
Figura 31: Frequência percentual de ocorrências das classes do quantis para o período 1980-2010.	67
Figura 32: Classificação quantílica empregada para o período 1980-2010.....	68
Figura 33: Frequência da precipitação ocorrida em cada categoria da classificação quantílica, empregada para o período 1980-2010, dividido em decênios.	69

Figura 34: Médias mensais de precipitação para cada uma das áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5).	71
Figura 35: Percentuais de precipitação durante a sazonalidade das áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5).	73
Figura 36: Distribuição quantílica para a série histórica 1980-2010.	75
Figura 37: Série de ONI do período de 1980-2016, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial	77
Figura 38: Série do ONI, baseado na média trimestral da região <i>Niño</i> 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do <i>El Niño</i> , ocorrido no período de 1982/83.	78
Figura 39: Cenário do <i>El Niño</i> 1982 – 1983 de intensidade forte.	789
Figura 40: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de agosto de 1982.	80
Figura 41: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de setembro de 1982.	81
Figura 42: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de outubro de 1982.	82
Figura 43: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de novembro de 1982.	83
Figura 44: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de dezembro de 1982.	84
Figura 45: Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região <i>Niño</i> 3.4 para o período de agosto de 1982 a setembro de 1983.	85
Figura 46: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de janeiro de 1983.	86
Figura 47: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de fevereiro de 1983.	87
Figura 48: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de março de 1983.	88
Figura 49: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de abril de 1983.	89
Figura 50: Anomalia da Temperatura do Mar em abril de 1983 (A) e maio de 1983 (B).	90
Figura 51: Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região <i>Niño</i> 1+2 para o período de agosto de 1982 a setembro de 1983.	90
Figura 52: Anomalia de precipitação para o mês de maio	91
Figura 53: Anomalia de precipitação para o mês de junho de 1983.	92
Figura 54: Anomalias de precipitação para os meses de julho (A) e agosto (B) de 1983.	93
Figura 55: Anomalia de precipitação para o mês de setembro de 1983.	94
Figura 56: Acumulado de precipitação do Cerrado durante a ocorrência do fenômeno <i>El Niño</i> de intensidade muito forte, ocorrido durante os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983.	95
Figura 57: Anomalia de precipitação do Cerrado durante ocorrência do fenômeno <i>El Niño</i> de intensidade muito forte, ocorrido durante os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983.	97
Figura 58: Série de ONI, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do <i>El Niño</i> , ocorrido nos períodos de 1982/83 e 1997/98.	98
Figura 59: Cenário do <i>El Niño</i> 1997 – 1998 de intensidade forte. Na figura aparecem os gráficos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) de maio de 1997 a junho de 1998 e os mapas de anomalias de precipitação para cada mês.	99
Figura 60: Variabilidade pluviométrica do Cerrado para os meses de abril de 1997 a julho de 1998, durante ocorrência de um episódio <i>El Niño</i> de intensidade muito forte.	101
Figura 61: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de julho de 1997.	102
Figura 62: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de setembro de 1997.	103
Figura 63: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de outubro de 1997.	104
Figura 64: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de novembro de 1997.	105
Figura 65: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de dezembro de 1997.	106
Figura 66: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de janeiro de 1998.	107
Figura 67: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de fevereiro de 1998.	108
Figura 68: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de março de 1998.	110

Figura 69: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de abril de 1998.	111
Figura 70: Série do ONI, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do <i>El Niño</i> , ocorrido nos períodos de 1982/83 e 1997/98.....	112
Figura 71: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de maio de 1998.....	113
Figura 72: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de junho de 1998.....	114
Figura 73: Anomalia de precipitação do Cerrado para os meses de junho de 1997 (A) e junho de 1998 (B).	115
Figura 74: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de julho de 1998.	116
Figura 75: Anomalias de precipitação referente aos anos e 1997 (A) e 1998 em (B).....	117
Figura 76: Acumulado de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 1997 a julho de 1998.	118
Figura 77: Anomalia de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 1997 a julho de 1998, durante ocorrência do <i>El Niño</i> de intensidade muito forte.	119
Figura 78: Série de ONI, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do <i>El Niño</i> , ocorrido nos períodos de 1982/83, 1997/98 e 2015/16. Nota-se que a intensidade do fenômeno ocorrido em 2015/16 foi maior que o ENOS de 1997/98 e 1982/83	121
Figura 79: Cenário do <i>El Niño</i> 2015 - 2016 de intensidade forte. Na figura aparecem os gráficos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), de agosto de 2015 a março de 2016, e os mapas de anomalias de precipitação para cada mês.	10022
Figura 80: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de abril de 2015.	123
Figura 81: Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região <i>Niño</i> 3.4.	124
Figura 82: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de maio de 2015.....	125
Figura 83: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de junho de 2015.....	126
Figura 84: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de julho de 2015.	127
Figura 85: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de agosto de 2015.	128
Figura 86: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de setembro de 2015.	129
Figura 87: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de outubro de 2015.	130
Figura 88: Evolução da Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região <i>Niño</i> 3.4, durante os episódios de <i>El Niño</i> , de intensidade muito forte para os anos de 1982-83, 1997-98 e 2015-16.	131
Figura 89: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de novembro de 2015.....	132
Figura 90: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de dezembro de 2015.....	133
Figura 91: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de janeiro de 2016.....	134
Figura 92: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de fevereiro de 2016.	135
Figura 93: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de março de 2016.....	136
Figura 94: Acumulado de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 2015 a março de 2016.	137
Figura 95: Anomalia de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 2015 a março de 2016, durante ocorrência do <i>El Niño</i> de intensidade muito forte.	138
Figura 96: Anomalias da TSM identificando a evolução de cada fenômeno <i>El Niño</i> de intensidade muito forte, analisado nesta pesquisa.	12340
Figura 97: Anomalias da precipitação no Cerrado durante cada fenômeno <i>El Niño</i> de intensidade muito forte.	1413
Figura 98: Anomalias da precipitação no Cerrado para os meses em que a anomalia da TSM atingiu o ápice, durante cada fenômeno <i>El Niño</i> , na região <i>Niño</i> 3.4.	144
Figura 99: Acumulado pluviométrico para o Cerrado, sob influência do fenômeno <i>El Niño</i> de intensidade muito forte. Em (A) observa-se o acumulado pluviométrico total ocorrido durante o ENOS de 1982-83, em (B) o acumulado pluviométrico total ocorrido durante o ENOS de	

1997-98, e em (C) o acumulado pluviométrico total ocorrido durante o ENOS de 2015-16. Abaixo, em (D), vê-se o Acumulado pluviométrico médio no Cerrado para os três eventos <i>El Niño</i> , identificados pelas letras (A), (B) e (C).....	147
Figura 100: Áreas do Cerrado afetadas pelo fenômeno <i>El Niño</i> de intensidade muito forte. Episódios analisados: 1982-83, 1997-98 e 2015-16. As classes utilizadas estão relacionadas com a porcentagem configurada acima ou abaixo da Normal Climatológica de precipitação.	150

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PERCENTUAL APROXIMADO DE ÁREA DA UF INSERIDO NO BIOMA CERRADO.....	8
TABELA 2: ÁREA TOTAL DESMATADA POR PERÍODO, DE 2002 A 2011 E ACUMULADO ANTERIOR A 2002.....	10
TABELA 3: CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA CERRADO POR REGIÃO FITOECOLÓGICA AGRUPADA.....	10
TABELA 4: QUANTIFICAÇÃO DOS PERCENTUAIS DOS QUANTIS.....	40
TABELA 5: ÍNDICE ONI (OCEANIC NIÑO INDEX).....	46
TABELA 6: CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DA TSM.....	47
TABELA 7: CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS COM <i>EL NIÑO</i> E <i>LA NIÑA</i> POR INTENSIDADE, DE ACORDO COM OS VALORES DO ÍNDICE ONI, DE 1980 A 2016.	47
TABELA 8: OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS <i>EL NIÑO</i> DE INTENSIDADE MUITO FORTE.....	47
TABELA 9: ÁREA OCUPADA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS.....	65
TABELA 10: CLASSIFICAÇÃO QUANTÍLICA PARA O CERRADO NO PERÍODO DE 1980 A 2010 E DEMONSTRAÇÃO DO PERCENTUAL DE CADA CLASSE.....	66
TABELA 11: MÉDIAS MENSAIS E ANUAL DE PRECIPITAÇÃO PARA CADA UMA DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS (A1, A2, A3, A4 E A5).	70
TABELA 12: PERCENTUAL DA CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MÊS PARA A MÉDIA ANUAL DE CADA UMA DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS (A1, A2, A3, A4 E A5).	72
TABELA 13: MAIORES TEMPERATURAS E ANOMALIAS DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NAS REGIÕES NIÑO 1+2 E NIÑO 3.4, EM CADA UM DOS EPISÓDIOS ENOS ESTUDADOS.	142
TABELA 14: CLASSIFICAÇÃO UTILIZADA PARA AS ÁREAS ORDINARIAMENTE IMPACTADAS PELO ENOS DE INTENSIDADE MUITO FORTE.....	148

LISTA DE ABREVIACÕES, NOMENCLATURAS E SÍMBOLOS

AA - Análise de Agrupamento
 AB - Alta da Bolívia
 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
 AH – Áreas Homogêneas
 ANA – Agência Nacional das Águas
 AP - Anticiclone Polar
 CCM - Complexos Convectivos de Mesoescala
 CIT - Convergência Intertropical
 CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
 DSR/INPE - Divisão de Sensoriamento Remoto/ Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais
 E - Leste
 Ec - Equatorial Continental
 EMBRAPA/CPAC - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado
 ENOS – *El Niño* Oscilação Sul
 FPA – Frente Polar Atlântica
 GPS - *Global Positioning System*
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
 INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
 IT - Linhas de Instabilidade
 km² - Quilômetro quadrado
 MC - Muito Chuvoso
 MDE - Modelo de Elevação do Terreno
 mm - Milímetro
 MS - Muito Seco
 N - Norte
 NE - Nordeste
 NNE - Norte-Nordeste
 NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*
 NW - Noroeste
 OMM - Organização Mundial de Meteorologia
 ONI - *Oceanic Niño Index*
 Pa - Polar Atlântica
 S - Sul
 SE - Sudeste
 SSE - sul-sudeste
 SW - Sudoeste
 Ta - Tropical Atlântica
 Tc - Tropical Continental
 TSM – Temperatura da Superfície do Mar
 W - Oeste
 ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
 ZCIT - Zona de Convergência Intertropical
 φ - Latitude
 λ – Longitude

RESUMO

O objetivo desta pesquisa consistiu em analisar a distribuição espaço-temporal da pluviosidade, nas escalas mensal e anual, na busca por evidências dos padrões deste elemento climático e a possível influência de eventos *El Niño*, de intensidade muito forte, sobre a precipitação na Ecorregião dos Cerrados, no período de 1980 a 2010, incluído o evento 2015-2016, considerado um dos mais intensos já registrados e que traz uma perspectiva útil para o estado de compreensão desses eventos. Apresenta, ainda, uma revisão dos eventos ENOS, de intensidade muito forte, e sua capacidade de influência na precipitação do Cerrado. Como consequência, exhibe resultados significativos na identificação das principais áreas do bioma suscetíveis a anomalias de precipitação face ao fenômeno *El Niño*. Percebeu-se que a variabilidade da precipitação no Cerrado é significativamente complexa e comprovou-se, a partir das análises efetuadas que existem relações entre a ocorrência do fenômeno *El Niño*, de intensidade muito forte, com a precipitação no bioma. Determinou-se, por meio de técnicas estatísticas e de geoprocessamento, as áreas homogêneas de precipitação, a frequência e distribuição quantílica dos totais pluviométricos para o bioma, e como resultado foi definido e apresentado as áreas do Cerrado suscetíveis à influência do fenômeno *El Niño*. As precipitações, bem como suas anomalias (positivas e negativas), ocorridas ao longo da série histórica, foram observadas na análise dos registros de 1982-83, 1997-98 e 2015-16, e notou-se que as áreas mais ao sul do bioma tendem a anomalias positivas de precipitação, cujos percentuais variaram entre 10% e 25% acima da média habitual. Grande parte da região central do Cerrado, seguindo para oeste e parte do sudeste do bioma, não apresentaram anomalias significativas de precipitação, permanecendo com valores percentuais que não ultrapassaram 10%, positiva ou negativamente, durante todo o período que a área esteve sob influência do ENOS. Ao contrário, a área situada ao norte do bioma, apresentou valores de precipitação muito abaixo da média, sendo considerada uma região cuja estiagem esteve presente por ocasião da manifestação e atuação do *El Niño* naqueles anos.

PALAVRAS CHAVES: Cerrado, Precipitação, Variabilidade, *El Niño*.

ABSTRACT

To recognize the precipitation behavior and its variability in a given historical series is an indispensable tool for planning and decision making for several sectors, be it environmental, social or economic. Based on this premise, the objective of this research was to analyze the temporal distribution of rainfall, in the monthly and annual scales, in the search for evidence of the patterns of this climatic element and the possible influence of *El Niño* events, of very strong intensity, on precipitation in the Cerrado, in the period from 1980 to 2010, including the event 2015-2016, considered one of the most intense ever recorded. It was noticed that the variability of the precipitation in the Cerrado is significantly complex, with air masses, convective systems, maritime, continental, among other factors. The homogeneous areas of precipitation, the frequency and the quantum distribution of rainfall totals for the biome were determined by means of statistical techniques and geoprocessing, and as a result it was defined and presented, in the form of maps, the Cerrado areas susceptible to the influence of the *El Niño* phenomenon. It was verified, from the analyzes made, that there are strong indications of relations between the occurrence of the *El Niño* phenomenon, of very strong intensity, with precipitation in the biome. Precipitations, as well as their anomalies (positive and negative) occurred during oceanic-atmospheric events, were observed in the analysis of the records of 1982-83, 1997-98 and 2015-16, coexisting in different temporal and spatial scales for the region studied. It was noted that the southern areas of the biome tend to have positive precipitation anomalies, whose percentages ranged from 10% to 25% above the usual average. Most of the central region of the Cerrado, to the west and part of the southeast of the biome, did not present significant anomalies of precipitation, remaining with percentage values that did not exceed ten percent, positively or negatively, throughout the period that the area was under the influence of ENSO. On the contrary, the area located to the north of the biome, presented values of precipitation far below the average, being considered a region whose drought was present at the time of *El Niño* manifestation and performance in those years.

KEY WORDS: Cerrado, Rainfall, Variability, *El Niño*

INTRODUÇÃO

Situado no Planalto Central do Brasil, o Cerrado é o segundo maior bioma do país em área, ocupando aproximadamente 25% do território brasileiro (SANO *et al.*, 2007). Trata-se de um complexo sistema, com intrínsecas relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e de outras regiões como África, sudeste da Ásia e Austrália (AB'SÁBER, 2003).

O Cerrado apresentou-se, até 2008, segundo Silva *et al.* (2008), como uma das últimas fronteiras agrícolas para a produção de alimentos, visando suprir as necessidades do País e gerando excedentes que estão contribuindo para atender à demanda de outras partes do mundo. Dado a imponência e importância deste bioma brasileiro, faz-se necessário uma análise detalhada dos diversos elementos componentes de sua estrutura, seja nas avaliações e pesquisas da flora, fauna, bem como dos elementos climáticos e sua variabilidade ao longo dos anos, fazendo perceber a significância da descrição dos eventos para servir como subsídio de análise, dado que periodicamente o número de pesquisas e informações disponíveis do Cerrado vêm aumentando, mas ainda em quantidade aquém da necessidade para as áreas climatológica, agropecuária, entre outras.

O senso comum apresenta o Cerrado como seco e estéril, entretanto, esta afirmativa pode ser questionada ao se analisar a capacidade produtiva agropecuária, bem como a variabilidade pluviométrica de uma série de anos, por exemplo. O termo “seco” dá-se particularmente por conta da distribuição das chuvas ao longo de um período de tempo, ficando em alguns pontos do bioma, de três a seis meses sem ocorrência pluviométrica, devido a dinâmica atmosférica e das massas de ar atuantes. Ao contrário, na estação úmida, os eventos pluviométricos são suficientes para o repletamento hídrico das bacias hidrográficas. Essa dicotomia pode caracterizar, dependendo do recorte que se faz, um bioma ora seco, ora úmido, porém único. Assim sendo, a característica principal dos climas do Cerrado é a ocorrência de duas estações: uma seca, com registros nulos de chuvas na sua totalidade, e uma chuvosa, quando se precipita mais de 90% da chuva anual. Nimer (1989), esclarece que essa variabilidade decorre das modificações da circulação atmosférica de larga escala, que levam, efetivamente, à alterações significativas no deslocamento das frentes frias que provocam chuva na região do Cerrado.

Protagonista nos debates ambientais contemporâneos, as chuvas são temas cotidianos apresentados pela mídia, discutidos por especialistas e, de um modo geral, pela população,

causando impacto na maneira de viver das sociedades, ocasionando enchentes, alagamentos, inundações, secas, estiagens e mais recentemente, racionamentos em diversos centros urbanos.

As consequências do uso racional da água vêm se configurando como um dos grandes desafios para o futuro da humanidade, haja vista ser um recurso escasso e indispensável para a vida, manutenção dos ecossistemas e cultivo de alimentos. Na disposição do Cerrado, por exemplo, em época de ocorrência da seca, as alturas dos volumes de água dos reservatórios baixam ao limite extremo, fazendo com que medidas de racionamento sejam adotadas, como tem ocorrido ao longo dos anos em várias cidades inseridas neste bioma, como por exemplo, a crise hídrica pela qual passou o Distrito Federal entre 2016 e 2018 (Tavares *et al.* 2017), São Paulo (Jacobi, *et al.* 2015) e outras cidades.

Fortemente ligados entre si, atmosfera e oceanos influenciam os padrões de chuvas ao redor do mundo devido a oscilação da temperatura oceânica, por isso, quando ela se altera, os padrões de precipitação também tendem a mudar. Variações positivas ou negativas nas temperaturas dos oceanos podem indicar a ocorrência de secas ou chuvas em certas regiões do globo. O aquecimento das águas do Pacífico Equatorial, por exemplo, acaba resultando no fenômeno de grande escala denominado *El Niño*, enquanto o resfriamento destas águas provoca o surgimento da fase anômala chamada de *La Niña* (CPTEC, 2017).

O fenômeno *El Niño*, segundo o Centro de Previsão do Tempo e Estudo Climáticos (CPTEC, 2017) é caracterizado como sendo um fenômeno atmosférico-oceânico, o qual é assinalado pelo aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, com faculdade de afetar o clima regional e global, modificando os padrões de vento e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. Particularmente, desde os anos oitenta do século XX, tem-se constatado, conforme Magaña (2004), que grande parte dos trópicos e latitudes médias apresenta condições meteorológicas alteradas pela ocorrência deste fenômeno.

Nesse contexto, e a partir da hipótese elaborada, a qual questiona a possível relação entre a precipitação no Cerrado e o *El Niño* Oscilação Sul, esta pesquisa propõe-se a analisar as influências e efeitos associados ao fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) na precipitação pluviométrica nos Cerrados, numa série temporal de 1980 a 2010, utilizando técnicas estatísticas na análise de dados pluviométricos, em especial na aplicação de técnicas de análise multivariada. Neste recorte espacial, observa-se *a priori* estações numa distribuição regional variável, dado a grandeza da área pesquisada, a qual sofre influência de inúmeros fatores.

Adotou-se neste trabalho uma sistemática dividida em duas partes. A primeira, relacionou-se ao estudo climatológico da precipitação face a sua espacialidade e temporalidade

no Cerrado entre os anos 1980-2010. Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, vivenciou-se, em 2015/2016, um dos mais fortes ENOS já registrados, e o primeiro de intensidade forte no século XXI, sendo, portanto, incluído este episódio na estrutura deste estudo de modo a ser objeto de análise e comparação com os outros episódios estudados. Deste modo, numa segunda parte, os episódios ENOS, de intensidade muito forte, ocorridos entre 1980-2010, somados ao fenômeno 2015-16, foram analisados e os resultados apresentados por meio de mapas do acumulado pluviométrico, anomalias da TSM e precipitação, variabilidade, gráficos e tabelas.

Os estudos acerca das variações climáticas, cujos resultados abarcam inúmeras áreas de interesses, têm sido amplamente discutidos, seja pelo Estado ou pesquisadores independentes. Os resultados encontrados ajudam na descrição e previsão de cenários, bem como auxiliam na análise de eventos ocorridos, de modo a identificar um padrão climático, influenciado, ou não, por fatores climáticos. Assim, para se concretizar tais averiguações é indispensável o diagnóstico de séries temporais com dados relevantes e ajustados.

As constantes crises hídricas, cada vez mais frequentes nos centros urbanos, perpetraram a realização desta pesquisa baseado em dados históricos ao longo de 33 anos de análise, de forma a consolidar resultados pautáveis e concretos para o Cerrado.

Desta forma, o estudo aprofundado da precipitação, sua dinâmica, características e fatores que a influenciam são essenciais para o planejamento estratégico do Estado, socioeconômico e a gestão de recursos hídricos, de modo a propiciar um conhecimento mais detalhado desse elemento e a fim de reduzir os prejuízos causados nas atividades agrícolas e também nos centros urbanos, decorrentes dos efeitos climáticos e meteorológicos no Cerrado Brasileiro.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo geral analisar a distribuição espaço-temporal da pluviosidade, nas escalas mensal e anual, na busca por evidências dos padrões deste elemento climático e a possível influência de eventos *El Niño*, de intensidade muito forte, sobre a precipitação na Ecorregião dos Cerrados no período de 1980 a 2010.

Para o alcance do objetivo geral, os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- a) Analisar a variabilidade espaço-temporal das chuvas na Ecorregião dos Cerrados para a série de 1980-2010, sendo incluído o evento 2015-16;
- b) Determinar, por meio da Análise de Agrupamento, as áreas homogêneas de precipitação, a frequência e distribuição quantílica dos totais pluviométricos para essas áreas;
- c) Definir e mapear as áreas do Cerrado suscetíveis à influência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte.

CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 - O CERRADO – DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Inicialmente, é importante determinar o emprego correto da definição de Cerrado. Estabelecer um fator determinante na aceção da paisagem é complexo, devido ao conjunto de elementos envolvidos. Coutinho (2006) apresenta em seu estudo o conceito de bioma, que pode ser classificado como uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como a altitude, o solo, alagamentos, o fogo, a salinidade, entre outros. Estas características todas lhe conferem uma estrutura e uma funcionalidade peculiares, uma ecologia própria. Este mesmo autor definiu o Cerrado como um complexo de biomas e não apenas um único bioma.

Ainda, em Coutinho (2006) o autor proporciona a explicação de que modernamente, o Cerrado é considerado como sendo uma Savana. Este termo aceita dois conceitos: um de natureza meramente fitofisionômica e outro referente a um grande tipo de ecossistema, com seu tipo particular de vegetação. Para Eiten (1972) de uma forma geral, o Cerrado é tratado pela bibliografia internacional como sendo uma Savana. É possível, segundo Eiten (1972) encontrar várias formas estruturais ao longo de sua abrangência no Brasil, incorporando os tipos: 1) floresta (com copa das árvores fechadas), 2) bosque arbóreo (com copa aberta), 3) bosque arbóreo e matagal (árvores mais espalhadas e compartilhando proeminência com elementos de matagal, todas as plantas lenhosas juntas formam uma camada aberta), 4) prados com árvores e arbustos espalhados igualmente proeminentes, 5) pastagem com arbustos baixos e, 6) pastagens, (EITEN,1972; 1977).

Segundo Rizzini (1970), o Cerrado é a forma brasileira da formação geral chamada Savana. Para os autores Ribeiro e Walter (1998) o Cerrado é um complexo vegetacional com estreita relação, seja ecológica e fisionômica, com as outras savanas da América Tropical e dos continentes africano e australiano.

Por conseguinte, a palavra cerrado pode ser empregada em três sentidos, segundo Batalha (2011). O primeiro emprego, “Cerrado”, com a inicial maiúscula, é utilizado ao se referir ao domínio fitogeográfico do Cerrado, incluindo não só o cerrado *sensu lato*, mas também os outros tipos vegetacionais que ali se encontram. O segundo emprego é o “cerrado *sensu lato*” ou simplesmente “cerrado”, quando a intenção for a referência ao cerrado enquanto

tipo vegetacional, isto é, do campo limpo ao cerrado. E, o terceiro tipo de emprego da etimologia é o “cerrado *sensu stricto*”, quando o desígnio for uma das fisionomias savânicas do cerrado *sensu lato*.

Em Walter (2006) encontra-se que Cerrado é uma palavra que atualmente apresenta três acepções técnicas: 1º) refere-se ao bioma predominante no Brasil Central; 2º) Cerrado sentido amplo (*lato sensu*), reúne as formações savânicas e campestres do bioma, incluindo desde o Cerradão até o Campo Limpo e, 3º) Cerrado sentido restrito (*stricto sensu*), o qual designa um dos tipos fitofisionômicos que ocorrem na formação savânica, definido pela composição florística e pela fisionomia, considerando tanto a estrutura, quanto as formas de crescimento dominantes. Por ser uma das suas principais fitofisionomias, o Cerrado sentido restrito caracteriza da melhor forma o bioma Cerrado. Esses três conceitos apresentados por Walter (2006) corrobora com os autores aqui citados como Eiten (1972), Batalha (2011); Coutinho (2006) e Ribeiro e Walter (1998).

Um dos maiores pesquisadores sobre o Cerrado e suas particularidades, Eiten (1972, 1977, 1978a, 1978b e 1986) apresenta aspectos ecológicos do bioma e discute, profundamente, em suas obras, o conceito de Cerrado, sua delimitação, formas e aspectos fisionômicos. Nesta pesquisa, utilizamos como referência de trabalho suas considerações sobre o assunto.

Encontramos em Eiten (1972) referência sobre a definição de Savana, haja visto que o Cerrado é considerado como um de seus tipos. Segundo o autor, a Savana é geralmente definida e usada em um sentido amplo, tanto quanto floristicamente como ecologicamente. Na Oceania e na África, por exemplo, este conceito é utilizado para designar vegetações diferentes daquelas encontradas no Brasil. No primeiro, a Savana é um termo para discriminar, de forma restrita, a pastagens com árvores e/ou arbustos espalhados. No segundo continente (África) esse conceito refere-se às formas de vegetação de planalto, entre floresta tropical e deserto, incluindo florestas e bosques semidecidual e caducifólios, pastagens com árvores e/ou arbustos dispersos e prados de vários tipos. Na América, em sua parte tropical setentrional, o termo Savana, refere-se aos campos gramados com árvores e arbustos espalhados em pequenos bosques dispersos ao longo da área, vindo a apresentar uma alternância de longos períodos de imersão e de forte ressecamento (EITEN, 1972).

Face aos conceitos expostos sobre Savana, e suas diferenciações entre as diversas regiões, observa-se que a ecologia das savanas, são diferentes em sua maioria, do Cerrado. Segundo Eiten (1972) para que tais conceitos sejam utilizados no Brasil, é necessário incluir como "Savana" não apenas o Cerrado em todas as suas formas, mas também: (1) os campos pantanosos ao lado do vale que fazem fronteira com as matas ciliares na região do Cerrado, (2)

os prados dos campos rochosos dos topos das montanhas do Brasil Central, (3) pastagens de Pantanal, periodicamente inundadas, (4) uma série de florestas caducifólias em substratos especiais, e (5) praticamente todas as pradarias edáficas¹, e florestas baixas, tanto de terras altas quanto de terras baixas, espalhadas pela floresta alta da Amazônia (EITEN, 1972).

Ainda em Eiten (1977), encontra-se a definição para Cerrado como sendo o nome dado à vegetação xeromorfa de arvoredos, comunidades arbustivas, savanas abertas e campos gramíneos do Brasil Central. Segundo o autor, o Cerrado forma uma província florística e vegetacional em uma região de precipitação intermediária com estação seca definida. É circundada por outras províncias vegetacionais de grande escala como as florestas Atlântica e Amazônica, nas regiões com mais chuva, e a Caatinga e o Chaco, nas regiões com menos chuva.

Assim sendo, a partir de uma investigação mais detalhada, com critérios internacionalmente homogêneos, poder-se-á definir, com mais precisão, quando um determinado tipo de vegetação, aqui no Brasil, ou em outra parte, deve ser incluído no conceito geral de Cerrado, dado as diversas concepções apresentadas atualmente.

Nesta pesquisa, o termo utilizado será “Cerrado”, no sentido de ser coerente com os resultados encontrados na literatura. A figura 1, a seguir, descreve as fitofisionomias presentes do Cerrado Brasileiro, segundo pesquisa desenvolvida pela Embrapa (1998).

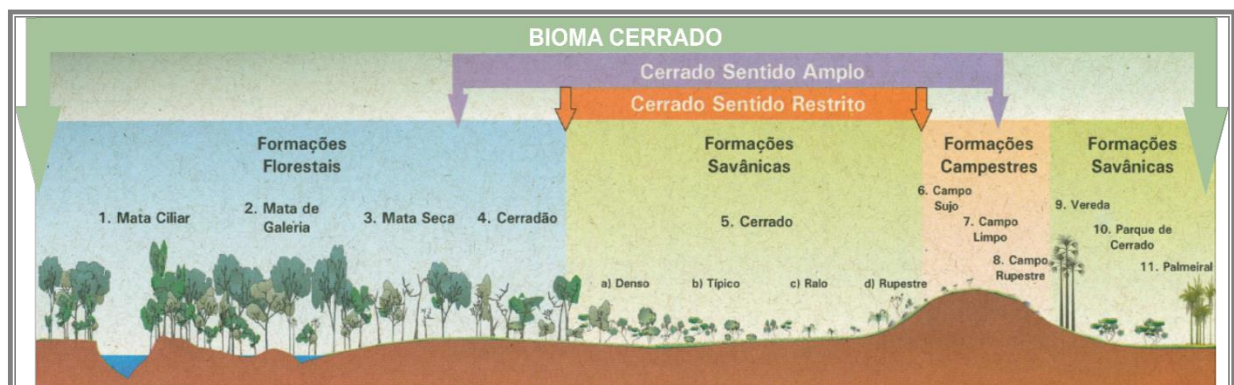


Figura 1: Esquematisação das principais fitofisionomias do Cerrado Brasileiro. Segundo Ribeiro e Walter (2008) as onze fitofisionomias acima estão apresentadas da esquerda para direita num gradiente de maior biomassa para as de menor, na posição geográfica em que geralmente ocorrem. Fontes: Ribeiro e Walter (2008) e Embrapa (2008). Modificado pelo autor.

No Cerrado, de acordo com Ab'Saber (2003) predominam os solos tipo latossolos, tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos, ocorrendo ainda solos concrecionários em grandes extensões. Entretanto, a maior amostra dos solos da vegetação de Cerrado sentido

¹ Segundo Lima *et al.* (2016) o termo é utilizado nos conceitos de ecologia e apresenta o seguinte significado: Edáfico - pertencente ao/ou influenciado pelo solo.

restrito são das classes Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo (RIBEIRO E WALTER, 2008).

Invernos secos e verões chuvosos, assim o clima do Cerrado pode ser caracterizado, e tecnicamente classificado como tropical chuvoso (NIMER, 1989) enquanto de acordo com a classificação de Strahler (1951) o clima do Cerrado pode ser classificado como Tropical. Este clima possui como principal característica ser úmido e seco, alternadamente. Nos meses da primavera e verão, a umidade é observada tendo em vista a expansão da massa Equatorial Continental (mEC) enquanto que nos meses de outono e inverno, predomina um tempo mais seco na região estudada.

O IBGE (2002) apresenta um mapeamento com a descrição pormenorizada dos tipos de climas atuantes no Brasil, conforme pode ser visto no mapa de climas do Brasil, exposto na figura 2. O Cerrado possui como predomínio de atuação o clima quente (média de temperatura maior que 18°C em todos os meses do ano) e Semiúmido, com quatro a cinco meses secos, no Planalto Central. Entretanto, nos setores sul-sudoeste, o clima pode ser definido como quente e úmido (de um a três meses secos). Na parte sul-sudeste, destaca-se o clima subquente (média entre 15° e 18°C em ao menos um mês) úmido (entre um a três meses secos). Algumas áreas do Centro-Oeste e Sudeste são classificadas como subquente/semiúmido (com quatro a cinco meses secos). No setor nordeste do Cerrado, a classificação do IBGE define esta área como quente/semiárido (entre seis a oito meses secos).

Para Oliveira e Marquis (2001), o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados da América do Sul devido a rápida expansão da agricultura. Cerca de 50% da região do Cerrado está em uso humano direto, e aproximadamente 35% do seu total natural foi convertida em pastagens plantadas e culturas.

Segundo Lucarelli *et al.* (1989), a população da região do Cerrado cresceu cerca de 73% entre 1950 e 1960, principalmente devido a oportunidades de emprego associadas à construção de Brasília. O crescimento da população não é limitado a esta década, entretanto, desde 1870 até 1960 a população regional cresceu a uma taxa duas vezes maior que a do Brasil, como resultado da migração interna (KLINK e MOREIRA, 2002). Esta onda migratória é a principal causa do crescimento populacional nas áreas urbanas. De acordo com Klink e Moreira (2002) a partir dos anos 2000, quase 30% dos habitantes do Cerrado viviam em oito cidades: Brasília, Goiânia, Teresina, Campo Grande, Uberlândia, Cuiabá, Montes Claros e Uberaba. Segundo os autores, o crescimento populacional e o desenvolvimento agrícola tiveram importantes implicações para o uso da terra no bioma. Ainda, até o final da década de 1950, a contribuição

dos Cerrados à produção agrícola do Brasil foi muito baixa, com a extensão das terras agrícolas e produção agrícola contribuindo com menos de 10% do total nacional.

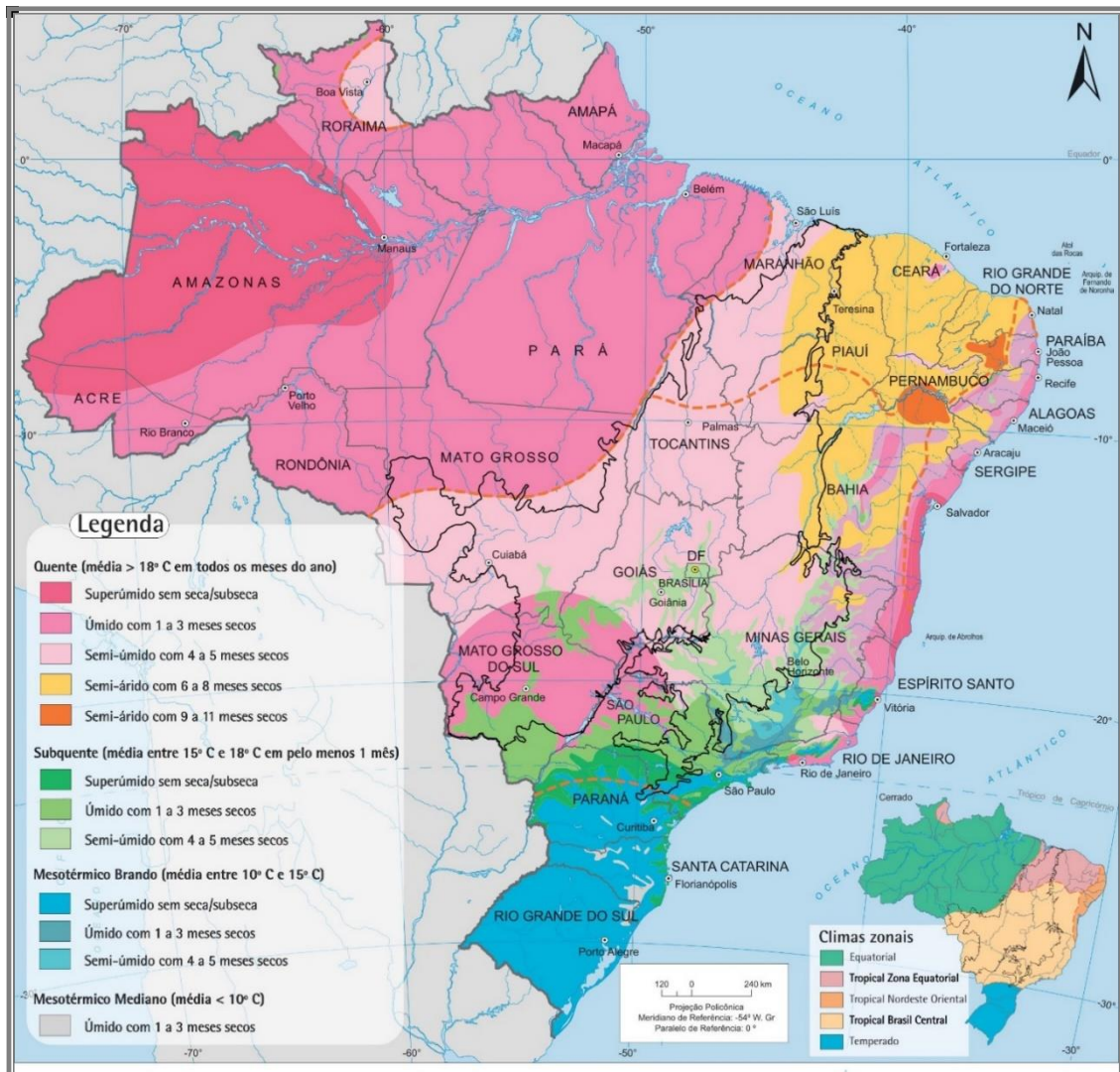


Figura 2: Mapa de climas do Brasil. Ao centro, observa-se o Cerrado com os tipos de climas atuantes. À direita, no canto inferior, os climas zonais do Brasil. No Cerrado, destacam-se o Tropical Zona Equatorial no setor norte e o Tropical Brasil Central no centro-sul da área. Fonte: IBGE (2002). Modificado pelo autor.

Após a década 1960, o cenário mudou e o Cerrado se tornou o principal produtor e exportador do Brasil de importantes culturas comerciais. A tabela 1 apresenta o percentual aproximado da área de cada Unidade da Federação (UF) inserido no bioma Cerrado.

TABELA 1: PERCENTUAL APROXIMADO DE ÁREA DA UF INSERIDO NO BIOMA CERRADO

UF	Cerrado (%)
Distrito Federal	100
Goiás	97
Tocantins	91
Maranhão	65
Mato Grosso do Sul	61
Minas Gerais	57
Mato Grosso	39

UF	Cerrado (%)
Piauí	37
São Paulo	32
Bahia	27
Paraná	2
Rondônia	1

Fonte: IBGE e MMA - Mapa de Biomas do Brasil - Primeira Aproximação, 2004. Modificado pelo autor.

O avanço da antropização nos diversos biomas brasileiros, ao longo de 65 anos, e a degradação da vegetação original pode ser observado na figura 3, a qual apresenta o mapa de vegetação e a antropização do Brasil, sobressaindo a celeridade da ocupação humana entre 1950-1960 e 1980-2015.

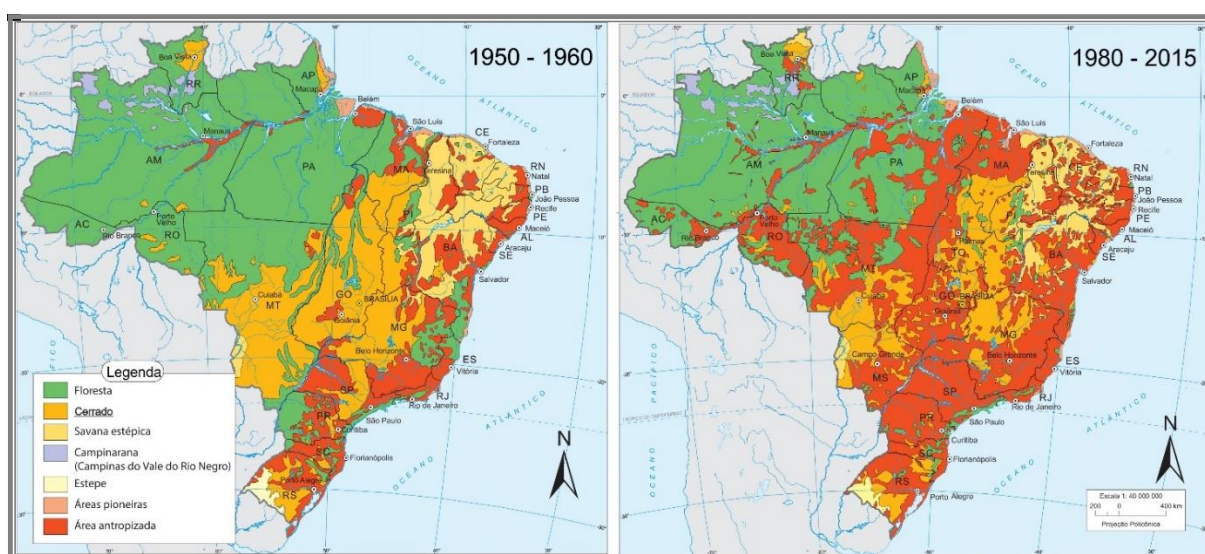


Figura 3: Mapas de vegetação e a antropização.

Fontes: IBGE (2017) Projeto Radam Brasil, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Os dois últimos estão extintos. Disponível em: https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_retracao_veg_nativa.pdf. Acesso em novembro de 2017. Modificado pelo autor.

Observou-se, nos últimos 35 anos, que todos os biomas foram afetados pela ocupação humana, porém o Cerrado, (cor laranja no mapa), sofreu um alto grau de destruição da vegetação natural quando são comparados os dois cenários expostos. Corrobora com as informações da tabela 2, que apresenta as séries históricas de desmatamento no Cerrado, no período anterior a 2002 e posterior, até 2011, bem como a área total do bioma desmatada.

Os dados expostos na tabela 2 indicam que o bioma perdeu, até o ano de 2011, aproximadamente 48,8% da vegetação original. Entre 2002 e 2008, foram desmatados 85 mil quilômetros quadrados, uma média anual de 14,2 mil quilômetros quadrados. Entre os anos de 2008 a 2011, mais de 21,3 mil quilômetros quadrados de vegetação nativa foram removidos do

bioma, totalizando 1% da área total em três anos de observação. De 2002 a 2011 o desmatamento foi de 5,2% do Cerrado, uma média de 0,5% ao ano (MMA, 2015).

TABELA 2: ÁREA TOTAL DESMATADA POR PERÍODO, DE 2002 A 2011 E ACUMULADO ANTERIOR A 2002.

Bioma (área total km²) - Cerrado (2.039.386)			
Área desmatada (km ²)	Anterior a 2002	890.636	(43,6%)
	2002-2008	85.074	(4,17%)
	2008-2009	7.637	(0,37%)
	2009-2010	6.469	(0,31%)
	2010-2011	7.247	(0,35%)
Área total de desmatamento no bioma (km ²)		997.063	(48,8%)

Fonte: MMA (2015). Modificado pelo autor.

Segundo o MMA (2017) a área do Cerrado recoberta por vegetação nativa em suas diversas fitofisionomias (Tabela 3), considerando-se o ano base 2002, representa 60,42% do bioma. A Região Fitoecológica predominante é a de Savana Arborizada, que responde por 20,42% de todo o Cerrado, seguindo-se Savana Parque, que recobre 15,81% deste. A área florestada, somadas as diversas fitofisionomias nessa categoria, abrange 36,73% do bioma, enquanto a área não florestada recobre 23,68% deste. O restante refere-se aos 38,98% de área antrópica, onde a categoria predominante é a de pastagens cultivadas (26,45% do bioma), e a 0,6% de água (MMA, 2017).

Os resultados desse mapeamento mostraram uma porcentagem da cobertura vegetal nativa de Cerrado maior que estudos prévios, segundo o MMA (2017). Essa diferença é produto principalmente da inclusão, neste estudo mais recente do Ministério do Meio Ambiente, de aproximadamente 28 milhões de hectares de pastagens nativas na categoria de vegetação nativa. Se esse valor for contabilizado como sendo área antrópica, como em estudos anteriores, a porcentagem de áreas com vegetação nativa obtida naquele trabalho será reduzida para 46,74%. A diferença nos dois valores pode ser explicada pela diferença nas resoluções espaciais dos satélites utilizados, ou seja, pelos métodos, materiais e produtos diferenciados entre um estudo e outro.

TABELA 3: CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA CERRADO POR REGIÃO FITOECOLÓGICA AGRUPADA

Região Fitoecológica Agrupada	Área (km²)	%
Vegetação Nativa Florestal	751.943,49	36,7
Vegetação Nativa Não-Florestal	484.827,26	23,6
Áreas Antrópicas	797.991,72	38,9
Água	12.383,88	0,6
Total	2.047.146,35	100

Fonte: MMA (2017). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado/mapa-de-cobertura-vegetal>. Modificado pelo autor.

A ação antrópica, contudo, não é homogênea por todo o território. Existem diversos níveis de antropização, todos com a remoção da vegetação natural, seja ela florestal ou não. As regiões com maior número de centros urbanos e de atividades industriais obviamente não causam a mesma pressão exercida pela agricultura, esta última com uma pressão antrópica geralmente inferior, mas deve-se alertar para as consequências do aumento da pressão que o bioma Cerrado vem sendo submetido, e as possíveis implicações para toda a sociedade em diversas áreas, seja ela social ou econômica.

1.2 - A PRECIPITAÇÃO NOS CERRADOS

O trabalho de Assad (1994), é a pioneiro dos estudos sobre a precipitação no bioma, assinalando uma importante colaboração para o entendimento das relações entre chuvas, secas, atividades humanas e os fatores que podem afetar a produção agrícola, particularmente a de sequeiro, predominante na área. Entretanto, o valor do trabalho vai além, dando início a uma embasada discussão sobre o ciclo pluviométrico do Cerrado. Essa obra foi utilizada como referência na compilação desta pesquisa, sendo parâmetro de comparação de resultados. Para Assad (1994) é necessário, no Cerrado, um extenso estudo dos padrões de distribuição de chuva, vindo a ser agrupadas aquelas áreas, de acordo com técnicas estatísticas, com semelhança entre si. O autor apresenta alguns estudos realizados que traziam, à época, técnicas relevantes para expressar o padrão pluviométrico de determinada localidade. Destaca-se o trabalho de Azevedo (1974) que utilizou a porcentagem de contribuição da média de um mês, em relação à média anual, para cada estação pluviométrica e, também calculou a porcentagem de contribuição da combinação de meses consecutivos em relação à média anual. Como resultado elaborou um mapa de isolinhas de coeficientes de variação de alturas anuais. Convencionou-se, naquele trabalho, que os meses mais chuvosos seriam aqueles com contribuição superior a 8,33% da média anual, com isso, pode-se determinar que localidades com mesma porcentagem de contribuição pertencem ao mesmo regime de precipitações.

Espinoza *et al.* (1982) estudaram o clima da região dos Cerrados em relação à agricultura, vindo a apresentar dados compilados dos elementos climáticos, entre outros, para quinze estações inseridas no bioma. Como resultado apresentaram isoietas e isotermas anuais, para a área estudada. A precipitação teve um enfoque maior, e naquela época, concluiu-se que o estudo climático é limitado nos Cerrados, dado que as estações eram escassas e localizadas mais ao sul da área, particularmente em Minas Gerais, fato minimizado ao longo dos anos. Ainda, como resultados, destacou-se a heterogeneidade deste bioma, não apenas pelas variações

ecológicas, mas também pela sua biomassa, sendo possível distinguir, particularmente em Minas Gerais, que as precipitações anuais se identificam com as características morfológicas, litológicas e fitogeográficas.

Assad (1994) coletou dados diários de altura de chuva de 250 estações, com pelo menos trinta anos de informações contínuas, ou com defasagem máxima de cinco anos para os dados mais contemporâneos, além daquelas localizadas nos Cerrados, ou adjacências. Após os ajustes necessários, optou por utilizar os dados de 107 estações. O autor relata ao longo do texto sua preocupação quanto aos dados coletados e sua exatidão, particularmente quanto a confiabilidade, dado que as estações meteorológicas dispostas ao longo da área eram poucas e apresentavam grandes períodos de falha.

Como produto de seu trabalho, Assad (1994) apresentou um mapa, exposto na figura 4, contendo cinco grupos homogêneos de precipitação, cada qual com uma determinada característica, baseado na média dos totais sazonais e seus intervalos de confiança. A técnica de classificação utilizada foi a Análise de Aglomerados ou *Cluster Analysis*. As séries pluviométricas das 107 estações meteorológicas foram utilizadas e resultou em vários outros produtos relevantes para a agricultura do Cerrado.

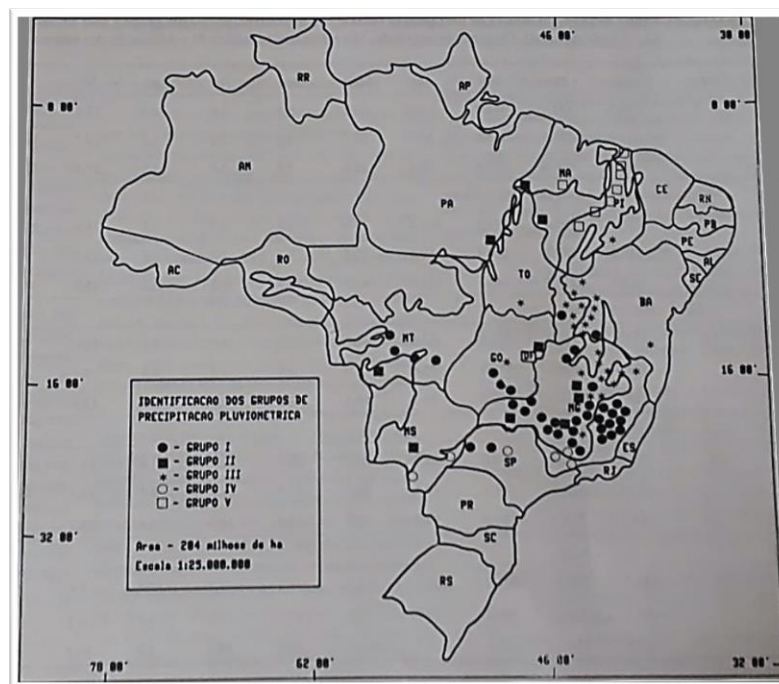


Figura 4: Grupos de precipitação dos Cerrados publicado em Assad (1994).

Assad (1994) caracterizou a pluviometria dos Cerrados a partir do total anual das médias mensais, do número de dias de chuva e a partir do estudo da análise frequencial da precipitação. A ideia do autor foi regionalizar os estudos do bioma e expor mapas que representassem a

variação espacial características das chuvas no Cerrado. Foram analisados 20 anos das maiores alturas pluviométricas nos Cerrados e registrou-se que a estação de Caixa de Areia - MG apresentou 1866,4 mm e Diamantino - MT 1839,9 mm. O menor valor pluviométrico anual registrado foi em São João do Piauí com 692,8 mm. A partir desses valores extremos, entre máximos e mínimos anuais, estabeleceu-se uma separação de classes, cujas estações apresentassem semelhanças entre si. Assim sendo, foram divulgados os resultados para as precipitações anuais, mensais, verânicos e períodos de retorno, análise frequencial para os decêndios, números de dias de chuvas e média de dias sem chuva (mensal). Para Assad (1994), ficou comprovado que as alturas anuais de precipitação tendem a aumentar no sentido Leste-Oeste, sendo que mais de 60% do total da área analisada apresentou uma média de precipitação anual entre 1200 mm a 1800 mm. Outra consequência da avaliação foi a constatação de que 28% da área total apresentava valores anuais que variavam entre 800 mm a 1200 mm. Tais valores caracterizaram a área como sendo de médio a alto risco para a agricultura de sequeiro.

Ao realizarem o mapeamento espacial, temporal e sazonal das chuvas no bioma Cerrado do estado do Tocantins, Marcuzzo *et al.* (2011) utilizaram dados de precipitação mensal de 34 estações pluviométricas, referentes à série histórica de 1977 a 2006. Como resultado apresentado, ratificaram que o período chuvoso se estende de outubro a abril e o período seco entre maio e setembro. Constataram, ainda, que há uma maior percentagem de anos secos do que de anos úmidos. Quanto aos totais mensais, analisaram e concluíram que durante os meses de setembro a maio, a parte norte e noroeste de Tocantins apresentou os maiores valores pluviométricos, enquanto os meses de janeiro a abril foram os quais apresentaram os máximos valores pluviométricos para as regiões centro-oeste e noroeste do Estado.

Objetivando analisar a precipitação pluvial e tendência futura das chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil, Marcuzzo *et al.* (2012b) realizaram um estudo, utilizando-se das técnicas de regressão linear, medidas de tendência central e de dispersão dos valores pluviométricos de chuva, a partir de uma série histórica com 30 anos de dados (1977 a 2006). Constataram que os valores dos totais anuais de precipitação no Cerrado da região Centro-Oeste, foi de 1755,7 mm no ano de 1982 e o menor foi de 1249,15 mm no ano de 2002. Quanto a variabilidade, averiguaram que a maior variação de precipitação anual, (417,12 mm), ocorreu entre os anos de 1992 (1750,04 mm) e 1993 (1332,92 mm). Os autores apresentaram, como parte do trabalho, os registros compilados referentes aos maiores e menores volumes totais de chuva para cada mês da série histórica analisada, e constataram que o maior total pluviométrico mensal se refere ao mês de fevereiro. Ainda, a maior variação pluviométrica registrada foi durante o mês de agosto. Tais resultados corroboram com os dados históricos de que o período

úmido para o Cerrado está compreendido entre os meses de outubro a março e o período seco para os meses de junho a setembro.

Como parte dos estudos realizados no Cerrado, Marcuzzo *et al.* (2012a) analisaram a variabilidade espacial e temporal das chuvas no estado do Mato Grosso do Sul, entre os anos de 1977 a 2006. Os autores fizeram uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para classificar a intensidade dos períodos secos ou úmidos de acordo com a média pluviométrica do local. A partir desta técnica, os pesquisadores apontaram que aproximadamente 3,6% do total de meses avaliados apresentaram-se como Extremamente Secos, 22,2% como Muito Secos, 30,5% como Secos, 25,8% de meses Chuvosos, 10,56% de meses Muito Chuvosos, 5,28% de meses Extremamente Chuvosos e 1,94% de meses sem anomalias. Ainda segundo os pesquisadores, os meses da série analisada, exceto fevereiro, apresentaram volumes totais abaixo da média histórica. Expuseram ainda, a partir das análises efetuadas, que para o estado do Mato Grosso do Sul, a precipitação ocorre frequentemente com maior volume total nos quadrantes norte e sudoeste do estado, ocasionado, particularmente, pela influência da massa de ar Equatorial Continental, da massa de ar Tropical Atlântica e das chuvas orográficas na região da Serra da Bodoquena.

Silva *et al.* (2003) estudaram o comportamento temporal das chuvas mensais de Uberaba - MG, utilizando-se uma série temporal de precipitações pluviais, com dados mensais e anuais, de 1914 a 2000. Os autores apontaram que os valores médios de precipitação mensal revelaram uma estação seca, cuja precipitação média abaixo de 150 mm/mês (maio a setembro) e uma estação chuvosa com precipitação acima de 150 mm/mês (outubro a abril).

O Cerrado Mineiro teve seus dados climáticos, particularmente temperatura do ar e precipitação, espacializados por Alves e Rosa (2008) os quais puderam apontar, a partir de uma série de dados coletados desde o início do funcionamento da estação selecionada até o ano 2007, que os valores de precipitação para a área de estudo registraram um total precipitado anual que variou entre 560 mm a 860 mm na região nordeste, e entre 1160 mm a 1460 mm no Triângulo Mineiro e áreas centrais do estado de Minas Gerais. Quanto aos registros de chuvas, os meses de janeiro e julho foram aqueles que concentraram a maior e a menor quantidade respectivamente. Como característica do Cerrado, o mês de janeiro está inserido no período chuvoso, cujos níveis de precipitação deveriam ser maiores, entretanto a região norte da área de estudo foi aquela com menores valores pluviométricos, tendo sido registrado para o referido mês, níveis iguais ou inferiores a 200 mm de chuvas. Os totais pluviométricos anuais não ultrapassaram os 1400 mm, com exceção de Paracatu, local que registrou cerca de 1800 mm de chuva.

Os sistemas atmosféricos geradores de eventos extremos de precipitação no Distrito Federal foram analisados por Steinke *et al.* (2006). Os autores concluíram que os grandes volumes pluviométricos (temporais) observados e que causaram, durante a série histórica pesquisada, inúmeros desastres na região, possuem como fonte o aparecimento da convergência de umidade entre o sul da Amazônia e os sistemas frontais presentes nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, os quais geram a formação de áreas de instabilidade. Como consequência destes volumes de precipitação acima da média, associados à configuração urbana e à falta de planejamento e ordenamento do território, a população do Distrito Federal tende a sentir com mais frequência os desastres pluviométricos e, a cada ano que passa, as ocorrências tendem a aumentar em função das ocupações em áreas de risco.

Com relação a precipitação e sua variabilidade, o sistema de circulação atmosférica influencia na precipitação geral do Cerrado. De acordo com Sano *et al.* (2007), a precipitação do bioma é dominada por três sistemas: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Sistema de Alta Pressão da Bolívia (AB); e seu sistema associado de nuvens conhecidas como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que é uma região de baixa pressão associada à instabilidade que se estende desde a Amazônia até o sudeste Brasil.

Segundo Eiten (1972) o regime de chuvas do Cerrado ocupa uma posição pluviométrica intermediária, quando comparado com a área Tropical da América do Sul, variando numa média anual entre 750 mm a 800 mm na sua parte leste e mais seca, e registrando até 2000 mm entre o sudoeste e oeste da área. No nordeste, o Cerrado encontra-se com a Caatinga, enquanto que a noroeste, num contraste de pluviosidade, faz divisa com a Floresta Amazônica. No sudoeste, faz fronteira com o Pantanal e no sudeste encontra parte da Mata Atlântica, ambas regiões que apresentam os valores mais elevados de precipitação anual.

De acordo com Castro *et al.* (1994) a precipitação² anual do Cerrado varia de 800mm (próximo à Caatinga) a mais de 2000 mm (próximo ao bioma Amazônico) com média anual de precipitação na ordem de 1500 mm. O mecanismo atmosférico geral determina uma marcha estacional de precipitação semelhante em toda a região, criando nela uma tendência de

² Tendo em vista a baixa disponibilidade de estações meteorológicas no interior da área do Cerrado, contendo séries históricas completas (com poucas falhas) e antigas, os valores de precipitação, tanto anual quanto mensal, geralmente demonstrados nos mapas, como máximos e mínimos, podem apresentar uma diferença de até dezenas ou centenas de milímetros, dependendo da área pesquisada, decorrente desta defasagem de estações. Atualmente, tem-se observado uma tendência ao aumento da quantidade de estações meteorológicas em operação, e também a facilidade de acesso à informação oficial destas séries registradas. Para maiores informações sobre dados e estações disponíveis em determinada região, pode ser acessado o banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa, contido no site do INMET (www.inmet.gov.br).

uniformidade pluviométrica: há uma estação seca e outra chuvosa bem definidas, sendo o clima desta grande área influenciado, principalmente, pelos Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), um sistema atmosférico semifixo e de alta pressão (Fonzar, 1994), bem como o Anticiclone Polar (AP). Segundo Sano *et al.* (2007) mais de 70% da precipitação total anual ocorre entre os meses de novembro a março. No verão, o movimento do AP em latitudes mais baixas é limitado pelo centro de baixa pressão que aparece na região do Chaco do Paraguai, conhecido como Baixa do Chaco, enquanto que nas altitudes mais altas está associado ao desenvolvimento de um sistema anticiclônico fechado relacionado ao verão no planalto da Bolívia, conhecido como Alta da Bolívia (AB). Ainda, segundo Sano *et al.* (2007) a Alta da Bolívia é responsável pela redução da pressão atmosférica próxima da superfície do solo, transferindo o calor sensível do continente para atmosfera e favorecendo a formação de nuvens convectivas.

Durante o verão, no Cerrado, a área é afetada por outro fenômeno associado à AB, conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) uma grande zona de nebulosidade orientada no eixo noroeste-sudeste, estendendo-se do sul da Amazônia até o Atlântico Sul, vindo a causar chuvas volumosas durante esta estação. Ainda, a região tem seu regime de chuvas influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Tanto a ZCAS, quanto a ZCIT são responsáveis por uma grande parcela do volume de chuva que ocorre durante um ano na maioria das áreas do Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (CLIMATEMPO, 2017). A ZCAS traz a chuva volumosa para o Sudeste e para o Centro-Oeste, enquanto a ZCIT é responsável pela maior parte da chuva anual do Nordeste e do Norte do Brasil, influenciando particularmente as áreas norte-nordeste do Cerrado (FERREIRA, 2002).

A ZCAS apresenta-se como um dos principais sistemas de influência em parte do Cerrado, sendo caracterizado por apresentar uma banda de nebulosidade, com forte instabilidade e umidade elevada, que se estende da Região Amazônica até as Regiões Sul e Sudeste do país (BARBIERI; MARCELINO e SAUSEN, 2008). A ZCAS é responsável pela grande quantidade de chuva de verão entre as Regiões Centro-Oeste, Sudeste, partes da Norte e do Nordeste. A ausência desse sistema causa forte redução nas chuvas nessas regiões, prejuízo financeiro aos tomadores de decisão, com perdas na produção agrícola considerável, e alto risco de racionamento de água e de energia (CLIMATEMPO, 2017). A figura 5, exemplifica a atuação de uma ZCAS sobre o país, em dezembro de 2017.

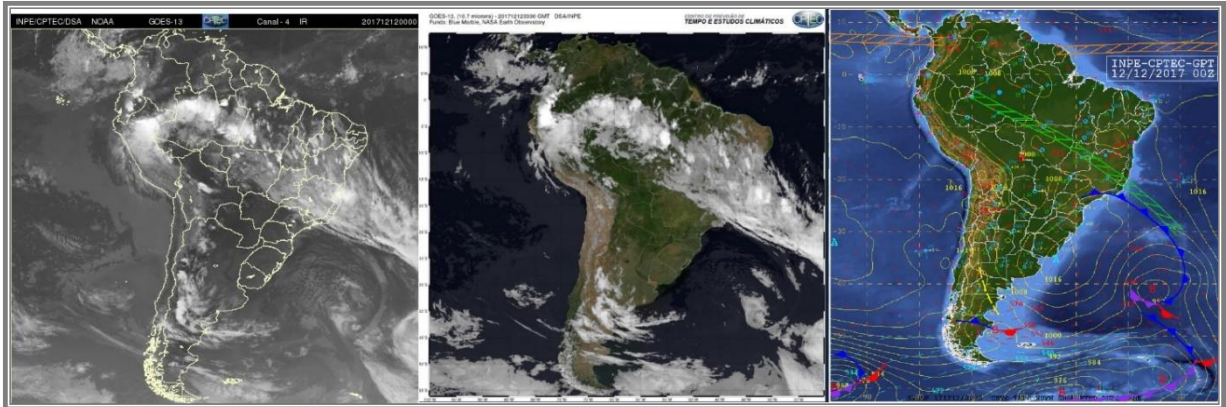


Figura 5: Imagens de satélite GOES 13 nas bandas Infra 4 (esquerda) e Colorida BM (centro) e carta sinótica de superfície (direita), representando atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) desde o AM, passando pelo norte de MT, norte de GO, norte de MG, no ES e oceano Atlântico adjacente, no dia 12/12/2017. A ZCAS proporcionou, naquela situação a ocorrência de precipitação ao longo de sua faixa de atuação, devido à alta taxa de umidade saindo da Amazônia, vindo a formar um corredor de nuvens entre o Norte e o Sudeste. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuou em torno de 6°N/10°N no Oceano Pacífico e em torno de 4°N/06°N no Oceano Atlântico. Fonte: CPTEC/INPE (2017). Modificado pelo autor.

No inverno, a média de precipitação geralmente é baixa, nula em algumas áreas, devido, entre outros fatores, à atuação do anticiclone do Atlântico Sul, vindo a ocasionar um resfriamento basal, o qual aumenta a estabilidade superior e também contribui para a ocorrência de tempo estável, em consequência, há redução da umidade atmosférica, ocasionando valores extremamente baixos de umidade relativa do ar. Assim, a penetração de grandes massas de ar seco e frio oriundas do Sul do país, durante o inverno, e de massas de ar úmido e quente no verão, combinados com fatores locais e regionais, tornam o clima do Cerrado altamente heterogêneo (SANO *et al.* 2007).

As ocorrências destes sistemas estão condicionadas, em grande parte, a uma combinação de fatores, especialmente a temperatura da água do mar em determinadas regiões dos oceanos Pacífico e Atlântico, vindo a dificultar ou facilitar a formação de ambos sistemas meteorológicos provedores de chuva para o Brasil, em particular no Cerrado. Outro fator que anualmente favorece a formação e, também, a intensidade desses sistemas são as mudanças na circulação dos ventos em diversos níveis da atmosfera, causadas pelo aquecimento anormal das águas do oceano Pacífico Equatorial, vindo a dificultar a organização do sistema de alta pressão chamado de Alta da Bolívia, necessário para a formação de uma ZCAS (CLIMATEMPO, 2017).

Ao estudar os eventos pluviais extremos na Amazônia Meridional, bem como os riscos e impactos em Rondônia, Franca (2015) elucidou que uma das formas da convecção amazônica chegar a latitudes extratropicais é por meio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esse sistema, segundo o autor, é caracterizado pela convergência de umidade na baixa e média

troposfera dada pela interação da convecção tropical com a Frente Polar Atlântica (FPA), sendo este fenômeno responsável por dias seguidos de chuva intermitente. Entretanto, eventualmente, durante a primavera e verão do Hemisfério Sul, a associação entre a convecção amazônica e a FPA, no Sudeste do país, ocasiona a formação de um extenso canal de umidade atmosférica da Amazônia até o Atlântico Tropical Sul.

Baseada na representação de Nimer (1989) a figura 6, descreve as atuações sazonais das massas de ar, na América do Sul, e corrobora para o entendimento da circulação das massas de ar sobre a área de estudo desta pesquisa. Ao centro, é possível visualizar o Brasil e em destaque os limites do Cerrado, podendo ser verificado que sua localização está inserida no domínio climático das massas equatoriais e tropicais. Deste modo, conclui-se, segundo Nimer (1989) que o Cerrado é dominado pela massa Equatorial Continental (mEc) no verão e pela massa Equatorial Atlântica (mEa) durante o inverno. Ainda, segundo o autor, excetuando a região equatorial nos oceanos e da costa setentrional do Brasil, tanto na primavera quanto no outono, a circulação é análoga entre as estações vindo a exibir um aspecto intermediário entre o verão e o inverno.

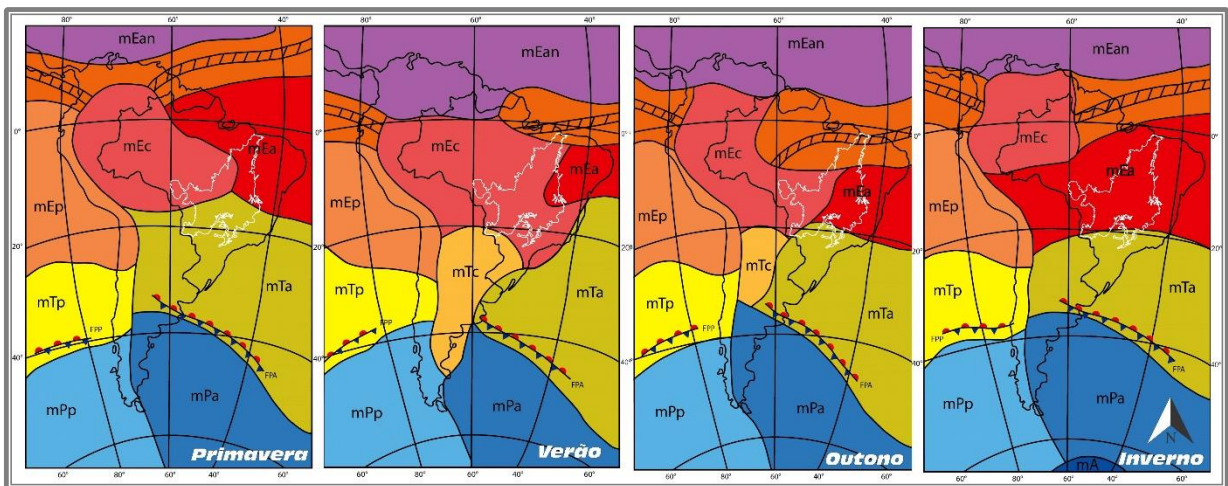


Figura 6: Atuações sazonais das massas de ar (posição média), na América do Sul. Destaque para a área do Cerrado representado no centro de cada imagem. Fonte: Nimer (1989). Modificado por Steinke (2017). Org. Autor.

Para Macena *et al.* (2008), durante o verão a massa Tropical Atlântica (mTa) torna-se instável pelo aquecimento basal que sofre ao entrar em contato com o continente e que é agravado, de início, pelo efeito orográfico do sistema atlântico. Durante esta estação, a Massa Equatorial Continental (mEc), quente e úmida, domina grande parte do Cerrado, colaborando para a ocorrência de dias chuvosos. Para Nimer (1989) os seguintes sistemas de circulação estão associados à Massa Equatorial Continental (mEc) e impactam no clima do Cerrado: a) sistema de correntes perturbadas de oeste (W) – de linhas de instabilidade tropical (IT); b) sistema de

correntes perturbadas de norte (N) – da ZCIT; c) sistema de correntes perturbadas de sul (S) – do Anticiclone Polar (PA) e, d) frentes frias.

Segundo Nimer (1989) e também Macena *et al.* (2008) o Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste (W) decorre das invasões de ventos de oeste a noroeste, trazidas por linhas de instabilidade tropicais (ITs) até a Região Centro-Oeste, entre o final da primavera e o início do outono. No centro de uma linha de instabilidade tropical, o ar acarreta chuvas e trovoadas que são comuns no interior do Brasil, no verão. A origem desse sistema parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na FPA a qual, em contato com o ar quente da Zona Tropical, forma uma ou mais linhas de instabilidade tropicais sobre o continente. Depois de formadas, essas ITs se propagam com extrema mobilidade e, na medida que a FPA segue em direção ao Equador, elas deslocam-se para leste ou, mais comumente, para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais, a chegada da FPA (NIMER, 1989; MACENA *et al.*, 2008).

A Massa Equatorial Continental (mEc), durante a primavera, principia sua inserção sobre a área de estudo, atraída, segundo Monteiro (1969) pelos sistemas depressionários do interior do continente, como a Baixa do Chaco, nos sentidos noroeste para sudeste. As chuvas convectivas de verão, no Cerrado, podem ser explicadas pelo predomínio desse sistema por um longo período de tempo sobre a região.

De acordo com Nimer (1989) fatores geográficos como relevo e latitude, podem vir a proporcionar uma diversificação térmica, determinando uma marcha estacional de precipitação máxima, no verão, e mínima, no inverno. Este mecanismo atmosférico assegura essa característica climática, ou seja, verão chuvoso e inverno seco. Assim, a distribuição da pluviosidade na análise espacial-temporal pode ser claramente identificada ao longo da área, dada sua particularidade, a qual se deve em parte ao sistema de circulação atmosférica.

As Normais³ Climatológicas do Brasil (1981-2010) divulgadas pelo INMET (2018) referente à precipitação acumulada mensal e anual, são apresentadas na figura 7. Percebe-se que a precipitação média anual, no Cerrado, tende a aumentar seus valores no eixo leste-oeste, variando de 850 mm, no setor leste, a 1850 mm no extremo oeste. Notam-se que as precipitações identificadas, não se distribuem igualmente através dos anos no Cerrado. Seu regime é tipicamente tropical, como exposto por Nimer (1989).

³ As normais climatológicas são um conjunto de valores para os diversos elementos climáticos, entres eles a precipitação e representam a média para um período de 30 anos. O Brasil teve suas normais atualizadas em março de 2018, as quais estão disponíveis para consulta na página eletrônica do INMET. Destaca-se que a base de dados de referência desta pesquisa utiliza o novo período de 1981-2010, tendo sido alterado em 2018, a fim de proporcionar resultados atualizados e em consonância com os novos dados.

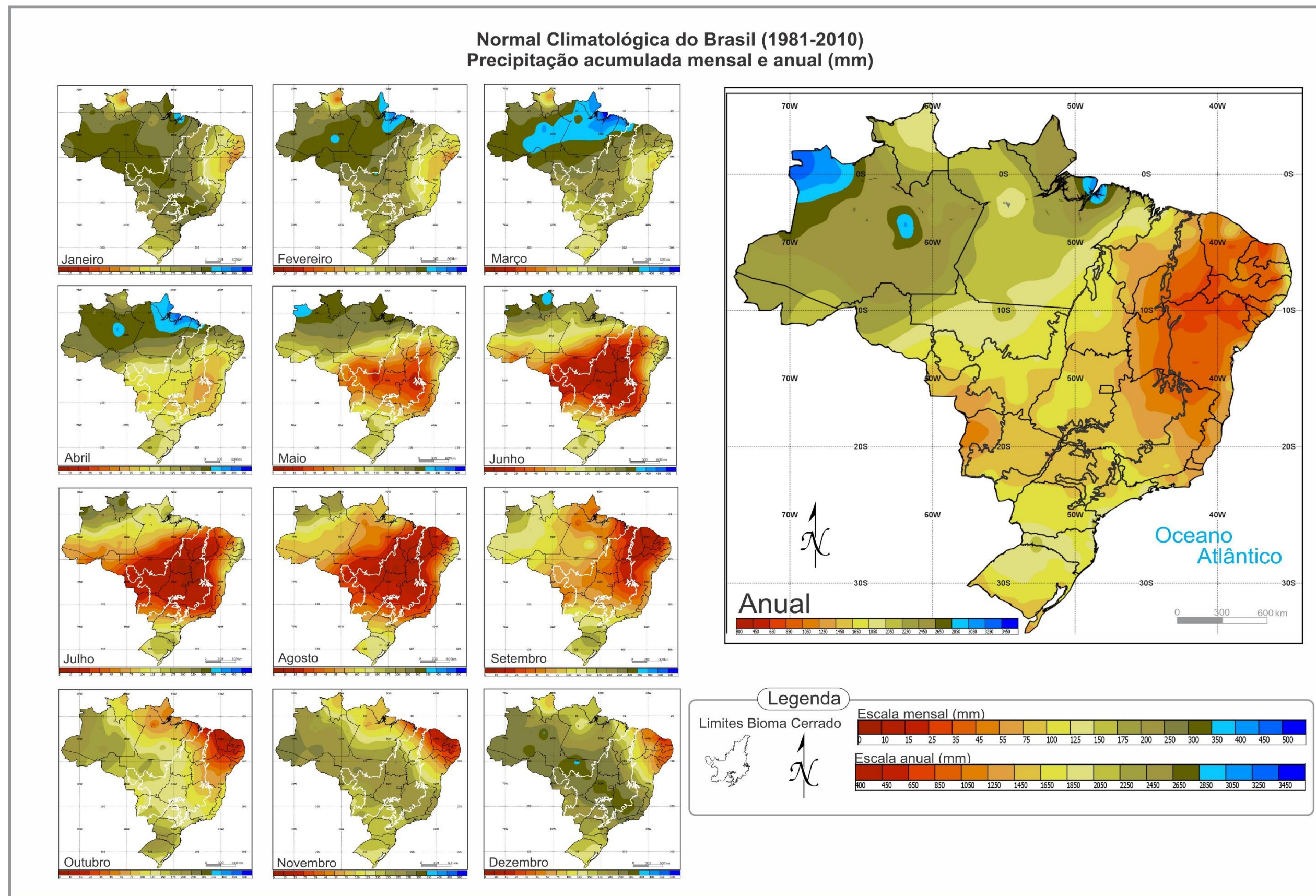


Figura 7: Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010), referente à precipitação acumulada mensal e anual, sendo destacado a área de estudo (Cerrado). Fonte: INMET (2018). Modificado pelo autor.

Fundamentado pelas teorias expostas, pode-se apontar que a ação de todos os sistemas atmosféricos, associada à continentalidade em que o Cerrado está inserido, confere à esta área predicados climáticos exclusivos, para cada mês, estação e anos, vindo a impactar diretamente na vida urbana, nos reservatórios de água, na produção agrícola, na quantidade de energia elétrica disponível, na precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar.

A variabilidade e mudança climática no Distrito Federal são apresentados por Steinke (2004) a qual expôs em seu trabalho uma discussão acerca da circulação geral da atmosfera sobre América do Sul, sendo esta circulação importante para a diversidade climática do Brasil. Dentre os fatores de grande escala e mecanismos atuantes, destacam-se os Anticiclones do Atlântico e do Pacífico, a Alta da Bolívia, Baixa do Chaco, ZCIT, ZCAS, invasões de massas de ar frias e secas, provenientes do Sul, em contraste com as massas quentes e úmidas que caracterizam os sistemas frontais periódicos. A autora ainda reconhece que o conjunto de fatores, ora apresentados atuam em consonância a aspectos locais e regionais determinando a caracterização climática de cada região do país.

Além dos sistemas atmosféricos citados, destaca-se o fenômeno *El Niño* Oscilação-Sul (ENOS), o qual possui a capacidade de interferência na circulação atmosférica de várias localidades do globo, sendo tão bem estudadas e descritas em inúmeros trabalhos no Sul e Nordeste do Brasil.

1.3 - A PRECIPITAÇÃO E O *EL-NINÕ* OSCILAÇÃO SUL

Com mais de 180 milhões de km², o oceano Pacífico cobre quase um terço da superfície do planeta e corresponde a quase metade da superfície e do volume dos oceanos (COTTER, 1975). É a maior massa marítima da Terra, e está situado entre as Américas, a leste, a Ásia e Oceania, a oeste, e a Antártida, ao sul. Portanto, dado a sua magnitude, as variações de vento e umidade se transmite ao redor do mundo, alterando os padrões de circulação, como correntes de jatos⁴, nebulosidade entre outros fatores. A atmosfera e o oceano estão fortemente ligados

⁴ A corrente de jato, também chamada de “*Jet Stream*”, é uma faixa de vento forte, com uma velocidade mínima de 120 km/h, abaixo da tropopausa (Ayoade, 1998). As correntes de jato são provocadas pela combinação da rotação do planeta sobre o seu eixo e o aquecimento da atmosfera, sendo formadas perto dos limites das massas de ar adjacentes com significantes diferenças de temperatura, tais como a região polar e o ar quente que segue em direção ao Equador. Segundo Cunha (1999), nos anos de *El Niño*, determina bloqueios na atmosfera, fazendo com que frentes frias fiquem semiestacionadas, causando excessos de chuva. Em anos de *La Niña*, a célula de tipo Hadley fica enfraquecida, fazendo com que frentes frias passem rapidamente pela região Sul ou desviem sua rota, diminuindo a quantidade de precipitação pluvial.

entre si, e como consequência desta relação, os valores das temperaturas oceânicas as quais influenciam os padrões de chuvas em todo o mundo tendem a se modificar. Assim, quando a temperatura do oceano se altera, positiva ou negativamente, os padrões de precipitação também tendem a se modificar.

Para Magaña (2004), um dos grandes desafios científicos é entender as variações climáticas que ocorrem a cada ano, de modo que seja possível prevê-las. Dado o foco desta pesquisa, destaca-se o fenômeno *El Niño*, o qual, de acordo com Trenberth e Sterpaniak (2001) é o fenômeno dominado por dois modelos atmosfera – oceano, com variabilidade em escala de tempo interanual, interferindo na ocorrência de precipitação em vários locais. O *El Niño* altera a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico Equatorial, na América do Sul, fazendo com que a atmosfera se torne mais quente e úmida sobre o Pacífico Oriental em resposta, assim como num sistema.

A definição do fenômeno *El Niño* é descrita como o aquecimento das águas superficiais (regiões leste e central) do Oceano Pacífico Tropical, evento que se repete num período compreendido entre 2 a 7 anos, e faz com que as intensidades dos acontecimentos variem caso a caso (OLIVEIRA, 2001). As figuras 8A e 8B, comparam as temperaturas da região equatorial do Oceano Pacífico em um determinado mês. O azul mostra temperaturas que eram mais frias do que a média, o branco mostra temperaturas médias, e a vermelha representa as temperaturas acima da média. Nota-se, na figura 8B, a TSM em seu estado alterado, indicando a atuação do *El Niño*, quando comparado com a figura 8A, quando não há alteração da temperatura da superfície do mar (TSM).

As características do *El Niño*, segundo Magaña (2004), consistem da anomalia da TSM que incide em distintas regiões do Oceano Pacífico associado a outro fenômeno de caráter atmosférico, relacionado ao Índice de Oscilação Sul (IOS), o qual é a diferença média da pressão atmosférica ao nível do mar entre os setores do centro-leste (Taiti/Oceania) e oeste (Darwin/Austrália) do Pacífico Tropical. Este índice está relacionado ao aquecimento e resfriamento das águas nestas regiões.

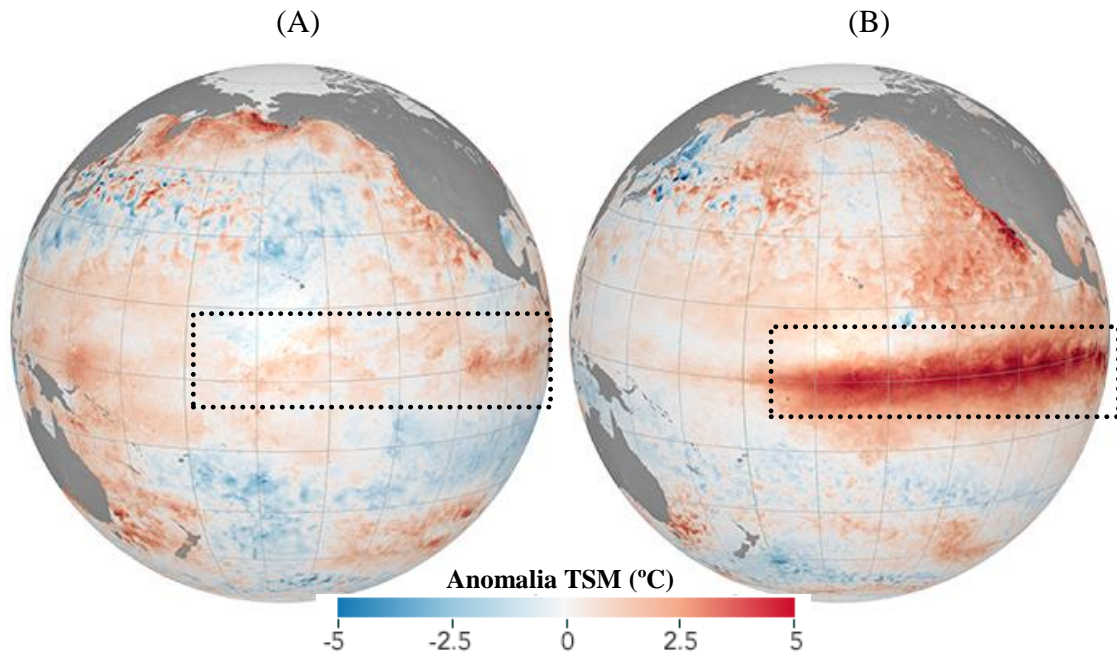


Figura 8: Comparação entre a ocorrência de um fenômeno *El Niño* (B) com um ano normal (A) no Pacífico. O *El Niño* está associado a temperaturas da superfície do mar (TSM) equatorial acima da média. Para exemplificar, a TSM é positiva na imagem da direita (B), em relação a da esquerda (A). Fonte: NASA Earth Observatory. Ilustração: Joshua Stevens. Dados: Coral Reef Watch. Disponível em <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/ElNino/>. Modificado pelo autor.

Este aquecimento, segundo Nóbrega e Santiago (2014) se torna acima da média histórica, desenvolvendo uma anomalia positiva nos valores da TSM com grandes efeitos sobre o clima global. Na faixa equatorial toda a convecção se desloca para o leste, alterando o posicionamento da Célula de Walker⁵ (Figura 9-B). Em condições normais (Figura 9-A) o ramo ascendente da Célula de Walker, que é favorável à formação de nuvens convectivas com grande desenvolvimento vertical, ocorre sobre o Pacífico Oeste-Equatorial, onde as águas são mais quentes, conseqüentemente acompanhadas de pressões atmosféricas mais baixas.

Oliveira (2001) expõe a situação contrária que ocorre sobre a região do Pacífico Leste, próximo à costa da América do Sul, onde se pode observar águas mais frias e pressões atmosféricas mais altas, com isso há a formação do ramo subsidente da Célula de Walker, inibindo a precipitação. Para Nóbrega e Santiago (2014) quando o fenômeno *El Niño* se configura, ocorre o deslocamento desta Célula para o Pacífico leste, haja visto o aquecimento atípico da superfície do mar, proporcionando a ocorrência de subsidência de ar sobre a bacia

⁵ Bjerknes (1969), apresentou as considerações sobre a Circulação de Walker, definindo como sendo a circulação zonal tropical, impulsionada pela temperatura, na qual o ar ascende sobre as águas quentes do Pacífico ocidental com conseqüente subsidência acima das partes orientais das águas frias do Pacífico. Como componente desta circulação, a Célula de Walker está relacionada à variação da pressão atmosférica entre os setores leste e oeste do oceano Pacífico, vindo a realizar uma circulação celular zonal na região equatorial. A parte da Célula de Walker que corresponde aos ventos em superfície é chamado de ventos Alísios.

centro-oeste e sobre o Atlântico Equatorial, incluindo a Amazônia Oriental e o Nordeste do Brasil.

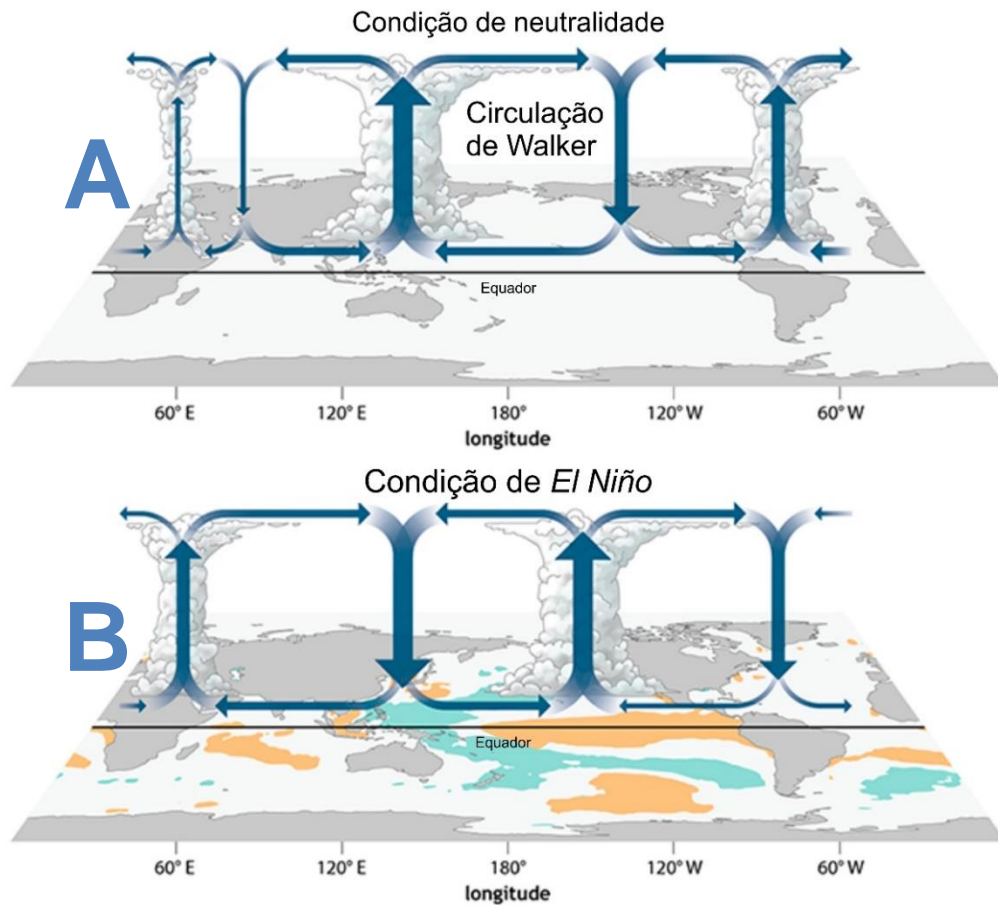


Figura 9: Circulação atmosférica sobre o Equador (0°). Observa-se a circulação de Walker que muda substancialmente sob influência do *El Niño*. Na imagem A, nota-se situação de neutralidade, enquanto que em B há mudança no fluxo da circulação. Ilustração: NOAA (2017). Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/ElNino/>. Modificado pelo autor.

Segundo Carlowicz e Uz (2017) durante um evento de *El Niño* as águas superficiais do Oceano Pacífico central e oriental tornam-se mais quentes do que o habitual. Essa mudança está intimamente ligada à atmosfera e ao sistema de ventos sobre o Pacífico. Os ventos alísios que sopram de leste para oeste, entre as Américas e Oceania, permitem que grandes massas de água morna se desloquem do Pacífico ocidental em direção às Américas. Também reduz, de acordo com Carlowicz e Uz (2017) o surgimento de águas frias e ricas em nutrientes das correntes oceânicas que surgem ao longo da costa oeste da América do Sul e Central, vindo a afetar a produtividade da atividade pesqueira, por exemplo. Corrobora com essa definição o estudo de Barbalho *et al.* (2013) os quais analisaram o comportamento da produção pesqueira no estado do Rio Grande do Norte e sua relação com os fenômenos climáticos *El Niño* e *La Niña*, cujos resultados mostraram que há fortes correlações entre os fenômenos e a prática pesqueira,

determinando que os produtos oriundos da pesca sejam maiores em anos de *La Niña* e menores em anos de *El Niño* para aquela região.

Sabe-se, *a priori*, que o *El Niño* é um fenômeno de interação do oceano com a atmosfera caracterizado por um aquecimento acima do normal das águas do oceano Pacífico Equatorial (CPTEC, 2017; INMET, 2017; NOAA, 2017) cujo padrão pode alternar irregularmente a cada dois a sete anos, e cada fase desencadeia perturbações de temperatura, precipitação e ventos. Tais mudanças perturbam os movimentos de ar em grande escala nos trópicos, provocando uma cascata de efeitos colaterais globais (NOOA, 2017) sendo portanto, aceitáveis as consequências sobre o regime pluviométrico no Cerrado, por exemplo.

Ao estudar as relações entre precipitação e ENOS para 19 regiões do globo, Ropelewsky e Halpert (1989) utilizando 1700 estações meteorológicas, documentaram as anomalias positivas e/ou negativas ocorridas durante a série histórica de 1875 a 1983, demonstradas em pelo menos quinze dessas regiões. Os autores identificaram que o ENOS esteve associado às anomalias de precipitação para as monções da Índia e do norte da Austrália, bem como para o nordeste da América do Sul, sudeste da África, leste da África equatorial, Golfo do México, norte da região do México e sudeste da América do Sul. A pesquisa sugeriu, ainda, que as anomalias (positiva ou negativa) de precipitação para essas regiões estavam linearmente relacionadas à fase do ENOS, seja na atuação do *El Niño* ou em anos sob *La Niña*, respectivamente. Para a América do Sul, representada por meio de um mapa de vetores na figura 10, Ropelewsky e Halpert (1989) assinalaram duas áreas distintas, de provável precipitação relacionada ao ENOS: a primeira no setor nordeste (indicada no mapa por NSA), e a outra na região sudeste (SSA). Os autores justificam que, à época, não havia uma rede de estações, suficientemente densa, para realizar uma análise dos países costeiros como Equador e Peru, por exemplo. Ainda, os dados para uma análise detalhada das regiões do interior do Brasil eram insuficientes, o que resultou num produto incompleto, cujas áreas não tiveram a representatividade suficientemente descritas, como o Cerrado por exemplo.

A elevação da TSM nem sempre ocorre de maneira uniforme no Pacífico. Dependendo de como acontece a distribuição do aquecimento da água, o *El Niño* é chamado de Canônico ou de Modoki. Este é caracterizado por anomalias positivas de TSM no Pacífico Central, acompanhado por anomalias negativas de TSM no Pacífico Leste e Oeste (TEDESCHI e CAVALCANTI, 2010).

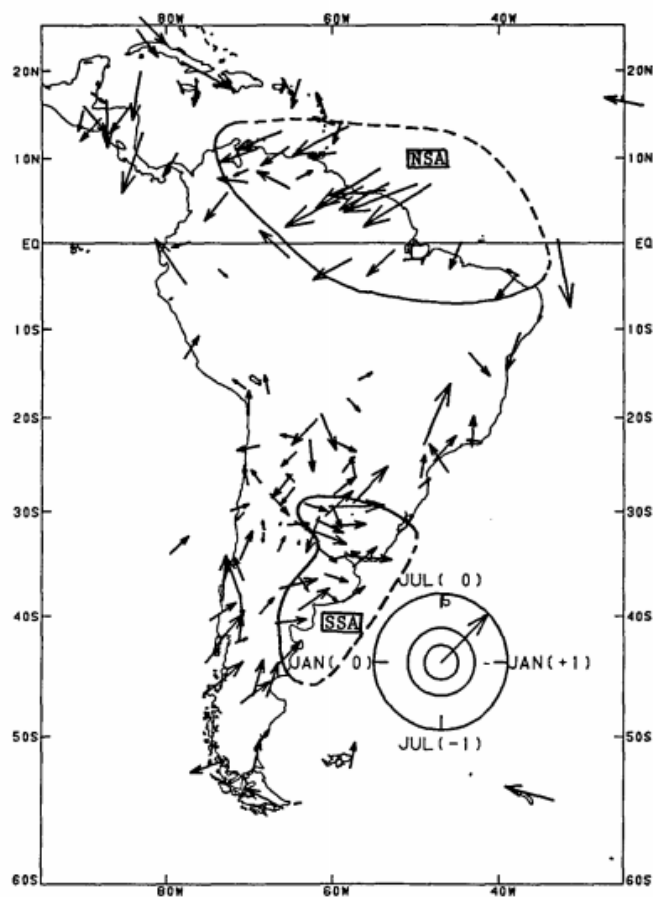


Figura 10: As regiões centrais relacionando ENOS e Precipitação para a América do Sul. Os limites, quando não são definidos, estão indicados por linhas tracejadas. Fonte: Ropelewsky e Halpert (1989).

Ao estudar os impactos do *El Niño* Modoki, Weng *et al* (2007), concluíram que se trata de um fenômeno distinto no Pacífico Tropical, porém não é o único a impactar o clima global e regional. As análises lineares fornecidas pelos autores mostraram a importância do fenômeno na alteração dos padrões de teleconexão, diferentes daqueles apresentados pelo *El Niño* Canônico. Os resultados apontados pelos autores lançam dúvidas sobre a utilização dos parâmetros apresentados pela região *Niño* 3.4, comumente empregados para identificar o fenômeno canônico. Os autores identificaram que esses parâmetros apresentam sinais misturados de duas teleconexões diferentes, fazendo com que os fenômenos (Modoki e Canônico) apresentem dificuldades na compreensão de seus mecanismos e consequentes impactos e incerteza de previsões.

Ao estudar as influências de tipos diferentes de ENOS (como o Modoki e Canônico) na precipitação e nos seus eventos extremos sobre a América do Sul, Tedeschi (2013) descreveu que as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico, durante os episódios de *El Niño*, exibem padrões diferentes de um episódio para outro. Verificou, ainda, que esses diferentes ENOS afetam, particularmente a precipitação e seus eventos extremos em

toda a América do Sul, comprovando por meio de dados observacionais, simulações e projeções. Há, porém, segundo a autora, grandes diferenças quantitativas entre as diversas regiões da América do Sul. No que se trata da região tropical, onde está inserido em sua maior parte o bioma Cerrado, notou-se uma maior diminuição na ocorrência de eventos extremos de precipitação durante episódios de *El Niño*, quando comparado a anos Normais (habituais).

Tedeschi e Cavalcanti (2010), concluíram uma pesquisa sobre a influência dos ENOS Canônico e Modoki na precipitação da América do Sul (AS) e relataram que algumas regiões apresentaram um comportamento oposto entre ENOS Canônicos e Modoki, sendo citados como exemplos o Sul do Brasil, setores sob influência da ZCIT e algumas áreas no Noroeste da AS. Entretanto, as autoras afirmaram que outras regiões sofrem o mesmo efeito, independente do ENOS que está ocorrendo, como é o caso do norte da região Amazônica. Como conclusão do trabalho, relataram que as diferenças maiores entre o *El Niño* Canônico e Modoki são observadas quando ocorrem anomalias intensas de precipitação no norte, nordeste e sul do Brasil, durante a estação de verão e outono.

Tedeschi (2013) descreve, ainda, os acontecimentos provocados pelos diferentes tipos de ENOS e a influência na precipitação da AS, num outro estudo. Segundo a autora, os padrões de precipitação nos episódios *El Niño* Canônico e *El Niño* Leste, mostram que há anomalias opostas entre o norte/nordeste da América do Sul (anomalias negativas de precipitação) e o Sul do Brasil (anomalias positivas de precipitação) nas quatro estações. Para a pesquisadora, esta oposição de anomalias decorre de efeitos opostos das alterações da circulação de Walker no Norte/Nordeste e das teleconexões trópicos-extratrópicos no Sul. Para as precipitações ocorridas sob a influência de episódios *El Niño* Central, tanto *El Niño* quanto *La Niña*, os modelos utilizados na pesquisa não foram bem representados, particularmente na região central do continente.

Para o Cerrado, por ocasião das ocorrências das fases frias e quentes do ENOS, os estudos de Sano *et al.* (2007) indicam que não há impacto claro nos regimes de precipitação e temperatura do ar, entretanto, não é apresentado um estudo aprofundado para comprovar tal evidência no trabalho desenvolvido.

Ao estudar a influência do *El Niño* e *La Niña* na precipitação máxima diária do Estado de Goiás, Marcuzzo e Romero (2013) constataram que houve uma tendência de aumento da precipitação pluviométrica no período de 1977 a 2006, durante ocorrências de *El Niño*. Os resultados também demonstraram que os fenômenos climáticos, denominados *Niños*, afetam a dinâmica climática ocasionando mudanças significativas no regime das chuvas máximas

diárias, podendo aumentar ou diminuir o volume de precipitação em períodos do *El Niño* e *La Niña*, respectivamente.

Grimm *et al.* (1998), em seu estudo sobre a influência de eventos *El Niño* sobre a precipitação, no Centro-Oeste do Brasil, constataram que o impacto de eventos ENOS apresentou razoável variabilidade espacial e temporal, não havendo períodos longos com anomalias consistentes em uma grande área contínua. Descreveram que as regiões mais ao sul do Centro-Oeste tenderam a anomalias positivas de precipitação durante o ano inicial do fenômeno, principalmente a partir do inverno, e com máxima consistência no verão. Concluíram ainda que o impacto do ENOS não é muito coerente em toda a região e períodos com anomalias consistentes não são, em geral, persistentes.

Para Grimm (2009), os episódios de *El Niño* são a principal fonte de variabilidade interanual do clima, o que faz com que grande parte do país registre uma consistente influência deste fenômeno nas ocorrências de precipitação, as quais não acontecem de maneira uniforme ao longo do episódio de atuação. Nos resultados da pesquisa da autora, ficou evidente que o ENOS contribui para que ocorra mudanças na atmosfera próxima à superfície do Oceano Pacífico, associado ao enfraquecimento dos ventos alísios e caracterizado pelo aquecimento da água superficial do Pacífico Tropical (Temperatura da Superfície do Mar – TSM) onde as pressões atmosféricas diminuem em relação à normal (Grimm, 2009) contribuindo com a ocorrência de chuvas.

De acordo com CPTEC (2017) a influência do ENOS ocorre durante a totalidade do período de atuação do mesmo, sendo que os meses mais afetados são: da primavera e início de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento; e final do outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento.

Na pesquisa de Silveira (2007) o destaque é para a circulação atmosférica, a qual, segundo a autora, é significativamente alterada por ocasião dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, principalmente no que se refere ao regime pluvial. Segundo ela, tanto o *El Niño* quanto a *La Niña* provocam modificações na circulação atmosférica em termos regional e global.

De acordo com o apresentado no trabalho de Teracines (2000) os episódios de *El Niño* ocorridos nos anos de 1982/1983 e 1997/1998 foram avaliados como casos de intensidade forte, onde se registraram os maiores valores de temperatura do Oceano Pacífico Oriental até então. Por conseguinte, tal evento de aquecimento das águas do Oceano foi responsável pela maioria das anomalias climáticas que aconteceram em diversas regiões do globo e, particularmente, no caso do Brasil, pelo registro positivo da variabilidade em relação a anos habituais.

No contexto da análise desta pesquisa, o viés humano nas cidades não será objeto de estudo, porém, cabe ressaltar que a crescente ocupação humana observada ao longo das décadas, vem modificando a paisagem natural, vindo a se constituir num mosaico de áreas em diversos estágios de ocupação.

Paes e Moraes (2007) concluíram que após um episódio de *El Niño*, quente e intenso, a produtividade primária da pescaria pelágica na costa brasileira apresentou um aumento em relação a outros períodos que não está configurado o *El Niño*.

Segundo Britto *et al.* (2008) o *El Niño* de 1997/1998 foi considerado um episódio de grande intensidade, tratando-se de um dos mais fortes aquecimentos do Oceano Pacífico Oriental, dos últimos 150 anos. Este evento foi responsável pela maioria das anomalias climáticas que aconteceram em diversas regiões do globo e, no caso do Brasil, pelo excesso de precipitação. Para Teracines (2000) o *El Niño* de 1997/1998 apresentou praticamente a mesma intensidade de 1982/1983, entretanto, sua formação foi a mais rápida de todos os episódios mais recentes avaliados. No capítulo III serão estudadas e analisadas estas afirmações, e terão seus impactos avaliados para o Cerrado.

Ao analisarem as comunidades de peixes de Estuário da Lagoa dos Patos (RS), durante os episódios *El Niño* de 1982/1983 e 1997/98, Garcia *et al.* (2004) encontraram mudanças na composição e diversidade de espécies padrões. Tais alterações foram relacionadas a um aumento na água doce naquele estuário, causada pelo efeito anômalo (positivo) da precipitação registrada para o período de estudo.

A Oscilação do Sul é a variação anômala da pressão atmosférica tropical, associada com a mudança na circulação geral da atmosfera. Este índice representa a diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Darwin/Austrália) e está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos níveis baixos da atmosfera, consequência do aquecimento e resfriamento das águas superficiais na região (CPTEC, 2017).

Baldo (2000) e Klauer (2000) relataram que os valores positivos do Índice da Oscilação Sul sugerem predomínio de uma pressão atmosférica alta no Taiti e uma baixa em Darwin, e durante essa fase, os alísios de sudeste intensificam-se, causando um proeminente transporte de águas na direção oeste deste oceano, ocasionando a ressurgência de águas mais frias, desde a costa oeste da América do Sul até o Pacífico Central.

A circulação do ar sobre o Oceano Pacífico tropical, de acordo com Oliveira (2001) é o sistema responsável pela redistribuição do calor oceânico, cujos sistemas de alta pressão, tipicamente fortes, do Pacífico oriental, se enfraquecem, alterando o equilíbrio da pressão atmosférica entre o Pacífico oriental, central e ocidental.

Para Oliveira (2001) o *El Niño* não segue um padrão de ano civil, com início em janeiro e término em dezembro, geralmente atinge um pico entre novembro e fevereiro, porém seus efeitos podem ser observados com vários meses de antecedência e suas implicações sentidas ao longo de meses, em várias partes do globo.

Durante os anos de análise deste estudo, verificou-se, por meio da bibliografia, que durante os principais eventos do *El Niño* de intensidade muito forte - 1982/1983, 1997/1998 e posteriormente em 2015/2016 – aconteceram graves eventos como inundações, secas e outros, com impactos significativos em inúmeras regiões.

Para Magaña (2004) dada a vulnerabilidade de um país, tanto em seu desenvolvimento econômico e social, é cada vez mais urgente o desenvolvimento de sistemas de planejamento de modo a prevenir ou reduzir os impactos negativos sobre as condições extremas climáticas, principalmente aquelas relacionadas à precipitação. O autor ainda cita que a adaptabilidade de um país com condições climáticas adversas, depende de avanços tecnológicos, institucionais, bem como a disponibilidade de recursos de informação e ajuda financeira. Tal ideologia pode ser empregada em diversas cidades inseridas no Cerrado, haja vista a constante influência dos fenômenos como escassez ou excesso de chuvas, principalmente por se tratar de uma área em que particularmente a produção agrícola vem se destacando no cenário nacional.

A influência exercida pelo fenômeno *El Niño*, na variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, foi analisada por Britto *et al.* (2008) os quais, utilizando-se de dados mensais para a série compreendida entre 1967 a 1998, de 14 estações meteorológicas, mostraram que as variações interanuais de precipitação pluviométrica naquele Estado e para o período avaliado, estão relacionadas com o *El Niño* Oscilação Sul (ENOS). Os anos que apresentaram valores pluviométricos positivos e negativos durante a série histórica, estavam intimamente associados aos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, respectivamente. Entretanto, chama atenção na pesquisa que, embora seja evidente a relação do ENOS com a pluviosidade, uma parcela dos picos de anomalias não registrou relação aparente com o fenômeno. Com relação aos anos de 1982/1983 e 1997/1998, anos sob influência de *El Niño* de intensidade muito forte, os resultados constataram que o episódio de 1997 foi mais intenso, onde a precipitação pluvial foi mais significativa do que o ocorrido em 1982/1983.

No noroeste do Estado (RS), onde é frequente a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala⁶ (CCM), notou-se que em anos de *El Niño* a intensidade desses sistemas pareceu se intensificar. O *El Niño* de 1982/1983, segundo Britto *et al.* (2008) apresentou uma variabilidade positiva, acima da média, em parte do Estado, entretanto, sua intensidade foi variável devido a sua abrangência espacial e temporal.

Em pesquisa realizada no município de Diamantino-MT, inserido dentro do bioma Cerrado, Ramos *et al.* (2015) caracterizaram a variação da precipitação pluvial anual, mensal e decenal, em anos normais e com a ocorrência do fenômeno ENOS, baseados na série histórica 1968 a 2003. De acordo com os resultados, as médias mensais dos anos da série caracterizaram duas fases distintas no comportamento da pluviosidade da região, uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro). Quanto ao fenômeno *El Niño*, relataram que os anos sob atuação apresentaram as maiores intensidades de precipitação no período compreendido entre os meses de janeiro a março, enquanto a fase *La Niña* foi aquela que alterou com maior intensidade a distribuição temporal das chuvas em relação aos anos neutros, vindo a apresentar os maiores valores precipitados.

A espacialidade das chuvas e sua relação com a topografia local durante os meses de setembro a abril, período da estação chuvosa na Região Metropolitana de Belo Horizonte, foi pesquisada por Moreira e Abreu (2002) os quais mostraram que eventos como *El Niño* e *La Niña* afetam o regime das chuvas naquela região, sendo potencializado pela ZCAS. Em novembro de 1983, por exemplo, ano de ocorrência de um *El Niño* de forte intensidade, observaram que quando a direção predominante dos ventos foi de sudoeste, essa situação provocou fortes chuvas e um acentuado núcleo de precipitação em Juatuba (região mais a oeste da área de estudo).

Ao estudarem a variabilidade climática de Cuiabá-MT e as relações com o fenômeno *El Niño* a partir da série temporal compreendida entre 1961 a 2007, e utilizando como dados o total da precipitação anual e frequência de dias com precipitação, SOUSA *et al.* (2010) concluíram que a região de Cuiabá tem seu regime pluviométrico afetado pelo ENOS, uma vez que se observou que tanto as anomalias positivas e negativas de precipitação, ocorreram em

⁶ Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são caracterizados por um aglomerado de nuvens convectivas, tipo Cb, e são responsáveis por parte do total precipitado nos trópicos e em várias localidades de latitudes médias durante a estação quente (HOUZE, 1993; MACHADO E ROSSOW, 1993). Segundo Maddox (1980) os CCM devem satisfazer critérios que levam em consideração o tamanho, a forma e o tempo de vida. Tais critérios foram criados para identificar CCM a partir de imagens de satélite do IR. Velasco e Fritsch (1987), realizaram um mapeamento das regiões de ocorrência e das características diversas associadas na América do Sul. No Brasil os CCM atingem com mais frequência os estados do Sul do país, e também parte do Centro-Oeste. (VELASCO e FRITSCH, 1987).

anos de *La Niña* e *El Niño* respectivamente. Os pesquisadores observaram ainda, que em anos sob influência da *La Niña*, os aumentos nos totais de chuva não são bem distribuídos ao longo da área. Prevaleceu ao longo da série analisada que houve dias secos intercalados por dias com precipitações torrenciais. Em anos de *El Niño*, houve maior incidência de longos períodos secos, interrompidos apenas por chuvas fracas a moderadas, ao contrário dos episódios sob influência da *La Niña*.

CAPÍTULO II - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos, materiais e técnicas utilizadas. A coleta e análise dos dados de precipitação para esta pesquisa foram realizados para executar análises de frequência, determinação das áreas homogêneas de precipitação, verificação das anomalias da TSM, precipitação, variabilidade pluviométrica, bem como testar a homogeneidade do conjunto de dados e espacializar a ocorrência dos valores de precipitação registrados ao longo da série. A figura 11 apresenta o fluxo de trabalho realizado para atingir os objetivos propostos.

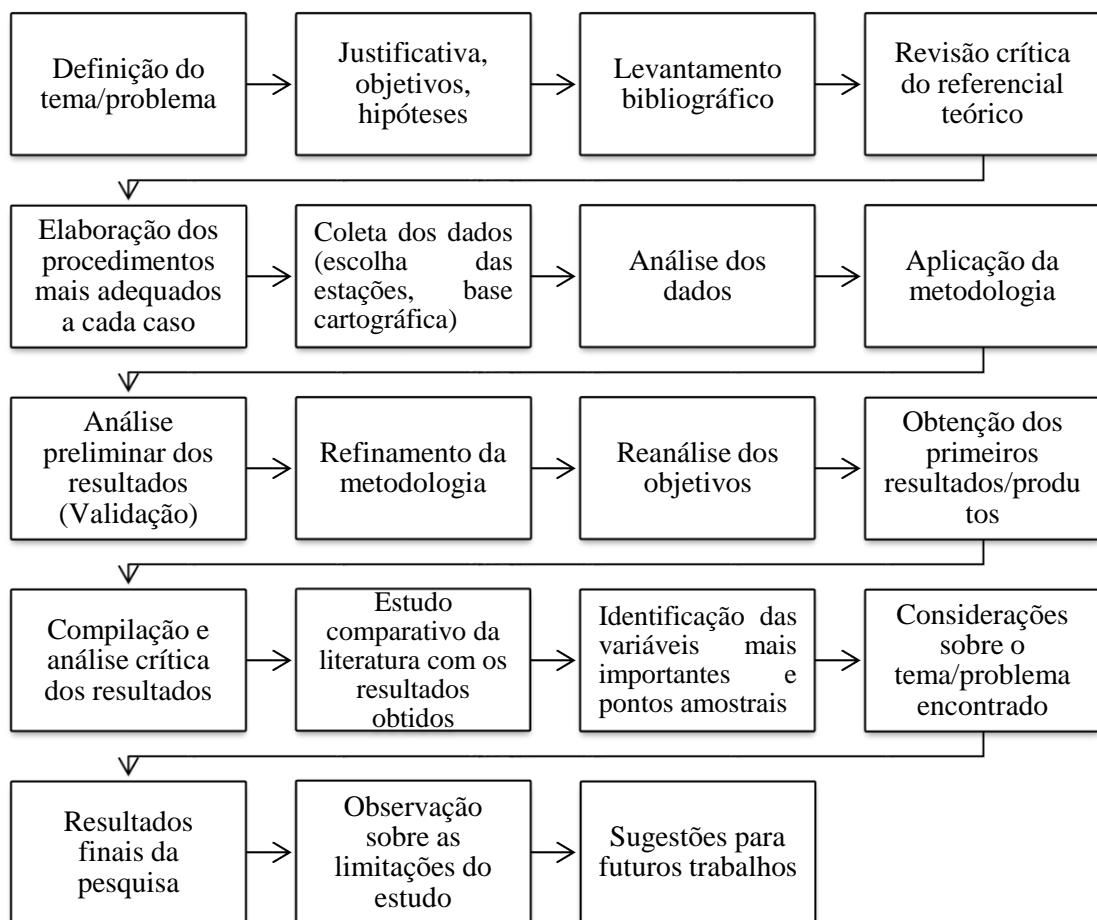


Figura 11: Fluxo de trabalho. Organizado pelo autor.

2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Cerrado localiza-se entre as latitudes 3°S e 24°S e longitudes 39°W e 55°W, sendo a segunda maior formação vegetal brasileira (Figura 13, inserido na totalidade dos estados de Goiás, Tocantins e no Distrito Federal e, em parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo, sobrevivendo também

em áreas destacadas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas manchas no Paraná. Cabe destacar que nesta pesquisa, apenas a região central de Cerrado será considerada, não sendo utilizado os fragmentos deste bioma, existentes em estados como Amazônia, Rondônia, Roraima e Maranhão, por exemplo.

Este ecossistema, entre os mais ricos em biodiversidade (Ratter, Ribeiro, Ridgewater, 1997) é composto por um mosaico de diferentes tipos de vegetação resultantes da diversidade dos solos, da topografia e da diversidade de climas existentes nessa extensa região (SILVA *et al.*, 2008). Os limites fronteiriços se dão com os seguintes domínios: a nordeste com a Caatinga, a noroeste e oeste com a Floresta Amazônica, ao sul e sudeste com a Floresta Atlântica, e a sudoeste com o Pantanal (EITEN, 1972). De acordo com Ab'Sáber, (1971) esses limites se dão mediante as chamadas “Faixas de Transição”, em que espécies de dois ou mais domínios morfoclimáticos se interpenetram e dão origem a complexos sub-regionais de paisagens.

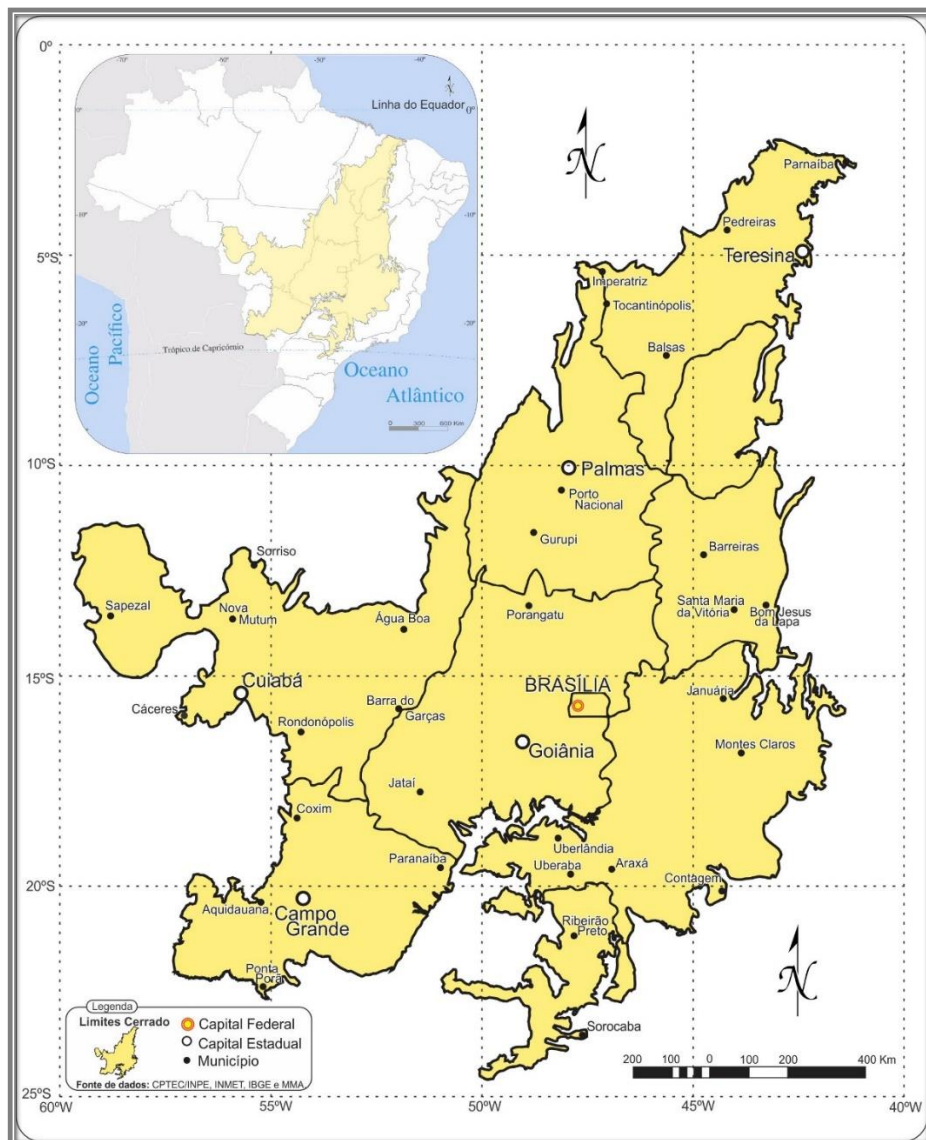


Figura 12: Localização da área de estudo. Elaboração: SILVA, C.A.

2.2 - DADOS DE PRECIPITAÇÕES E DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

A precipitação total recebida em um determinado período e local é variável de um ano para outro. A variabilidade depende de vários fatores que influenciam a ocorrência positiva ou negativa da precipitação. Nesta pesquisa utilizaram-se dados mensais de precipitação adquiridos nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Agência Nacional das Águas (ANA) e instituições que disponibilizam os dados na plataforma Hidroweb. Ressalta-se, que a confiabilidade das análises de precipitação tornar-se prejudicada em vários pontos do Cerrado, devido à baixa densidade da rede de observações.

As estações selecionadas (figura 13) foram aquelas inseridas no interior dos limites do Cerrado e também estações limítrofes. Procedeu-se uma seleção prévia dos dados a serem investigados no período compreendido entre 1980 a 2010, e também durante os meses da ocorrência do ENOS 2015-16, de acordo com o histórico e a distribuição das estações, onde foi estabelecido como critério, a existência de no máximo 10% de falhas para cada estação. Ao todo, foram utilizados os dados de 153 estações⁷ pluviométricas e destas, 71 utilizadas como referência condicionada à existência de Normal Climatológica. A descrição e particularidades de cada uma constam no Apêndice 1.

A análise dos dados de precipitação, a partir do mês de janeiro de 1980, até dezembro de 2010, período sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1989) como padrão para caracterizar o clima de um determinado local, foram calculados e utilizados para as análises mensais e anuais da área de estudo. Ainda, as Normais Climatológicas de 1981-2010, denominadas de Normais de Referência, foram empregadas para o cálculo da variabilidade e anomalias de cada estação.

A estação climatológica principal da Embrapa Cerrados (CPAC-Principal, Código: 01547016), localizada na região administrativa de Planaltina, no Distrito Federal, é a estação central da área de estudo desta pesquisa, sendo inserida juntamente com as outras estações para análise, possuindo cálculo próprio da Normal, disponibilizado pela Embrapa Cerrados.

O principal objetivo de um posto de medição de chuvas (estação pluviométrica) é o de obter uma série ininterrupta e precisa de dados de precipitações ao longo de uma série. Entretanto até mesmo em estações oficiais de medição é comum existir períodos com erros ou sem observações. Tal fato decorre de problemas técnicos nos aparelhos de registro, quando a

⁷ A diferenciação entre Posto e Estação não pode ser verificada com exatidão para todas as selecionadas, dado que esta informação não está disponível nos bancos de dados original, assim sendo, todas elas foram consideradas como Estação.

estação é automática e ou convencional, ou com o operador do posto quando a estação é convencional, isto é, aquela que depende da marcação manual dos registros. Assim sendo, torna-se necessário, em todos os casos expostos, realizar uma análise específica desses dados brutos. Segundo Chibana *et al.* (2005), múltiplos métodos podem ser empregados para o preenchimento de falhas de dados meteorológicos. Em Bertoni e Tucci (2007) encontram-se metodologias empregadas no preenchimento de falhas, sendo que duas foram utilizadas neste trabalho e estão descritas a seguir, com ressalvas exclusivas ao preenchimento das falhas mensais e não para dados diários. Para a análise dos dados pluviométricos, erros e consistência foram observadas na totalidade das estações disponíveis no sistema e seus registros disponíveis.

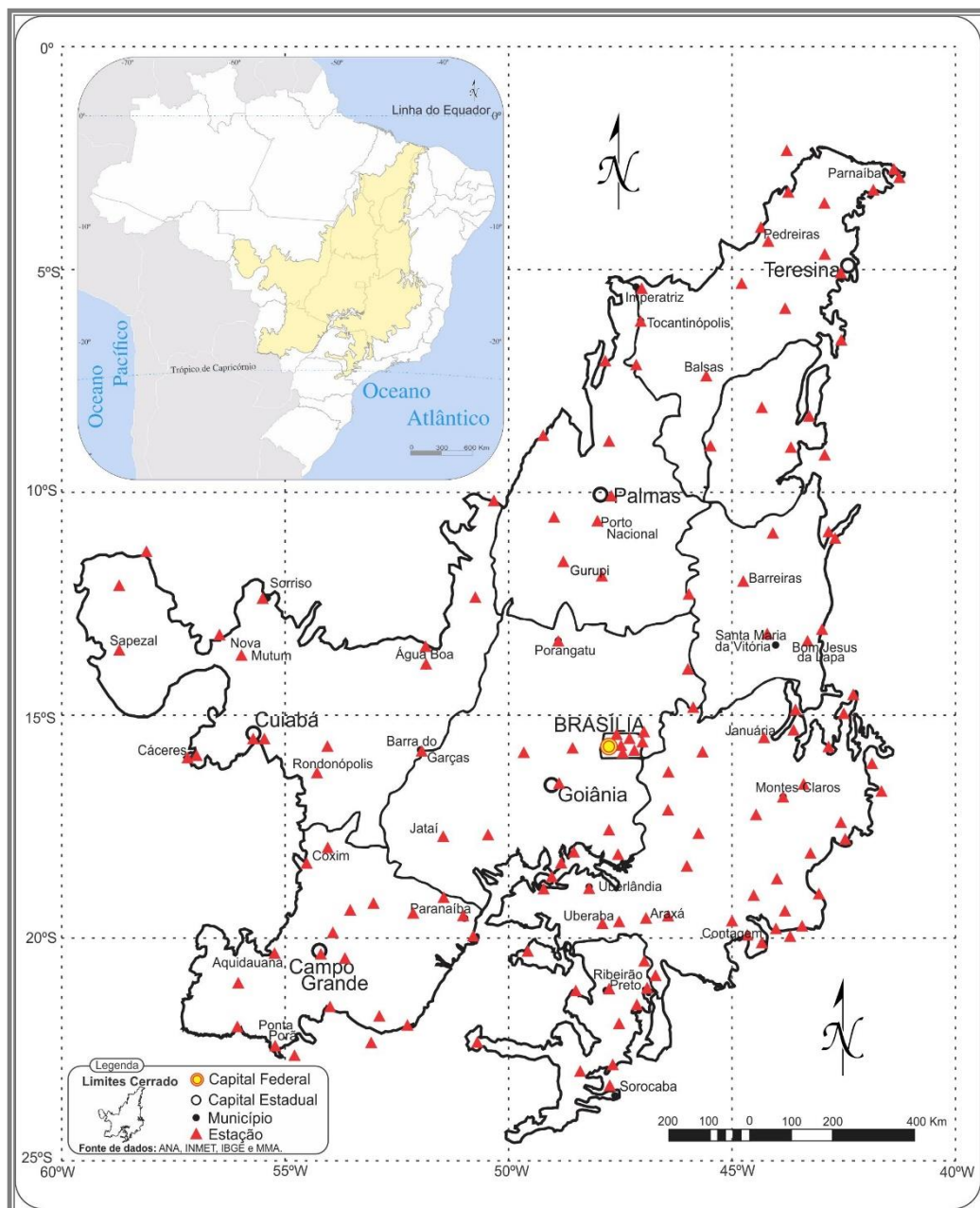


Figura 13: Localização das estações pluviométricas. Elaboração: SILVA, C.A.

As estações utilizadas nesta pesquisa foram criteriosamente selecionadas, entretanto, as estações de um modo geral, apresentam longos períodos de falhas, o que pode comprometer a meticulosidade dos dados e influenciar os resultados obtidos. Os erros encontrados em cada estação, além das interrupções nos registros dos dados mensais, foram avaliados no controle de qualidade realizado. Assim, as falhas detectadas no banco de dados foram sanadas por meio da relação linear, elegendo-se estações circunvizinhas, quando existentes, a cada posto com falhas, de modo a obter uma série de precipitações mais completa possível. As estações com falhas, nas quais não foi possível realizar o recompletamento estatístico, foram descartadas naquele período, de modo a evitar possíveis erros de interpretação dos resultados.

Nesta pesquisa empregaram-se dois métodos para equacionar o grande número de falhas existentes: o método da regressão linear simples e o método da ponderação regional. O primeiro está baseado na proposta de Collischonn e Tassi (2008) cujas precipitações da estação que apresentaram as falhas (Y) foram relacionadas com os dados de uma estação vizinha (X) e que apresentou os dados numa série completa. Para o preenchimento das falhas empregou-se a regressão linear simples, cuja equação estimada graficamente por meio da representação cartesiana dos pares de valores (X, Y), representa a reta que melhor ajusta os pares de pontos vindo a determinar o dado incompleto.

Esse procedimento foi estabelecido para todos os meses e anos das estações selecionadas nesta pesquisa, considerando a importância em trabalhar numa base de dados com resultados confiáveis. O segundo método, da ponderação regional, é descrito por Bertoni e Tucci (2007) Oliveira *et al.* (2010) e Alves *et al.* (2006). Os autores descrevem que a falha da precipitação anual na estação de interesse é estimada pelo emprego da seguinte equação:

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{N_x}{N_i} P_i \quad (1)$$

Onde:

P_x - precipitação anual da estação a ter a falha na série preenchida (mm)

P_i - precipitação anual da estação vizinha de ordem “i” para o ano em que se verificou a falha (mm)

N_x e N_i - precipitações médias anuais das estações a ter a falha na série preenchida e da vizinha de ordem “i”, respectivamente (mm)

n - número de estações vizinhas

Conforme Tucci (2002); Bertoni e Tucci (2007); Oliveira *et al.*, (2010) o método de preenchimento de falhas pela regressão linear é mais aprimorado em comparação com a ponderação regional, pois é possível empregar a regressão linear, correlacionando-se a estação que apresenta falha, com as estações vizinhas completas. Assim sendo, essa afirmativa foi levada em consideração e os resultados utilizados para a análise final foram aqueles encontrados por este método.

Após a conclusão do preenchimento das séries foram realizados, por meio dos *softwares* *Statistica* e *Excel*TM, para cada estação, os cálculos de média, mediana, desvio padrão, frequência, amplitude e anomalia, para cada mês, ano e década.

A variabilidade dos episódios de chuvas foi analisada em escala mensal e anual e comparada com a média da série histórica de cada estação e com a Normal Climatológica de 1981-2010. A escala encontrada e utilizada nos mapas desta pesquisa variou entre -400 mm a 400 mm, separados em dez classes. O software QGIS (versão 2.18.16) foi empregado para gerar os resultados de precipitação por meio do método de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW) por meio da representação discreta dos dados, bem como utilizada a análise multivariada para encontrar as áreas com precipitação homogêneas.

A rampa de cores utilizada para os dados interpolados foi a BrBG 11, similar a utilizada pela NOAA, em seus produtos cartográficos para a representação da precipitação.

Ainda, com os dados espacializados numa matriz, foram calculados, para o período selecionado, os totais pluviométricos anuais e mensais, estes para delinear a caracterização sazonal, equações estatísticas de posição e dispersão.

Para a caracterização pluviométrica dos Cerrados foram confeccionados mapas dos acumulados mensais e anuais, bem como da variabilidade mensal, anual e decenal, de modo a identificar o padrão da precipitação e qual a variação sob anos de influência do *El Niño* de intensidade muito forte. Os mapas gerados por meio dos dados coletados, e apresentados nesta pesquisa, estão no sistema de projeção SIRGAS 2000, e foram elaborados na escala de 1:5.000.000, reduzidas ou aumentadas, conforme a necessidade de reprodução, devido ao espaço físico do papel. Os dados cartográficos foram disponibilizados pelo IBAMA, IBGE e MMA em seus *sites* na *Internet*.

O cálculo da variabilidade foi determinado pela fórmula $(P_{\text{ano/mês}} - \bar{P})$, onde, $P_{\text{ano/mês}}$ representa o valor da precipitação anual/mensal e \bar{P} o valor médio anual/mensal da série histórica. Tal estudo é justificado pela necessidade em se avaliar o quanto a precipitação variou anualmente em cada estação, de modo a ponderar a variabilidade, face os fenômenos de grande

escala que atuaram sobre o Cerrado e, estabelecer uma relação entre o total precipitado e a ação do *El Niño*.

As anomalias (positivas ou negativas) de precipitação foram calculadas a partir da relação:

$$An = \frac{(Px - Np)100}{Np} \quad (2)$$

Onde:

An - Anomalia da precipitação (anual ou mensal) da estação selecionada;

Px - Precipitação (anual ou mensal);

Np - Normal Climatológica para o período.

As anomalias pluviométricas destacadas neste trabalho foram separadas em doze classes que variaram de -100% a 100%, com valores reais de mínimo e máximo. Ou seja, a representação deu-se numa escala com valores reais que indicam a porcentagem do desvio em relação à normal climatológica para aquele período destacado. O fluxograma apresentado na figura 14 expõe o método elaborado e seguido para a consolidação da base de dados.

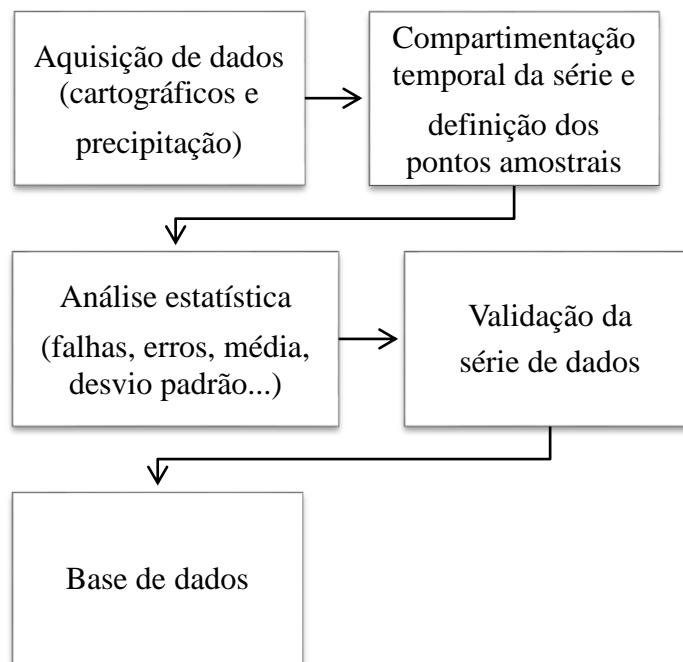


Figura 14: Fluxograma para consolidação da base de dados. Organizado pelo autor.

2.3 - CLASSIFICAÇÃO PELOS QUANTIS

A precipitação pluviométrica das áreas homogêneas, levantadas pela Análise de Agrupamento, foi avaliada por meio da técnica dos quantis, e classificada em cinco intervalos

de acumulação anual os quais foram submetidos a análises durante a série histórica (1980-2010). Cada uma das 153 estações, após a consistência estatística dos dados, foi submetida à classificação definida pelos percentuais de 15%, 35%, 50%, 65% e 85%, os quais representam as probabilidades ou frequências esperadas para os eventos classificados, segundo proposta de Pinkayan (1966) e utilizado por Xavier (2001) como Muito Seco ($p(x) < Q_{0,15}$), Seco ($Q_{0,15} \leq p(x) < Q_{0,35}$), Normal ($Q_{0,35} \leq P < Q_{0,65}$), Chuvoso ($Q_{0,65} \leq P < Q_{0,85}$) e Muito Chuvoso ($P \geq Q_{0,85}$) respectivamente, onde Q expressa o limite do quantil adotado para a realização dos cálculos durante uma série de anos. Tal metodologia serviu para classificar os anos de estudo nas categorias descritas na Tabela 4.

TABELA 4: QUANTIFICAÇÃO DOS PERCENTUAIS DOS QUANTIS

Classificação	Percentual
Muito Seco	$(p(x) < Q_{0,15})$
Seco	$(Q_{0,15} \leq p(x) < Q_{0,35})$
Normal	$(Q_{0,35} \leq P < Q_{0,65})$,
Chuvoso	$(Q_{0,65} \leq P < Q_{0,85})$
Muito Chuvoso	$(P \geq Q_{0,85})$

Fonte: Pinkayan (1966); Xavier (2001).

Os resultados encontrados pelo método dos quantis foram obtidos por meio de cálculos estatísticos elaborados no *software Excel*TM. Os dados mensais e anuais de cada estação, devidamente tratados, foram inseridos numa planilha e determinada, por meio das probabilidades consideradas na tabela 4, os limites quantílicos (classes).

A partir do questionamento de como estabelecer valores (em milímetros) confiáveis, Monteiro *et al.* (2012) fizeram uso da técnica dos quantis para a caracterização de anos secos e chuvosos em uma série histórica de 30 anos e suas correlações com o padrão de precipitação predominante, com os sistemas atmosféricos e oceânicos e sua atuação na geração de chuva, bem como análise quantitativa e qualitativa para o baixo curso do rio Apodi-Mossoró. Concluíram que o uso desta técnica contribui para o planejamento regional e urbano sendo possível fornecer subsídio para projetos de pesquisa. Tais resultados podem indicar um possível sinal de alerta para a região estudada, tanto para a presumível ocorrência de uma estiagem severa, como para uma provável inundação.

Um benefício do emprego da técnica dos quantis, segundo Xavier e Xavier (2011) incide em ser isenta a eventual assimetria da função densidade de probabilidades descrevendo o fenômeno aleatório, como a precipitação em questão.

Para Santos *et al.* (2011), os intervalos percentuais de cada quantil representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem vir a ocorrer na sequência ou série temporal, supondo que são mantidas as características da precipitação.

O processo seguido na etapa de análise dos quantis está apresentado na figura 15, a seguir.

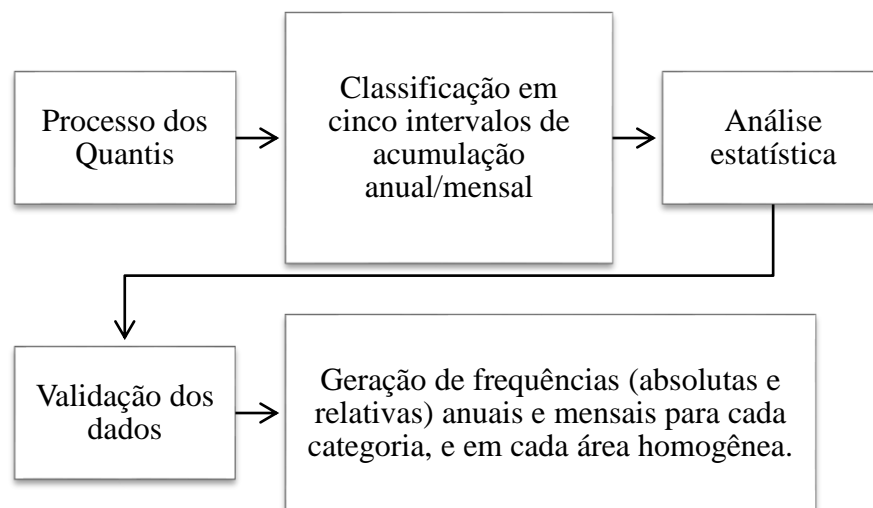


Figura 15: Fluxo de trabalho para o uso da técnica dos quantis. Organizado pelo autor.

2.4 - ANÁLISE MULTIVARIADA - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (AA).

São múltiplos os métodos de análise multivariada existentes, com finalidades distintas entre si. Portanto, é necessário saber qual o tipo de hipótese se quer gerar a respeito dos dados, afim de determinar qual o melhor método a ser empregado.

Nesta pesquisa foi realizada a análise multivariada - Análise de Agrupamento (AA), para a série histórica de dados de chuvas no Cerrado, considerando como amostras os fatores: meses dos anos, variabilidade e acumulados totais de precipitação para cada ano/período. Tal técnica visa classificar dados multivariados de precipitação em grupos homogêneos, de modo a revelar as características e os padrões presentes deste fenômeno climático no Cerrado.

Para Everitt (1974) a AA pretende resolver o seguinte problema: dada uma amostra de n objetos (ou indivíduos), cada um deles medindo segundo p variáveis, procurar um esquema de classificação que agrupe os objetos em g grupos. Deve ser determinado, também, o número de variáveis desses grupos, segundo o autor.

Para Vicini (2005) a finalidade dessa técnica é reunir os objetos verificados nos grupos em que exista homogeneidade e propor uma classificação para esses dados selecionados, com o fim de dividir o conjunto de observações em um número de grupos homogêneos, segundo algum critério de homogeneidade.

Na análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia, Dourado *et al.* (2013) aplicaram a técnica de mineração de dados, Clusterização (agrupamento de dados), por meio do uso do algoritmo *k-means*, para transformação das séries históricas de precipitação em cinco zonas pluviometricamente homogêneas, em resposta à orografia, maritimidade e sistemas meteorológicos atuantes na região. A técnica utilizada delimitou com coerência as regiões pluviométricas do estado, mostrando-se eficiente para esta aplicação.

Nesta pesquisa, inicialmente realizou-se os cálculos estatísticos básicos como as médias mensais e anuais, mediana, todas obtidas por meio da média aritmética simples entre os dados mensais e anuais, desvio padrão, frequência, anomalia e variabilidade de cada estação. Posteriormente, organizou-se uma matriz de dados mensais e anuais de modo a determinar as regiões homogêneas por meio de métodos hierárquicos, com os dados padronizados⁸ de cada uma das 153 estações utilizadas. Para a aplicação da AA, os dados acumulados mensais e anuais de precipitação, de todas as estações utilizadas nesta pesquisa, foram padronizados e submetidos a análise do software estatístico *Action Stat*, o qual utiliza a linguagem R, e está conectado ao Excel, sendo gerado os dendogramas⁹, os quais determinaram as estações com dados similares entre si, sendo os grupos de estações identificados por A1, A2, A3, A4 e A5 para o conjunto de dados de precipitação anual (cinco classes) e pluviometria mensal (onze classes).

Após os dados reunidos, tratados e padronizados, foram dispostos em n colunas (dados mensais ou anuais) e p linhas (estações). Posteriormente, foram determinadas as medidas de distância para a análise dos dados. Na avaliação anual (Total acumulado), utilizou-se o menor acumulado encontrado como ponto inicial, e o maior valor acumulado da série, como limites superior, em cinco séries, numa amplitude de 200 mm. Para os dados mensais, foram utilizados os valores 0 (zero) milímetro, como valor mínimo, e 300 mm como valor máximo registrado na escala gráfica, sendo que os registros acima deste valor também foram considerados, divididos em onze classes.

⁸ O dado padronizado é igual ao valor original subtraído da média, dividido pelo desvio padrão.

⁹ Dendograma: Gráfico utilizado para a classificação, comparação e discussão de agrupamentos.

Nesta pesquisa foi utilizada a distância euclidiana média como coeficientes de medida de distância, obtida por meio da média aritmética. Por meio dessa, a distância entre cada conglomerado tem o mesmo peso. A determinação do número de classes foi dada pela fórmula de Sturges, sendo que o número k de intervalos para cada conjunto de observações com n valores foi calculado pela seguinte equação:

$$k = 1 + 3,322(\log_{10} n) \quad (3)$$

Onde:

k - número de classes
 n - tamanho da amostra

A escolha do número de classes depende da análise que se pretende fazer da amostra, e nesta pesquisa o k foi arredondado para cinco classes na escala anual e 11 classes para a escala mensal, de modo a detalhar o máximo possível os valores de precipitação. Na sequência, foi determinado a amplitude das classes (h).

$$h = \frac{AT}{k} \quad (4)$$

Onde:

h - amplitude das classes
 AT - amplitude total ($AT = \text{Valor máx} - \text{Valor mín}$)
 k - número de classes

A seguir, baseado em Vicini (2005) são descritas as etapas do processo metodológico seguidas para a realização da análise de agrupamentos (figura 16). Para a autora, essas fases não são independentes e, por vezes, faz-se necessário voltar a passos anteriores para corrigir e aprimorar algumas ações posteriores.

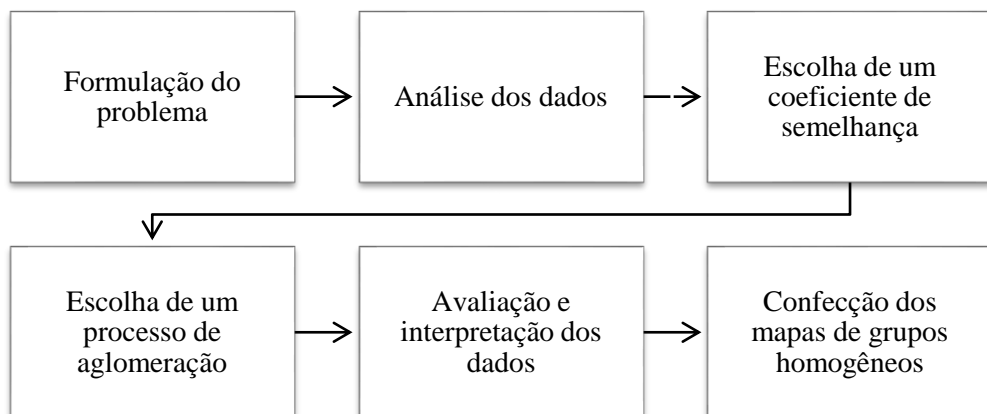


Figura 16: Etapas para a realização da análise de agrupamentos. Fonte: Vicini (2005). Modificado pelo autor.

2.5 - EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL E O ÍNDICE OCEÂNICO DE EL NIÑO (OCEANIC NIÑO INDEX - ONI)

Ao efetuar a análise dos eventos associados ao *El Niño*, o período considerado (1980-2010, e também os anos de 2015-16) foi dividido em anos sob atuação do referido fenômeno, diferenciados daqueles que estiveram sob a influência da *La Niña*. Para isto, foi utilizado o Índice Oceânico de *El Niño* (*Oceanic Niño Index* - ONI) para identificar o período em que o fenômeno *El Niño* iniciou e findou.

O fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado por anomalias positivas (*El Niño*) ou negativas (*La Niña*), da TSM no Pacífico Equatorial, e sua diferenciação é feita por meio de índices, como o Índice de Oscilação Sul (IOS – calculado através da diferença de pressão entre duas regiões distintas: Taiti e Darwin) e os índices nomeados *Niño* (*Niño* 1+2, *Niño* 3, *Niño* 3.4 e *Niño* 4), que nada mais são do que as anomalias de TSM médias em diferentes regiões do Pacífico equatorial (CPTEC, 2017). As diferentes localizações das regiões *Niños* estão discriminadas na figura 17.

A região *Niño* 3.4 está localizado entre as coordenadas 5° N - 5° S e 170° W - 120° W, sendo que as anomalias desta região podem ser consideradas como a TSM média do Pacífico para a costa sul-americana nos estudos relacionados ao ENOS. Nesta pesquisa, a referida região *Niño* 3.4 foi utilizada como referência para a classificação, análise e descrição do fenômeno *El Niño*.

O índice ONI está fundamentado na média móvel de três meses da anomalia TSM na região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial (NOAA, 2017) no centro-leste do Oceano Pacífico, sendo o meio pelo qual cada episódio do fenômeno *El Niño* é previsto, aferido e classificado.

Os valores do índice ONI são disponibilizado pela NOAA, e estão representados na tabela 5, a qual servirá como apoio na análise da relação existente entre a média dos eventos de precipitação ocorridos nas estações/áreas selecionada e o fenômeno *El Niño*, de modo a ratificar a influência deste fenômeno oceânico/atmosférico na precipitação daquela determinada região.

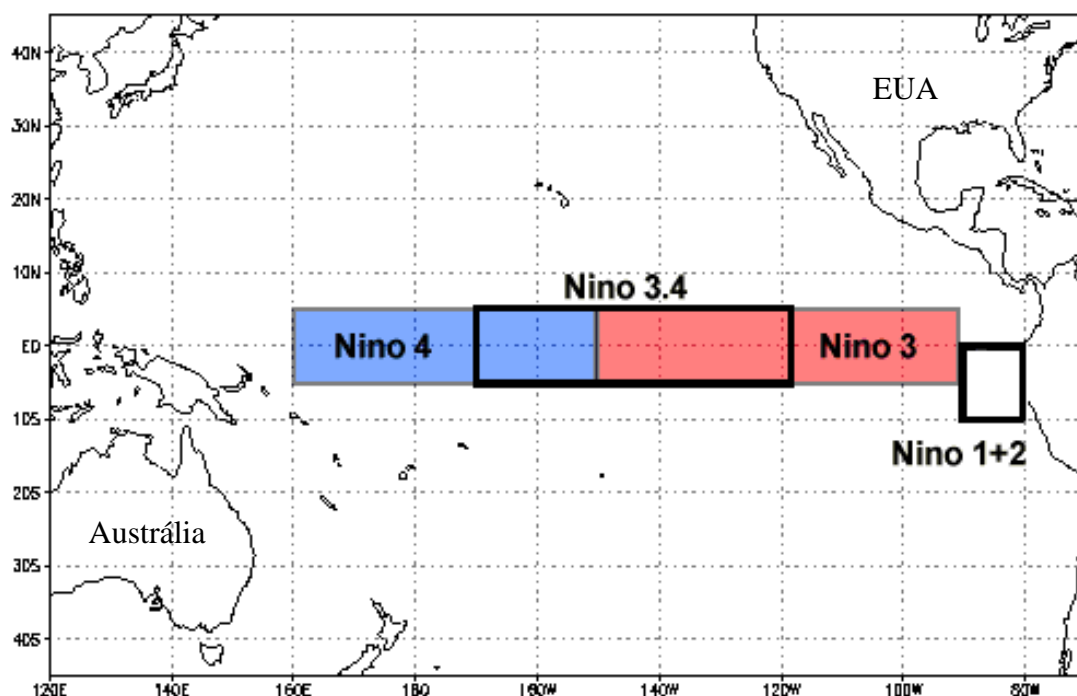


Figura 17: Áreas de estudo do fenômeno ENOS. Destaque para a região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial. Fonte NOAA (2017). Modificado pelo autor.

Os eventos de *El Niño*, de acordo com o índice ONI, podem ser classificados como muito forte, forte, moderado e fraco. Utilizou-se para a classificação dos episódios o descrito em Trenberth, (1997); Quinn; Zopf; Short *et al.* (1978) e o divulgado pelo *Golden Gate Weather Services* (2017). Todos apresentam uma listagem de eventos de *El Niño*, bem como a medida de intensidade de cada um dos eventos ocorridos. A vantagem de tais definições é a possibilidade em determinar o início e fim, duração e magnitude de cada evento para ser quantificado. Nesta pesquisa, o índice ONI serviu como apoio na análise da relação existente entre a média dos eventos de precipitação ocorridos, a variabilidade e o fenômeno *El Niño*, de modo a ratificar a influência deste fenômeno oceânico-atmosférico na frequência dos eventos de precipitação no Cerrado.

TABELA 5: ÍNDICE ONI (OCEANIC NIÑO INDEX), BASEADO NA MÉDIA MÓVEL DE TRÊS MESES DA ANOMALIA DE TEMPERATURA NA REGIÃO NIÑO 3.4 DO PACÍFICO EQUATORIAL, BASEADOS NUM LIMITE DE $\pm 0,5$ ° CELSIUS. OS VALORES EM VERMELHO REPRESENTAM AS OCORRÊNCIAS DE *EL NIÑO* (FASE QUENTE) E OS VALORES EM AZUL SUGEREM EPISÓDIO DA *LA NIÑA* (FASE FRIA).

ANO	TRIMESTRES											
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1
1981	-0,4	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1
1982	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0	1,5	1,9	2,1	2,2
1983	2,2	1,9	1,5	1,2	0,9	0,6	0,2	-0,2	-0,5	-0,8	-0,9	-0,8
1984	-0,5	-0,3	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1
1985	-1,0	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4
1986	-0,5	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2
1987	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1
1988	0,7	0,5	0,1	-0,2	-0,7	-1,2	-1,3	-1,2	-1,3	-1,6	-1,9	-1,9
1989	-1,7	-1,5	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
1990	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
1991	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	1,1	1,4
1992	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	0,7	0,3	0,0	-0,2	-0,3	-0,2	0,0
1993	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2
1995	1,0	0,8	0,6	0,3	0,2	0,0	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9
1996	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,2	0,7	1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	2,4	2,3
1998	2,2	1,8	1,4	0,9	0,4	-0,2	-0,7	-1,0	-1,2	-1,2	-1,4	-1,5
1999	-1,5	-1,3	-1,0	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,3	-1,5	-1,7
2000	-1,7	-1,5	-1,1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,8	-0,8
2001	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3
2002	-0,2	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,2	1,3	1,3
2003	1,1	0,8	0,4	0,0	-0,2	-0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
2004	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,2	-0,5	-0,8
2006	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,0
2007	0,7	0,3	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-1,2	-1,4
2008	-1,5	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7
2009	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4	1,6
2010	1,6	1,4	1,1	0,7	0,2	-0,3	-0,8	-1,2	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5
2011	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,1	-1,0
2012	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2
2013	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7
2015	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5	2,6
2016	2,5	2,2	1,7	1,0	0,5	0,0	-0,3	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6

Legenda: DJF: Dezembro, Janeiro, Fevereiro. JFM: Janeiro, Fevereiro, Março. FMA: Fevereiro, Março, Abril. MAM: Março, Abril, Maio. AMJ: Abril, Maio, Junho. MJJ: Maio, Junho, Julho. JJA: Junho, Julho, Agosto. JAS: Julho, Agosto, Setembro. ASO: Agosto, Setembro, Outubro. SON: Setembro, Outubro, Novembro. OND: Outubro, Novembro, Dezembro. NDJ: Novembro, Dezembro, Janeiro. Fonte: NOAA, 2017. Org: Autor

Os eventos de ENOS apresentam uma fase positiva, negativa ou neutra nos valores de TSM que variam entre $\pm 0,5^\circ \text{C}$, durante pelo menos 5 ocorrências consecutivas, a partir da sobreposição dos trimestres. A classificação proposta pela NOAA, descreve os limites da TSM para que um evento de ENOS aconteça, conforme o indicado na tabela 6:

TABELA 6: CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DA TSM

Índice ENOS (ONI)	Classificação
0,5 – 0,9	Fraco
1,0 – 1,4	Moderado
1,5 – 1,9	Forte
> 2,0	Muito Forte

Fonte: NOAA, 2017.

A classificação anual das ocorrências dos fenômenos, para o Brasil, e a intensidade de cada um, baseado em dados fornecidos pela NOAA (2017), CPTEC (2017), *Golden Gate Weather Services* (2017) e Trenberth (1997) está exposta na tabela 7, a qual traz a classificação dos anos com *El Niño* e *La Niña* por intensidade, de acordo com os valores do índice ONI, de 1980 a 2016.

TABELA 7: CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS COM *EL NIÑO* E *LA NIÑA* POR INTENSIDADE, DE ACORDO COM OS VALORES DO ÍNDICE ONI, DE 1980 A 2016.

EL NIÑO				LA NIÑA		
FRACO	MODERADO	FORTE	MUITO FORTE	FRACO	MODERADO	FORTE
1979-81	1986-87	1991-92	1982-83	1983-84	1998-99	1988-89
1994-95	1987-88		1997-98	1984-85	1999-2000	2010-11
2004-05	2002-03		2015-16	1995-96	2007-08	
2006-07	2009-10			2000-01		
				2011-12		

Fonte: CPTEC (2017), NOAA (2017), *Golden Gate Weather Services* (2017) e Trenberth (1997). Organizado pelo autor.

Foram considerados para esta pesquisa, como objeto de análise, os eventos de *El Niño* de intensidade muito forte conforme apresentados na Tabela 8, a seguir. Os mapas foram gerados utilizando o *software* QGIS, conforme processo apresentado anteriormente.

TABELA 8: OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS *EL NIÑO* DE INTENSIDADE MUITO FORTE

Fenômeno	Anos de ocorrência
<i>El Niño</i>	1982/1983, 1997/1998 e 2015/2016

Fonte: CPTEC (2017), NOAA (2017), *Golden Gate Weather Services* (2017) e Trenberth (1997).

Dados do CPTEC (2017a) foram utilizados para auxiliar na exposição e análise geral do fenômeno. A figura 18 apresenta as etapas seguidas para a análise das ocorrências do *El Niño*.

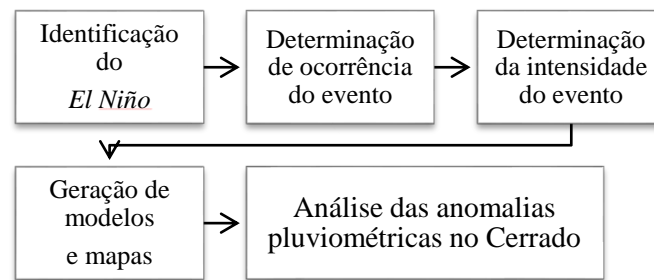


Figura 18: Etapas para a realização da análise das ocorrências de *El Niño*. Organizado pelo autor.

A estrutura da metodologia empregada, numa visão geral, conforme mostra a figura 19, pode ser representada em etapas, as quais não são independentes. A base de dados foi tratada, testada e validada, pois a partir dela todo o processo foi realizado. O processo metodológico utilizado nesta pesquisa pode ser dividido em três grupos: Análise Multivariada, ENOS e Quantis. Cada um com suas ações particulares e interligadas entre si, visando descobrir as áreas do Cerrado que sofreram algum tipo de influência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte.

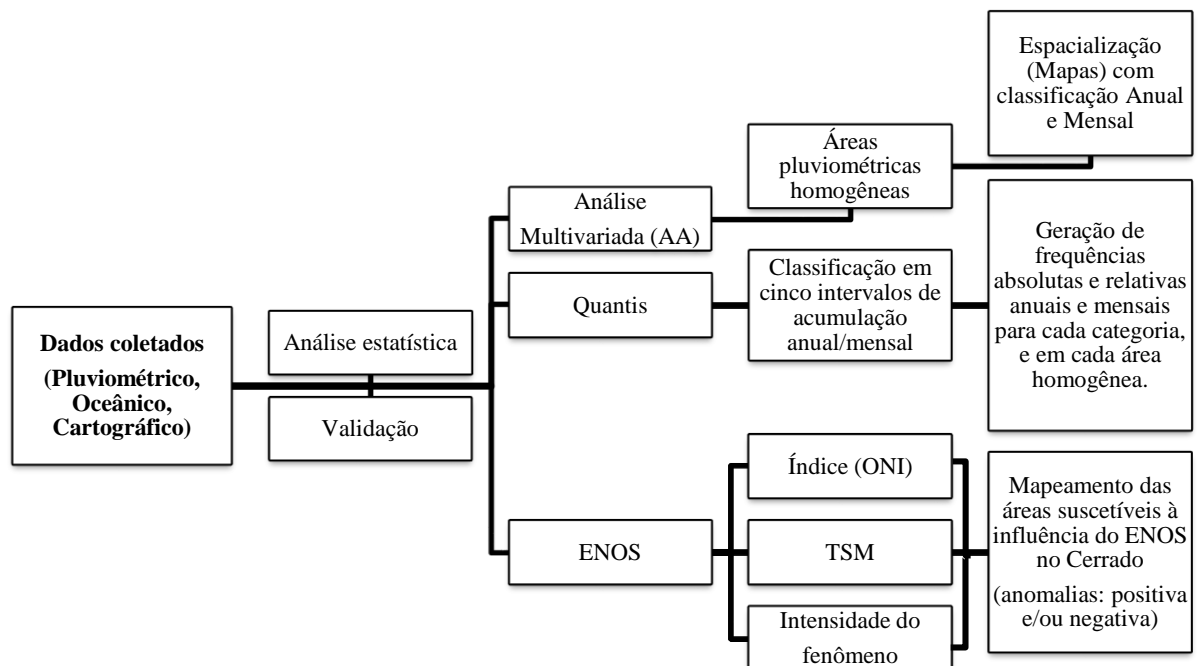


Figura 19: Etapas para a realização da pesquisa. Organizado pelo autor.

CAPÍTULO III – ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O **Capítulo III** apresenta os resultados e análises da variação interanual, mensal e sazonal dos dados coletados para a área selecionada, e também identifica as anomalias da precipitação, relação das chuvas detectadas ao longo do período com a Normal Climatológica de referência (1981-2010), relacionando com a TSM e ONI. Foram avaliados e expostos os grupos homogêneos de precipitação no Cerrado e a classificação da precipitação histórica pelo método quantílico também foi utilizada, apresentada e debatida ao longo do capítulo. A partir do levantamento dos dados de chuvas para cada uma das estações, os resultados encontrados foram descritos, sendo proposto, conseqüentemente, uma discussão das possíveis relações entre as chuvas no Cerrado com o ENOS, ocorridos ao longo da série (1980-2010) e também nos anos de 2015-16, dado a importância do evento ocorrido naquela época.

3.1 - ANÁLISE TEMPORAL DA PLUVIOMETRIA ACUMULADA

Esta pesquisa contemplou a área do Cerrado Brasileiro para realizar a análise dos dados mensais e anuais da precipitação, observada de 1980 a 2010, sendo empregada a técnica estatística da análise multivariada da Análise de Agrupamento (AA) além dos cálculos de estatística descritiva.

Inicialmente, será apresentada a análise da precipitação média acumulada para o período de janeiro de 1980 a dezembro de 2010. Os resultados mostraram que o Cerrado possui uma distribuição pluviométrica de baixa amplitude, dado o tamanho de sua área. Esses baixos totais anuais pluviométricos tendem a impactar em diversos setores da economia, em especial na agricultura, entretanto, tais estudos investigativos não foram contemplados neste trabalho.

O Cerrado é caracterizado por estar localizado sob o domínio climático das massas equatoriais e tropicais, bem como tem seu regime de chuvas influenciado pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais (FPA), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Alta da Bolívia (AB) (MACENA *et al.* 2008). Assim, devido as diversas características destes sistemas atmosféricos, bem como das massas de ar, o Cerrado apresenta um quadro de variabilidade não muito alta. Observou-se durante as análises climatológicas, ao longo do período estabelecido, que tanto a ZCAS quanto a ZCIT foram os principais fenômenos que participaram para a ocorrência dos maiores volumes de chuvas, particularmente em anos sob ENOS. A sua atuação, proporcionou bloqueios das massas de ar,

vindo a ocasionar um volume de chuva acima da média para determinado mês, particularmente entre novembro a fevereiro em vários pontos do bioma.

Cabe salientar que ao iniciar esta pesquisa, a base de dados utilizava como Normais Climatológicas de referência, aquelas do período de 1961-1990, entretanto, no ano de 2018, o INMET (2018b), publicou a Normal Climatológica 1981-2010 com a finalidade de analisar e registrar as alterações do clima durante os dois decênios subsequentes à edição anterior de 1961 a 1990. Assim sendo, optou-se, pela substituição da base de dados de precipitação, de modo que os resultados deste trabalho fossem mais atuais possíveis.

Deste modo, é válido apresentar as diferenças entre a Normal de 1961-1990 e a do período de 1981-2010. A figura 20 apresenta a espacialização destes dados para cada um dos períodos de referência das Normais. Em (A), tem-se a Normal de 1961-1990 e, em (B) a de 1981-2010. Nota-se que nesta representação em (B), houve uma diminuição da precipitação na grande maioria das regiões do Cerrado, se comparado com o período 1961-1990 (A). Constitui destaque, na Normal de 1981-2010, o aumento dos menores valores de precipitação nas classes compreendidas entre 1000 mm a 1200 mm, 1400 mm a 1500 mm, bem como nos valores abaixo de 1000 mm. Ainda, houve um decréscimo dos valores de precipitação compreendidos entre 1200 mm a 1400 mm e nos valores acima de 1500 mm.

Analisando o mapa (B), notou-se que no setor leste, em Minas Gerais, Bahia e Piauí, houve um aumento dos valores que compõe a classe de até 1000 mm, bem como uma expansão da área com precipitação entre 1000 mm a 1200 mm. Ainda, a faixa longitudinal, no eixo norte-sul, compreendida entre 1200 mm a 1400 mm, teve sua área modificada em 1981-2010, avançando mais para norte e sudeste do Cerrado. Os valores acima de 1500 mm que compõe a referida classe, sofreram uma diminuição no percentual de ocupação das regiões da área pesquisada, como por exemplo, no extremo norte, no Maranhão, Mato Grosso do Sul e Tocantins, mas aumentaram o domínio na região sul-sudeste. O Distrito Federal, anteriormente possuía uma divisão entre os limites das classes entre 1400 mm – 1500 mm e valores acima de 1500 mm, sendo que atualmente, na Normal Climatológica, está todo inserido na classe de 1400 mm – 1500 mm. A Capital Federal, Brasília, por exemplo, na Normal de 1961-1990, apresentava como valor anual 1540,6 mm e, a partir da Normal de 1981-2010, passou a registrar um valor anual de 1477,4 mm, um decréscimo de 63,2 mm. Grande parte do Cerrado apresenta valores entre 1400 mm a 1500 mm.

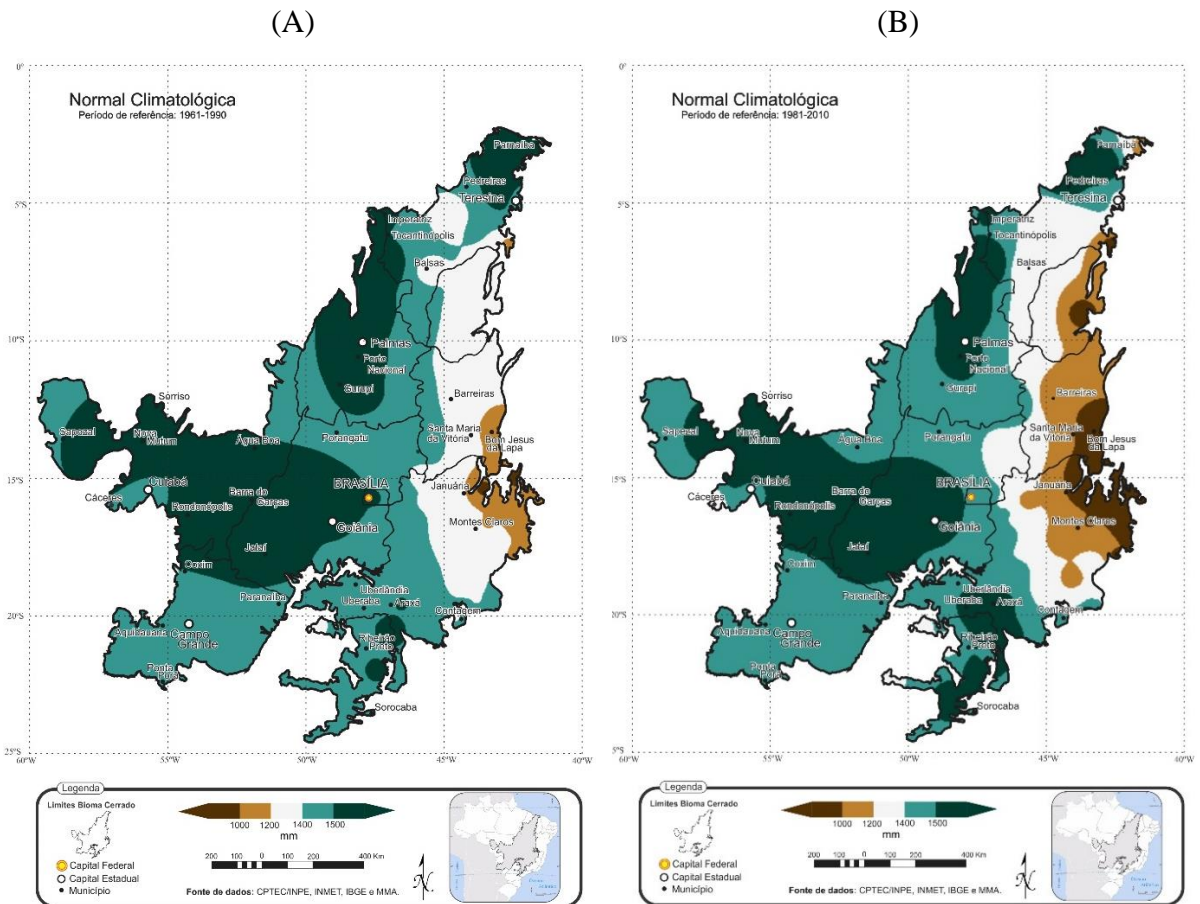


Figura 20: Normais Climatológicas da Precipitação. Em (A) Normal de 1961-1990 e, em (B) Normal de 1981-2010. Fonte principal dos dados climatológicos: INMET, 2018. Elaborado pelo autor.

Os histogramas de frequência dos valores das classes são apresentados na figura 21, sendo evidenciado a classe compreendida entre 1400 mm a 1500 mm, na qual houve um predomínio destes valores de precipitação para ambos os períodos das duas Normais. Observa-se, ainda, a diminuição dos valores compreendidos entre 1200 mm – 1400 mm em (B), com relação a (A).

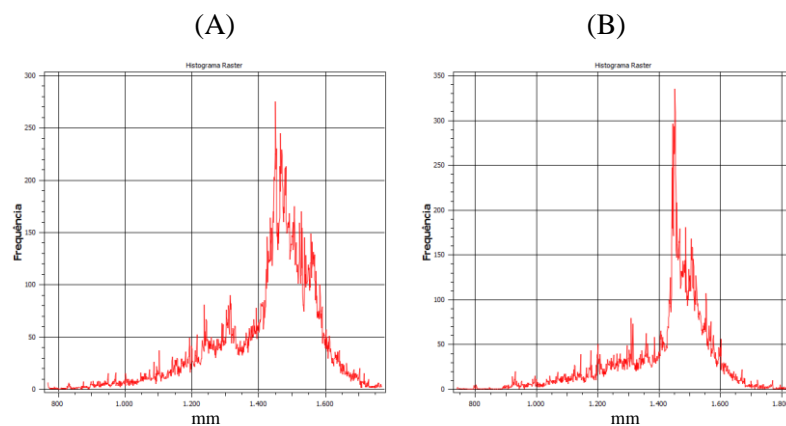


Figura 21: Histogramas de frequência das Normais Climatológicas da Precipitação. Em (A) frequência da Normal de 1961-1990 e, em (B) frequência da Normal de 1981-2010. Fonte dos dados climatológicos: INMET (2018b). Elaborado pelo autor.

Ao analisar e estabelecer os totais médios anuais da precipitação, constatou-se que o Cerrado possui uma variabilidade pluviométrica que variou de 700 mm a 2100 mm, no período analisado, estando as maiores frequências dos valores compreendidas entre 1300 mm a 1600 mm, conforme demonstrado pelo histograma, a seguir (figura 22).

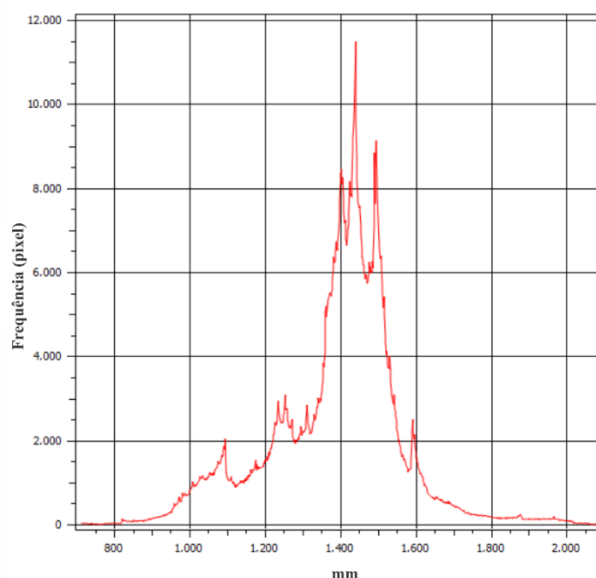


Figura 22: Histograma da frequência (raster) para os dados de Precipitação acumulada do período Jan 1980 a Dez 2010.

Tipicamente tropical, o regime de precipitação do Cerrado alterna-se entre seu máximo no verão e mínimo no inverno, totalizando uma média superior a 70% do total anual de precipitação durante os meses de novembro a março (SANO *et al.*, 2007).

A distribuição do total acumulado de precipitação do Cerrado, para a série histórica estabelecida, conforme pode ser visto na figura 23, apresentou os totais médios anuais de forma decrescente a partir da borda leste, cujos valores estão abaixo dos 1000 mm/ano, seguindo no sentido oeste, cujos valores aumentam gradativamente entre 1000 mm a valores superiores a 1600 mm, podendo, em algumas regiões ultrapassar os 2000 mm/ano. De modo geral, a representação espacial da distribuição pluviométrica anual para o Cerrado, permitiu observar a variabilidade do volume pluvial ocorrido no período. Notou-se que na área leste, abrangendo parte dos estados da Bahia, Minas Gerais e Piauí, o volume acumulado foi o mais baixo detectado para a área estudada. Cidades como Barreiras (BA), Bom Jesus da Lapa (BA) e Santa Maria da Vitória (BA) apresentaram os menores valores de chuvas na série temporal, registrando uma média de 700 mm/ano. Acompanhando a análise no sentido oeste, registrou-se uma pequena faixa, prevalecendo em parte dos estados da Bahia, Minas Gerais, Piauí e Maranhão, cuja precipitação média variou entre 1000 mm a 1200 mm. Entretanto, em alguns

episódios esporádicos, foram registrados alguns volumes médios acima destes limites, como por exemplo em Montes Claros (MG), onde em 1985, sob a atuação de uma *La Niña* de intensidade fraca, a precipitação total foi de 2626,2 mm e em 1992, na Parnaíba (PI), sob atuação de um *El Niño* de intensidade moderada, foram registrados naquele ano, um acumulado anual de 2425,7 mm. Esses foram episódios atípicos para estas cidades, cuja Normal Climatológica (1981-2010) é de 1086,4 mm para Montes Claros e 1133,1 mm para Parnaíba.

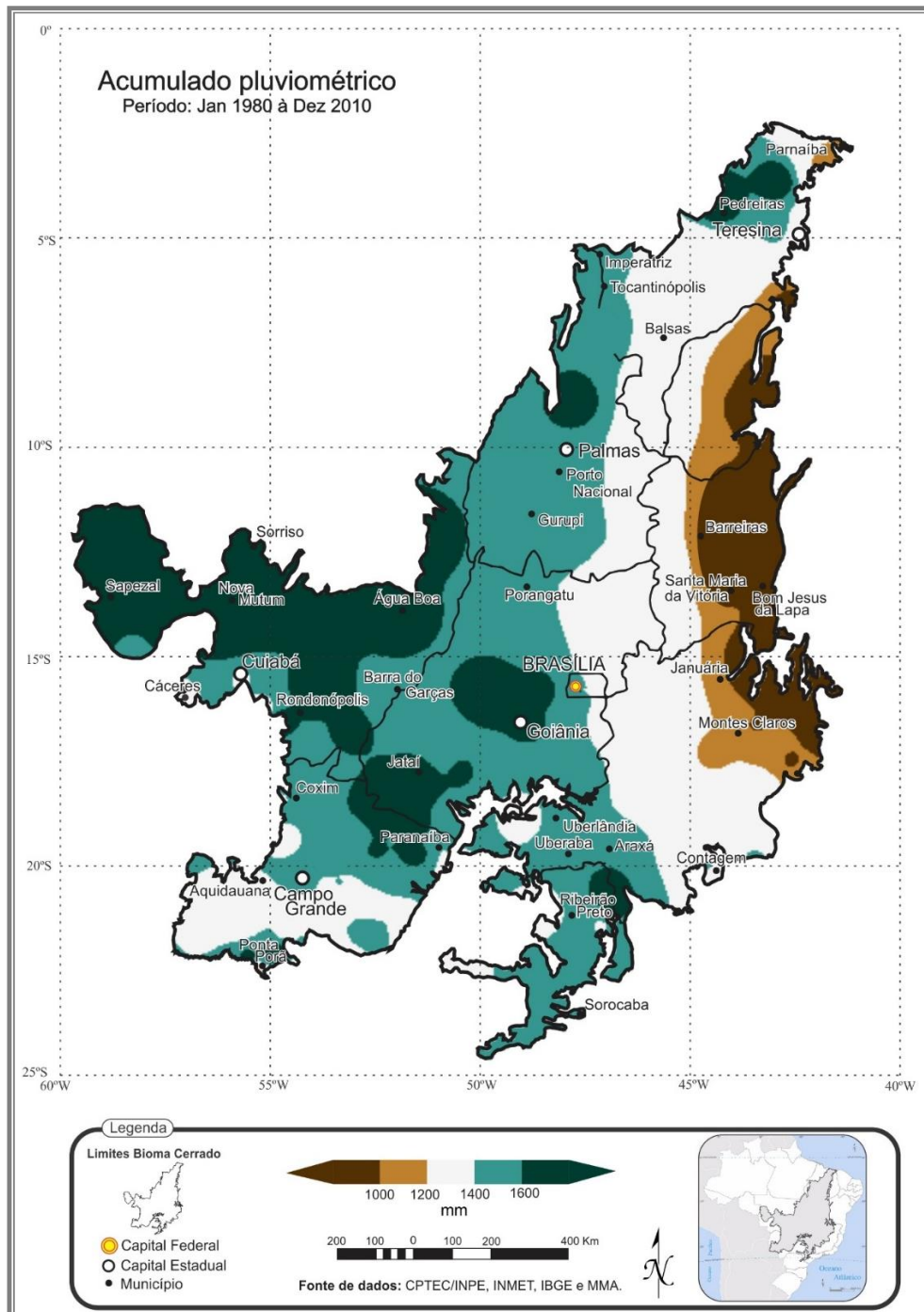


Figura 23: Acumulado pluviométrico para o período 1980-2010. Organizado pelo autor.

Observa-se, na figura 23, uma faixa que variou entre 1200 mm a 1400 mm, e que se estende de norte a sul da área pesquisada, presente, também, na região sudoeste e em partes do estado do Mato Grosso do Sul. Entre o centro e oeste do Cerrado, bem como uma pequena parte ao norte, vê-se uma área com registros de precipitação acumulada, compreendida entre 1400 mm a 1600 mm, sendo que algumas das maiores e principais cidades, como Brasília, Campo Grande, Ribeirão Preto, Uberaba, Araxá, Palmas, Coxim e Sorocaba estão inseridas nesta área.

O maior acumulado de precipitação (12,5% do total avaliado) foi encontrado no extremo oeste do Cerrado, particularmente na parte norte de Mato Grosso, contando com alguns núcleos no centro e ao norte da área do bioma. Valores acima de 1600 mm foram registrados em várias localidades, como Sapezal, Jataí, Goiânia, Rondonópolis e Nova Mutum. Considerando a contribuição da precipitação para o Cerrado, verificou-se que a variabilidade de até 1300 mm, ocorrido entre as áreas mais secas, e aquelas que apresentam os maiores registros, determinaram o regime pluviométrico para o período estudado.

De acordo com o INMET (2018a) o conhecimento da média histórica ou Normal Climatológica é essencial para a aplicação do conceito de desvio ou anomalia de uma variável, empregado em meteorologia para significar a diferença entre o valor observado e a normal climatológica correspondente. O cálculo de anomalias é o ponto de partida da maioria das análises climatológicas, segundo Bombardi e Carvalho (2017) sendo primordial realizar a estimativa do ciclo anual médio. Nesta pesquisa, a anomalia pluviométrica, para a série histórica, foi calculada pela diferença entre a precipitação média anual do período de 1980 a 2010, com a Normal Climatológica de precipitação (1981-2010), divididos em classes de 100 milímetros. A avaliação da significância estatística das variações nas médias foi feita por meio da aplicação do Teste *t*-Student, ao nível de 5%.

A precipitação pluvial anual média do Cerrado como um todo, e para a série histórica, foi de 1353,5 mm, entretanto, verificou-se, a partir da estatística compilada, uma variabilidade espacial predominante entre +/- 100 mm para diversas regiões da área analisada, conforme pode ser observado na figura 24, a qual retrata a variabilidade pluviométrica para a série histórica. Nota-se que a variabilidade foi crescente no sentido oeste-leste, onde apresentou valores negativos de até 100 mm, bem como valores positivos de até 200 mm. Houve um predomínio de déficit pluviométrico de até 100 mm, na maior parte do sul, sudoeste, oeste e norte do Cerrado. Em parte das áreas central e nordeste, a variabilidade ficou positivamente avaliada entre zero e 100 mm positivo. De certa forma, com base na figura 24, observou-se que a precipitação foi maior que o habitual na região centro-leste do que nos setores oeste, sudeste e norte ao longo da série. Ao norte, também foi percebido uma diferença de precipitação, quando

comparado com a parte sul do Cerrado. Esta composição de variabilidade, avaliada em conjunto com o mapa de acumulação pluviométrica (figura 23), indica uma dinâmica de chuvas diferenciada entre as áreas leste e oeste do Cerrado.

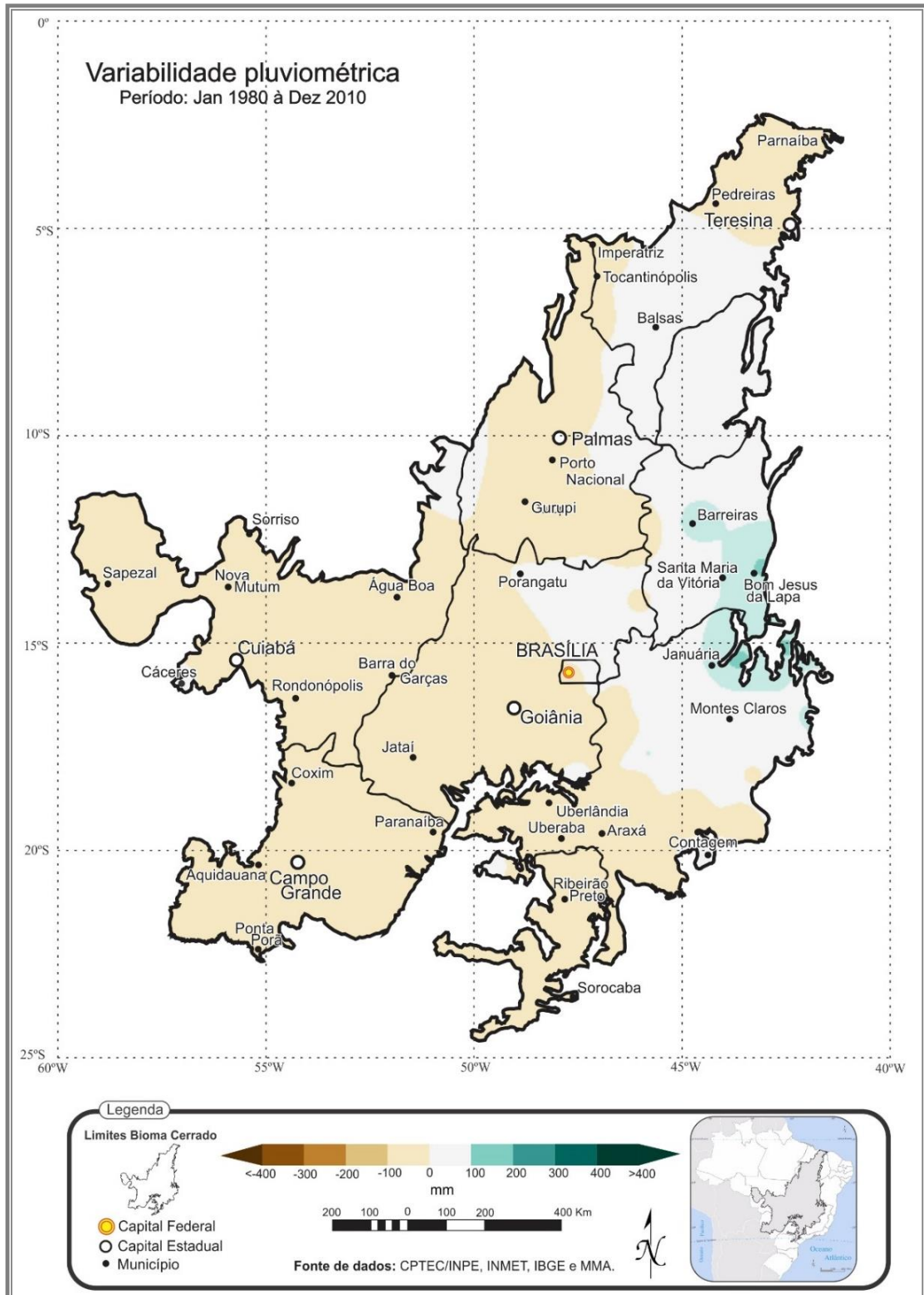


Figura 24: Variabilidade pluviométrica para o período de 1980 a 2010.

Ao estudar a precipitação ocorrida entre 1980-2010, optou-se em dividir a série histórica em três períodos: 1980-1989, 1990-1999 e 2000-2010, sendo adotado como padrão desta análise a escala anual. Deste modo, foi possível identificar as diferentes variações das classes de precipitação para cada década, nas diferentes regiões do Cerrado, e representá-las na figura 25.

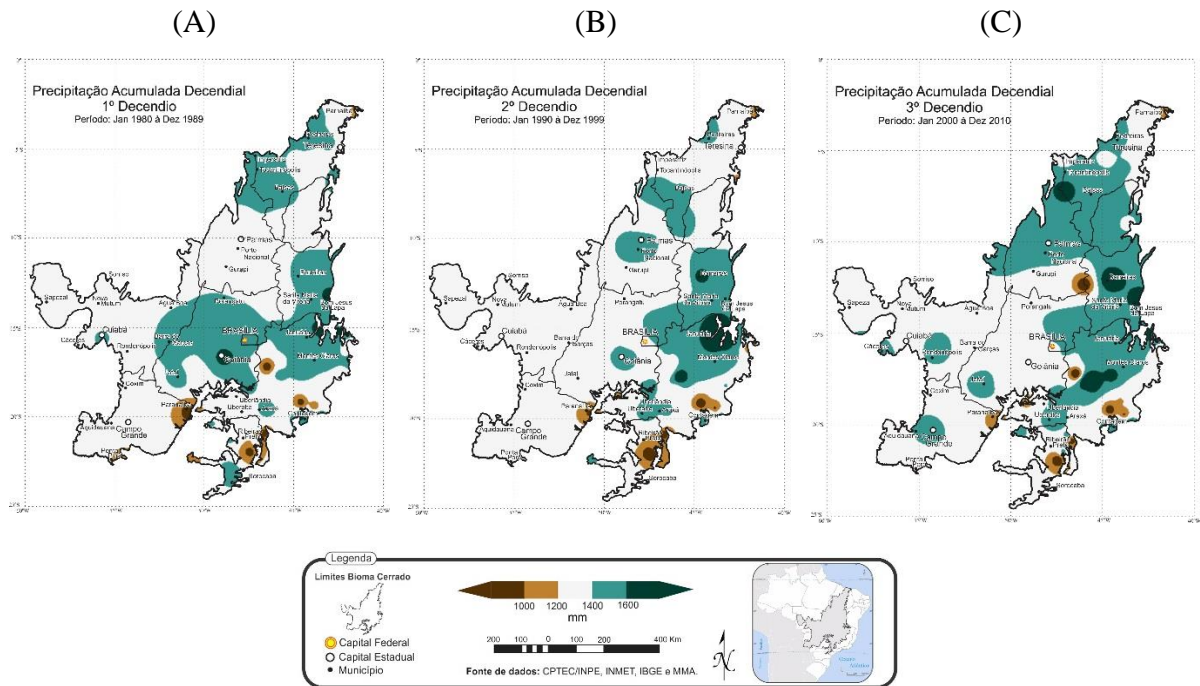


Figura 25: Acumulado pluviométrico decenal para o período 1980-2010. Tem-se em (A) a representação do volume pluviométrico para o decênio 1980-1989, em (B) a representação para o decênio 1990-1999, e em (C) tem-se o decênio 2000-2010. Organizado pelo autor.

A precipitação pluvial apresentou uma significativa variação entre as três décadas avaliadas. Observando-se a figura 25, nota-se as alterações ocorridas, particularmente na forma da organização espacial das classes determinadas para a área estudada. No primeiro deles (1980-1989), observou-se que os volumes compreendidos entre 1200 mm a 1400 mm, representaram e cobriram cerca de 38% do total da área do Cerrado. Os valores superiores a 1600 mm (6%) estão em pontos restritos, como em Goiânia e alguns outros na borda leste da área. Os totais médios, abaixo de 1200 mm (22%), ficaram restritos em pequenas áreas ao sul e sudeste da área e numa pequena região ao norte, próximo à Parnaíba (PI). A figura 26 demonstra a frequência percentual que cada classe pluviométrica representa para o Cerrado, durante os distintos decênios analisados.

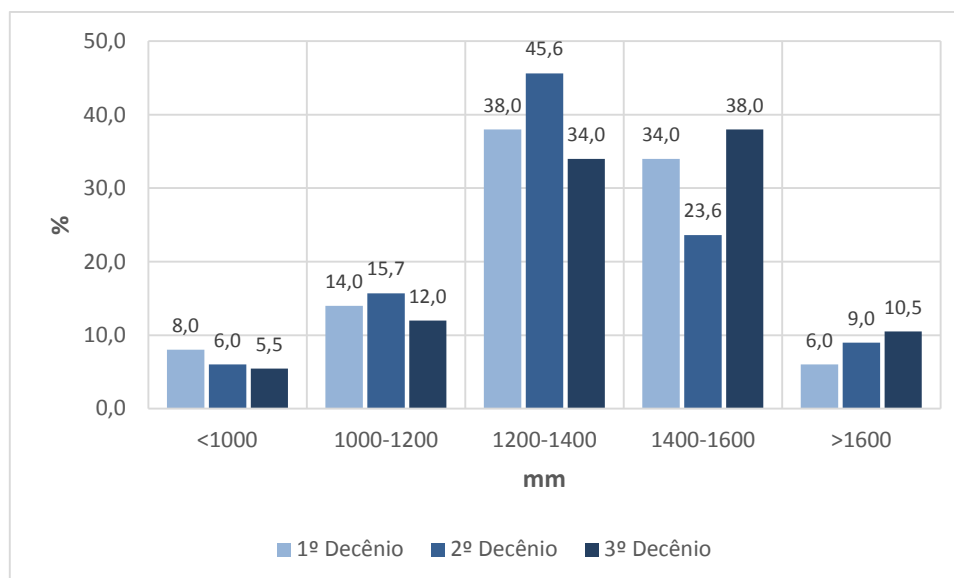


Figura 26: Gráfico demonstrando a frequência percentual que cada classe pluviométrica representa para o Cerrado, durante os distintos decênios analisados. Organizado pelo autor.

O segundo decênio (1990-1999) apresentou uma diminuição dos valores médios de precipitação inferiores a 1000 mm, quando comparado com o 1º decênio, representando 6% da área total. Os valores compreendidos entre 1200 mm a 1400 mm, quando confrontados com o decênio de 1980-1989, apresentou um aumento de 7,6% na sua área, totalizando cerca de 45,6% de área total do Cerrado, entretanto, o total médio entre 1400 mm a 1600 mm apresentou o menor valor do período (23,6%) para esta classe, concluindo-se, portanto, que o segundo decênio caracterizou-se por apresentar quantidade menor de precipitação, apesar que os totais acima de 1600 mm, foram registrados em ao menos 9% do total da área.

No terceiro decênio (2000-2010), percebeu-se que houve uma expansão da classe compreendida entre 1400 mm a 1600 mm, abrangendo aproximadamente 38% do Cerrado, um aumento de 14,4% se comparado com o segundo decênio e 4% a mais que o primeiro decênio. Os totais médios de precipitação acumulados neste decênio, e que estão acima de 1600 mm, perfaz 10,5% de todo Cerrado, o que equivale a um acréscimo da precipitação média da ordem de 4,5%, se comparado com o primeiro decênio e um acréscimo de 1% quando comparado com o segundo decênio.

Entende-se que o período avaliado (1980-2010) apresentou uma diminuição dos totais pluviométricos no segundo decênio em diversas regiões do Cerrado, quando comparado com o primeiro decênio, e um aumento dos totais pluviométricos médios no terceiro decênio, conforme pode ser analisado na figura 27, a qual apresenta a média histórica anual da precipitação para cada um dos decênios. O primeiro apresentou uma precipitação total média anual de 1358,4 mm, enquanto que no segundo decênio foi de 1337,1 mm e no terceiro, 1364,0

mm. Comparando os decênios entre si, percebeu-se um acréscimo da precipitação na ordem de 0,41% entre o primeiro e terceiro decênios, e de aproximadamente 2% entre o segundo e terceiro decênios. Conforme as análises realizadas através da figura 27, os totais anuais de precipitação diminuíram entre o primeiro e segundo decênio e aumentou relativamente no último decênio.

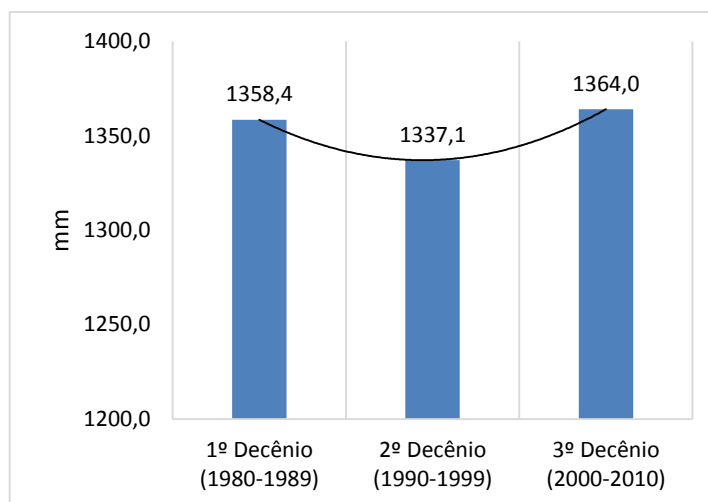


Figura 27: Média histórica anual da precipitação (mm) para o período (1980-2010), segundo os decênios.

A precipitação média mensal para o período foi realizada a partir dos dados pluviométricos das 153 estações meteorológicas. Após realizar os procedimentos descritos no capítulo II, observou-se, nos mapas elaborados, a existência de um período com baixos valores de precipitação, chegando a 0 (zero) mm em muitas estações, e outro com um regime de chuvas cujo total é superior a 300 mm/mês em muitos casos. A figura 28, mostra os resultados obtidos por meio da interpolação das médias mensais, vindo a permitir uma observação espacial mais detalhada da variabilidade mensal da precipitação e a distribuição deste regime pluviométrico mensal para o período analisado.

De acordo com Marcuzzo e Goularte (2013), a determinação do início do ano hidrológico, a diferenciação dos períodos úmidos e secos, bem como a distribuição espacial da precipitação em cada período são informações fundamentais para os estudos hidrológicos em uma região. Assim sendo, optou-se nesta pesquisa por iniciar a exposição, a partir do mês de outubro (início do ano hidrológico), constituindo este o mês que principia os maiores volumes de chuva. A partir daí, os meses subsequentes (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril) são marcados pelos maiores valores de precipitação mensal ocorridos, se comparados com os outros meses. Do mês de maio a setembro, as áreas do Cerrado tendem a apresentar baixos volumes pluviométricos, como o mês de junho, julho e agosto, sendo este o trimestre com os menores registros avaliados. De forma geral, notou-se uma variação espacial

considerável da distribuição mensal das chuvas, particularmente nos meses de dezembro e janeiro, onde o bimestre geralmente apresentou os maiores valores de precipitação, podendo ultrapassar 300 mm/mês em algumas regiões do Cerrado. Entre os meses de junho e agosto, foram registrados os menores valores de precipitação, chegando comumente a zero milímetros em grande parte da área analisada, sendo que os meses subsequentes apresentaram uma tendência de aumento nas médias mensais de precipitação a partir de setembro. Observou-se ainda, uma variação da concentração pluviométrica na espacialização dos resultados. Por exemplo, enquanto a região oeste apresentou registros de precipitação mais elevados durante a maior parte dos meses do ano, houve registros de pequenos valores de precipitação na parte leste-nordeste. Pode-se observar na figura 28, que de maio a setembro, os meses apresentaram as menores precipitações médias mensais, abaixo de 75mm. O mês de julho foi o menos chuvoso de todo o período averiguado, sendo que dezembro foi o intervalo que apresentou os maiores valores de precipitações, atingindo, em algumas regiões do Cerrado, valores acima dos 300 mm, em especial nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso.

Analisando-se individualmente cada um dos meses, percebeu-se que a estação tipicamente seca, iniciou-se em maio, perpetuando-se até setembro, enquanto que a estação chuvosa se estendeu de outubro a abril. Assim, identificou-se os meses de abril e maio como os limitadores entre as duas estações (seca e chuvosa), tipicamente do clima tropical. As menores precipitações, mesmo durante a ocorrência do período chuvoso, encontram-se geralmente na região leste, aumentando gradativamente no sentido oeste do bioma.

A partir da análise dos resultados expostos, concluiu-se que o regime pluviométrico do Cerrado pode ser dividido em duas fases distintas: a primeira, onde se verificou uma maior frequência de chuvas nos meses compreendidos entre outubro a abril, e a segunda fase, entre maio a setembro, cujas frequências de chuvas são baixas, chegando em alguns meses próximas a 0 (zero) mm.

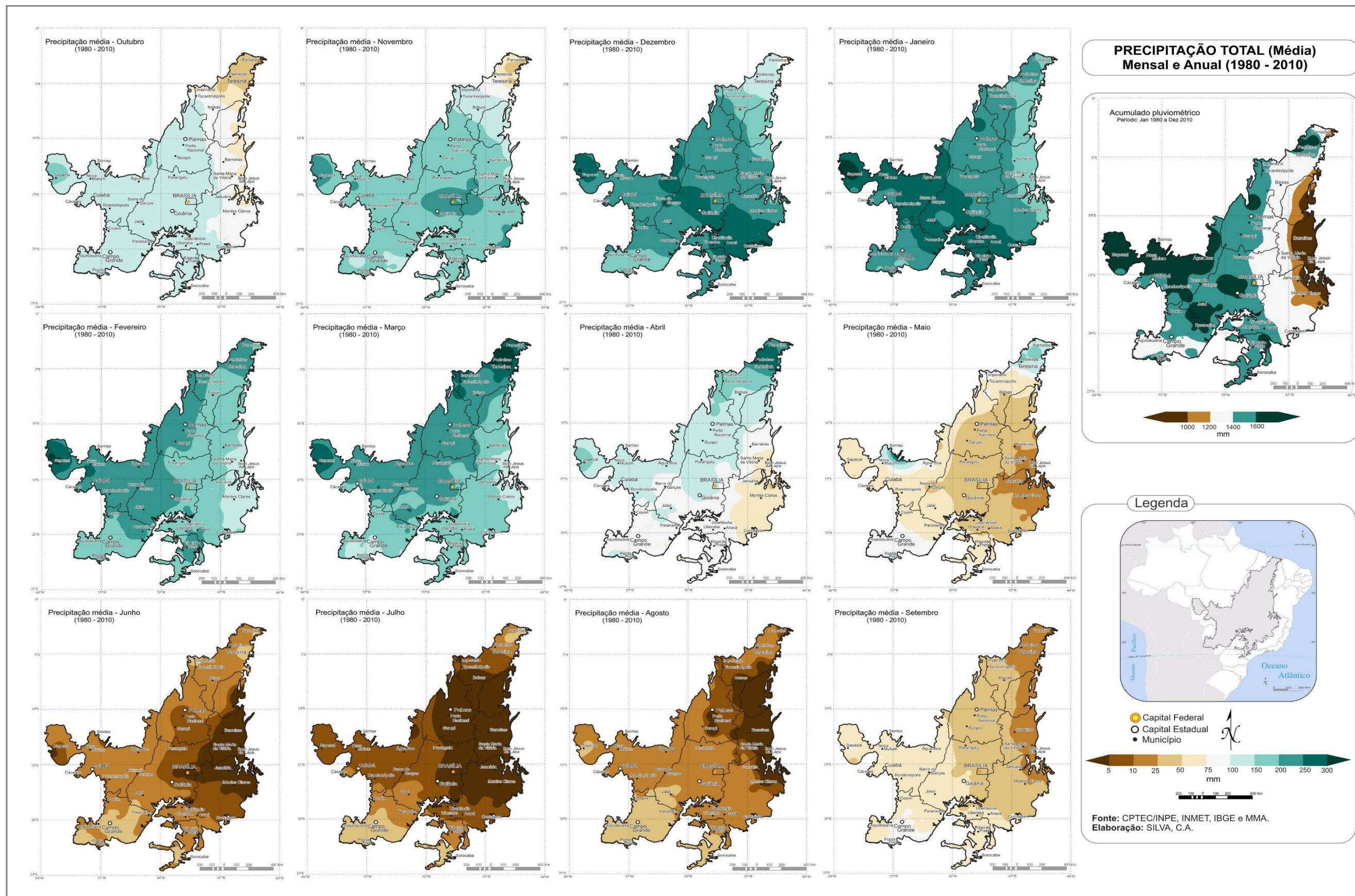


Figura 28: Mapas da precipitação total média nas escalas mensal e anual, referente ao período de 1980 a 2010. Elaboração: SILVA, C.A.

3.2 - DETERMINAÇÃO E EXPOSIÇÃO DE GRUPOS HOMOGÊNEOS

A distribuição pluviométrica anual para o Cerrado garantiu a possibilidade de melhor visualizar a heterogeneidade das chuvas e, a fim de melhorar, ainda mais, a identificação e as particularidades das diferentes regiões pluviométricas do bioma, foi aplicado a técnica de Análise de Agrupamento (AA), usando métodos geoestatísticos, separando-os em grupos funcionais e hierarquizando-os para estudos posteriores. O procedimento de análise estatística multivariada, possibilitou identificar as múltiplas e distintas regiões pluviométricas do Cerrado, face a semelhança do volume pluvial anual e mensal, calculada por meio do método de classificação hierárquico aglomerativo, proposto por Ward (1963). Este foi o método que melhor representou a natureza dos dados por meio da semelhança com as características de precipitação, utilizando como medida de agrupamento a distância euclidiana.

O dendrograma apresentado na figura 29 foi criado usando-se uma partição final de cinco agrupamentos, num nível de similaridade de aproximadamente 200 mm entre cada classe, com valor mínimo de 700 mm e final de 2200 mm. Após a elaboração do gráfico, cada estação contida nos *clusters*, foi identificada e reunida para formar as áreas (A1, A2, A3, A4 e A5) e serem submetidas aos testes de hipóteses e verificação de validade dos resultados.

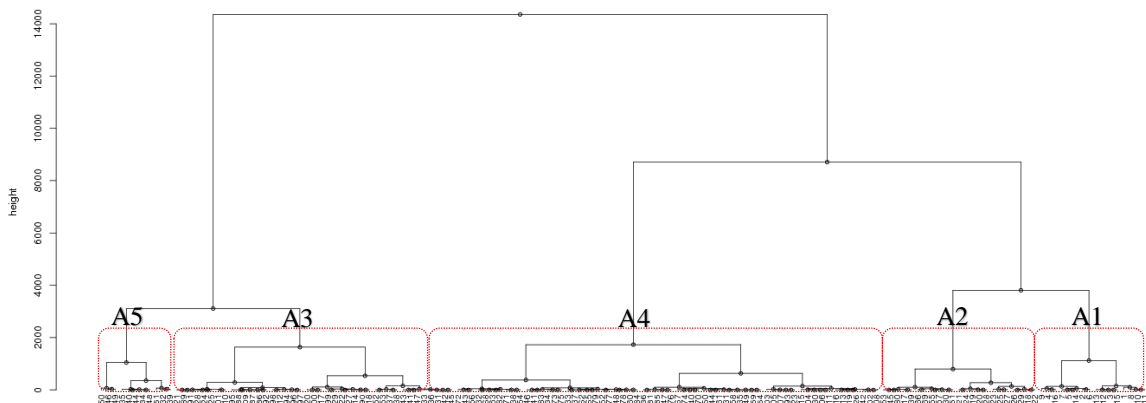


Figura 29: Dendrograma das áreas homogêneas de precipitação do Cerrado para o período (1980-2010), obtido pelo método de Ward, com dados padronizados da precipitação anual nas 153 estações meteorológicas. Elaborado pelo autor.

Identificou-se, no primeiro agrupamento, também denominado como *cluster*, numa leitura da esquerda para a direita, que os valores contidos naquelas estações compõem os maiores registros de precipitação da série, sendo, portanto, classificados com A5. São 23 estações que compõe este *cluster*, ou seja, 15,0% do total das estações¹⁰ analisadas. O segundo

¹⁰ Foram 153 estações meteorológicas consideradas nesta pesquisa, as quais estão descritas no Apêndice I.

grupamento, diretamente à direita, é composto por 56 estações (36,6%), com valores compreendidos entre 1200 mm a 1400mm, sendo classificado como A3. O terceiro agrupamento é composto por 45 estações (29,4%), com valores de precipitação que variaram entre 1400 mm e 1600 mm. Este *cluster* foi determinado como A4. Observa-se que a distância é maior neste agrupamento, porém com menos estações que o *cluster* anterior (A3). Tal fato se dá pelo uso da distância Euclidiana, a qual apresenta os valores métricos entre os pontos. A média de precipitação anual para o Cerrado está inserida nesta classe. O quarto *cluster* (A2) é formado por treze estações (8,5%) com valores de precipitação que variaram entre 1000 mm e 1200 mm. O quinto agrupamento, localizado na extrema direita, é constituído por dezesseis estações meteorológicas (10,45%), cuja precipitação observada foi abaixo de 1000 mm. Esse *cluster* caracterizou-se por incorporar as estações com os menores registros pluviométricos para a série histórica analisada.

Após a confecção e análise do dendrograma, foram obtidos os grupos homogêneos, identificados por A1, A2, A3, A4 e A5 para o conjunto de dados de precipitação anual, conforme apontado na figura 30. Os resultados encontrados mostram que a AA determinou os *clusters* das áreas homogêneas, coerentes com a distribuição pluviométrica anual, quando são comparadas as figuras 30 (áreas homogêneas) e 23 (acumulado pluviométrico), referente ao período de 1980 a 2010.

O *cluster* denominado A1 ocupa, aproximadamente, 9,5% da área total do Cerrado, e apresentou uma variação média compreendida entre 650 mm a 1000 mm, sendo esta a região pluviométrica com os menores valores registrados para o período. Esses baixos valores de precipitação anual, correspondem a um clima quente, com características do semiárido, cuja área pode registrar, de acordo com o IGBE (2002), de seis a oito meses de seca. As maiores diferenças mensais, comparadas com outras áreas do Cerrado, são observadas nos meses de maio a setembro (figura 28) cujos valores, em média, variam entre zero e 10 milímetros. De novembro a fevereiro, esta área apresentou os maiores valores médios de precipitação para a região, os quais variaram entre 100 mm e 200 mm mensal. Em uma análise mais detalhada, verifica-se que a massa Equatorial Continental atua com maior intensidade durante o verão, proporcionando valores elevados de precipitação na região A1. Este resultado está de acordo com o apresentado por Nimer (1989), IBGE (2002) e INMET (2017).

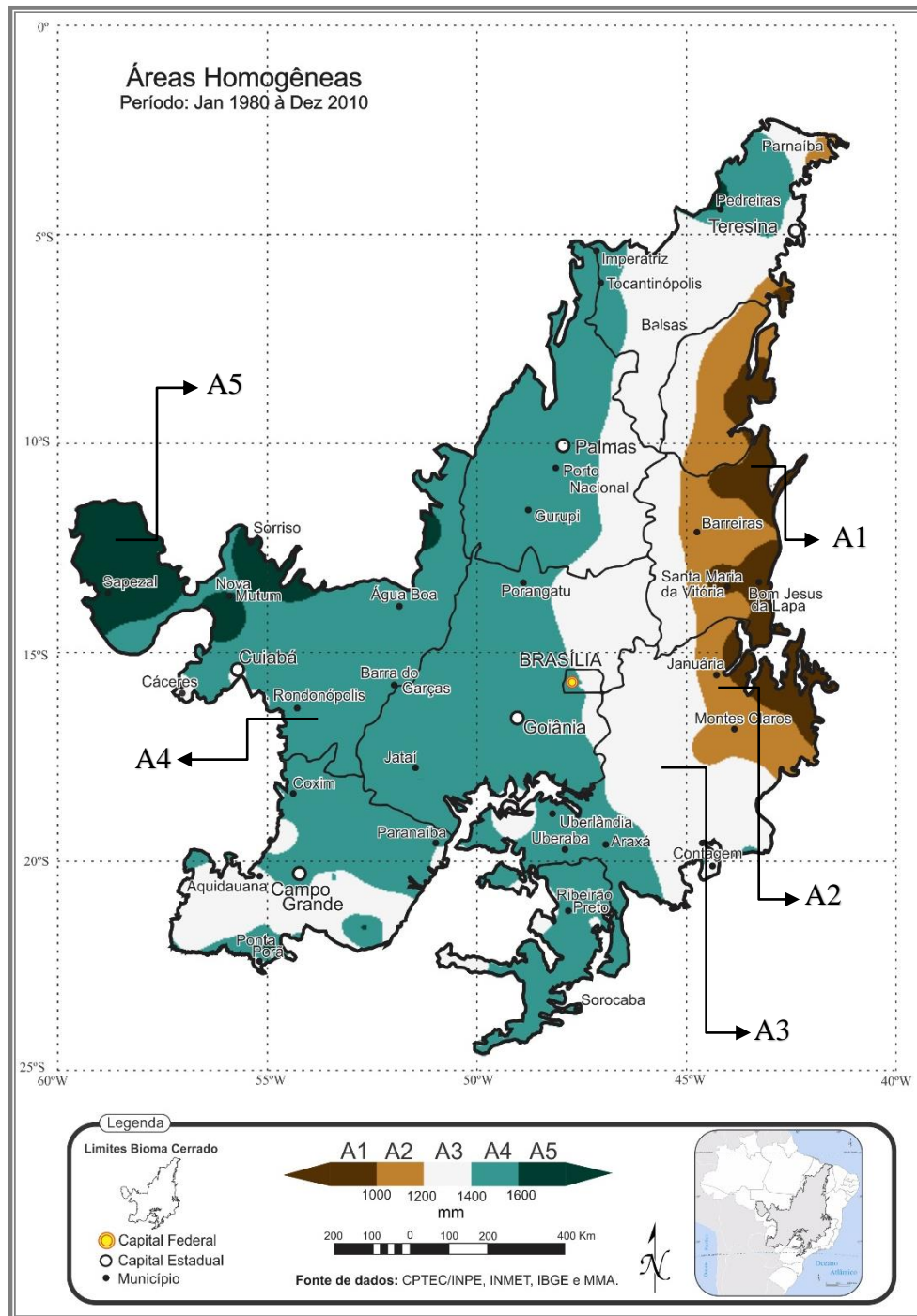


Figura 30: Representação das áreas homogêneas para o período de 1980-2010. Elaboração: Autor.

Os valores médios anuais acumulados de precipitação da área denominada A2 variaram entre 1000 mm e 1200 mm. Esta área homogênea ocupa 19,2% de todo o Cerrado, prevalecendo tangente à borda leste, entre as áreas A1 e A3, no sentido norte-sul, identificada, também, numa pequena região no nordeste do Cerrado, tendo como referência o município da Parnaíba (PI), a qual registrou uma precipitação média de 1120,1 mm, na série histórica avaliada. Outros municípios de referência, contidos neste *cluster* estão localizados, em sua maioria, nos estados

de Minas Gerais, Bahia e Piauí. Em MG, destacam-se Montes Claros (1065 mm), Pompeu (1170,2 mm), Curvelo (1079,7 mm). Em Barreiras (BA), o total médio acumulado foi de 1018,5 mm, próximo ao limite da classe A1.

Ao se analisar o *cluster* denominado A3, com precipitação média de 1200 mm a 1400 mm, observa-se que ocupa uma posição quase central do Cerrado, no sentido norte-sul, tomando parte do noroeste de Minas Gerais, quase todo o Distrito Federal (exceto o oeste), sudeste do Piauí, Maranhão, oeste da Bahia, leste do Tocantins, parcela do Mato Grosso do Sul, bem como pequenas áreas no Estado de São Paulo. Da área total do bioma estudado, esta parte homogênea ocupa 23% do limite descrito. Segundo o mapa de clima do IBGE (2002) dois tipos de climas são característicos em parte desta área descrita: um quente com características semiúmido, variando de quatro a cinco meses de seca, e outro subquente, cujas temperaturas médias ficam entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês do ano, e apresentam duas características específicas, semiúmido e úmido. O semiúmido apresenta de quatro a cinco meses de seca e o úmido, de 1 a 3 meses seco.

A área nomeada como A4 ocupa 42,3% do total do Cerrado e possui como propriedade os valores médios acumulados de precipitação anual entre 1400 mm a 1600 mm (inclusive), vindo a ser a maior área com valores pluviométricos homogêneos. A região apresenta períodos chuvosos e secos bem definidos ao longo do ano e possui o segundo maior volume pluviométrico do bioma, abrangendo a região oeste do Distrito Federal e grande parte do Cerrado, expandindo-se na direção oeste, norte, sul, noroeste e sudoeste. Em geral, apresenta clima quente, com quatro a cinco meses de seca para grande parte da área devido, sobretudo, aos regimes de precipitação associados aos sistemas meteorológicos atuantes ao longo do ano. Na parte norte do Cerrado, na região sob influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as análises apresentaram chuvas acima da Normal Climatológica em algumas oportunidades. Quando isto foi observado, constatou-se que a área central do Cerrado também apresentou variação positiva na precipitação. Este excesso de umidade no Norte, possivelmente foi transportado para a região central do Cerrado, através dos ventos alísios, influenciando na precipitação destas regiões. Ambas as áreas, tanto no extremo norte, quanto no centro-oeste do bioma, fazem parte da classificação de clima quente com características de semiúmido com quatro a cinco meses de seca.

Em geral, os maiores volumes de precipitação da série histórica (1980-2010) foram registrados na área denominada A5, com um acumulado médio de precipitação que variou acima de 1600 mm, estando localizada no extremo oeste do Cerrado, em regiões onde estão inseridos os municípios de Sapezal, Sorriso e Nova Mutum, para referenciar espacialmente esta

área. Este *cluster* representa 6% da área total estudada, sendo, portanto, o menor de todos os *clusters* apresentados. Ao comparar o resultado encontrado para este agrupamento, com o mapa de clima do Brasil (IBGE, 2002), percebeu-se que esta área apresenta como característica climática a ocorrência de um período úmido de um a três meses secos, com temperaturas acima de 18°C, em todos os meses do ano.

A análise multivariada de AA identificou as regiões homogêneas de precipitação do Cerrado e tornou viável o resultado de análise, sendo que estes poderão contribuir para pesquisas climatológicas da área em geral, ou direcionada a regiões específicas. Houve moderada heterogeneidade na distribuição espacial das chuvas, com precipitação média variando de 882,9 mm (A1) a 1740,3 mm (A5), entre as áreas pluviometricamente homogêneas. A maior diferença entre as médias destas áreas homogêneas deu-se entre a A4 (1484,8 mm) e A5 (1740,3 mm), seguido da A1 (882,9 mm) e A2 (1128,6 mm).

A espacialização dos volumes pluviométricos corrobora com o mapa de climas do Brasil (IBGE, 2002), apresentado pela figura 2, onde o Cerrado pode ser visto inserido em grande parte sob a influência do clima Tropical Brasil Central e sua área norte, sob influência do clima Equatorial. Ainda, em sua maior parte, o bioma apresenta um clima quente com períodos de chuva e seca bem definidos. Algumas regiões apresentam de um a três meses secos (A5), outros de quatro a cinco meses secos (A3 e A2) e ainda, regiões com características de um clima semiárido, com seis a oito meses secos (A1). Na Tabela 9, apresentam-se a área ocupada do Cerrado, o valor da classe à qual pertence o *cluster* e a precipitação média anual para o período de 1980-2010.

TABELA 9: ÁREA OCUPADA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS

<i>Cluster</i> (A)	Classe (mm)	Área ocupada (%)	Precipitação Média anual (mm)
A1	<1000,0	9,5%	882,9
A2	1000,1 – 1200,0	19,2%	1128,6
A3	1200,1 – 1400,0	23%	1313,1
A4	1400,1 – 1600,0	42,3%	1484,8
A5	>1600,1	6%	1740,3

Observa-se na tabela 9, que a maior média de precipitação mensurada esteve presente no cluster A5, enquanto os menores valores foram identificados em A1, confirmando as informações contidas no mapa das áreas homogêneas (figura 30).

3.3 - CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PELO MÉTODO QUANTÍLICO, ANÁLISE FREQUENCIAL, SAZONAL E DE CLASSES

Reconhecer o comportamento da precipitação e sua variabilidade numa determinada série histórica, representa um instrumento indispensável para o planejamento e tomada de decisão para diversos setores, seja ambiental ou econômico. Para isso, faz-se necessário a utilização de métodos que permitam visualizar as nuances ocorridas entre uma e outra região estudada.

Como parte desta pesquisa, empregou-se a técnica dos quantis, considerada um método simples e eficiente. Xavier (2001) realizou um estudo detalhado sobre a precipitação, abordando a técnica dos quantis para o Ceará e Nordeste Setentrional, e explanou sobre a importância deste processo para se determinar as características pluviométricas para cada uma das regiões estudadas. Segundo Xavier e Xavier (1987) este método engloba o princípio de relativização estatística, no sentido de se procurar interpretar de forma adequada o verdadeiro significado de um total pluviométrico.

Para o período da série histórica pesquisada (1980-2010) foi aplicada a técnica dos quantis para uma análise completa do total pluviométrico ocorrido e sua dinâmica ao longo dos anos. A distribuição da intensidade da precipitação anual foi classificada em anos Muito Secos, Secos, Normais, Chuvosos e Muito Chuvosos. A tabela 10 apresenta os totais e os valores encontrados para cada categoria, de acordo com o cálculo realizado em toda série histórica e, também, o percentual que cada classe representou para o Cerrado durante o período analisado.

TABELA 10: CLASSIFICAÇÃO QUANTÍLICA PARA O CERRADO NO PERÍODO DE 1980 A 2010 E DEMONSTRAÇÃO DO PERCENTUAL DE CADA CLASSE

Categoria	Classe (mm)	Percentual (%)
Muito Seco	<1140,0	16,1%
Seco	1140,1 – 1200,0	22,6%
Normal (Habitual)	1200,1 – 1300,0	29,0%
Chuvoso	1300,1 – 1400,0	19,4%
Muito Chuvoso	>1400,1	12,9%

A figura 31 expõe, detalhadamente, esse percentual, onde concluiu-se, a partir dos dados revelados, que a frequência dos anos considerados Normais¹¹, ocorreu em 29% do período. Os anos Chuvosos corresponderam a 19,4% do total avaliado, enquanto a categoria de anos Secos registrou um percentual de 22,6%, e a classe denominada de Muito Chuvoso, 12,9%. A categoria Muito Seco apontou um percentual de 16,1% de toda série histórica.

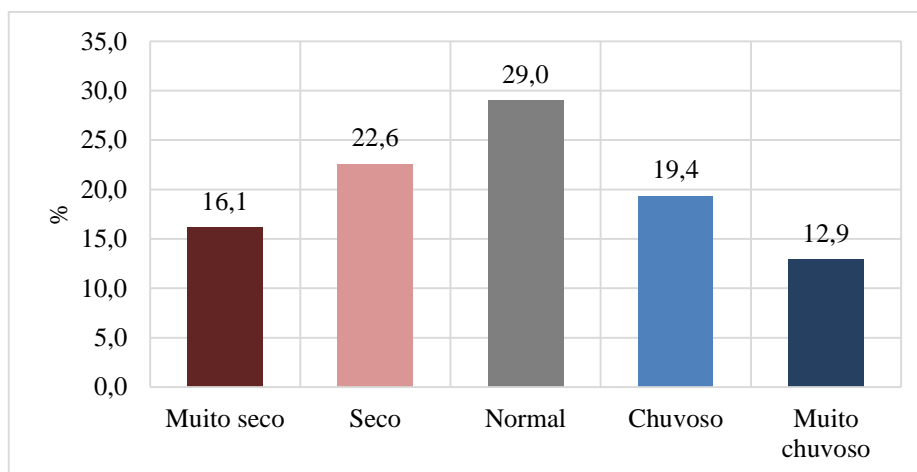


Figura 31: Frequência percentual de ocorrências das classes do quantis para o período 1980-2010.

De um modo geral, a partir da média de precipitação na área do Cerrado, constatou-se, baseado na representação da figura 32, que os anos de 1989, 2000, 2004, 2005, 2006 e 2008, ficaram classificados como sendo Chuvosos, ou seja, apresentaram um total pluviométrico acima do habitual para a área. Dentre os eventos da categoria Chuvoso, 66,6% dos anos estiveram sob influência de *El Niño*, enquanto 16,7% dos episódios analisados estiveram sob influência da *La Niña*, e 16,7% do total não apresentou influência de ENOS.

¹¹ O termo “Normal” foi utilizado como parte integrante dos resultados e produtos elaborados, por ser parte da nomenclatura da técnica, embora na análise optou-se por utilizar o termo “Habitual”. Entende-se como Habitual, o período cujas ocorrências estão inseridas numa periodicidade, numa condição de normalidade, muito próximo à média, sem, portanto, registrar anomalias positivas ou negativas.

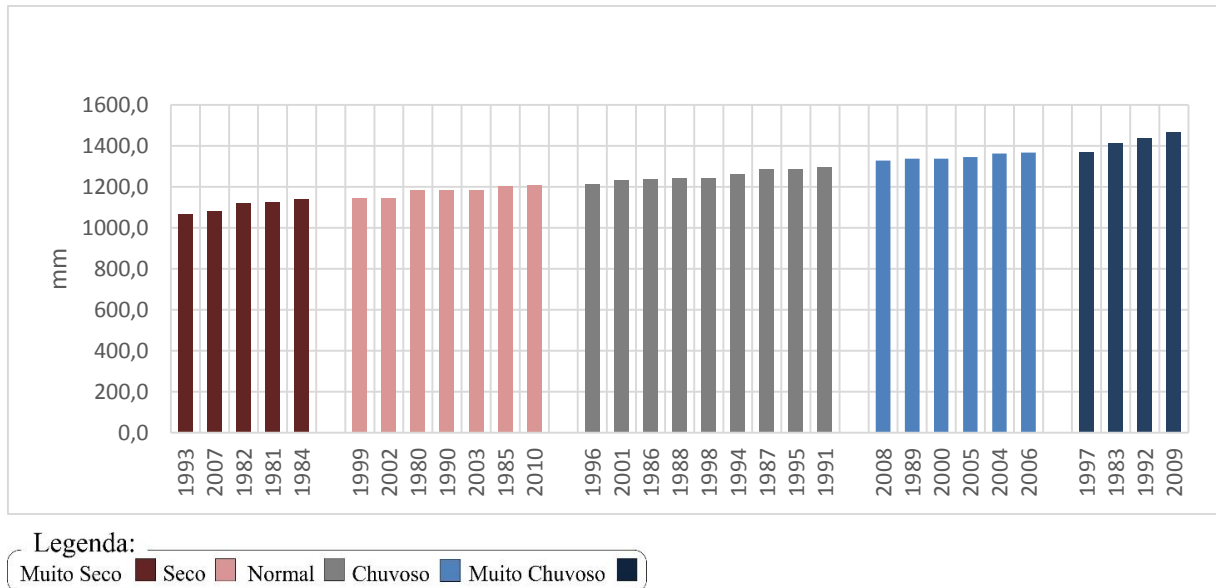


Figura 32: Classificação quantílica empregada para o período 1980-2010.

A categoria de anos considerados Secos apresentaram sete episódios (1980, 1985, 1990, 1999, 2002, 2003 e 2010), cujos totais de precipitação estiveram entre 15% e 50% abaixo da condição habitual da série. Os anos de 1985 e 1999, por exemplo, estiveram sob influência da *La Niña* de intensidade fraca e moderada, respectivamente. Tais associações, entre totais de precipitação e ocorrências do ENOS, podem indicar certa relação de interação no ciclo pluviométrico do Cerrado, contribuindo para uma redução, ou aumento, das chuvas na região, dependendo se esteve na fase quente ou fria de sua atuação. Os anos considerados Muito Secos foram 1981, 1982, 1984, 1993 e 2007, totalizando 40% para o total de anos que sofreram a influência do *El Niño*, 20% não esteve sob a regência de ENOS e outros 40% dos anos ficaram sob a influência da *La Niña* de intensidade fraca. Os anos inseridos na categoria Muito Chuvosos correspondem a 1983, 1992, 1997 e 2009. Todos registraram a presença do fenômeno *El Niño*, sendo que o ano de 2009 foi de intensidade moderada, em 1992 de intensidade forte e os anos de 1983 e 1997 como muito forte, perfazendo 100% do total dos anos avaliados e inseridos nesta categoria.

A frequência acumulada percentual para o período foi fragmentada, para uma melhor compreensão da distribuição da precipitação do período, em três séries decenais (1980-1989, 1990-1999 e 2000-2010), apresentada na figura 33.

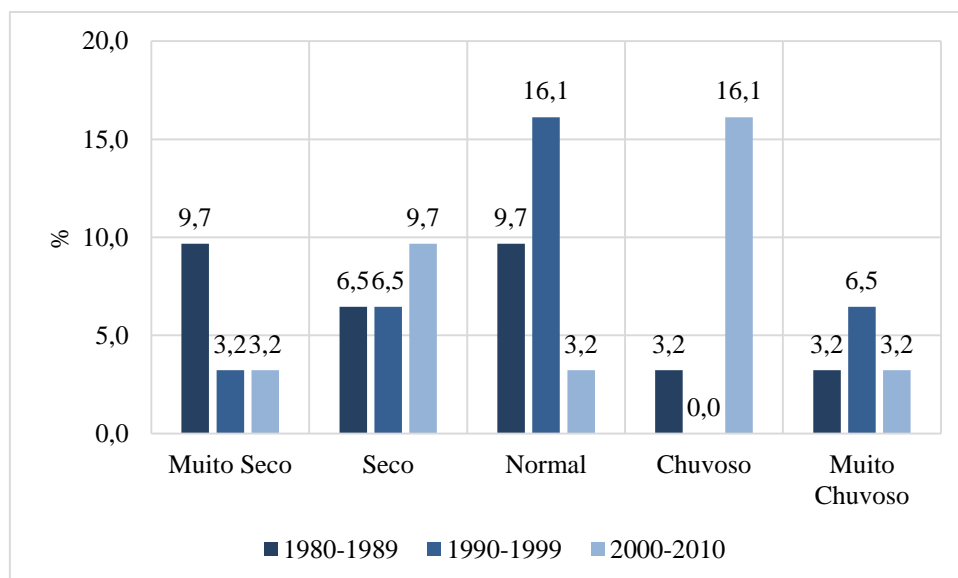


Figura 33: Frequência da precipitação ocorrida em cada categoria da classificação quantílica, empregada para o período 1980-2010, dividido em decênios.

Percebeu-se, ao analisar os resultados, que o terceiro decênio (2000-2010) representou 16,1% do total de anos chuvosos, sendo um dos períodos com o maior volume de ocorrências. Na categoria Muito Chuvoso, o segundo decênio (1990-1999) representou 6,5% do total de ocorrências da série histórica, enquanto o primeiro e terceiro decênio, registraram 3,2% cada um. Os anos Normais corresponderam a 29% do total, sendo que o segundo decênio foi o que apresentou os maiores valores nessa categoria, 16,1%, enquanto o primeiro decênio foi de 9,7% e o terceiro de 3,2%. Os anos considerados Secos corresponderam a 22,6% da série histórica, estando o terceiro decênio classificado como o de maior frequência, correspondendo a 9,7% do total registrado, enquanto o primeiro e segundo decênio ficaram igualmente em 6,5%. O terceiro decênio apresentou os maiores percentuais, tanto para a categoria Seco, quanto Chuvoso, enquanto na categoria Normal, foi a década que apresentou o menor valor registrado. O segundo decênio não apresentou participação na categoria Chuvoso, ficando a maior parte dos anos inseridos na classe Normal.

Em síntese, o período analisado apresentou uma tendência a anos normais (habituais) (29,0%) e também a anos secos e muito secos (38,7%) na sua maioria. Os anos chuvosos e muito chuvosos representaram juntos 32,3% do total avaliado, tendo, portanto, a menor representatividade para a série histórica analisada.

De modo a facilitar a compreensão da espacialização das chuvas para o Cerrado e suas particularidades, também foram efetuadas as análises dos registros de precipitação para as áreas homogêneas do Cerrado, sendo estas formuladas nas escalas mensal e anual do período.

O conhecimento do ciclo da precipitação ao longo do ano pode ser fator decisivo para diversos setores da sociedade, dado que os impactos gerados pela inobservância destes valores impactarão diretamente na economia e sociedade em geral. Assim sendo, a tabela 11 exibe as cinco áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5) e as médias mensais e anuais para a série histórica 1980-2010. Observou-se, por meio dos dados apresentados, que os meses de janeiro a dezembro possuem valores crescentes a partir da A1 até A5, sendo que as áreas A3, A4 e A5, tendem a apresentar valores significativamente maiores em relação as A1 e A2.

TABELA 11: MÉDIAS MENSAS E ANUAL DE PRECIPITAÇÃO PARA CADA UMA DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS (A1, A2, A3, A4 E A5).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
A1	155,8	118,4	133,4	65,6	17,3	2,8	1,3	2,4	12,9	60,5	138,1	174,6	883,1
A2	186,1	143,2	163,0	96,8	48,8	18,5	11,6	10,9	28,7	78,9	148,7	193,5	1128,7
A3	223,6	171,8	165,2	87,9	59,7	27,6	17,5	24,7	57,5	111,3	157,1	209,0	1313,1
A4	255,4	206,3	197,5	103,5	56,4	22,6	16,3	24,5	59,3	123,0	179,7	240,3	1484,8
A5	284,5	253,6	257,0	148,5	96,5	21,8	13,4	22,4	61,7	138,4	190,7	251,7	1740,2

Valores em milímetros (mm).

As maiores alturas estão centradas nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, variando de 118,4 mm, na A1, em fevereiro, e 284,5 mm, na A5, em janeiro, enquanto os menores valores foram identificados nos meses junho a agosto, variando entre 1,3 mm em julho, na A1, e 27,6 mm, em junho, na A3. Como se pode observar, a variação entre a menor média anual (883,1 mm) e a máxima (1740,2 mm) foi de 857,1 mm, vindo a indicar que a distribuição da precipitação pluviométrica para o Cerrado exerce influência de forma diferenciada em cada região determinada, identificadas por meio da análise de agrupamentos.

Apresentam-se na figura 34, os valores médios mensais de precipitação para cada uma das áreas homogêneas. De acordo com a análise realizada, a estação chuvosa compreende o período de novembro a março para todas as áreas homogêneas. Os meses de abril e maio apresentam uma característica específica para a área homogênea A5, sendo esta a que apresentou os valores totais médios de precipitação ligeiramente superior à médias das outras áreas. Os maiores valores de precipitação foram identificados nos meses de janeiro a março para a A5, enquanto a A1 apresentou os menores valores, próximos a 0 (zero) mm, nos meses de junho a agosto.

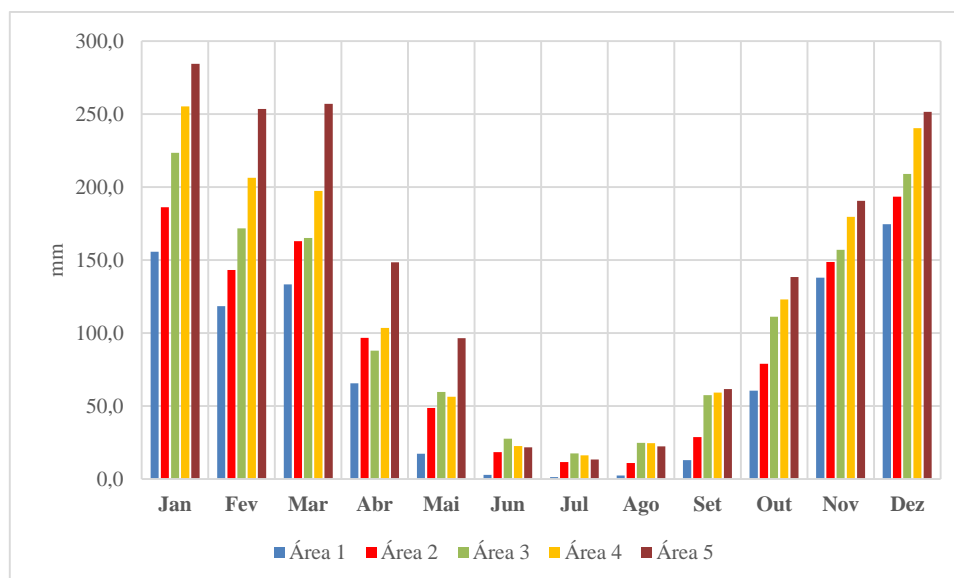


Figura 34: Médias mensais de precipitação para cada uma das áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5).

A partir dos totais pluviométricos mensais e anuais, foram calculados os percentuais de precipitação para cada área homogênea, demonstrados na tabela 12, evidenciando-se a importância do estudo probabilístico de precipitação pluviométrica, pois se observa a distribuição da precipitação durante o ano e a sua concentração em determinados períodos. Para o Cerrado, por exemplo, os meses de novembro a março, representaram uma média de 70% de toda a precipitação pluviométrica anual, enquanto os outros meses, de abril a outubro, representam os 30% restante.

Verificou-se ainda, certa regularidade no percentual de precipitação para os meses de janeiro a março em cada uma das cinco áreas homogêneas (AH). As menores amplitudes, para cada mês, foram identificadas em dezembro (5,3%) e julho (1,2%). Os meses de janeiro e dezembro, foram aqueles que colaboraram com os maiores percentuais de precipitação para a série histórica, enquanto os meses de julho e agosto foram aqueles que apresentaram os menores valores percentuais para o período. Os registros médios de precipitação mensal mostraram que 41% dos meses avaliados colaboraram com mais de 10% do total precipitado, enquanto que os valores abaixo de 5% de colaboração com o acumulado anual, representaram 40% do total. A proporção de meses que representam a maior e também a menor contribuição para o acumulado anual são equivalentes, corroborando com Assad (1994) o qual identificou o Cerrado como sendo um bioma de duas estações, uma seca e outra chuvosa, tipicamente do clima tropical. Isso mostra que, embora tenha ocorrido uma variabilidade na precipitação, o padrão climático do Cerrado permanece o mesmo identificado por Assad (1994).

TABELA 12: PERCENTUAL DA CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MÊS PARA A MÉDIA ANUAL DE CADA UMA DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS (A1, A2, A3, A4 E A5).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
A1	17,6	13,4	15,1	7,4	2,0	0,3	0,2	0,3	1,5	6,8	15,6	19,8
A2	16,5	12,7	14,4	8,6	4,3	1,6	1,0	1,0	2,5	7,0	13,2	17,1
A3	17,0	13,1	12,6	6,7	4,5	2,1	1,3	1,9	4,4	8,5	12,0	15,9
A4	17,2	13,9	13,3	7,0	3,8	1,5	1,1	1,7	4,0	8,3	12,1	16,2
A5	16,3	14,6	14,8	8,5	5,5	1,3	0,8	1,3	3,5	8,0	11,0	14,5

Valores em percentual (%).

Os percentuais de precipitação ocorridos na série histórica, foram analisados a partir da sazonalidade em cada uma das áreas homogêneas (AH), conforme demonstrado na figura 35.

Os maiores valores percentuais de precipitação foram verificados durante o verão, estação que apresentou os maiores percentuais (entre 42,7% na A3 e 46,2% na A1) de chuvas totais ocorridas em todas as AH. O verão também foi a estação que apresentou os maiores volumes para a A1, sendo esta considerada a AH com maior média anual. Diferente do verão, o inverno apresentou os menores percentuais de precipitação (entre 1,9% na A1 e 7,6% na A3) em todas as cinco AH. As estações outono e primavera, também apresentaram uma grande variação percentual entre elas. O outono apresentou valores entre 9,7% para a A1 e 15,3% em A5, no total precipitado. A primavera exibiu valores que variaram entre 42,3% em A1 e 37,3% em A2.

A importância das chuvas ocorridas durante os meses de primavera e verão, para todas as AH, são relevantes para o equilíbrio hídrico do bioma, isto é, as AH dependem exclusivamente das chuvas de primavera e verão para que seu regime hídrico permaneça normalizado. A partir dos dados demonstrados na figura 35, concluiu-se que área A1 teve 88,5% do total precipitado, durante a série histórica analisada, ocorrido entre os meses da primavera e verão, enquanto os meses de outono e inverno representaram 11,5% do volume total registrado. A primavera e o verão da área A2 representaram cerca de 80,9% do total de chuvas registradas, enquanto o inverno e o outono, somados, representaram 19% daquele volume total ocorrido para o período. Somados os percentuais ocorridos na primavera e verão, observou-se que essas duas estações representaram respectivamente 79,1% para A3, 81,0% em A4 e 79,0% na A5. Assim sendo, considerando todas as áreas homogêneas do Cerrado, constatou-se que os valores totais de precipitação foram maiores durante os meses do verão (44,5%), seguido da primavera (37,2%), do outono (13,1%) e do inverno (5,2%).

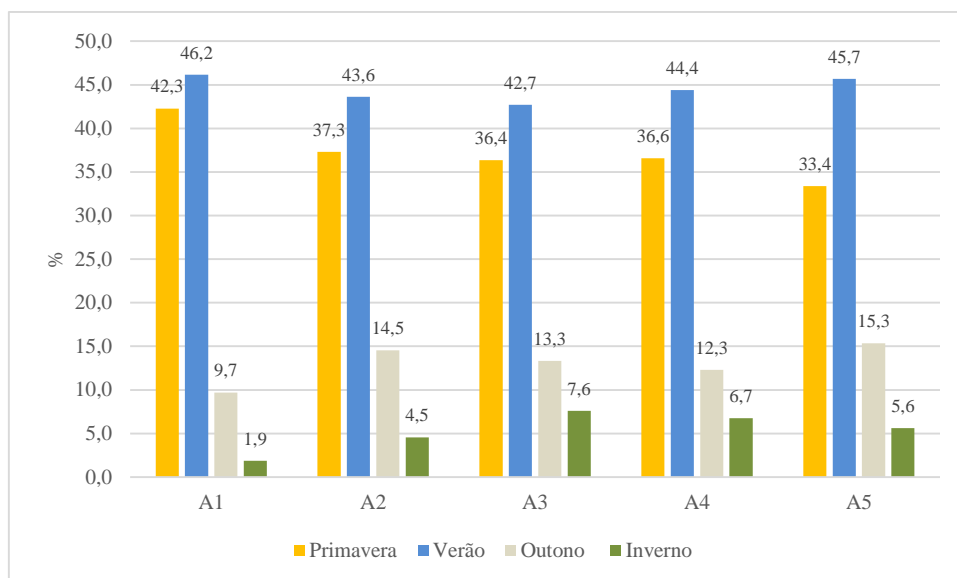


Figura 35: Percentuais de precipitação durante a sazonalidade das áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5).

A classificação da série histórica por meio da técnica dos quantis foi elaborada a partir da metodologia proposta por Pinkayan (1966), e amplamente utilizada por Xavier (2001) para constituir a classificação de períodos secos, normais (habituais) e chuvosos para cada uma das áreas homogêneas (AH).

Nesta pesquisa, as precipitações pluviométricas das AH foram levantadas, avaliadas e classificadas em cinco intervalos de acumulação anual pelos percentuais de 15%, 35%, 50%, 65% e 85%, os quais representam as probabilidades ou frequências esperadas para os eventos classificados. Segundo Pinkayan (1966), as ordens quantílicas foram determinadas como Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso. As classes utilizadas permitiram selecionar, de forma prática, os anos secos ou chuvosos e, também, aqueles anos que são de ocorrência habitual para o Cerrado.

A figura 36 evidencia a distribuição quantílica para a série histórica 1980-2010, cuja classificação dos totais de precipitação obtida pelo método dos percentis (à esquerda) e frequência percentual das classes (à direita) para cada uma das áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5) do Cerrado.

Os anos com totais pluviométricos mais elevados da área homogênea A1, enquadrados na categoria Chuvoso, foram 1992, 1983, 2004, 1980, 1981, 1991, 2005 e 1989, os quais variaram entre 1352,0 mm e 1620,0 mm, e representaram 25,8% do total analisado. Para A1 foi determinado, a partir das análises, que o ano de 1988 foi o que melhor representou os parâmetros da classe Normal para a série histórica estudada. Os anos inseridos nesta categoria (Normal) corresponderam a 51,6% do total da série, para a área homogênea A1. Ainda, foram

sete anos (1996, 2003, 1993, 1986, 2007, 2002 e 2001) que estiveram na condição de secos, o que representou um percentual de 22,6% do total.

A área homogênea A2, apresentou um total de dez anos (1985, 1989, 1983, 2009, 1992, 2008, 2000, 2004, 2006 e 2005) na categoria chuvoso, o que significou 32,3% de todo o período estudado. Os anos secos foram oito no total (1990, 2007, 2010, 1993, 1984, 1998, 2002 e 1981) e representou 25,8%. Os anos avaliados dentro do parâmetro normal/habitual, significou 41,9% de toda a série para esta AH.

Na A3, os anos com totais pluviométricos mais baixos (1100,1 mm - 1295,0 mm), inseridos na categoria de anos secos, foram 1999, 2007, 2002, 1981 e 1985, cerca de 16,1% de todo o período histórico levantado para aquela AH. Os valores da categoria chuvoso variou entre 1500,1 mm e 1700,0 mm e representou 12,9% do total. Os anos enquadrados na categoria normal foram significativos, vindo a totalizar 71%.

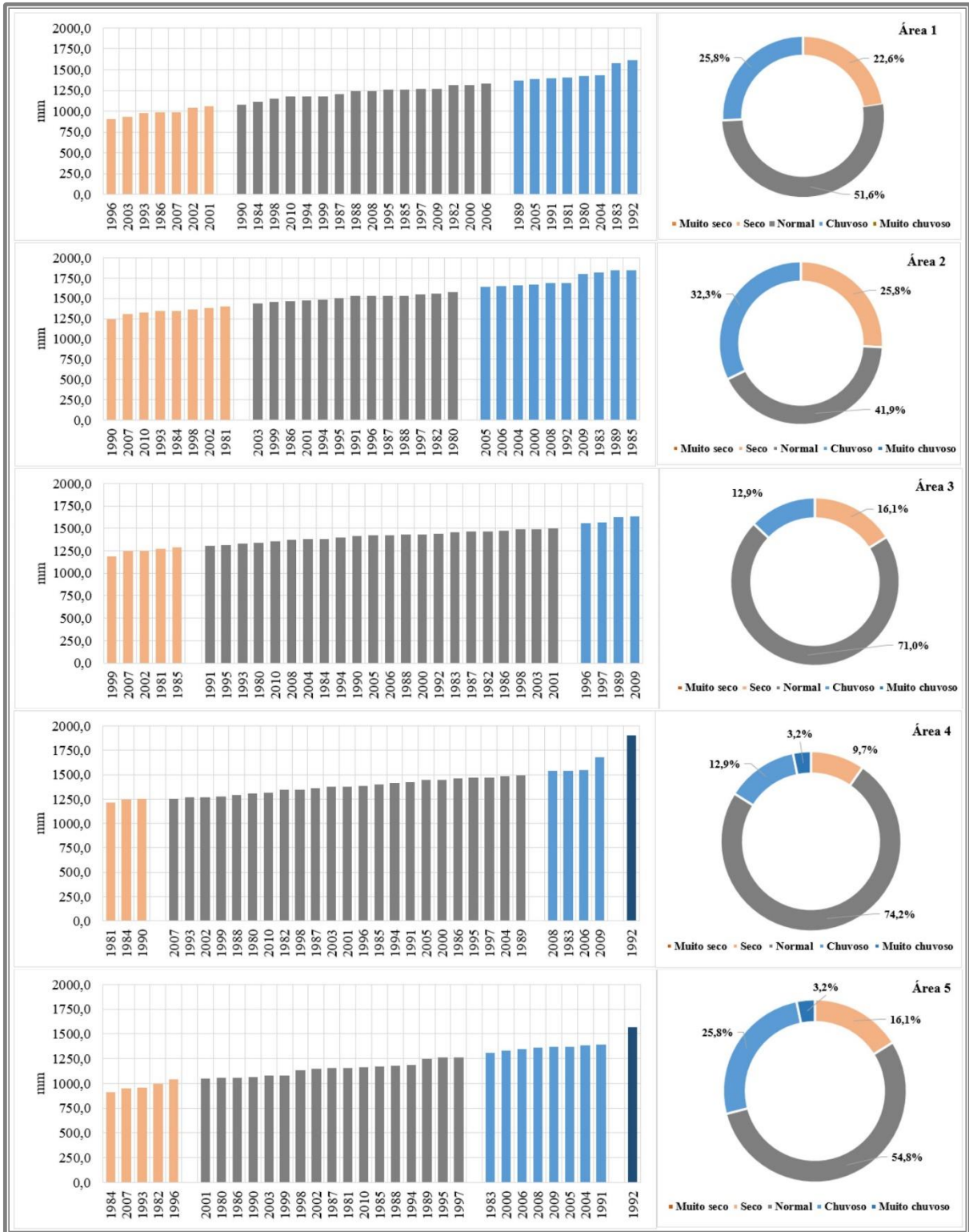


Figura 36: Distribuição quantílica para a série histórica 1980-2010. Nos gráficos da esquerda estão expostos os anos do período na categoria enquadrada e, na representação da direita, os percentuais das classes para cada uma das áreas homogêneas (A1, A2, A3, A4 e A5) do Cerrado.

Observou-se, na área homogênea A4, o registro de um ano considerado muito chuvoso (1992) o que significou 3,2% da série. O ano de 1992, segundo o CPTEC (2017) esteve sob influência do *El Niño*, cenário este desfavorável à chuva em algumas regiões do Brasil e favorável a outras regiões. Esta análise será realizada com mais ênfase no próximo tópico deste capítulo. Os anos chuvosos foram 2008, 1983, 2006 e 2009, ou seja 12,9% da série levantada, enquanto os anos secos representaram o menor valor (9,7%) de todas as áreas homogêneas, quando comparadas. Ao contrário, os anos considerados normais nesta área, foram de 74,2%, o maior percentual apontado. Na condição de normalidade foram identificados 23 anos.

Em A5 também foi registrado uma ocorrência de ano muito chuvoso (1992). Os anos chuvosos representaram 25,8%, com oito anos em evidência (1983, 2000, 2006, 2008, 2009, 2005, 2004 e 1991). Os anos inseridos na categoria como secos foram cinco (1984, 2007, 1993, 1982 e 1996) e representaram 16,1%. Cerca de 54,8% do total de anos desta AH estiveram inseridos na categoria normal, cujos valores variaram entre 1045,1 mm e 1300,0 mm.

Os totais encontrados para cada uma das categorias quantílicas são importantes para classificar determinado ano e reconhecer as necessárias ações que podem ser tomadas, ou evitadas, nos diversos segmentos e setores da sociedade. De modo geral, o ano de 1983 foi considerado como sendo o mais chuvoso para toda a série histórica, enquanto o ano de 2007 foi o ano com o menor registro de precipitação avaliada, sendo considerado como seco. Em 1983, o Cerrado esteve sob influência de um episódio *El Niño* de intensidade muito forte, e tal acontecimento será objeto de uma análise mais detalhada, sendo descrito no tópico seguinte. O ano de 2007 esteve sob domínio de um episódio de *La Niña* de intensidade moderada, a qual perdurou até o ano seguinte (2008). O ano Normal não pode ser definido como apenas um, dado que os valores correspondentes encontrados se assemelharam entre os anos de 1987, 1988, 1994 e 1995, ambos sob influência de episódios ENOS, sendo os dois primeiros sob ENOS de intensidade moderada e os outros dois de intensidade fraca.

3.4 - ANÁLISE DOS EPISÓDIOS DE *EL NIÑO* OSCILAÇÃO SUL DE INTENSIDADE MUITO FORTE, OCORRIDOS NO PERÍODO DE 1980 A 2010 E O CASO DO *EL NIÑO* DE 2015

Os episódios de *El Niño* Oscilação Sul de intensidade muito forte foram analisados, de modo a se compreender a dinâmica do fenômeno e as implicações na precipitação no Cerrado. Foram selecionados os eventos ocorridos em 1982/1983 e 1997/1998 para serem analisados. Entretanto, ao longo do desenvolvimento desta pesquisa (2015-2018) ocorreu um evento *El Niño* de grande magnitude em 2015/2016, sendo abordado pela comunidade acadêmica e pelos

institutos de monitoramento do tempo e do clima, como sendo um dos mais intensos já registrados (MCPHADEN, 2015; SANTOSO *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2017). Deste modo, optou-se por incluir neste trabalho as possíveis influências, bem como identificar qual a relação deste fenômeno (2015/2016) com os outros dois registrados em 1982/1983 e 1997/1998 na precipitação do Cerrado.

Os *El Niños* de 1982/1983, 1997/1998 e 2015/2016 não foram apenas os mais intensos em registros observacionais modernos, mas também os mais peculiares. Eles exibem características incomuns distintas de qualquer outro *El Niño* observado até então (SANTOSO *et al.*, 2017).

A figura 37 ilustra a série do ONI do período de 1980-2016, baseado na média trimestral da região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial. Nota-se que de acordo com a metodologia estabelecida, os anos selecionados (1982/1983, 1997/1998 e 2015/2016) apresentaram uma intensidade muito forte para o fenômeno.

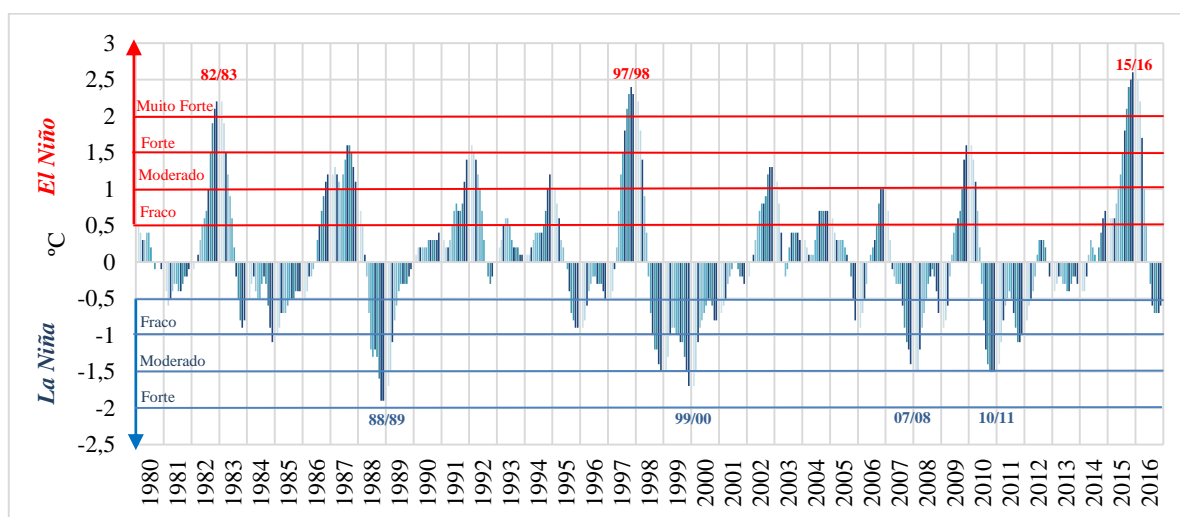


Figura 37: Série de ONI do período de 1980-2016, baseado na média trimestral da região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial. Os eventos são definidos como cinco períodos consecutivos de sobreposição de três meses ou acima da anomalia de 0,5°C para eventos quentes (*El Niño*) ou abaixo da anomalia -0,5°C para eventos frios (*La Niña*). A intensidade do fenômeno *El Niño* foi classificado em quatro categorias: **Fraco** (com anomalia de 0,5°C a 0,9°C), **Moderado** (1,0°C a 1,4°C), **Forte** (1,5°C a 1,9°C) e **Muito forte** ($\geq 2,0^\circ\text{C}$). Fonte: NOAA, (2017). Elaboração: Autor. Disponível em: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em maio de 2018.

3.4.1 - O *EL NIÑO* DE 1982/1983

A partir de agosto de 1982, foi registrado um dos eventos mais fortes do fenômeno *El Niño*, desde que foram mantidos os registros desses eventos. O início se deu em agosto de 1982, quando a média móvel de três meses da anomalia de temperatura na região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial, baseados num limite de $\pm 0,5^\circ$ Celsius, indicou que os meses seguintes estariam sob a influência deste fenômeno. Normalmente, quando as temperaturas da superfície do mar

(TSM) excedem em 0,5° Celsius, na média móvel de três meses da anomalia de temperatura na região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial, é considerado o início de um *El Niño* (NOAA, 2017).

Essas mudanças fazem com que o Pacífico Oeste, normalmente úmido, vivencie condições de seca, e o Pacífico Central e Oriental, registrem um número maior de ocorrências de chuvas. O *El Niño* de 1982-83, quando no ápice do aquecimento da superfície do mar, atingiu uma anomalia positiva de 2,8° Celsius no Pacífico Equatorial, particularmente na região *Niño* 3.4. Tal temperatura é um indicativo de quão forte este evento foi, quando comparado a outros eventos constantes nos registros históricos.

A análise do ENOS, acontecido entre os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983 e classificado de intensidade muito forte, será apresentada com foco no objeto de estudo desta pesquisa: o Cerrado Brasileiro, dado a importância em se analisar os impactos, variações e anomalias pluviométricas ocorridos ao longo destes quatorze meses de atuação no bioma. A evolução do ENOS, neste período, pode ser vista na figura 38, sendo que a área pontilhada demonstra os meses em que o fenômeno se apresentou na fase mais forte (novembro de 1982 a janeiro de 1983).

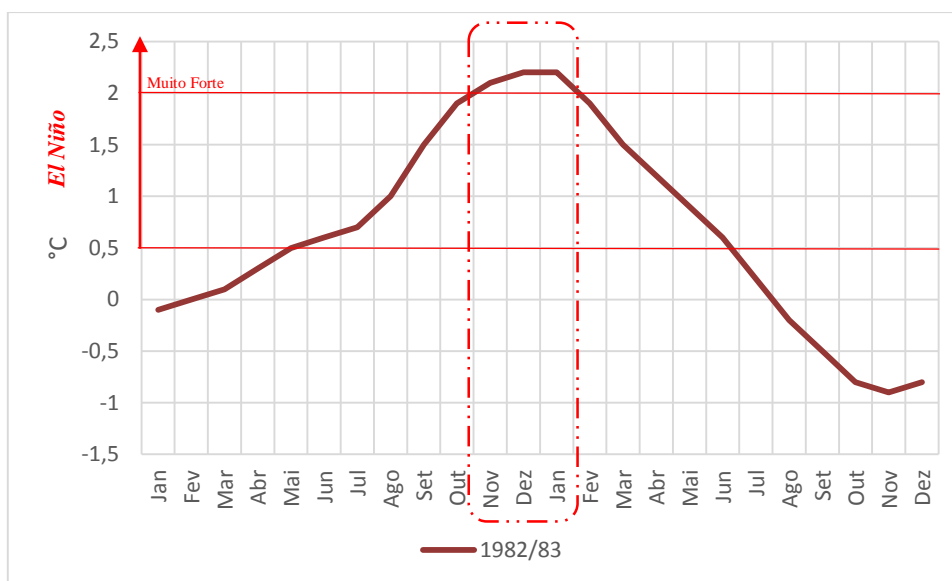


Figura 38: Série do ONI, baseado na média trimestral da região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do *El Niño*, ocorrido no período de 1982/83.

Fonte: NOAA, (2017).

Disponível em: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em maio de 2018.

A constatação de um possível evento ENOS em 1982, começou a ser observado em agosto daquele ano, quando a TSM no Pacífico Equatorial se apresentou com anomalia positiva de 1,1°C e temperatura de 27,9°C, na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017). Particularmente próximo à costa do Peru e Equador, conforme o mapa de anomalia da TSM, inserido na figura 39, chamada de *Niño* 1+2, a anomalia foi de 1,1°C e a TSM registrada foi de 21,8°C (NOAA, 2017).

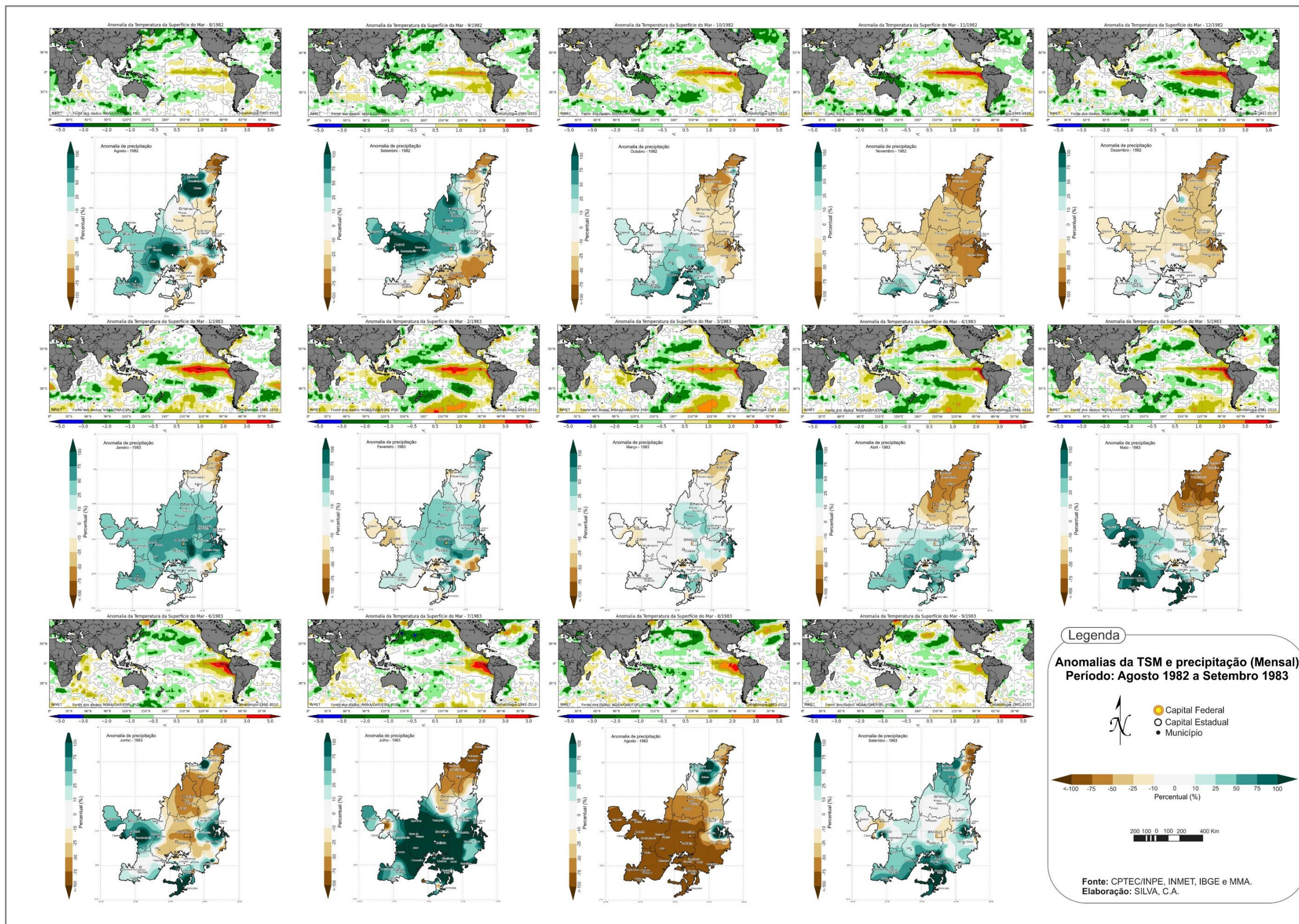


Figura 39: Cenário do El Niño 1982 - 1983 de intensidade muito forte. Na figura aparecem os gráficos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) de agosto de 1982 a setembro de 1983 e, também, os mapas de anomalias, com valores percentuais de precipitação para cada mês. A referência de análise são as Normais Climatológica (1981-2010). Elaboração: SILVA, C.A.

Com o fenômeno em ascensão, a região Centro-Oeste do Brasil registrou chuvas acima da Normal Climatológica (1981-2010) para o mês de agosto, com destaque para o eixo centro-oeste do Cerrado, conforme exposto na figura 40, e também em partes do Maranhão e Piauí cujas precipitações estiveram muito acima da média histórica. Ao contrário, o extremo norte, bem como o sudeste do Cerrado, apresentaram anomalias negativas entre 75% e 100% do total avaliado.

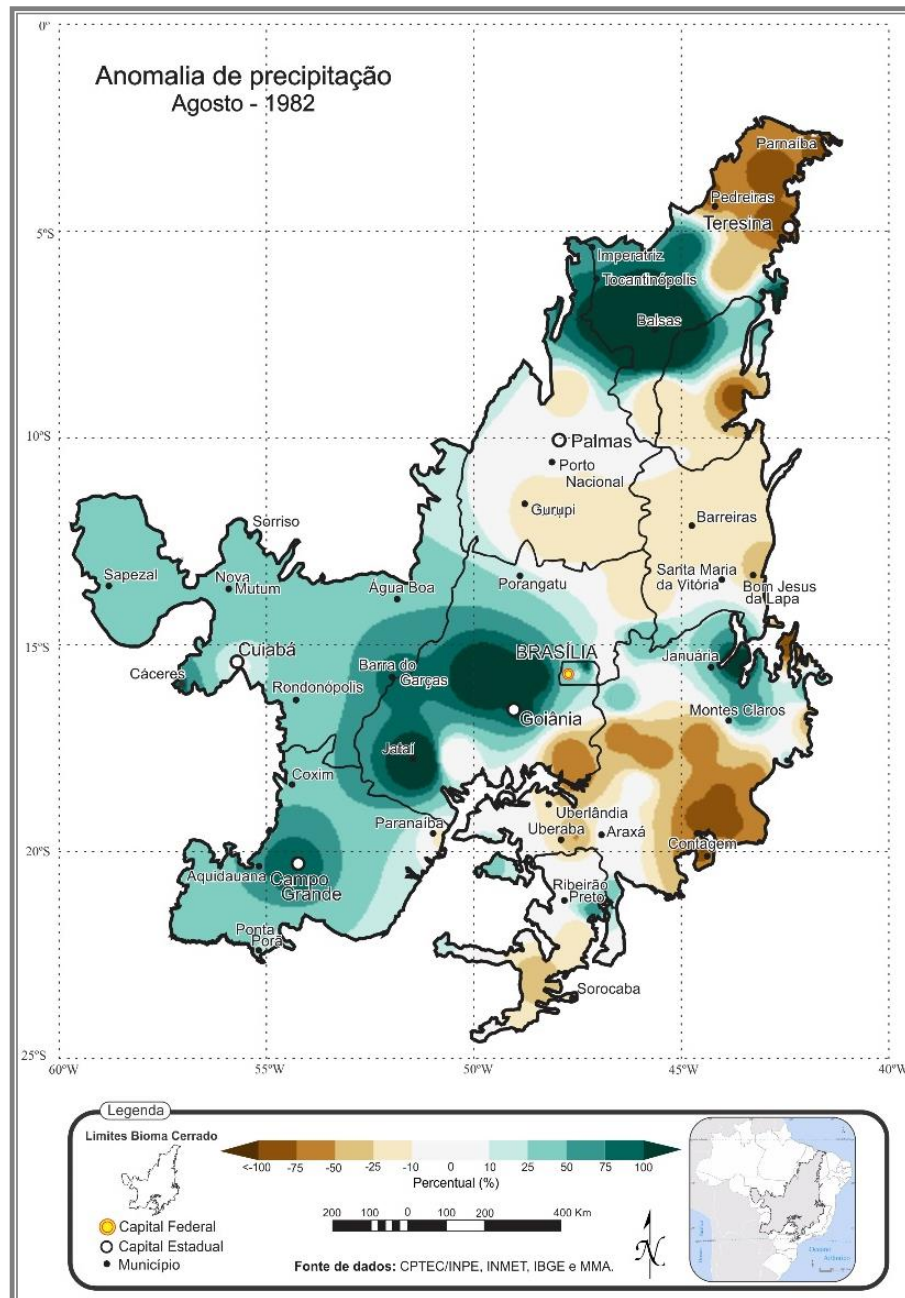


Figura 40: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de agosto de 1982.

Na análise das precipitações no mês de setembro de 1982, foram observadas anomalias positivas no eixo centro-oeste do Cerrado, conforme pode ser visto na figura 41, a seguir. Naquele mês, constatou-se uma maior ocorrência de áreas contidas na faixa próxima à Normal de precipitação. As regiões norte e sudeste do Cerrado continuaram a apresentar, como no mês anterior, anomalias negativas, porém mais acentuadas, entre 10% e 75%. A TSM continuou a ascendência na região *Niño* 3.4, com anomalia positiva de 1,4°C e temperatura de 28,1°C (NOAA, 2017).

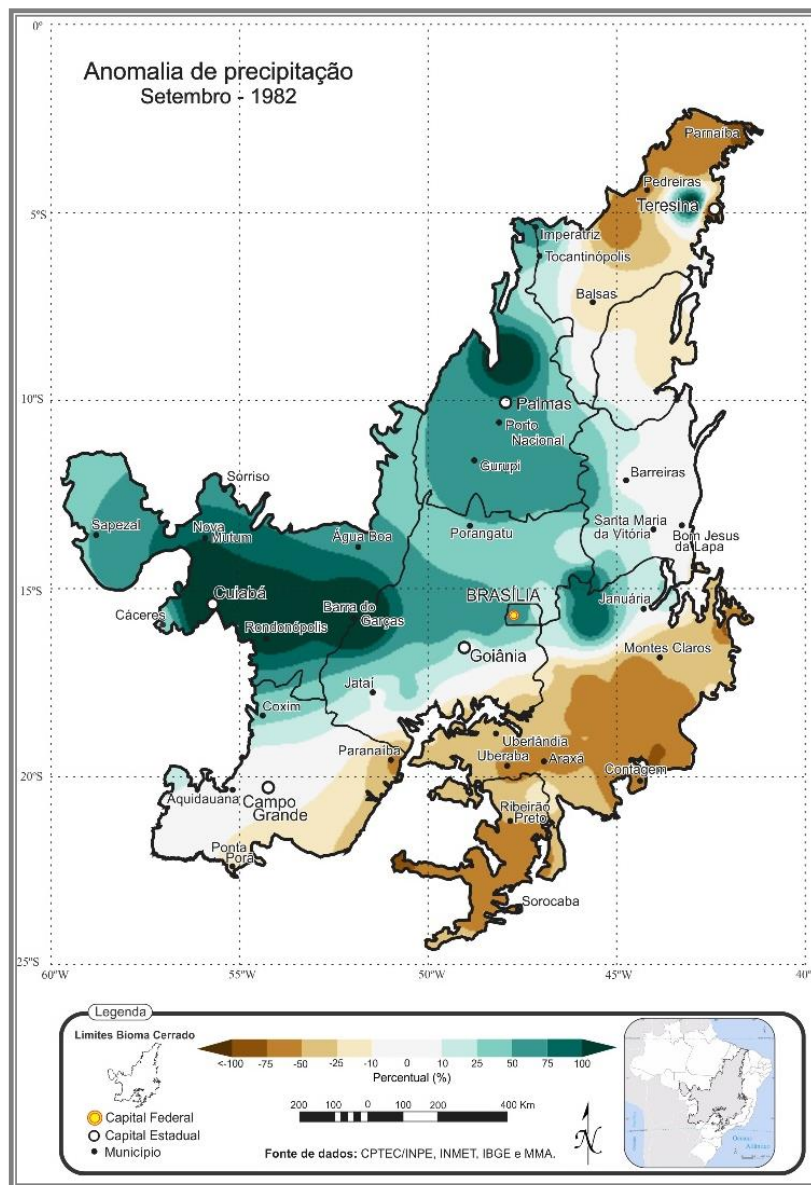


Figura 41: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de setembro de 1982.

Em outubro de 1982, o fenômeno ENOS progrediu no seu desenvolvimento, sendo constatado que a TSM aumentou sua área de atuação sobre o Pacífico Central, de acordo com o demonstrado no mapa de anomalia da TSM, contido na figura 39. Na região *Niño* 3.4 a

anomalia de TSM foi de $2,0^{\circ}\text{C}$, e a TSM de $28,6^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). O ONI permaneceu positivo, acima de $0,5^{\circ}\text{C}$, pelo quarto mês consecutivo. Destacaram-se em outubro, conforme pode ser visto na figura 42, as anomalias negativas nas regiões leste-norte, enquanto as áreas do centro-sul apresentaram anomalias positivas de precipitação, num percentual de até 100% acima da Normal Climatologia no extremo sul da área do bioma.

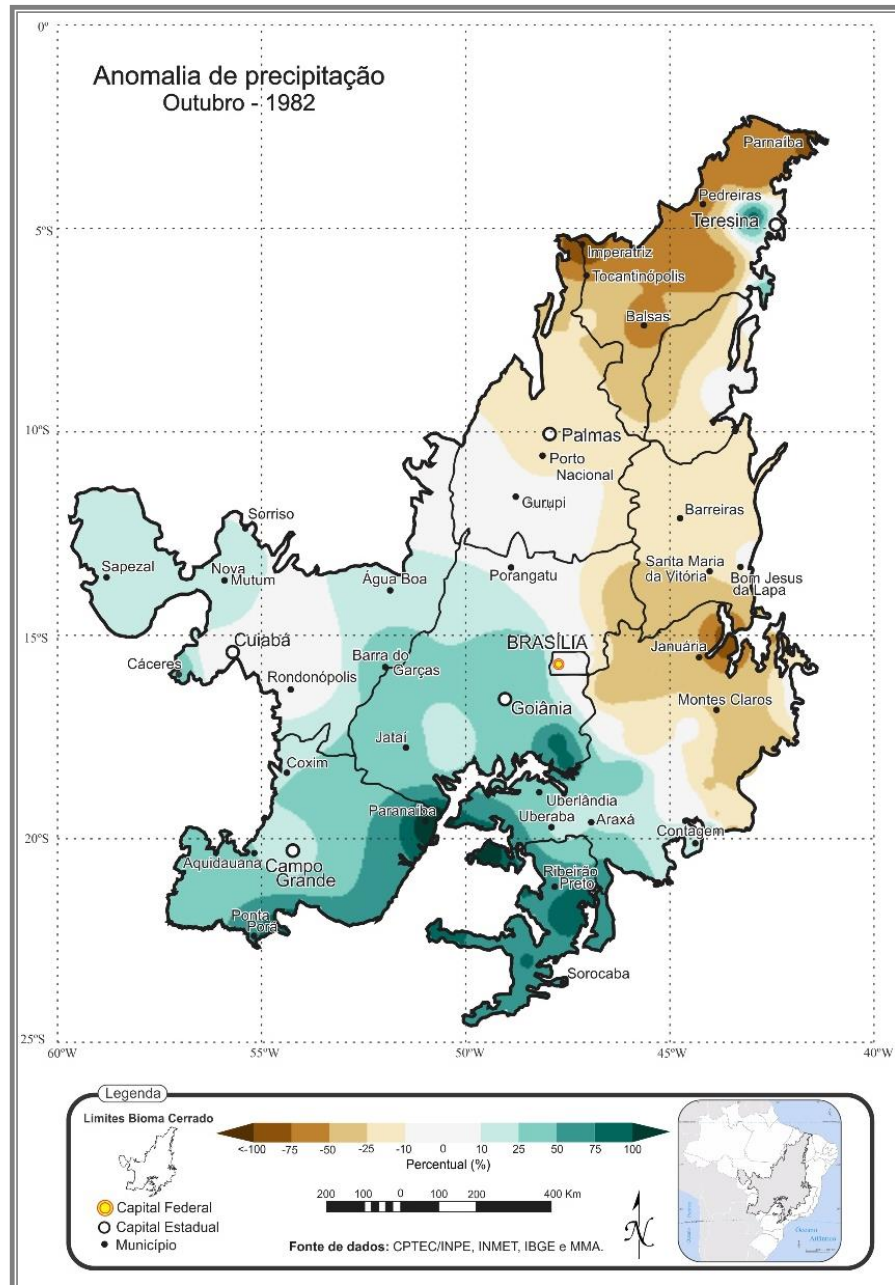


Figura 42: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de outubro de 1982.

Em novembro de 1982, constatou-se que o fenômeno ENOS estava consolidado, apresentando valores de TSM e ONI elevados. A TSM no mês de novembro, junto à costa oeste da América do Sul, na região *Niño* 1+2, foi de $24,6^{\circ}\text{C}$, e seguindo a análise no sentido oeste,

percebeu-se que apresentou uma evolução considerável na propagação do aquecimento das águas sobre o Pacífico Equatorial Leste e Central, expandindo-se até a região *Niño* 3.4, cuja TSM atingiu 28,8°C (NOAA, 2017). O mapa de anomalia de precipitação para o mês de novembro de 1982, representado pela figura 43, registrou sobre o Cerrado um desvio negativo em quase a totalidade da área, excetuando o extremo sul, as quais apresentaram anomalias positivas. O extremo leste apresentou as maiores anomalias negativas, particularmente em Minas Gerais, com percentual entre 75% e 100%.

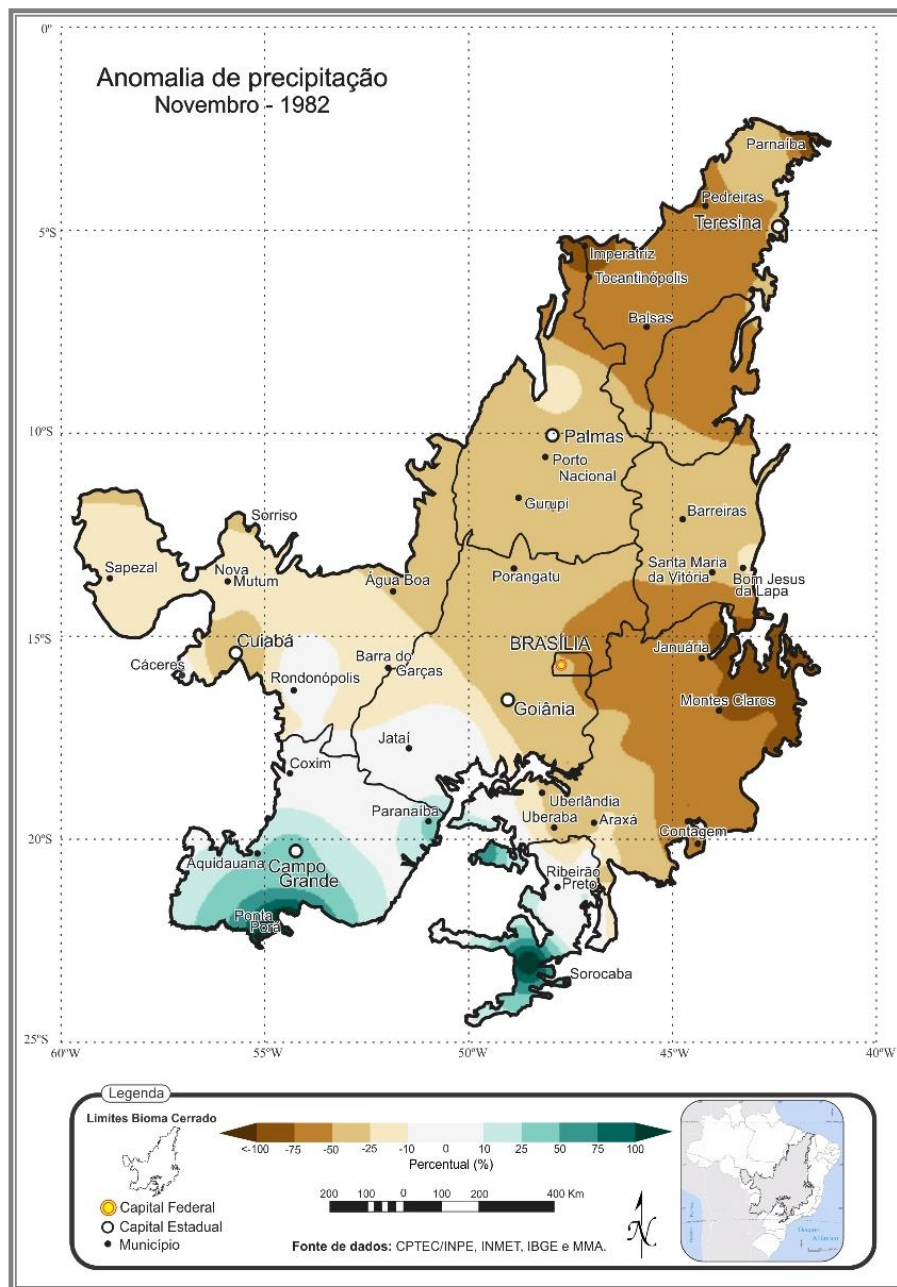


Figura 43: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de novembro de 1982.

Em dezembro de 1982, o *El Niño* permaneceu com características de intensidade forte e com a TSM junto à costa oeste equatorial da América do Sul, na região *Niño* 1+2, em $26,1^{\circ}\text{C}$, o que representou uma anomalia positiva de $3,3^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). Na região *Niño* 3.4, a anomalia registrada foi de $2,6^{\circ}\text{C}$ e a TSM nessa região de $29,2^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). Pode-se observar no mapa de anomalia da TSM, contido na figura 39, que houve uma ligeira expansão sobre o Pacífico Equatorial Leste e Central das águas quentes no sentido norte-sul, devido ao aumento da TSM.

A precipitação sobre o Cerrado foi abaixo da Normal durante o mês de dezembro, cuja principal característica são os acumulados mensais de chuvas, que ficaram entre 10% e 50% abaixo da média para o período, excetuando o extremo sul do Cerrado que registrou uma pequena anomalia positiva naquela região, conforme observado na figura 44, a qual apresenta o mapa da anomalia do mês.

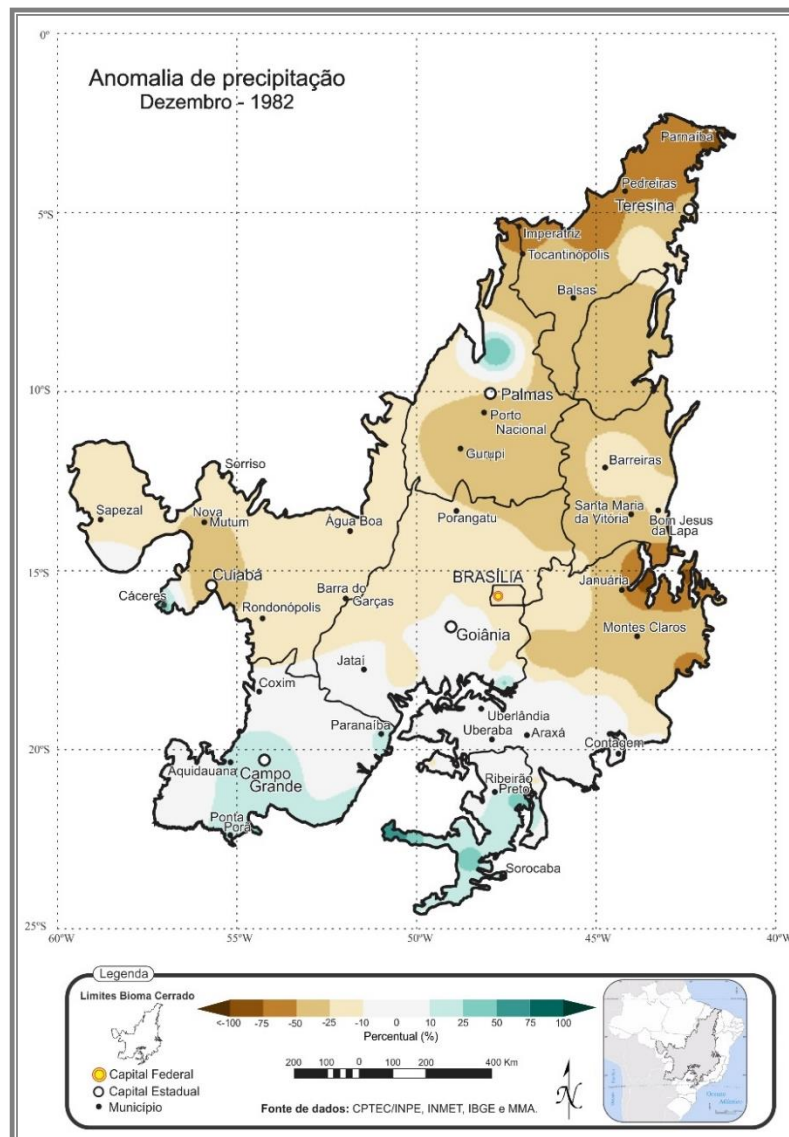


Figura 44: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de dezembro de 1982.

A figura 45 demonstra a evolução das anomalias da temperatura da superfície do mar na região *Niño* 3.4, sendo constatado que o mês de janeiro de 1983 apresentou a maior anomalia desta série, com valor de 2,8°C, decaindo nos meses subsequentes (NOAA, 2017).

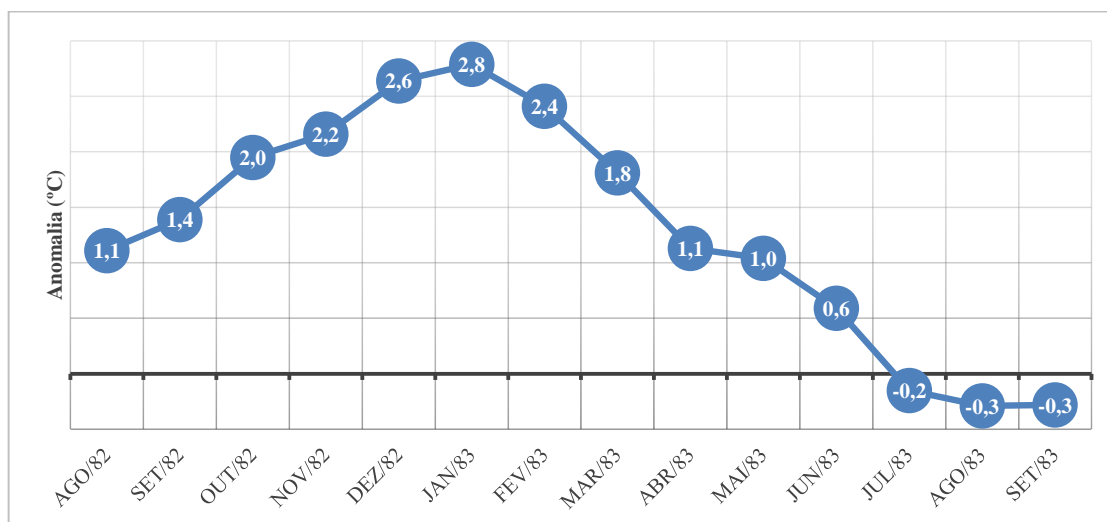


Figura 45: Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região *Niño* 3.4 para o período de agosto de 1982 a setembro de 1983.

Fonte: NOAA, 2017. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 23 de maio de 2017.

O mês de janeiro de 1983 foi marcado pelo recorde da intensidade do ENOS que ainda se manteve como muito forte. A TSM foi de 29,4°C na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017), enquanto o índice ONI manteve-se positivo (2,5) pelo sétimo mês seguido. Quanto às anomalias de precipitação (figura 46), algumas áreas do Cerrado apresentaram as maiores anomalias positivas de precipitação, em partes de Goiás, Minas Gerais, Bahia, Tocantins e, Distrito Federal. Poucas áreas, particularmente no extremo norte do Cerrado e alguns núcleos em Minas Gerais, na área leste do bioma, apresentaram anomalia negativa, variando entre 10% e 75%. Observou-se em janeiro daquele ano que a maior parte do Cerrado registrou chuvas acima da média habitual para o mês, o qual geralmente apresenta-se chuvoso, dado a dinâmica da precipitação para esta área.

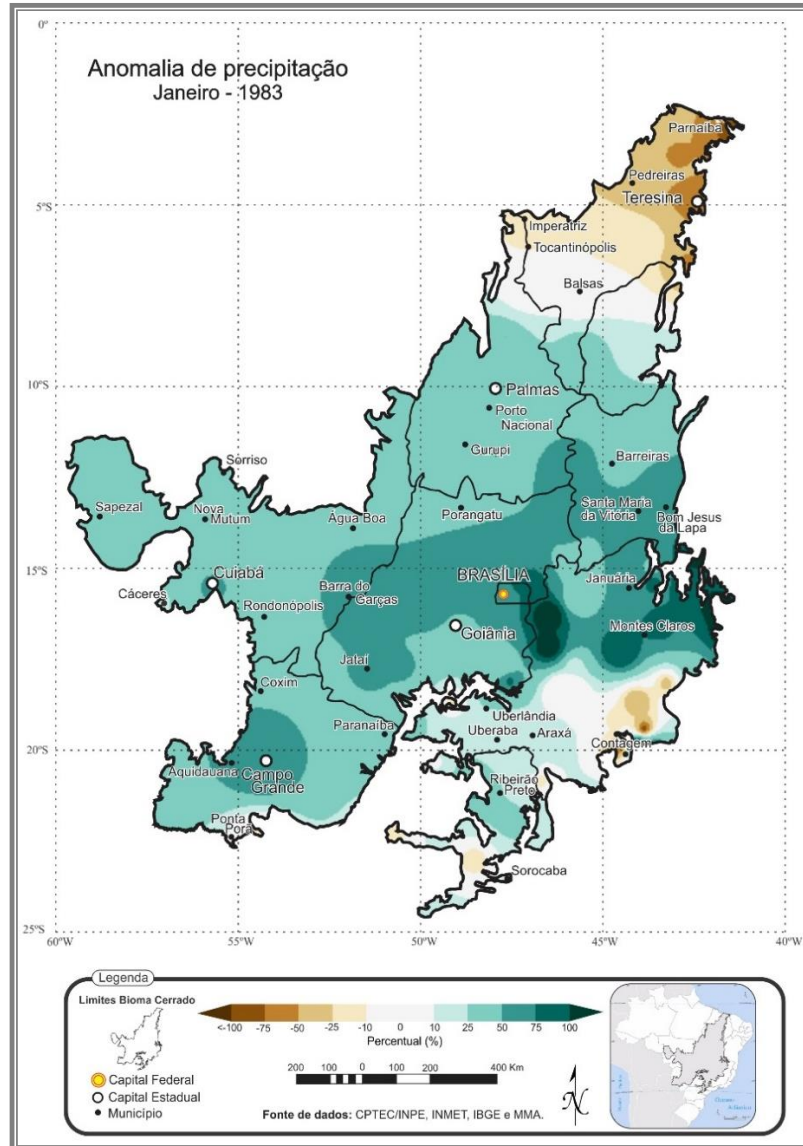


Figura 46: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de janeiro de 1983.

O ENOS, em fevereiro de 1983 permaneceu com intensidade forte, entretanto, a TSM no Pacífico Equatorial Central, principiou uma diminuição da temperatura, ficando em torno de $29,1^{\circ}\text{C}$, ou seja, com anomalia positiva de $2,4^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). Apesar da redução da temperatura das águas do Pacífico, o ENOS ainda se manteve intenso e bem definido, conforme pode ser visto no mapa de anomalia da TSM do mês de fevereiro de 1983, inserido na figura 39. Historicamente o mês apresentou ao longo da série pesquisada, um significativo acumulado pluviométrico, principalmente no Centro-Oeste do Brasil. Assim sendo, verificou-se que na maior parte do Cerrado, conforme exposto na figura 47, particularmente no eixo norte-sul, uma anomalia positiva entre dez e 75% acima da média climatológica. O extremo oeste, bem como a região sudeste do Cerrado, apresentou uma variação negativa de precipitação que variou entre 10% e 50%.

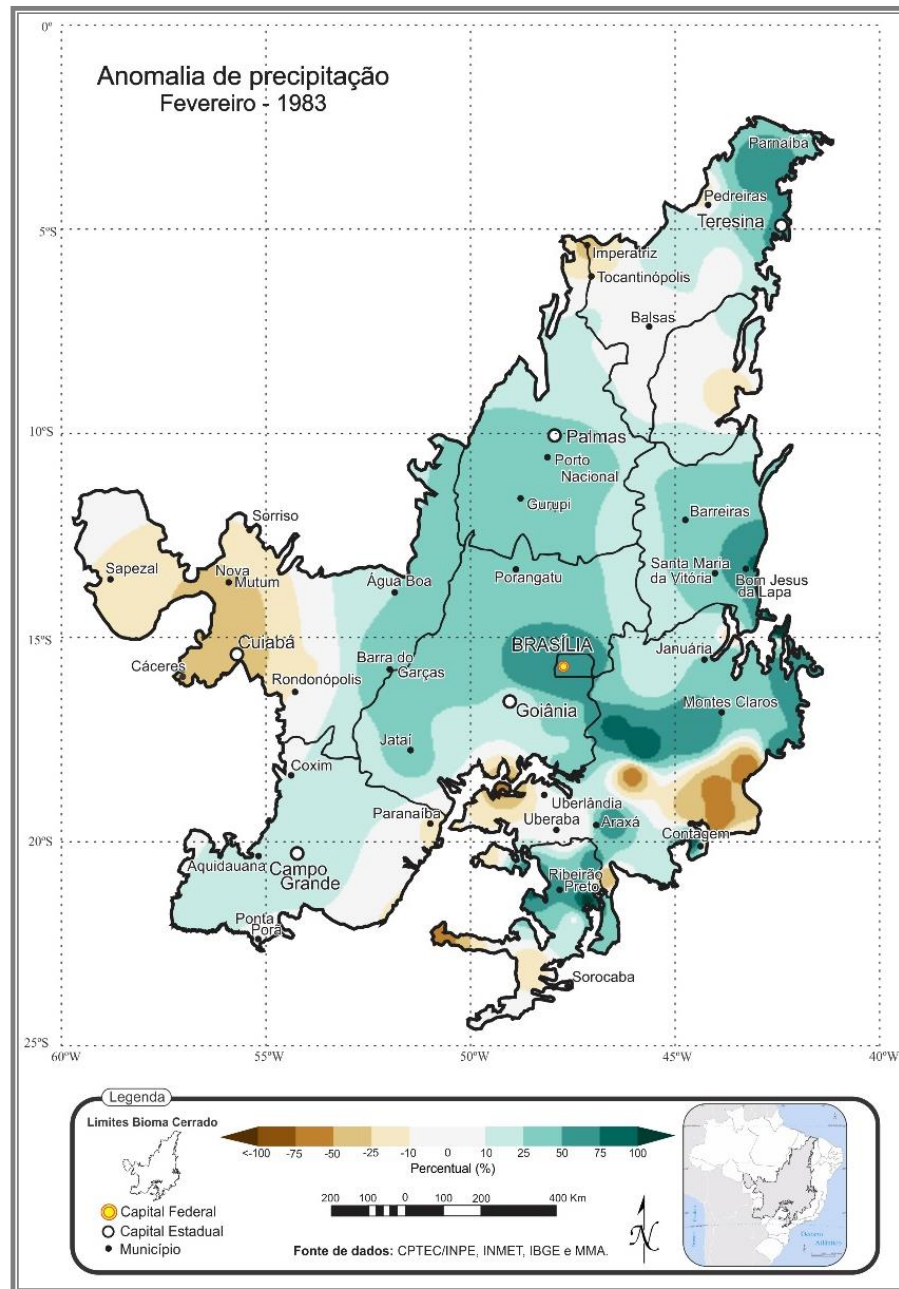


Figura 47: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de fevereiro de 1983.

Em março de 1998, mês que marcou o início da estação outono no Hemisfério Sul, o ENOS permaneceu com seus totais em declínio, fazendo com que o fenômeno perdesse intensidade. A TSM, também em decaimento, registrou 29°C na região *Niño* 3.4 e, anomalia de $1,8^{\circ}\text{C}$, sobre o Pacífico Equatorial (NOAA, 2017). A regressão da TSM é evidente no mapa de anomalia da TSM de março de 1983, em comparação com os meses anteriores de fevereiro de janeiro de 1983, ambos inseridos na figura 39. Quanto a anomalia de precipitação, registrou-se um núcleo de anomalias negativas de até 75% abaixo da média na região norte do Cerrado, enquanto que no setor leste, seguindo no eixo leste-centro-oeste, foram constatadas anomalias

de até 100% acima da Normal climatológica de precipitação. O restante das áreas do Cerrado permaneceu com os totais inseridos nos padrões habituais de precipitação, conforme pode ser observado na figura 48, a seguir.

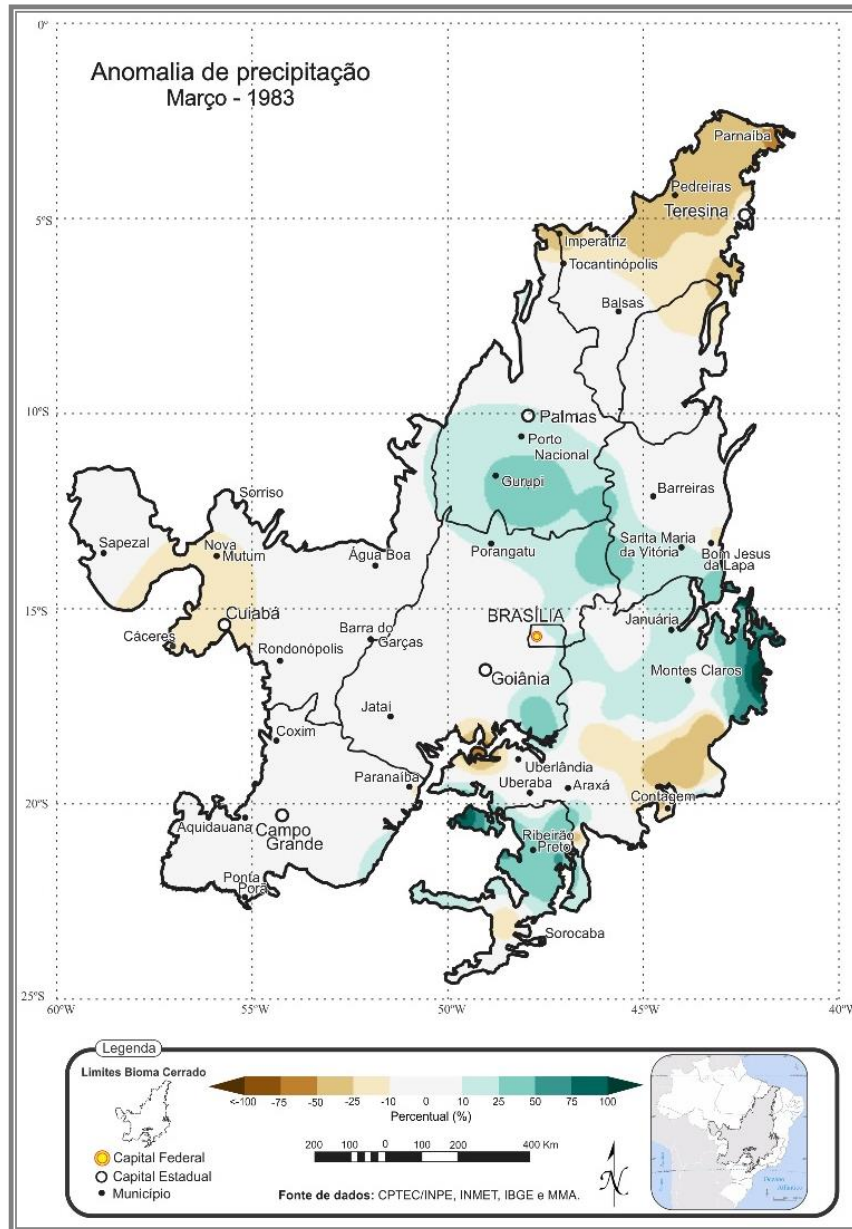


Figura 48: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de março de 1983.

Em abril de 1983, o *El Niño* continuou a perder intensidade, com as anomalias de TSM no Pacífico Equatorial (região *Niño* 3.4) de $1,1^{\circ}\text{C}$ e TSM de $28,9^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). O mapa de anomalia da TSM do mês de abril, inserido na figura 39, demonstrou que no Pacífico Equatorial Central houve uma retração, uma diminuição das temperaturas superficiais, ficando os maiores valores próximos à costa da América do Sul. A anomalia de precipitação daquele mês (figura 49) evidenciou duas regiões distintas do Cerrado: a parte norte com anomalias negativas, entre

10% e 75%, e a parte sul com percentual positivo entre 10% e 75%. O extremo oeste apresentou anomalias negativas de precipitação para o mês de abril. Estas áreas identificadas com desvios positivos de precipitação, ocorreu em mais de 50% da área do Cerrado, particularmente no eixo centro-sul.

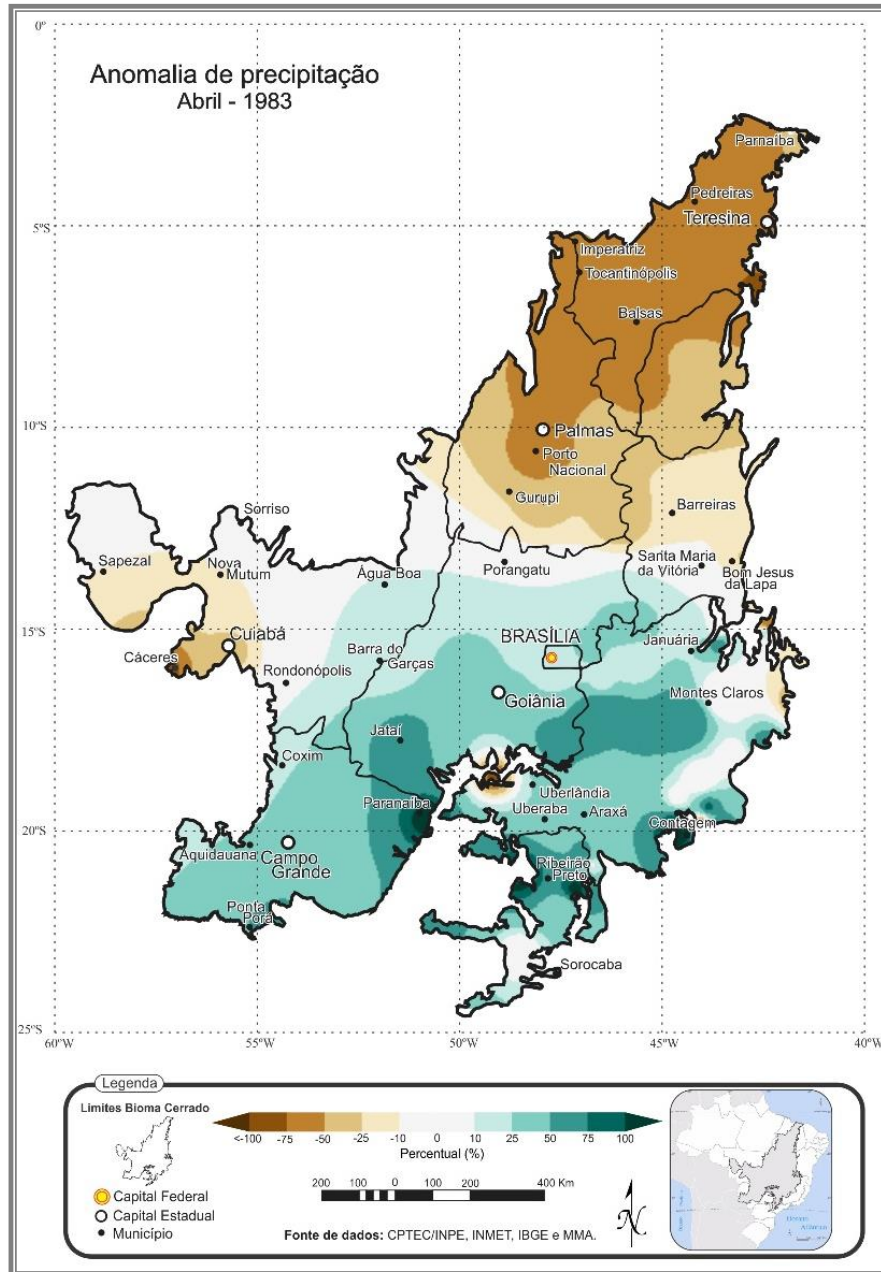


Figura 49: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de abril de 1983.

A novidade do mês de maio de 1983 foi o registro do aumento da TSM em outras regiões de medição *Niño*, particularmente na *Niño* 1+2. Observa-se no mapa de anomalia, figura 50, da TSM do mês de abril de 1983 (A), que houve uma retração no Pacífico Equatorial da anomalia positiva de TSM, principalmente na região central, e no mês seguinte, maio de 1983 (B), a

mancha de TSM avançou sobre o Pacífico Equatorial e a TSM aumentou próximo da costa da América do Sul, junto da *Niño* 1+2.

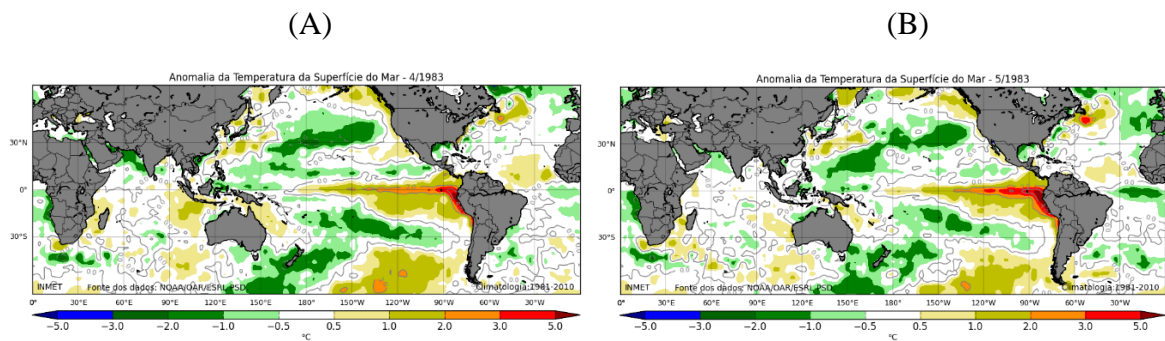


Figura 50: Anomalia da Temperatura do Mar em abril de 1983 (A) e maio de 1983 (B). Observa-se o aumento da anomalia da TSM, durante o mês de maio, quando em abril já apresentava retração da temperatura.

A figura 51 apresenta o gráfico da anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região *Niño* 1+2, para o período de agosto de 1982 a setembro de 1983. O destaque é dado aos meses de março a junho de 1983 os quais registraram um aumento da TSM na região ora citada. O ápice da anomalia da TSM aconteceu em junho de 1983, a qual registrou positivamente 4,6°C, o maior valor registrado para o período de 1980 a 2016 (NOAA, 2017).

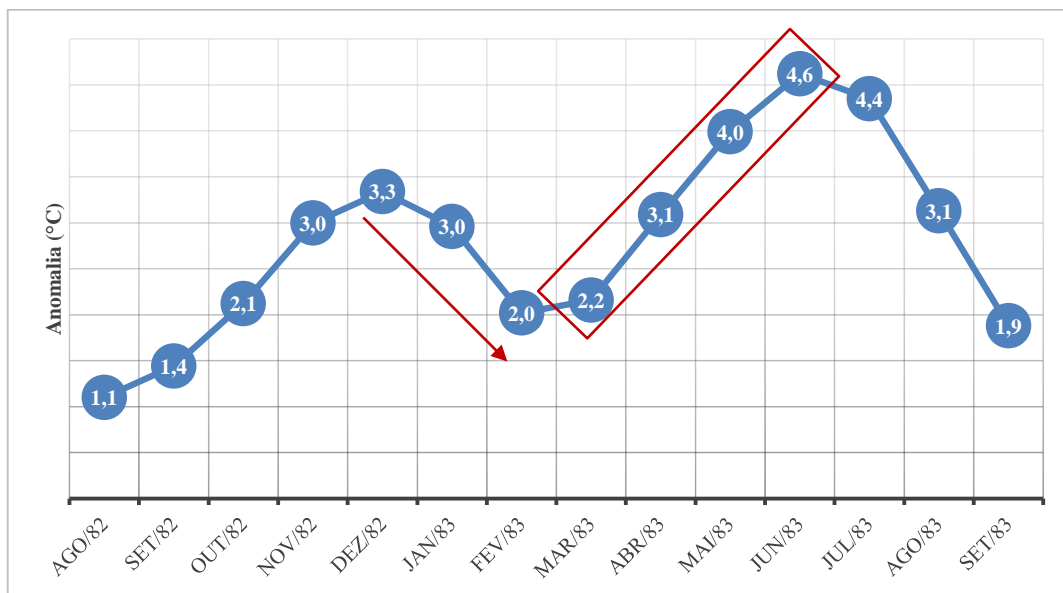


Figura 51: Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região *Niño* 1+2 para o período de agosto de 1982 a setembro de 1983. Destaque para o meses de março a junho de 1983os quais apresentaram um aumento da anomalia TSM, após o decaimento que acontecia.

Fonte: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/ens0/indicators/sst/>
Acesso em 23 de maio de 2017.

O Cerrado também apresentou variações de precipitação para os meses citados. Na região sudoeste do bioma, observou-se um aumento da anomalia positiva de precipitação, atingindo níveis acima dos 100% da Normal climatológica, conforme demonstrado na figura 52. Em partes de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, foi identificada acentuada anomalia positiva, caracterizando as fortes chuvas que ocorreram, decorrente do ENOS atuante, vindo a refletir em grande área do bioma, cuja normal de precipitação, historicamente, apresentaria uma variação entre 50% a 100%, no sul do Cerrado neste mês. Na área central do bioma, seguindo a análise no sentido norte, observou-se um aumento significativo do percentual de anomalia negativa, entre 10% e 75%.

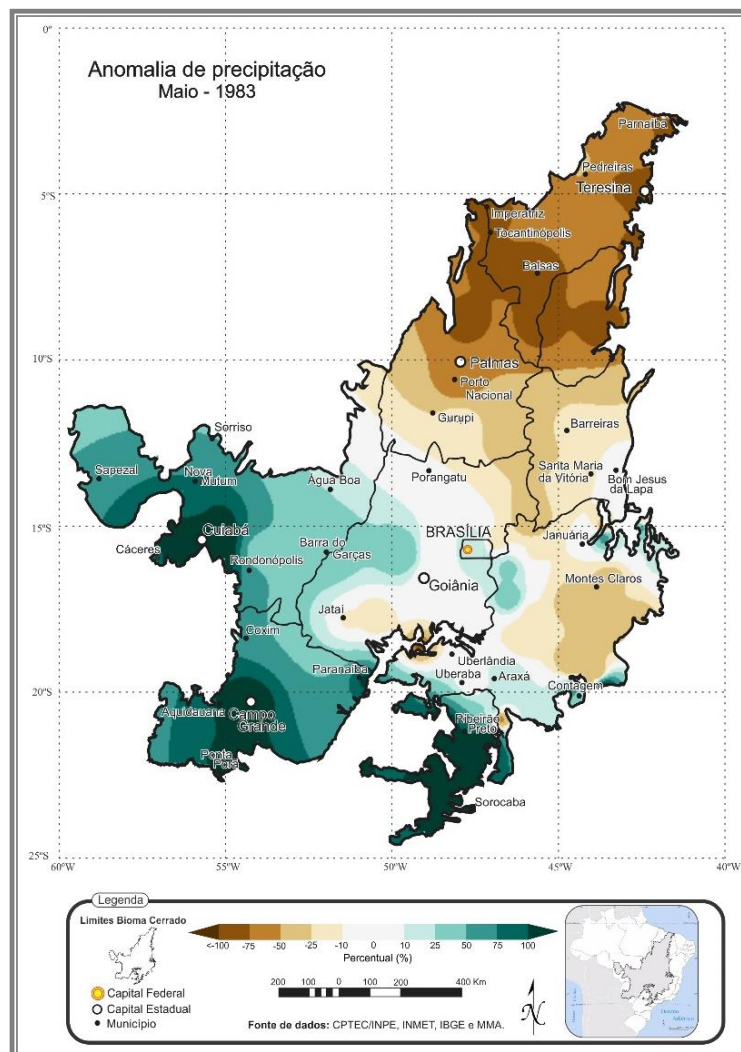


Figura 52: Anomalia de precipitação para o mês de maio. Fonte: INMET. Modificado pelo autor

Em junho de 1983, a TSM no Pacífico Equatorial, na região *Niño* 3.4, retraiu em direção à costa do continente. Observa-se, no mapa de anomalia da TSM do referido mês, contido na figura 39, que na região *Niño* 1+2 havia uma grande área de concentração das TSM acima da média, atingindo o maior valor já registrado, ou seja, uma anomalia positiva de 4,6°C (NOAA,

2017). O índice ONI foi de 1,2 (NOAA, 2017) e indicou o possível retorno da retração dos valores de TSM para o mês subsequente. Anomalias negativas de precipitação foram registradas no eixo centro-norte, com percentuais de até 75% abaixo da média de chuvas, podendo ser visto no mapa de anomalia de precipitação na figura 53, a seguir. Áreas do leste, sudeste e extremo oeste do Cerrado apresentaram anomalias positivas, em sua maior parte acima de 100% da Normal climatológica para o referido mês, caracterizado por estar na estação seca e ter, historicamente, um baixo valor de precipitação acumulada, atingindo até mesmo 0 (zero) milímetros, em grande parte do bioma.

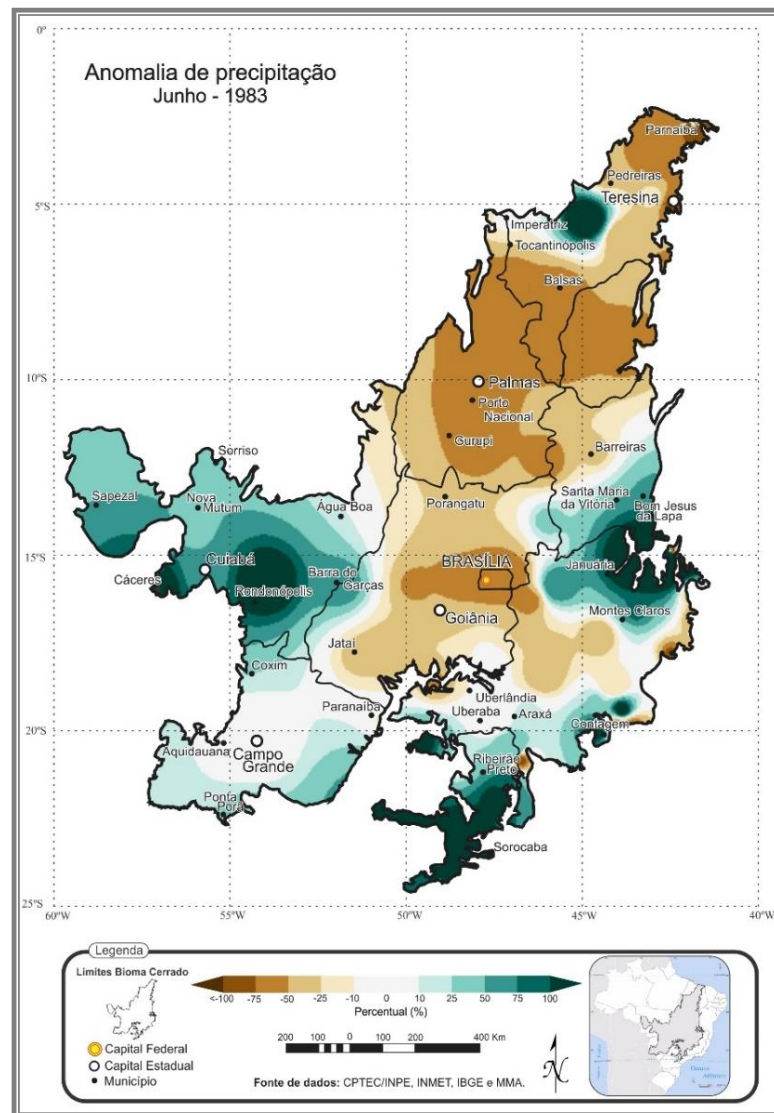


Figura 53: Anomalia de precipitação para o mês de junho de 1983.

Os meses de julho e agosto de 1983 foram significativos para análise do ENOS, onde constatou-se que o fenômeno ENOS estava em sua fase final, declinando os valores de TSM e ONI. A anomalia da TSM na região *Niño* 1+2, em julho e agosto, foram respectivamente de 4,4°C e 3,1°C (NOAA, 2017). O mês de julho foi consolidado como um dos que

apresentaram os maiores volumes de precipitação durante a ocorrência de um *El Niño*, com valores de TSM e ONI superiores, em sua maioria, aos registros históricos já computados. Julho habitualmente tende a ser seco no Cerrado, com pouca nebulosidade e baixa umidade relativa do ar, entretanto, aquele intervalo de tempo apresentou valores desses parâmetros muito acima da média climatológica para o referido mês (INMET, 2018a; CPTEC, 2017).

Os mapas de anomalias de precipitação para os meses de julho e agosto foram antagônicos (Figura 54). Enquanto o mês de julho (A) apresentou anomalias positivas, acima de 100% da Normal Climatológica de precipitação, para o eixo centro-sul do Cerrado, e anomalias negativas de até 75% abaixo da Normal, na região norte da área; o mês de agosto (B) exibiu valores negativos de anomalia para o mesmo eixo centro-sul de até 100% abaixo da média, com exceção de uma área no extremo leste e outra na região norte que apresentaram anomalias positivas de precipitação.

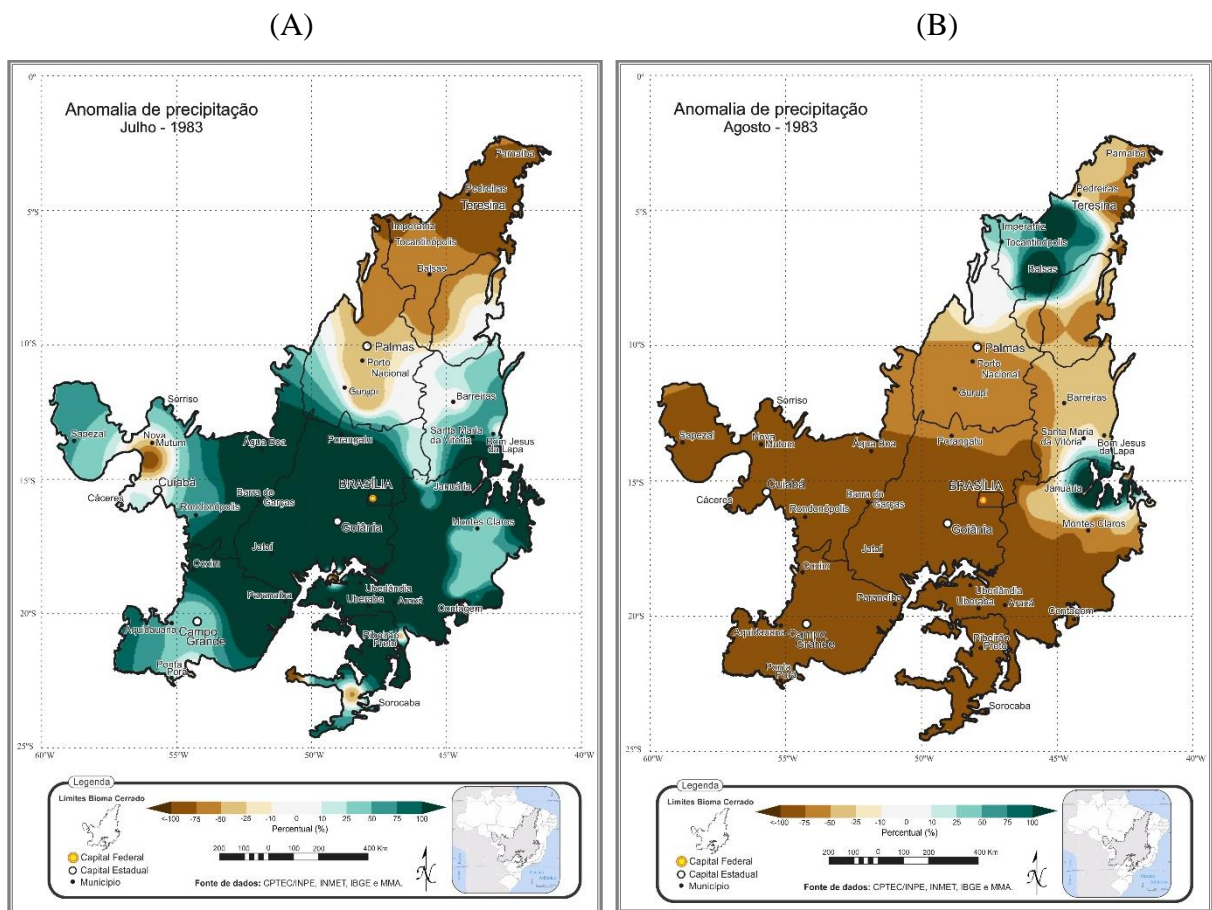


Figura 54: Anomalias de precipitação para os meses de julho (A) e agosto (B) de 1983.

O mês de setembro de 1983 foi decisivo para o *El Niño*, pois os valores oceânicos-atmosféricos analisados sugeriram que ele se encontrava em sua fase final, assim como as anomalias de TSM no Pacífico Equatorial que diminuiram durante o mês, fazendo com que a

média mensal fosse menor que o mês anterior. O ONI, pela primeira vez, após meses, ficou próximo de zero. O mapa de anomalia de TSM do mês de setembro, inserido na figura 39, expõe a quase totalidade da mancha de TSM na região *Niño* 1+2, próximo à costa. Quanto a anomalia de precipitação do Cerrado, observou-se, conforme demonstrada na figura 55, que na maior parte do Cerrado, as anomalias de precipitação foram positivas, com exceção da parte central, cujas anomalias ficaram próximas à média climatológica para o mês. Em especial, o extremo norte/nordeste do Cerrado registrou anomalias negativas, entre 50% e 75% abaixo da Normal Climatológica de referência (1981-2010) para o mês de setembro. Alguns outros núcleos de anomalias negativas foram registrados no centro e oeste do bioma, que variaram entre 10% e 25% abaixo da média.

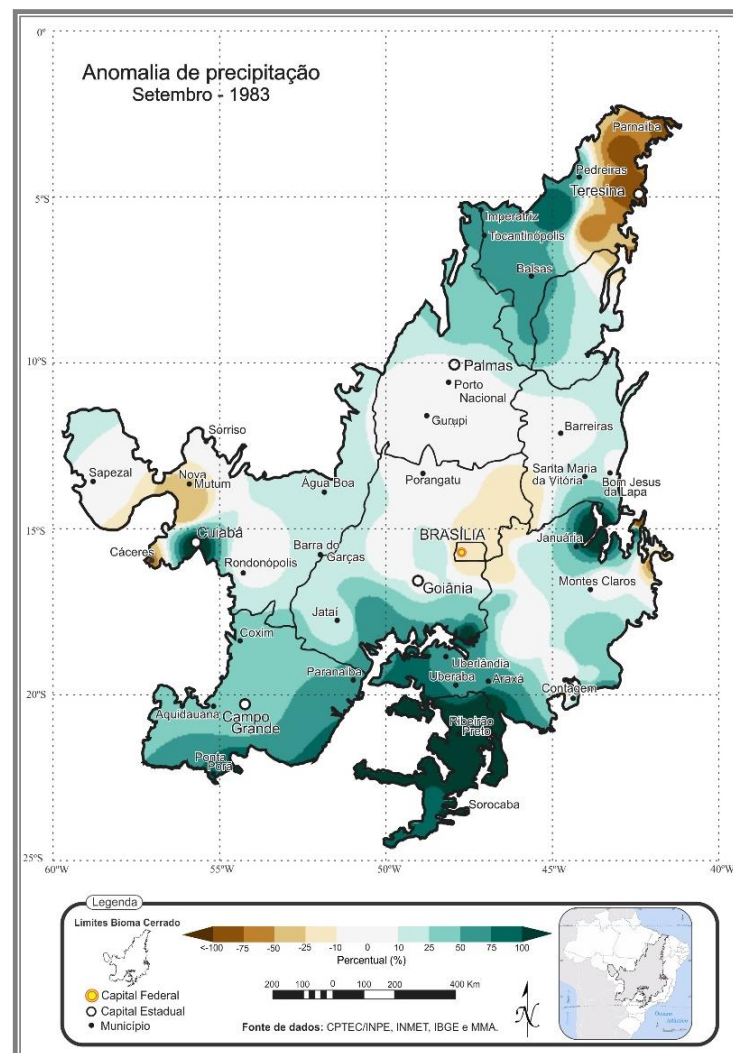


Figura 55: Anomalia de precipitação para o mês de setembro de 1983.

O *El Niño* ocorrido entre os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983, foi classificado como um fenômeno de intensidade muito forte no Pacífico Equatorial Central e Leste, vindo a contribuir de alguma forma nas condições climáticas do Cerrado, particularmente

nos valores de precipitação. A figura 56 apresenta o acumulado pluviométrico ocorrido durante os meses de atuação do fenômeno, totalizando 14 meses. A representação do acumulado referente ao período que houve influência do ENOS deu-se a partir de sua gênese até o término, de modo a evitar a interferência dos outros períodos que não estiveram sob influência deste fenômeno. Deste modo, a partir das análises efetuadas, concluiu-se que os menores volumes de chuvas (<1000 mm) aconteceram nos setores norte/nordeste do Cerrado, bem como no leste, em áreas de Minas Gerais e Bahia. O acumulado inserido na classe de 1000 mm a 1200 mm, ocorreu em áreas no sentido noroeste-sudeste do Cerrado. O acumulado compreendido entre 1400 mm e 1600 mm está, em sua grande porcentagem de área, localizado no extremo oeste, em partes do Mato Grosso e principalmente na região centro-norte, como nos estados do Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal. Os maiores valores registrados durante o período que atuou o ENOS, estão situados nas regiões sul, sudoeste e oeste da área, os quais atingiram valores superiores a 1600 mm.

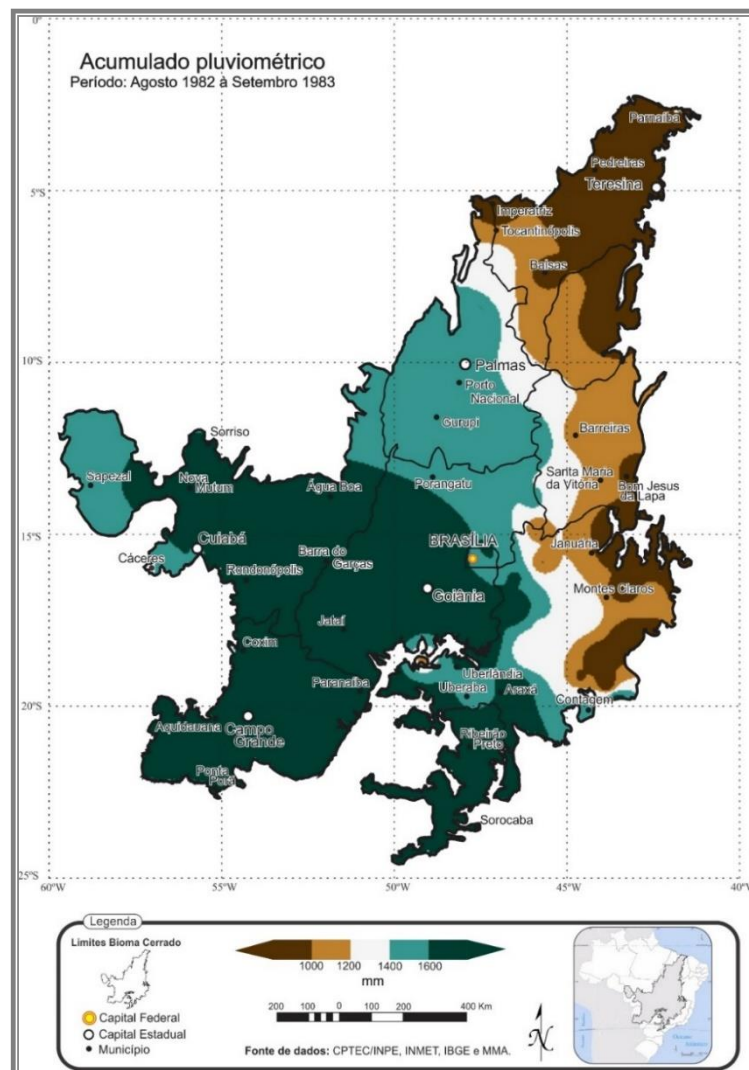


Figura 56: Acumulado de precipitação do Cerrado durante a ocorrência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte, ocorrido durante os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983.

Na tentativa de melhor entender a ocorrência, positiva ou negativa dos valores de precipitação que incidiram sobre o Cerrado, confeccionou-se o mapa de anomalias de precipitação para os meses de ocorrência do ENOS, baseado na climatologia de referência (1981-2010), conforme demonstrado na figura 57. A partir da espacialização desta anomalia, vindo a representar o quanto, a partir da Normal Climatológica, a precipitação variou positiva ou negativamente, e observou-se que a região centro-sul do Cerrado apresentou uma anomalia positiva que variou entre 10% e 25% acima da Normal climatológica, com alguns núcleos, no extremo sul do bioma, particularmente em áreas do estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul, que variaram entre 25% a 50%. A partir do centro da área, seguindo no eixo norte, observou-se anomalias negativas entre 10% e 50% do total pluviométrico. Na área leste do Cerrado, em partes de Minas Gerais, também se observou núcleos de anomalias negativas, entre 10% e 50%, como na região norte da área. Ainda, durante os meses de atuação do *El Niño* 1982/83, grande parte do Cerrado, áreas central, leste e oeste, apresentaram valores dentro dos padrões habituais registrados.

Em suma, este fenômeno foi considerado um dos maiores episódios registrados na bibliografia acerca dos impactos e valores alcançados pelo *El Niño* no século passado. No Cerrado pode ser observado, de maneira geral, que durante o ápice da anomalia da TSM, em junho de 1983, na região *Niño* 1+2, bem como, a partir de março de 1983, grande parte do bioma, particularmente os estados do Maranhão, Piauí, Distrito Federal, Goiás, Bahia, Minas Gerais e Mato Grosso apresentaram anomalias negativas de chuvas, colaborando para a estiagem em meses cuja tendência é ser chuvoso. Ao contrário, o extremo sul da área, em parte dos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo, possivelmente influenciada pelas passagens de frentes frias e avanço de massas de ar, provenientes do Sul do país, apresentaram anomalias positivas de precipitação, muito acima do habitual.

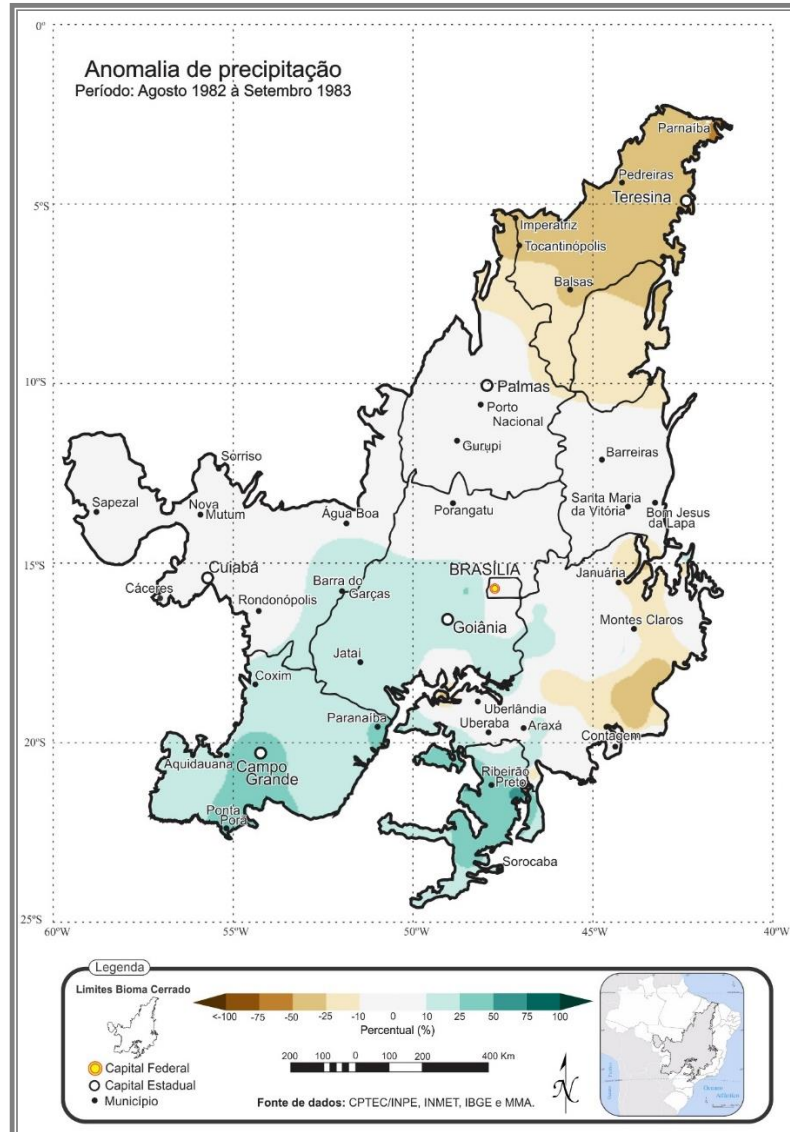


Figura 57: Anomalia de precipitação do Cerrado durante ocorrência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte, ocorrido durante os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983.

3.4.2 - O *EL NIÑO* DE 1997/1998

O evento ENOS de 1997/1998 foi um dos mais intensos de toda série estudada, superior inclusive ao seu antecessor ocorrido em 1982-83, e por isso a importância em se analisar os impactos climáticos, particularmente na precipitação, causados no Cerrado. Baseado no ONI, o fenômeno teve início em abril de 1997 e se estendeu até junho de 1998 (14 meses). Os valores extremos de TSM, cerca de 2,4°C acima da média (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017), foram registrados entre outubro de 1997 e janeiro de 1998 sendo, portanto, um ENOS classificado de intensidade muito forte. Sua evolução pode ser vista na figura 58, onde se compara com o fenômeno ocorrido em 1982/1983, também classificado como muito forte. A área pontilhada demonstra os meses em que o fenômeno se apresentou na sua fase mais forte (outubro a janeiro em 1997/98).

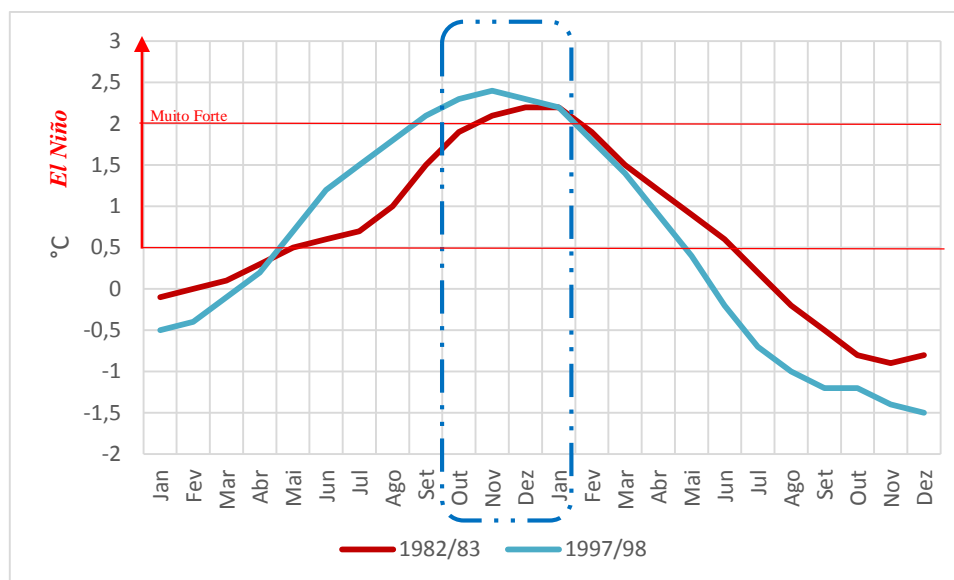


Figura 58: Série de ONI, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do *El Niño*, ocorrido nos períodos de 1982/83 e 1997/98. Nota-se que a intensidade do fenômeno ocorrido em 1997/98 foi maior que o ENOS 1982/83. Fonte: (NOAA, 2017) Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

A constatação de um possível evento ENOS em 1997, começou a ser observado em abril daquele ano quando a TSM no Pacífico Equatorial se apresentou com anomalia positiva e temperatura de até 2,5°C acima da média, particularmente próximo à costa do Peru e Equador (figura 59), vindo a indicar o prenúncio de um evento ENOS (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017).

Ainda, com o fenômeno em ascensão, a região Centro-Oeste do Brasil registrou chuvas próximas à Normal Climatológica, com destaque para o centro-sul do Tocantins, cujas precipitações estiveram acima da média histórica. O extremo norte do Cerrado apresentou anomalias negativas, devido à ausência de atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Durante o mês de abril, o sistema esteve posicionado mais ao norte do que o normal, segundo dados do CPTEC, 2017a.

A confirmação do estabelecimento do ENOS se deu no mês de maio de 1997, quando a TSM variou entre 1°C a 2,5°C sobre o Oceano Pacífico Equatorial (NOAA, 2017). Na costa leste do Pacífico Equatorial, conforme mapa de anomalia de TSM do mês de maio de 1997(figura 59), próximo ao Peru e Equador, a TSM esteve acima da média onde foram observados desvios positivos da ordem de até 2,5°C.

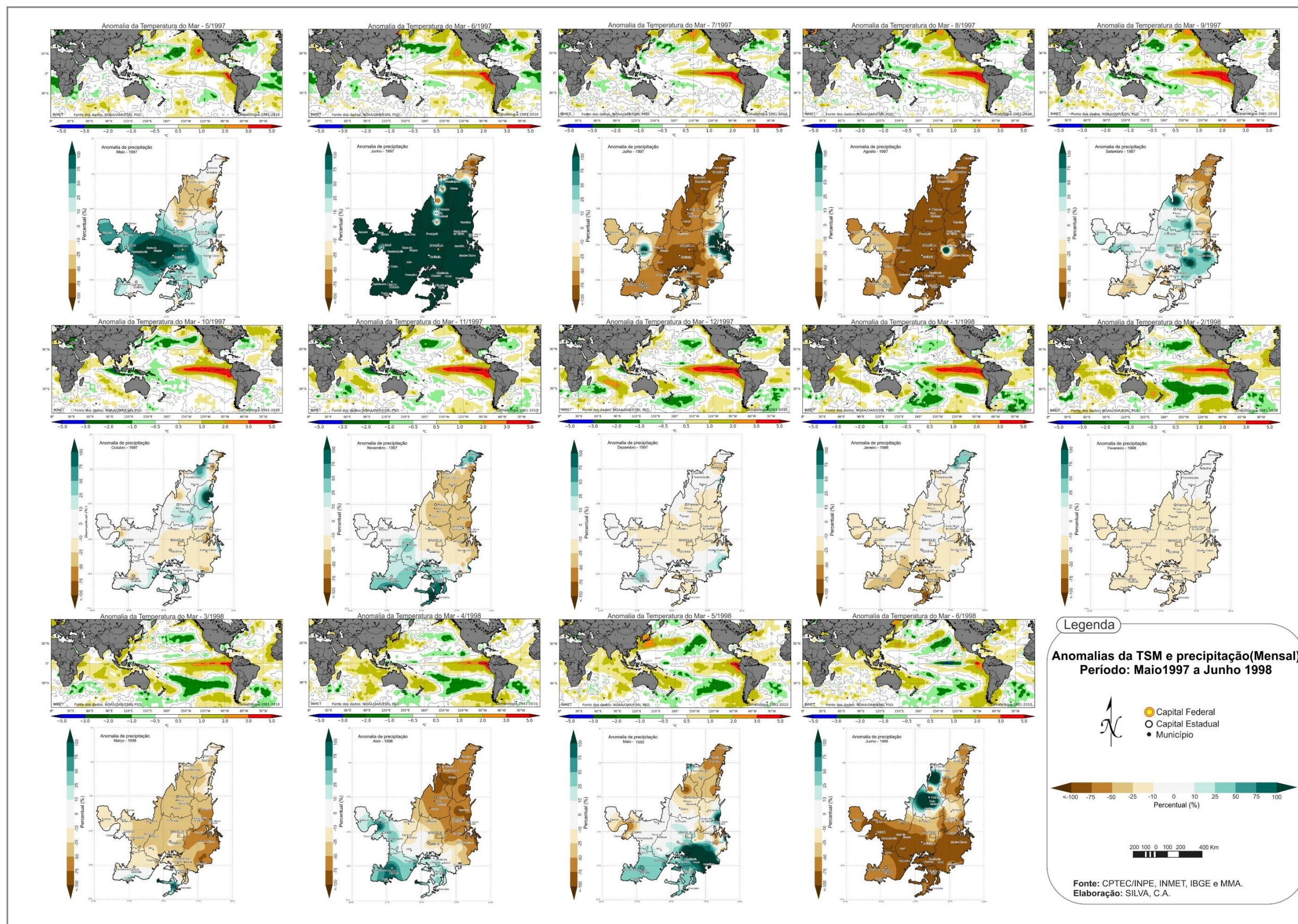


Figura 59: Cenário do El Niño 1997 - 1998 de intensidade muito forte. Na figura aparecem os gráficos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) de maio de 1997 a junho de 1998 e também os mapas de anomalias, com valores percentuais de precipitação para cada mês. A referência de análise são as Normas Climatológica (1981-2010). Elaboração: SILVA, C.A.

Em junho de 1997, o fenômeno ENOS progrediu no seu desenvolvimento e ao se observar os valores de controle, constatou-se que a TSM, contíguo à costa oeste da América do Sul, ficou 3,5°C acima da média climatológica. Neste momento, face aos indícios demonstrados até então, foi possível prever que o fenômeno seria de intensidade forte, similar ao ocorrido em 1982/1983, haja vista a elevada temperatura do Oceano Pacífico e do ONI estar há meses negativo, porém, observou-se que estes valores indicavam uma situação precoce à época do ano na qual os episódios ENOS, estudados até então, geralmente ocorreram.

Destacaram-se, em junho, as anomalias positivas sobre Mato Grosso do Sul, São Paulo, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. Tais precipitações foram provocadas, principalmente pelos sistemas frontais que passaram por estas regiões e não exclusivamente pelo ENOS (CPTEC, 2017a). No extremo norte do Cerrado, mesmo estando na estação chuvosa da região, foram observadas anomalias negativas de precipitação (figura 60).

Durante a ocorrência do ENOS em sua fase quente, de acordo com CPTEC (2017); Silva (2012) e Grimm (1998), as anomalias positivas de precipitação destacam-se sobre a Região Sul do país, enquanto no Sudeste houve um aumento nas temperaturas do ar, comparando-as com a média de inverno. Deste modo, observou-se que durante o inverno, na área do Cerrado, cujo bioma está presente em onze estados do Brasil, e quando sob a influência do ENOS, de intensidade muito forte, não houve um aumento significativo dos valores pluviométricos até o mês de junho, entretanto, em algumas áreas do centro-sul, observou-se, principalmente no início da estação inverno, uma anomalia positiva, com valores entre 100 mm e 200 mm acima da média histórica. Observa-se na figura 60, a qual expõe a variabilidade pluviométrica do Cerrado, durante a atuação do ENOS de intensidade muito forte entre os meses de abril de 1997 a julho de 1998, que a área pesquisada apresentou variações positivas e negativas de precipitação. A região norte exibiu valores extremamente abaixo da média, déficit superior a 400 mm para o período em questão. A parte sul do Cerrado registrou uma variação positiva, acima da média climatológica. As regiões leste, centro e oeste da área expuseram valores abaixo da média. Ao se olhar para a região central do Cerrado, representado na figura 60, percebe-se a variação pluviométrica crescente no eixo centro-sul, e decrescente no sentido centro-norte.

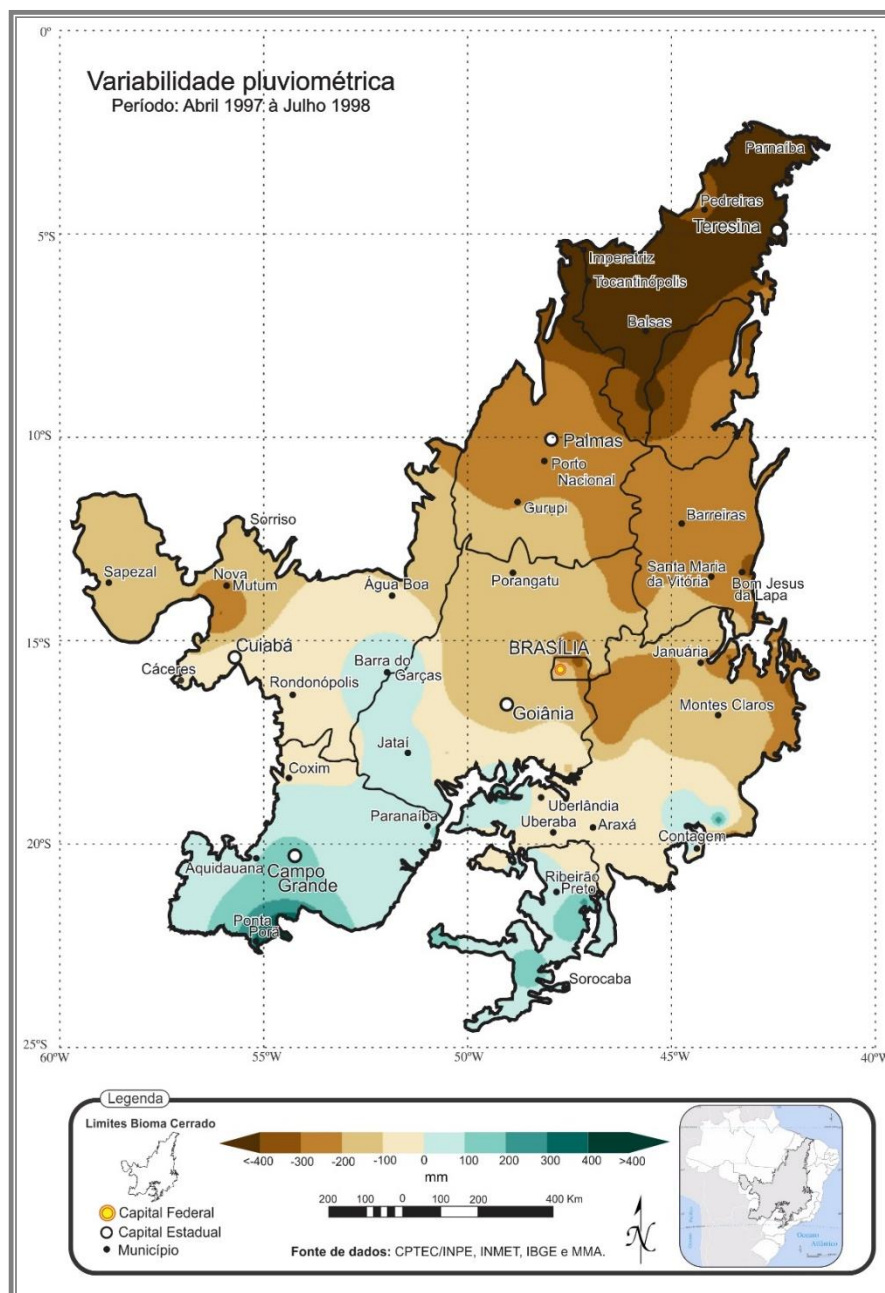


Figura 60: Variabilidade pluviométrica do Cerrado para os meses de abril de 1997 a julho de 1998, durante ocorrência de um episódio *El Niño* de intensidade muito forte.

Em julho de 1997, constatou-se que o fenômeno ENOS estava consolidado e com valores superiores ao registrado pelo *El Niño* de 1982/1983, com uma evolução ligeiramente superior da TSM e atípica aos episódios anteriores a este. A TSM no mês de julho, junto à costa oeste do Peru (região *Niño* 1+2) foi registrada com quatro graus acima da média climatológica. No mês houve uma evolução na propagação do aquecimento das águas sobre o Pacífico Equatorial Leste e Central, expandindo-se até a região *Niño* 3.4 (figura 59). O mapa de anomalia de precipitação para o mês de julho de 1997, representado pela figura 61, registrou sobre o Cerrado um desvio negativo, porém, próximo da Normal Climatológica, excetuando o centro-

sul de Goiás, partes de Minas Gerais e norte do Cerrado, com anomalias negativas. O extremo leste apresentou anomalias positivas acima da média climatológica, bem como parte do Mato Grosso, entre a capital e Rondonópolis e no sul, próximo a Ribeirão Preto – SP.

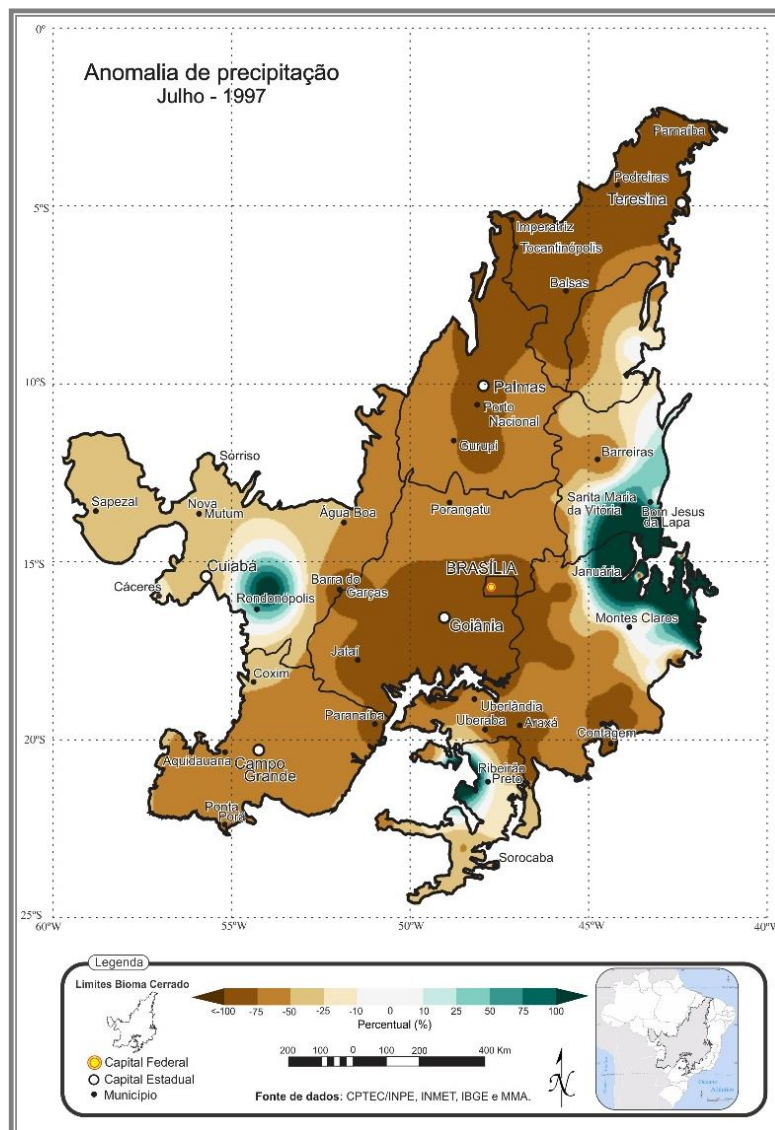


Figura 61: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de julho de 1997.

Em agosto de 1997, o *El Niño* permaneceu com características de intensidade forte e com a TSM junto à costa oeste equatorial da América do Sul, entre quatro e cinco graus acima da média climatológica. Ao comparar os meses de junho, julho e agosto, notou-se uma ligeira expansão sobre o Pacífico Equatorial Leste e Central das águas quentes (ver evolução na figura 59). A precipitação sobre o Cerrado foi abaixo da Normal durante os meses de inverno, e excetuando o mês de maio e algumas áreas nos meses de junho e julho que apresentaram anomalia positiva superior a 100%.

O mês de setembro de 1997 foi marcado pela mudança de intensidade do ENOS, que passou a ser considerado muito forte. A TSM na região Niño 3.4 atingiu uma anomalia de 2,2°C acima da média climatológica. De acordo com dados do CPTEC (2017a) no Pacífico Oeste, entre a Austrália, Indonésia, Cingapura e Papua Nova Guiné, observou-se anomalias positivas de ROL¹², uma das implicações do *El Niño* quando em atuação. Quanto às anomalias de precipitação (figura 62), algumas áreas do Cerrado apresentaram as maiores anomalias positivas de precipitação, em partes de Goiás, sudeste e noroeste do Tocantins, Distrito Federal, oeste de Minas Gerais e áreas do Mato Grosso. No sul do Mato Grosso do Sul as anomalias negativas de precipitação ficaram entre 10% e 50% e, ao norte do Cerrado, a anomalia ficou entre 50% e 75%. No restante da área, a precipitação pouco variou, ficando próxima da média climatológica em setembro de 1997.

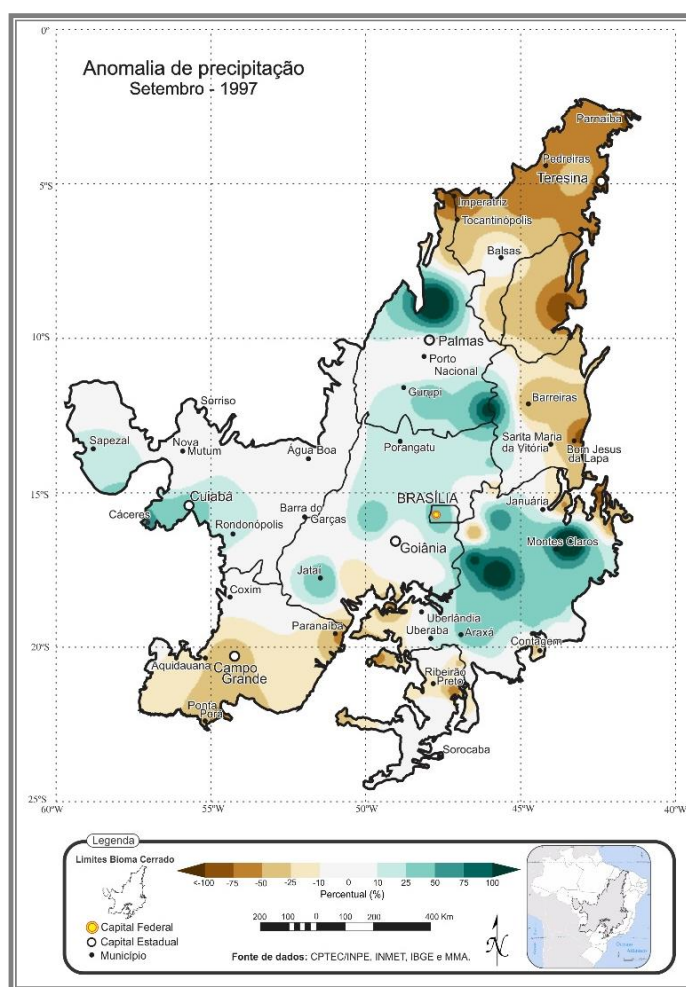


Figura 62: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de setembro de 1997.

¹² De acordo com Bomventi *et al* (2006) a Radiação de Onda Longa (ROL) é uma variável para estimar quantitativamente a chuva. Na região tropical, a maior parte da precipitação está associada à convecção profunda. Condições mais secas que o normal remete a anomalias de ROL positiva, enquanto que condições mais chuvosas que o normal são associadas a anomalias de ROL negativa.

As anomalias da TSM permaneceram crescentes durante o mês de outubro de 1997, próximo a 4°C , junto à costa oeste da América do Sul e a $2,5^{\circ}\text{C}$ na região do *Niño* 3.4 (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017). O ENOS manteve-se intenso e bem definido, conforme visto no mapa inserido na figura 59, expandindo-se no sentido oeste do Pacífico Equatorial e apresentando o IOS negativo (-1,8) pelo oitavo mês consecutivo (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017). Com o término do inverno, historicamente o mês de outubro apresenta-se como o prelúdio da estação chuvosa, principalmente no Centro-Oeste do Brasil. Assim sendo, verificou-se que na região centro-norte do Cerrado, foram registradas anomalias positivas entre 25 mm e 200 mm a mais que a média climatológica. Numa faixa que se estendeu entre o sudeste do Mato Grosso do Sul, passando pelo sul de Goiás e São Paulo, a anomalia de precipitação variou entre 25% e 75%.

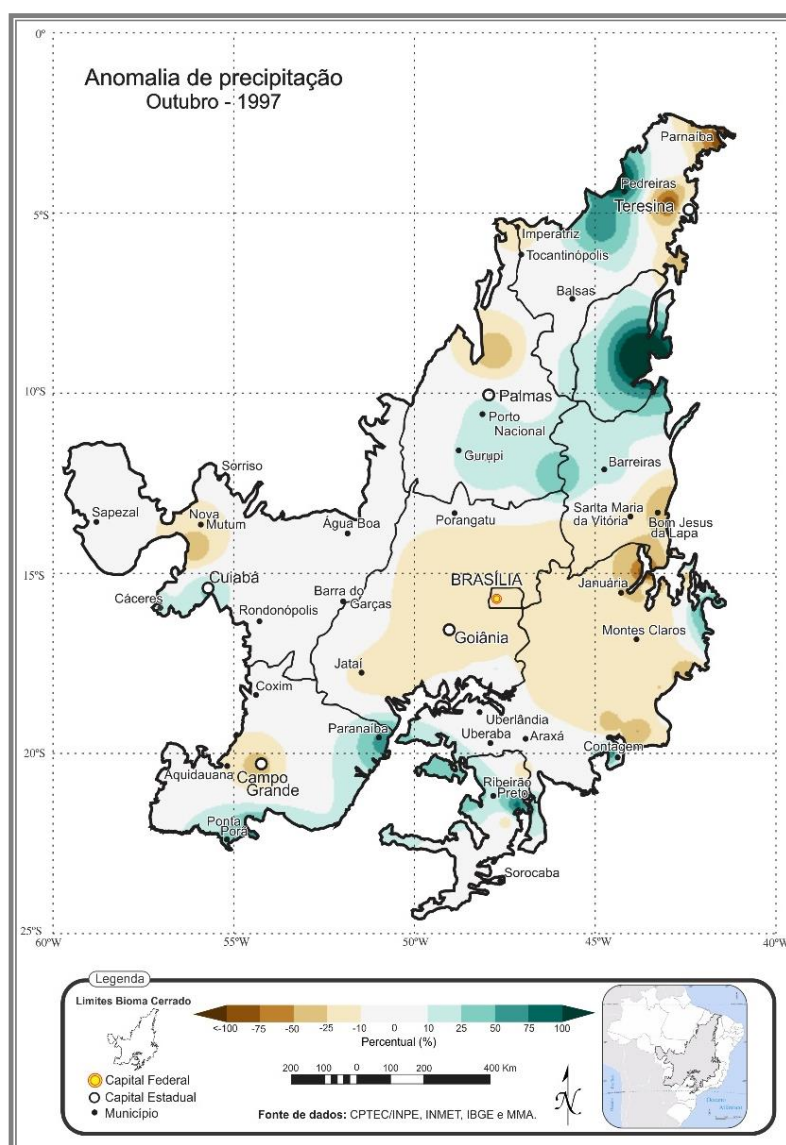


Figura 63: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de outubro de 1997.

Em novembro de 1997, o ENOS intensificou-se e superou ainda mais a intensidade do *El Niño* de 1982/1983. A anomalia média da TSM na região do *Niño* 3.4 foi de 2,7°C e a TSM de 29,3°C (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017). Os valores de precipitação registrados em novembro ficaram acima da média em grande parte do centro-sul do Cerrado, conforme demonstrado na figura 64. Neste mês foram observados núcleos máximos de precipitação no sudoeste e sul de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo. No extremo norte do Cerrado, foram registradas anomalias positivas de precipitação, com valores entre 50% e 75% acima da média climatológica. As demais áreas registraram valores negativos de precipitação com percentuais que variaram entre 10% e 75%.

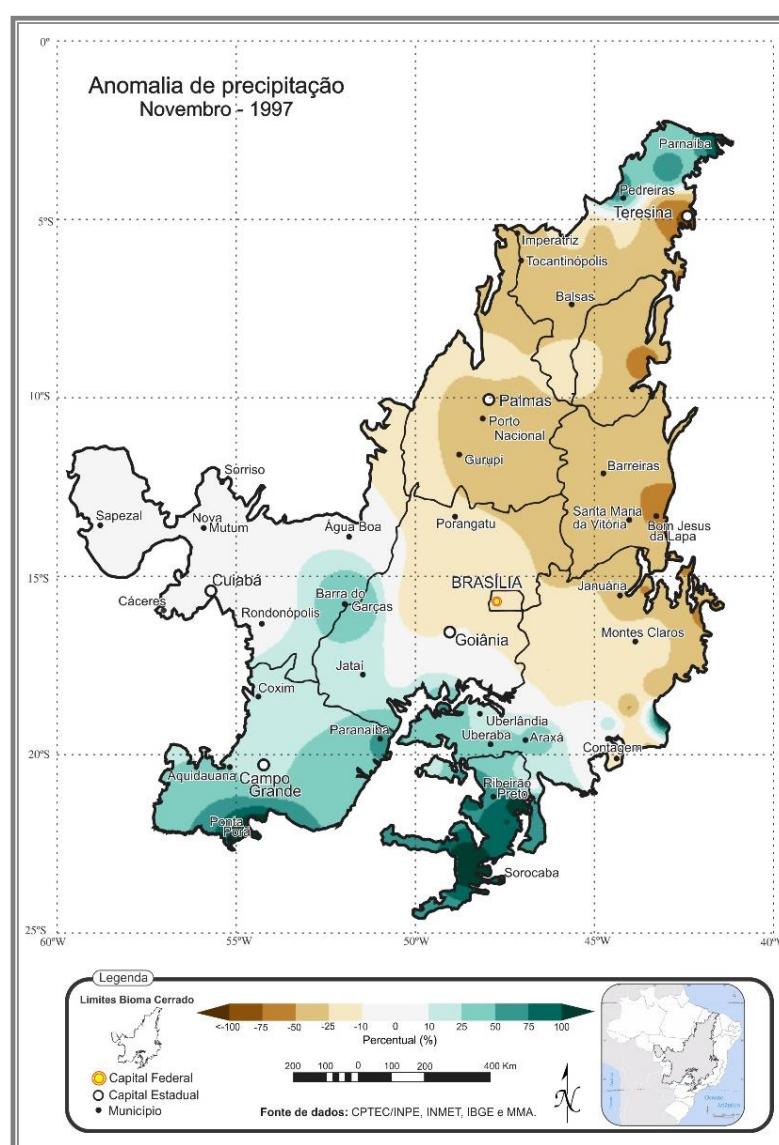


Figura 64: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de novembro de 1997.

Verificou-se que em dezembro de 1997, as anomalias de TSM no Pacífico Equatorial Leste prosseguiram em ascendência durante o mês, assinalando ao ENOS a classificação de

intensidade muito forte. As anomalias da TSM no Pacífico Equatorial Leste, próximo à costa oeste do Peru, continuaram altas, em torno de 4°C. Anomalias positivas de precipitação foram registradas no oeste, sudoeste e meio norte do Cerrado, conforme pode ser analisado na figura 65. Na região central da área foram observados desvios negativos de precipitação que variaram entre 10% e 25% abaixo da média climatológica. Os eventos de precipitação foram ocasionados, segundo registros históricos, devido ao aquecimento local e a Alta da Bolívia, particularmente no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (CPTEC, 2017a). Nas regiões central, leste e sul do Cerrado foram detectados desvios negativos de precipitação que variaram entre 25% e 100% com relação a Normal de referência, mesmo estas áreas estando na estação chuvosa, com valores acumulados de precipitação mensal que deveriam ser de até 400 mm positivos, de acordo com a média histórica.

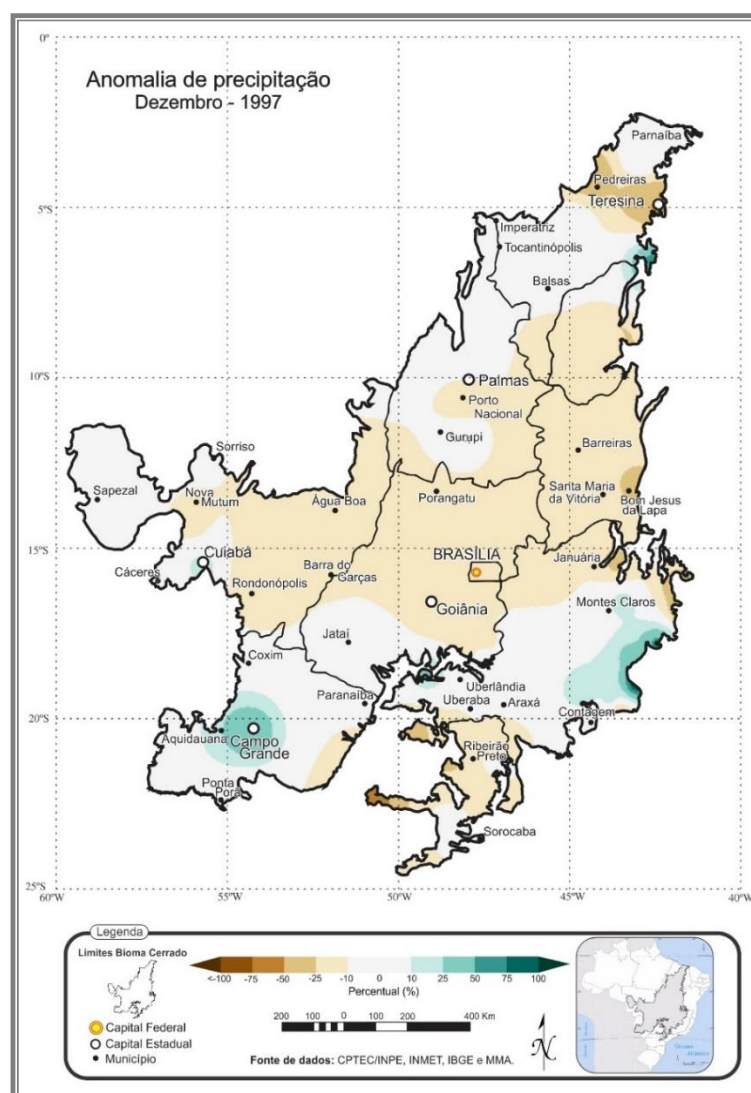


Figura 65: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de dezembro de 1997.

No mês de janeiro de 1998, o ENOS permaneceu com intensidade forte, entretanto a anomalia da TSM no Pacífico Equatorial Oriental, próximo à costa oeste da América do Sul, principiou uma diminuição da temperatura, ficando em torno $3,8^{\circ}\text{C}$ acima da média. A região Niño 3.4 também apresentou redução dos valores da TSM e anomalia, ficando em $2,5^{\circ}\text{C}$. O IOS também começou a declinar, sendo registrado o menor valor observado desde o início do monitoramento do ENOS 97/98. A regressão da TSM é possível de ser vista no mapa de janeiro de 1998, em comparação com dezembro de 1997, ambos inseridos na figura 59. No extremo norte do Cerrado registrou-se um núcleo de anomalias positivas de até 75% acima da média. Na área ao sul do bioma, foi constatado um pequeno núcleo com anomalias muito abaixo da média, enquanto que nas outras áreas do Cerrado os desvios de precipitação também foram em sua maioria negativos, porém mais próximos da média climatológica (figura 66).

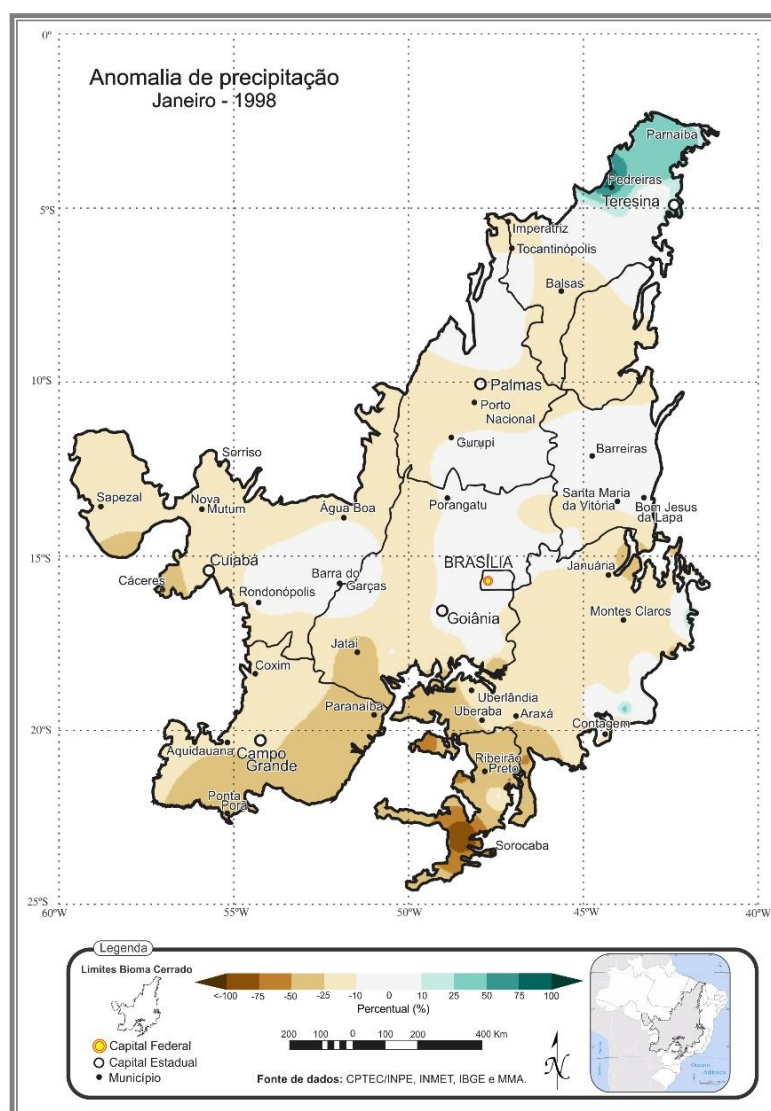


Figura 66: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de janeiro de 1998.

De acordo com dados do CPTEC (2017a) o mês de janeiro foi caracterizado pela presença da atividade convectiva sobre a região central do Brasil, porém com menor intensidade do que em anos anteriores. Ainda, durante o mês de janeiro não houve registro de episódio da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Em fevereiro de 1998, após análise dos dados oceânico-atmosférico, constatou-se que o ENOS continuou a diminuir de intensidade, entretanto as anomalias de TSM permaneceram elevadas, com valores de 2,1°C na região *Niño* 3.4 e de 2,9°C superior à média climatológica na *Niño* 1+2 (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017). Ainda, em fevereiro, foi observado a atuação de uma ZCAS (CPTEC, 2017a), o que favoreceu o aumento dos valores de precipitação, porém apresentando ao término do mês, um balanço com anomalias negativas de precipitação em quase todo o Cerrado, com exceção da parte norte da área (figura 67) a qual permaneceu nos limites do habitual.

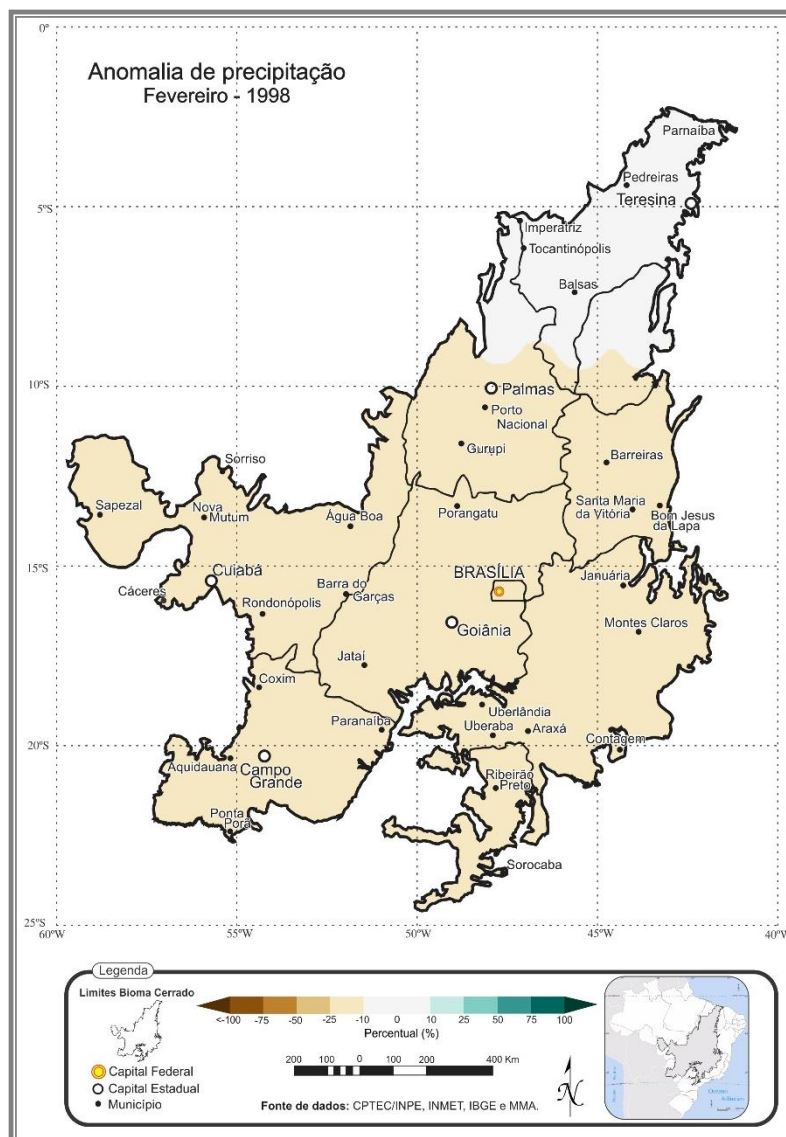


Figura 67: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de fevereiro de 1998.

Segundo CPTEC, 2017a, a convecção tropical no interior do País, aumentou em relação ao mês anterior nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste. A anomalia de precipitação negativa variou entre 10% e 25%, o que indica que houve uma baixa atividade convectiva no interior da área estudada, marcando o mês de fevereiro pela singular redução dos totais pluviométricos em grande parte do bioma. Face aos indícios expostos, sugere-se que o padrão atmosférico que perdurou por meses foi influenciado pela presença do fenômeno *El Niño*, o que pode ter tido significativa influência na redução dos valores pluviométricos sobre a região central do Brasil.

Em março de 1998, o ENOS permaneceu com seus valores em declínio, fazendo com que o fenômeno perdesse intensidade. Na região do *Niño* 3.4 a anomalia da TSM registrada foi de 1,5°C em março, diminuída em 0,6°C quando comparada com o mês de fevereiro de 1998 (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017). Observa-se no mapa do mês de março, inserido na figura 59 que houve uma retração no Pacífico Equatorial da anomalia positiva de TSM, principalmente na região central, quando comparada com meses anteriores. Observou-se que a banda de nebulosidade da ZCIT, permaneceu mais ao norte de sua posição climatológica (CPTEC, 2017a;), e possivelmente afetou os valores de chuvas para o extremo norte no Cerrado. Na região central do bioma, a anomalia foi negativa entre 25% a 50% abaixo da média climatológica. No leste observou-se desvios negativos acima de 75%, enquanto ao sul do Cerrado, no Estado de São Paulo, registraram-se desvios positivos que variaram entre 100 mm e 200 mm (75% acima da média). O acumulado de precipitação, em março de 1998 nesta área, foi superior ao registrado no mês de março de 1997, quando ainda não estava configurado a atuação do *El Niño*. Ao contrário, a região Central do Brasil apresentou valores pluviométricos abaixo dos valores médios climatológicos (figura 68), possível consequência da atuação do *El Niño* sobre a região.

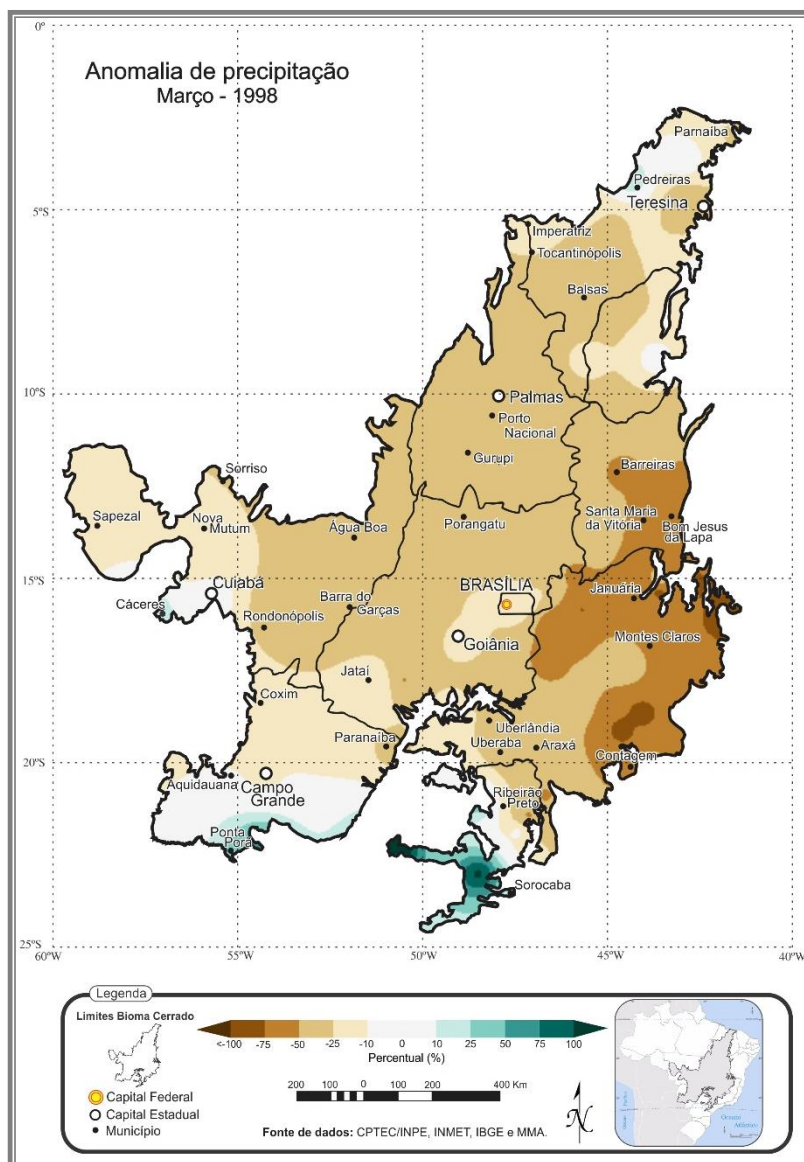


Figura 68: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de março de 1998.

Em abril de 1998, o *El Niño* continuou a perder intensidade, com as anomalias de TSM na região *Niño* 3.4 em 0,8°C e na *Niño* 1+2 em 3,1°C (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017). O mapa de TSM do mês de abril, inserido na figura 59, demonstra que no Pacífico Equatorial Central houve uma retração, uma diminuição das temperaturas superficiais, ficando os maiores valores próximos à costa da América do Sul. Ao analisar a ZCIT no mês, percebeu-se que a banda de nebulosidade continuou, como em março, mais ao norte de sua habitual localização, o que pode ter favorecido à ocorrência dos baixos valores pluviométricos no eixo centro-norte da área de estudo, associado à atuação do ENOS. Ao contrário, no centro-sul do Mato Grosso do Sul, sudeste do Mato Grosso, e sul do Cerrado registraram-se desvios positivos de precipitação que variaram até 200 mm, conforme pode ser visto na figura 69.

Estas áreas identificadas com desvios positivos de precipitação do Centro-Oeste, deveu-se à entrada de frentes frias, oriundas do Sul do Brasil, vindo a proporcionar a formação de nebulosidade e em consequência o registro de chuvas sobre as áreas citadas (CPTEC, 2017a). O Estado de Mato Grosso apresentou, por exemplo, no setor sudoeste, valores de precipitação acima da média, quando comparado com meses anteriores, enquanto que o Estado do Mato Grosso do Sul, exibiu desvios negativos de precipitação no mês anterior e desvio positivo em abril de 1998.

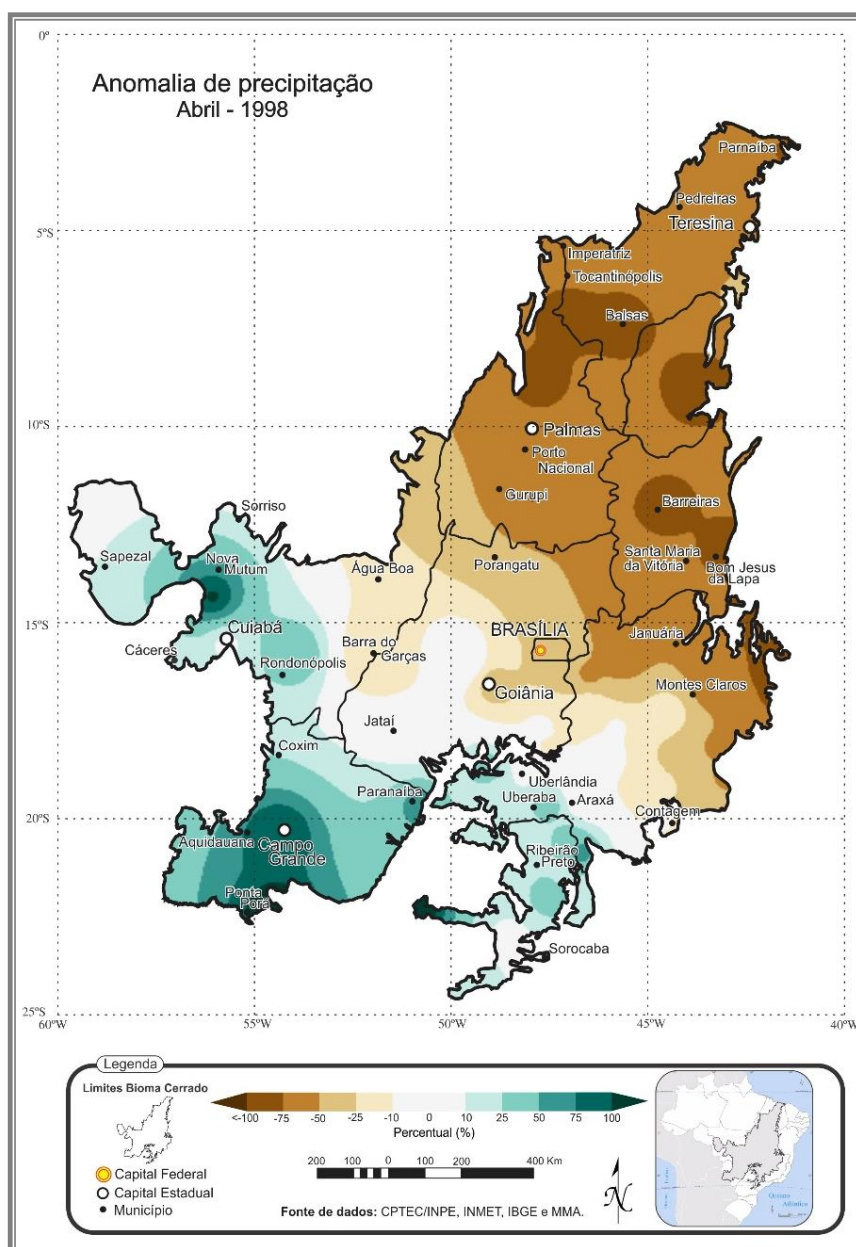


Figura 69: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de abril de 1998.

No norte do Cerrado, as anomalias negativas foram observadas na maior parte dos estados do Tocantins e Maranhão, bem como na área que o Cerrado ocupa em Minas Gerais. O centro-sul do Maranhão foi uma das regiões intensamente afetada pela precipitação irregular ao longo dos meses analisados. Em geral, os valores de chuvas registradas em abril foram menores que os registrados no mês de março, particularmente no centro-norte do Cerrado.

O mês de maio de 1998 foi determinante para o *El Niño*, pois os totais oceânicos-atmosféricos analisados indicaram que ele se encontrava em sua fase final, assim como as anomalias de TSM no Pacífico Equatorial que diminuíram durante o mês, sobretudo na quinzena final, fazendo com que a média mensal fosse menor que o mês anterior. Percebe-se no gráfico constante na figura 70 que a diminuição do ENSO 1997/1998 foi mais célere que o acontecido em 1982/1983. Segundo o CPTEC, 2017a, este *El Niño* (1997/1998) difere daquele (1982/1983), pois em maio de 1983 houve um agravamento das anomalias positivas de TSM no Pacífico Equatorial Oriental, o que possivelmente contribuiu para a ocorrência das fortes chuvas em áreas do bioma pesquisado, cuja análises foram descritas no tópico anterior.

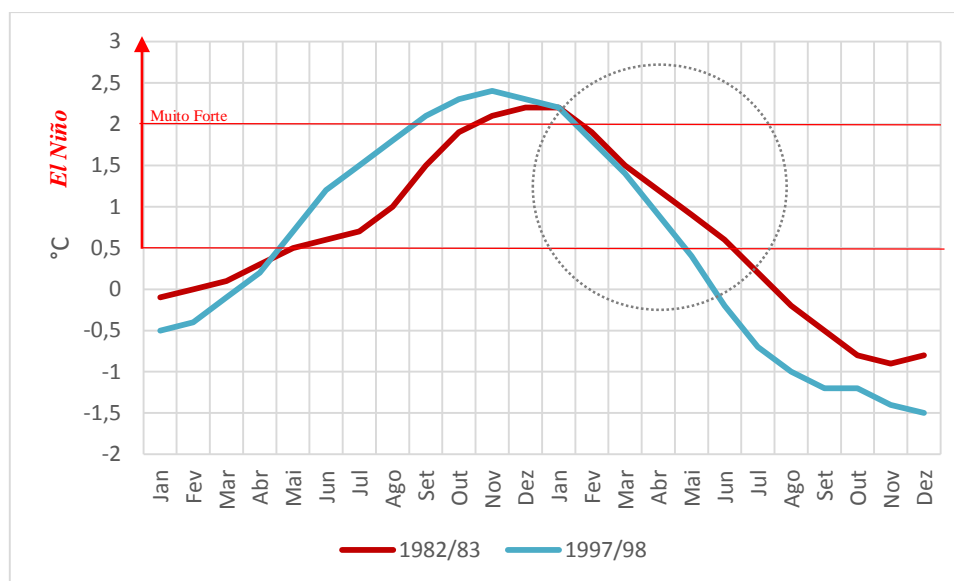


Figura 70: Série do ONI, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do *El Niño*, ocorrido nos períodos de 1982/83 e 1997/98. Nota-se que a diminuição do ENSO 1997/1998 foi mais célere que o acontecido em 1982/1983. Fonte: (NOAA, 2017) Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

Em maio de 1998, as anomalias de precipitação ficaram próximas à média climatológica para o mês e a precipitação acumulada não excedeu 50 mm. Em especial, conforme o demonstrado na figura 71, as partes sul e sudeste da área de estudo apresentaram desvios positivos de precipitação, particularmente em Minas Gerais e Goiás e numa pequena área da Bahia. No Mato Grosso do Sul foram registrados valores positivos entre 50 mm e 150 mm na

maior parte do Estado. Ao norte do Cerrado as anomalias foram negativas, bem como em certos locais do extremo oeste da área, com percentual que variou entre 10% e 75%. Ainda, em maio de 1998, núcleos de anomalias positivas de precipitação foram registradas também nas áreas do Cerrado pertencentes a Minas Gerais e São Paulo que variaram entre 25 mm e 100 mm. Estes desvios positivos ocorreram, particularmente, devido às frentes frias que atuaram naquelas áreas, fazendo com que aumentassem os valores registrados de chuvas (CPTEC, 2017a). O mês de maio, historicamente, apresenta um volume de chuvas menor que os meses iniciais do ano para as regiões do Centro-Oeste e Sudeste, entretanto o volume registrado em maio de 1998 foi ligeiramente maior que abril de 1998, em algumas áreas destas regiões, por exemplo.

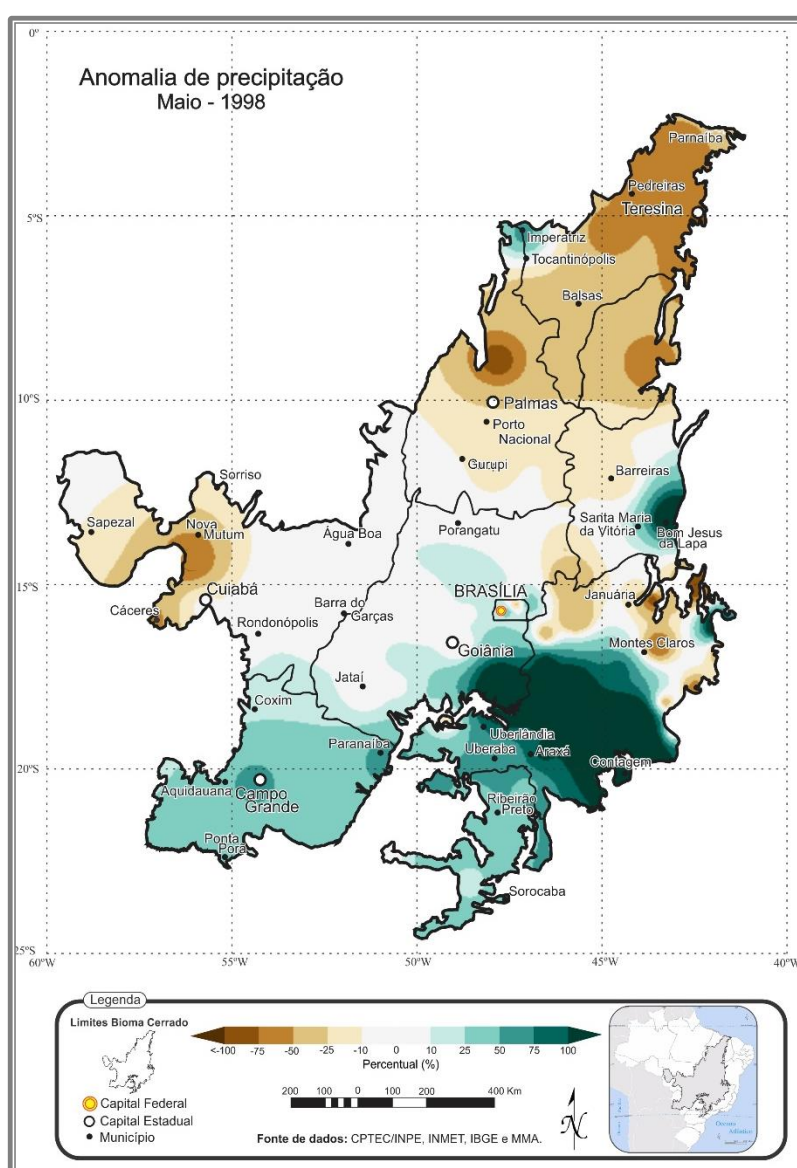


Figura 71: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de maio de 1998.

O mês de junho de 1998 foi marcado pelo encerramento do *El Niño* 1997/98 na região *Niño* 3.4 e *Niño* 4. Tal assertiva se faz pela observação e registro das anomalias negativas de TSM no Pacífico Equatorial Central e Oriental, a qual foi assinalada em $-0,9^{\circ}\text{C}$ na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017). Entretanto, na costa oeste da América do Sul permaneceram desvios positivos da TSM, próximo ao Peru, vindo a indicar a presença do fenômeno atuante até então com características particulares. O mês de junho habitualmente tende a ser seco no Cerrado, com pouca nebulosidade e baixa umidade relativa do ar. A ZCIT não atuou significativamente no extremo norte do Cerrado e também não foi registrado nenhum evento de ZCAS no Brasil, o que poderia colaborar para o aumento dos valores de precipitação (CPTEC, 2017a). Os desvios positivos de precipitação foram verificados apenas no norte do Tocantins e no sul do Maranhão com valores baixos, em torno de 25 mm acima da média, conforme demonstrado pela figura 72.

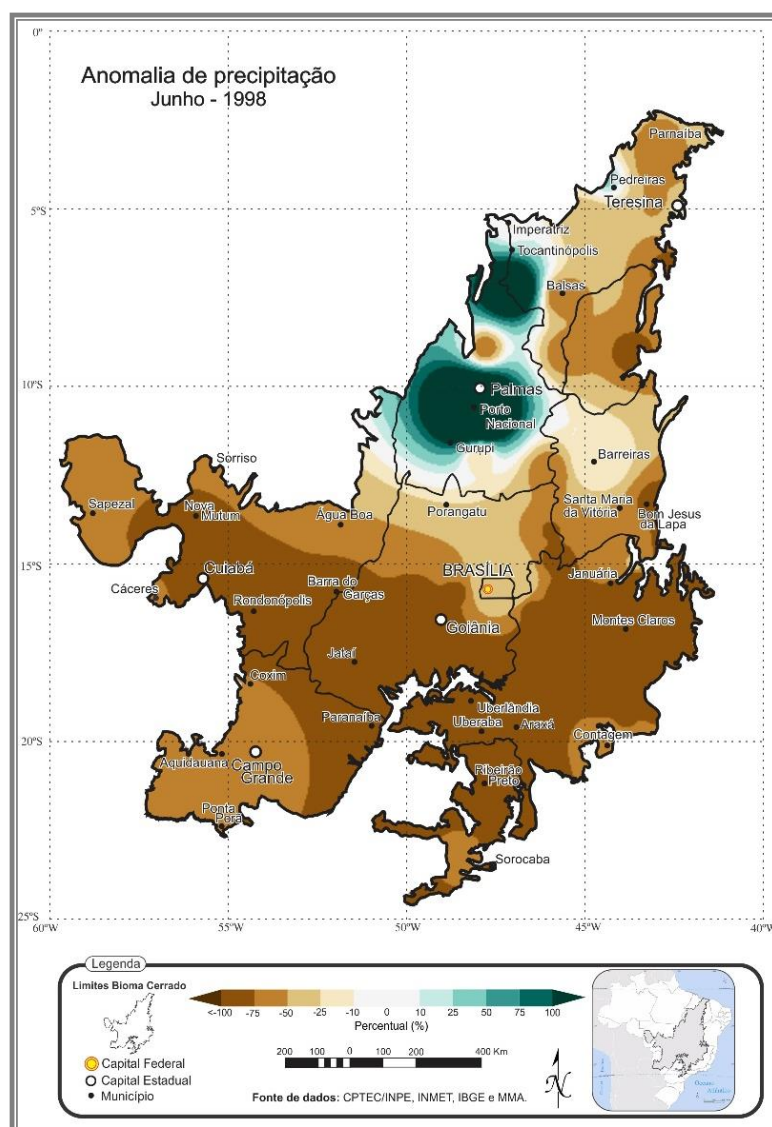


Figura 72: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de junho de 1998.

No restante da área do Cerrado, as chuvas foram quase nulas, não ultrapassando 10 mm na maior parte. Com este cenário, observou-se que o extremo norte Cerrado, oeste e centro-sul do bioma, foram as áreas que apresentaram os maiores desvios negativos de precipitação, entre 25% e 50 mm abaixo da média histórica, o que representou valores percentuais entre 50/5 e 100%. Analisou-se, em comparação aos meses anteriores, que os valores de precipitação foram menores em especial em Mato Grosso do Sul e sudeste de Goiás, seguindo a tendência da climatologia da região. Mas, ao comparar junho de 1997 com o mês de junho de 1998 (Figura 73), observa-se que sob atuação do ENOS em sua ascendência de intensidade, os valores pluviométricos registrados foram significativamente superior em 1997.

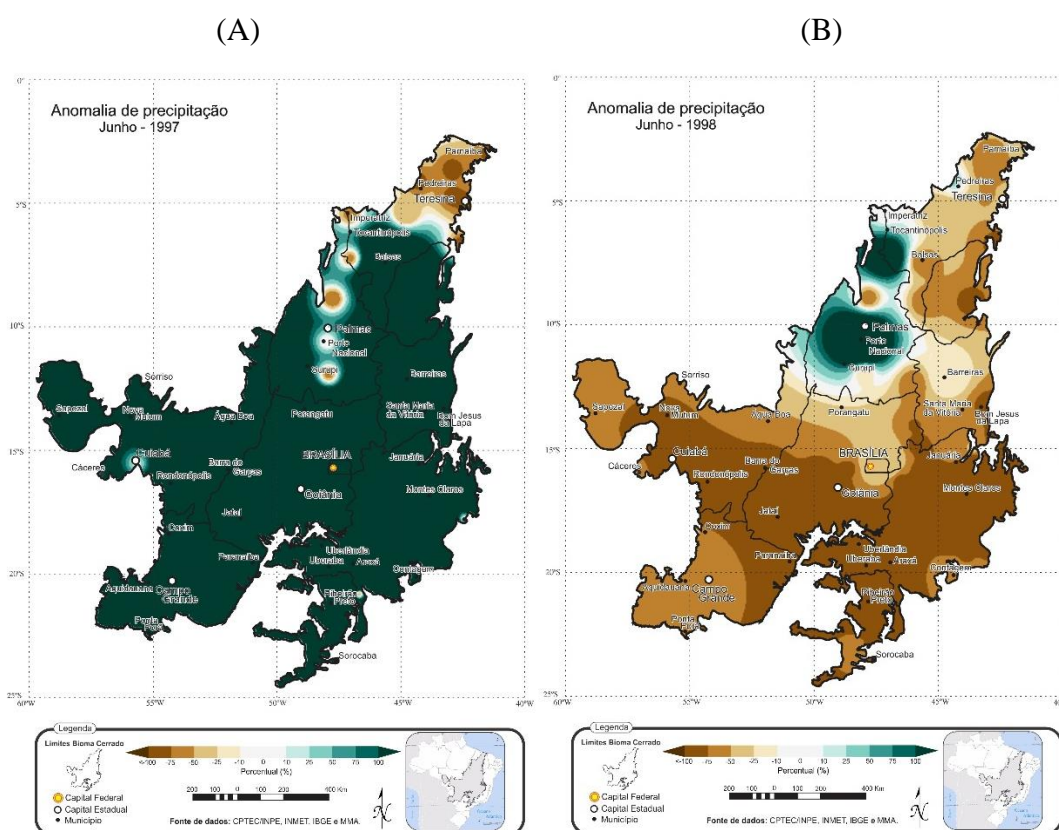


Figura 73: Anomalia de precipitação do Cerrado para os meses de junho de 1997 (A) e junho de 1998 (B).

O mês de julho de 1998 representou oficialmente o fim do fenômeno *El Niño*, dado as anomalias positivas de TSM terem sido reduzidas, não apenas numericamente nos valores, mas visualmente a pequenos núcleos próximo à costa do Peru e também pelas anomalias negativas abrangerem uma área significativa sobre o Pacífico Equatorial Central e Oriental. Tipicamente os meses de junho e julho apresentam-se similares nas condições atmosféricas, assim, houve pouca alteração em relação ao mês anterior. No centro-oeste do Cerrado foi registrada precipitação quase nula para a área, não ultrapassando os 10 mm, o que habitualmente está coerente com Normal climatológica. No extremo sul do Cerrado, foi observado um núcleo de

desvio negativo que variou entre 25 mm e 50 mm a menos que a Normal, o que percentualmente significou uma anomalia entre 75% e 100%. A anomalia positiva vista no norte do Tocantins e partes do norte do Cerrado variaram pouco em relação ao mês de junho, atingindo até 50 mm em algumas localidades.

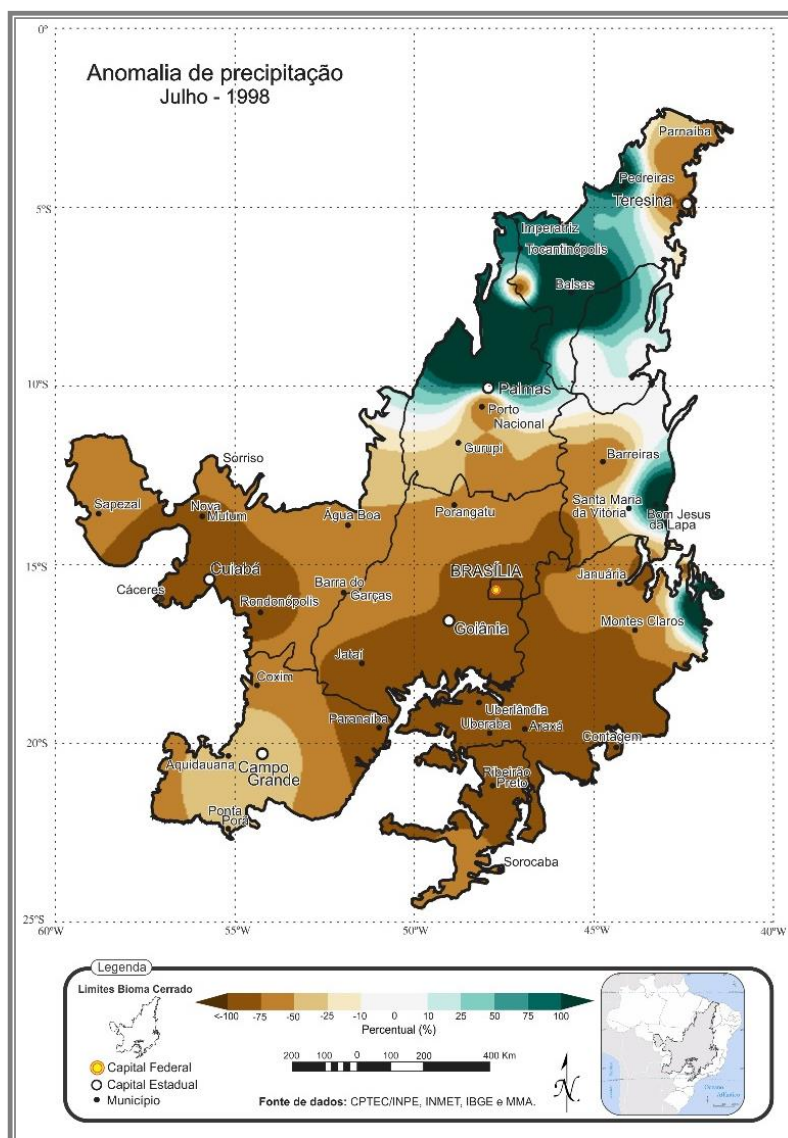


Figura 74: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de julho de 1998.

Em síntese, o fenômeno ENOS ocorrido em 1997/1998, apresentou-se com intensidade muito forte no Pacífico Equatorial Central e Leste, vindo a modificar as condições climáticas do Cerrado. Ao se analisar as anomalias de precipitação ocorridas no ano de 1997 (figura 75 A), percebeu-se que algumas áreas como a faixa orientada no sentido norte-sul do Mato Grosso do Sul, sul e sudeste do Mato Grosso, oeste de Goiás, Tocantins, oeste da Bahia e alguns núcleos da região central do Estado de São Paulo apresentaram anomalias de precipitação positiva que variaram entre 100 mm e 750 mm acima da média anual. O extremo norte do bioma e um

pequeno núcleo no centro-norte de Minas Gerais foram as áreas apresentaram anomalias negativas de precipitação que variaram entre 100 mm e 500 mm abaixo da média histórica. O mapa de anomalias de precipitação referente ao ano de 1998 (figura 75 B) expôs um cenário diferente do ano anterior, quando o ENOS estava em sua fase mais forte. Observa-se que grande parte do centro-norte do Cerrado apresentou anomalias negativas na ordem de 100 mm a 500 mm abaixo da média climatológica anual. Com a exceção de uma pequena parte do sul do Cerrado, próximo ao norte do Paraná e sul de São Paulo que apresentou anomalias positivas, mas que não ultrapassaram os 200 mms anuais acima da média para aquela região. Assim, julga-se que o ano de 1997 teve seu total pluviométrico alterado com anomalia positiva pelo fenômeno *El Niño* de intensidade forte.

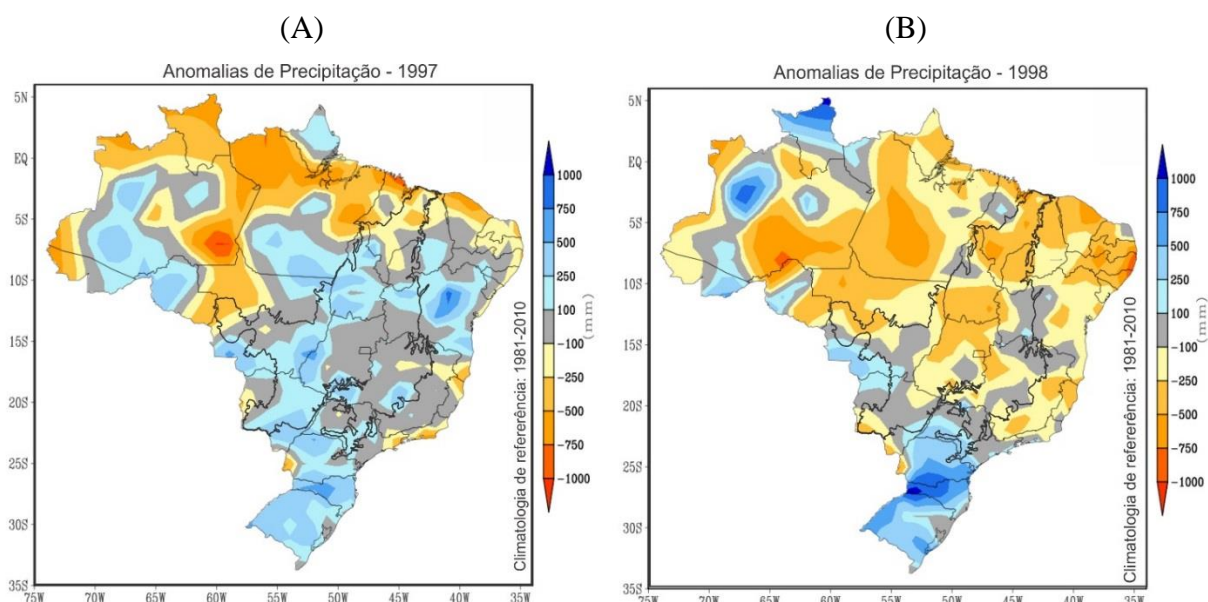


Figura 75: Anomalias de precipitação referente aos anos e 1997 (A) e 1998 em (B). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Modificado pelo autor.

A figura 76, apresenta o acumulado pluviométrico ocorrido entre os meses de abril de 1997 a julho de 1998, totalizando 16 meses sob influência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte. Optou-se por exemplificar o ENOS a partir de sua gênese até o término, de modo a evitar a interferência dos outros meses que não estiveram sob influência deste sistema. A partir das análises efetuadas, concluiu-se que há certa similaridade entre o padrão deste episódio com o acumulado do período (1980-2010), exposto na figura 23. A precipitação (acumulado) aumentou seguindo o eixo leste-oeste. Destaca-se o sul do Cerrado, que neste período de análise registrou um total acima de 1600 mm, decrescendo no sentido sul-norte (figura 76). O extremo leste da área apresentou valores abaixo de 1000 mm, particularmente nos estados de Minas

Gerais e Bahia. Na parte norte, algumas áreas apresentaram registros pluviométricos acima de 1400 mm para o período.

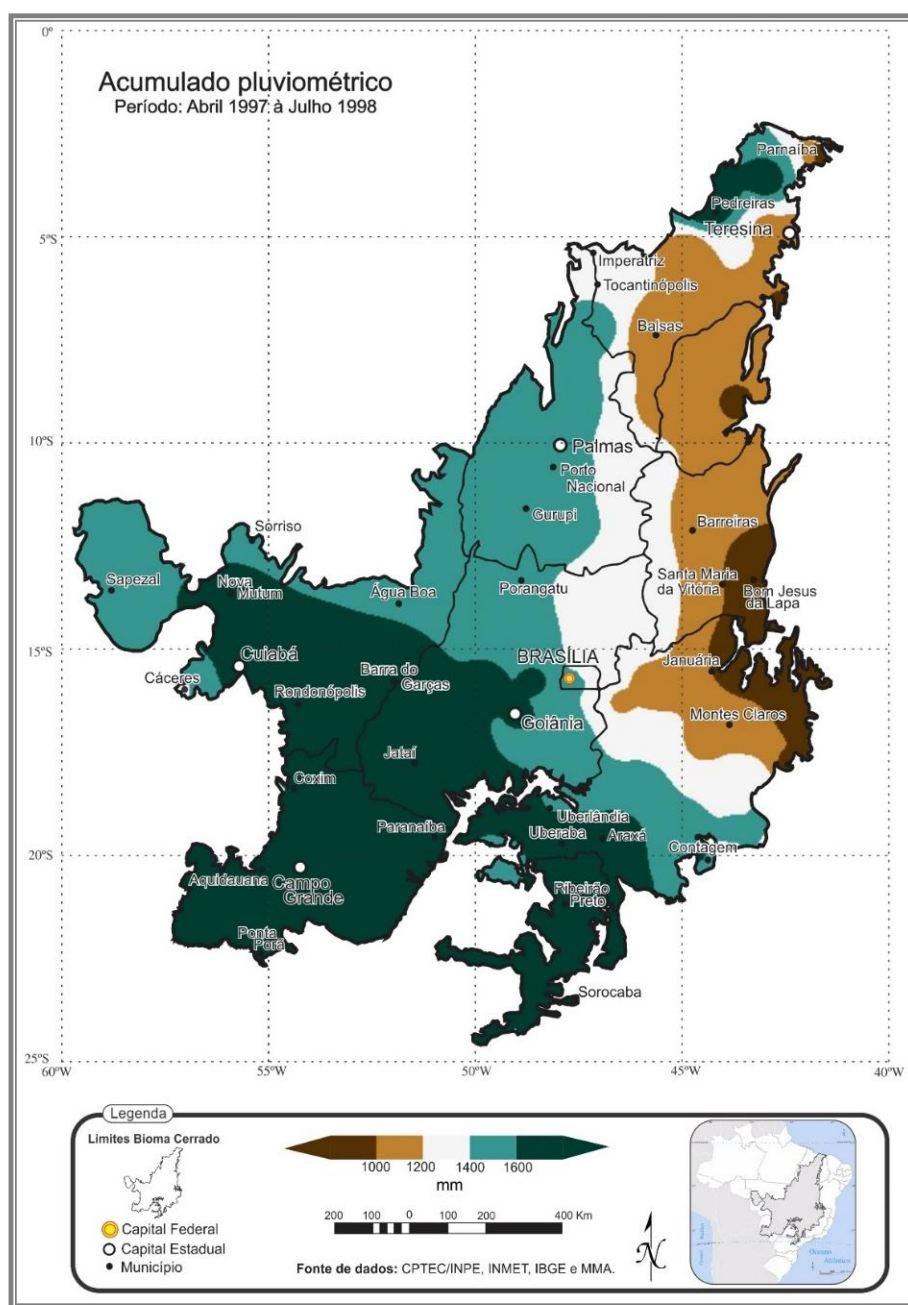


Figura 76: Acumulado de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 1997 a julho de 1998.

As anomalias de precipitação para os meses de abril de 1997 a julho de 1998, estão expostas na figura 77, e representam o quanto, a partir da Normal Climatológica, a precipitação variou positiva ou negativamente. Neste caso observou-se que a região sul do Cerrado praticamente não apresentou variação, ficando em torno de 10% do total, o que foi considerado habitual para a região. A partir do centro da área e seguindo no eixo norte, observou-se anomalias negativas entre 10% e 25% do total pluviométrico, ou seja, durante os meses de

atuação do *El Niño* 97/98, grande parte do centro-norte do Cerrado apresentou um déficit de chuvas no acumulado final, principalmente no extremo norte e em pequenas áreas ao leste e no oeste, no Mato Grosso, enquanto que no extremo sul, observou-se uma pequena anomalia positiva entre 10% e 25%. Assim como o fenômeno *El Niño* ocorrido em 1982-83, observou-se que o ENOS 1997-98 influenciou a ocorrência de períodos de estiagem e aumentou o número de meses, cujas características habituais seriam de altos valores de precipitação, com anomalias negativas, como por exemplo, os meses de dezembro de 1997 a março de 1998.

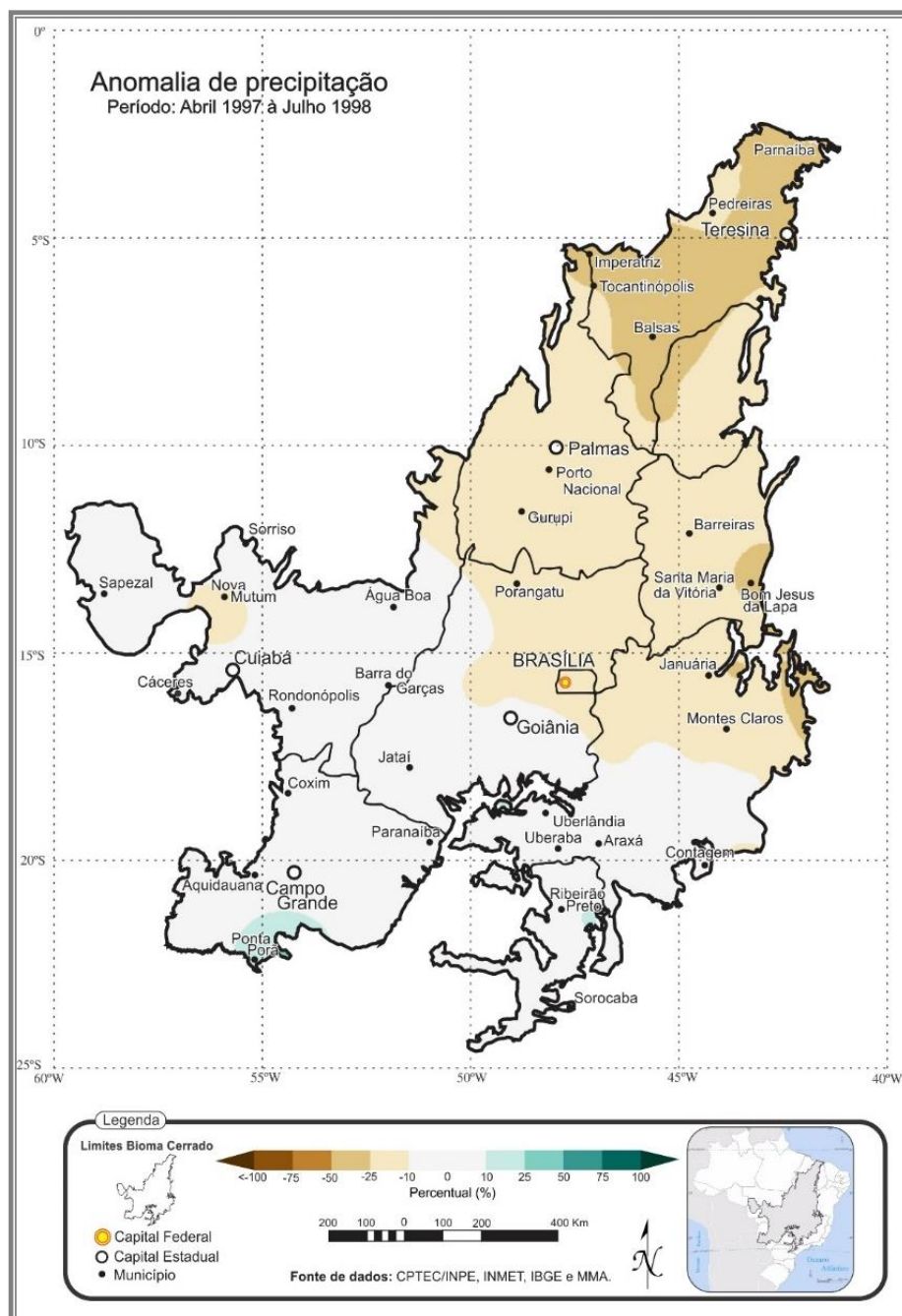


Figura 77: Anomalia de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 1997 a julho de 1998, durante ocorrência do *El Niño* de intensidade muito forte.

3.4.3 - ANÁLISE DO *EL NIÑO* OCORRIDO EM 2015/2016

O evento ENOS 2015-16 ocorreu entre os meses de abril de 2015 e março de 2016, durante o desenvolvimento desta pesquisa, a qual investiga as possíveis relações entre os fenômenos *El Niño* de intensidade muito forte com a precipitação no Cerrado. Assim, como o prenúncio realizado pelos institutos de meteorologia, de várias partes do mundo, indicava uma forte tendência de que o episódio seria de grande intensidade, e isso realmente se confirmou, optou-se, por incluí-lo nas análises, juntamente com os episódios ocorridos em 1982-83 e 1997-98. Será relatada nesta pesquisa, os dados de TSM, índice ONI e precipitação coletados nos anos de 2015-16, durante os meses de atuação do ENOS, para todas as estações do Cerrado e exposto as anomalias e acumulados ocorridos para a área do bioma.

Os dados considerados neste trabalho mostraram que o evento 2015-16 modificou o regime de precipitação no Cerrado. O fenômeno causou fortes impactos na precipitação a partir do inverno de 2015. A partir das análises de vários institutos, entre estes destacamos as análises realizados pelo CPTEC, NOAA e INMET, os quais relataram que este episódio de *El Niño* resultou num aquecimento do Oceano Pacífico muito acima do habitual, entre a região *Niño* 1+2 e *Niño* 4. Logo após o episódio *El Niño* de 1997-98, o Pacífico foi dominado por fenômenos *La Niña* (fase fria) nos anos de 1998-2001, 2007-09 e 2010-12 (NOAA, 2017). Em agosto de 2014, a NOAA previu que o El Niño 2015 poderia estar entre os mais fortes já registrados (BREMNER, 2015).

Sua evolução é mostrada na figura 78, onde é realizada a comparação com os outros dois fenômenos de intensidade muito forte ocorridos em 1982/1983 e 1997/1998. A área pontilhada demonstra os meses em que o fenômeno ocorrido em 2015-16 se apresentou na sua fase mais forte (setembro a fevereiro), tendo o mês de dezembro de 2015 o ápice do fenômeno em seu índice ONI. A TSM, na região *Niño* 3.4, registrou em novembro de 2015, uma anomalia positiva de 2,95°C, atingindo 29,6°C (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017).

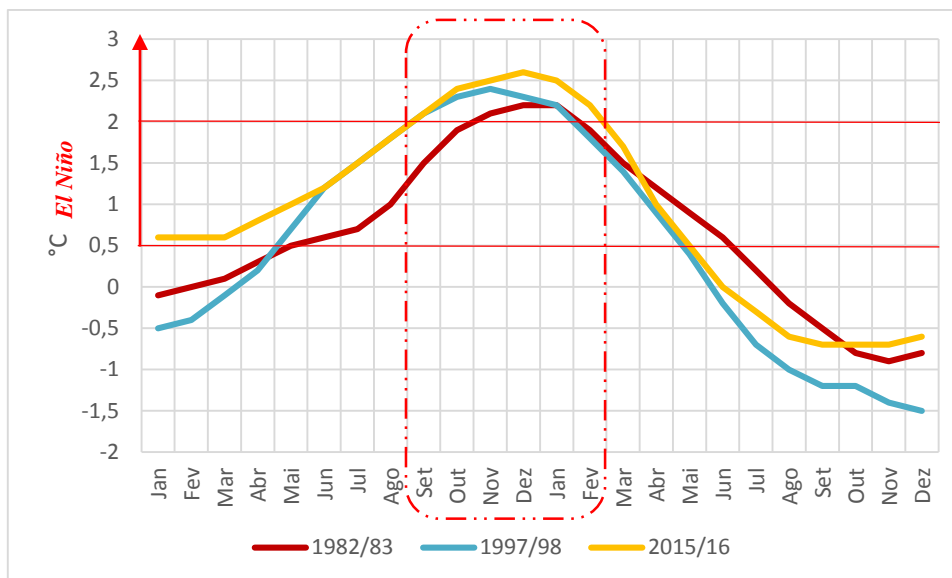


Figura 78: Série de ONI, baseado na média trimestral da região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, apresenta as mensais de 24 meses, de janeiro (A0) a dezembro (A+1) do *El Niño*, ocorrido nos períodos de 1982/83, 1997/98 e 2015/16. Nota-se que a intensidade do fenômeno ocorrido em 2015/16 foi maior que o ENOS de 1997/98 e 1982/83. Fonte: (NOAA, 2017) Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

Baseado no índice ONI e na análise das anomalias da TSM sobre o Pacífico, o fenômeno teve início em abril de 2015 e se estendeu até março de 2016 (12 meses), conforme pode ser observada na figura 79, a qual mostra a evolução do *El Niño* 2015-16 e expõe os mapas das anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), bem como os mapas de anomalias de precipitação para cada mês. Observou-se durante a ocorrência deste *El Niño* de intensidade muito forte que o número de ocorrências de meses tipicamente secos foi numa proporção muito maior que os outros eventos estudados.

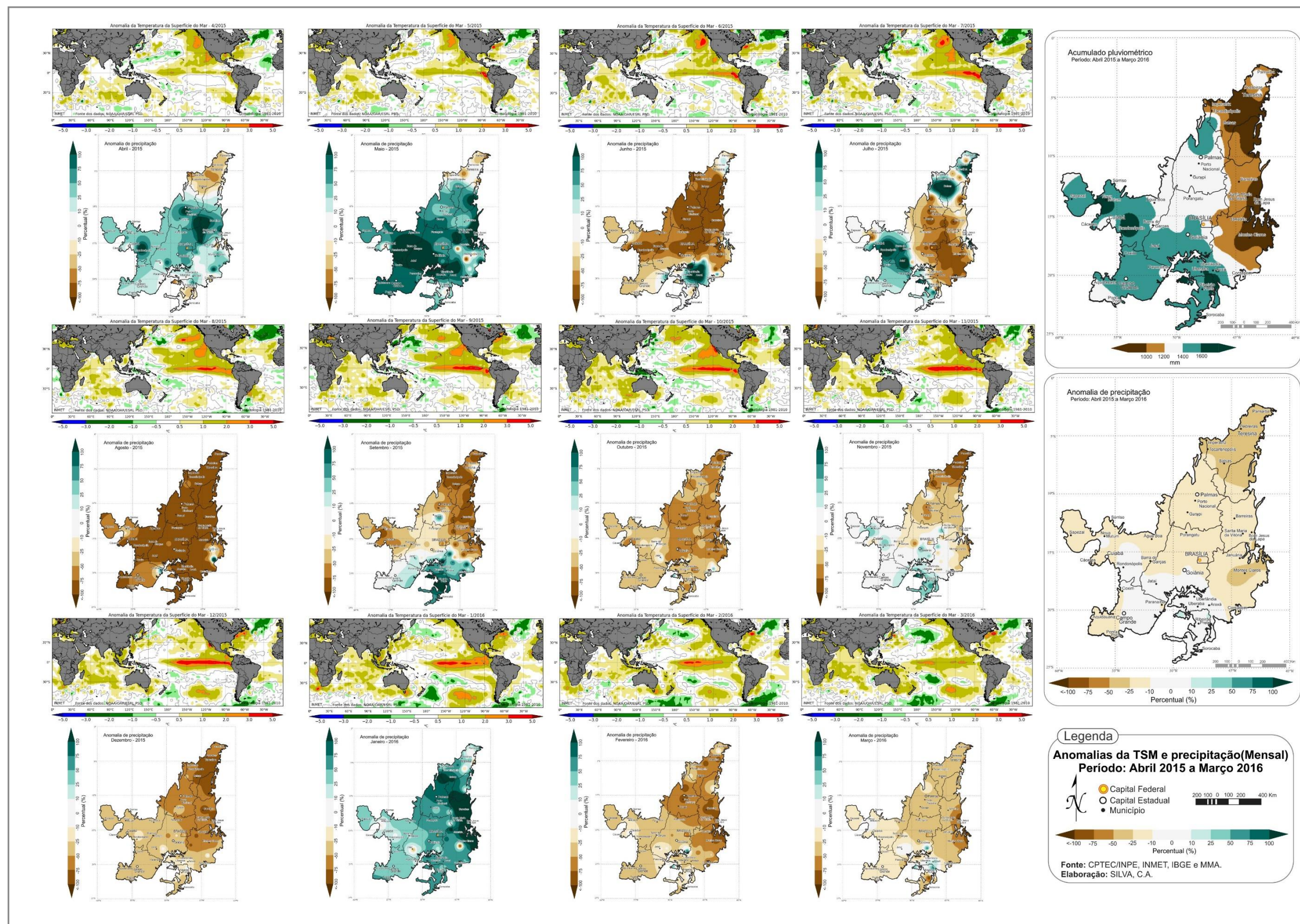


Figura 79: Cenário do El Niño 2015 – 2016 de intensidade muito forte. Na figura aparecem os gráficos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) de abril de 2015 a março de 2016, os mapas de anomalias de precipitação para cada mês e, no lado direito, de cima para baixo, os mapas de precipitação acumulada e de variabilidade pluviométrica para o mesmo período. Elaboração: SILVA, C.A.

Em abril de 2015 foi observado que a TSM no Pacífico Equatorial se apresentou com anomalia positiva de $1,3^{\circ}\text{C}$ e temperatura de $26,9^{\circ}\text{C}$ (CPTEC, 2017a; NOAA, 2017), particularmente próximo à costa do Peru e Equador na região denominada *Niño* 1+2, acima da média histórica, vindo a indicar o prenúncio de um evento ENOS. Ainda, com o fenômeno em ascensão, o Cerrado, nas suas áreas central, oeste e leste apresentaram chuvas acima da Normal climatológica de precipitação, num percentual de até 100% em vários pontos, com exceção de núcleos no extremo sul, em São Paulo, e também na parte norte do bioma que apresentaram anomalias negativas, entre 10% e 75%, conforme exposto na figura 80, a qual mostra a anomalia de precipitação para o mês de abril de 2015.

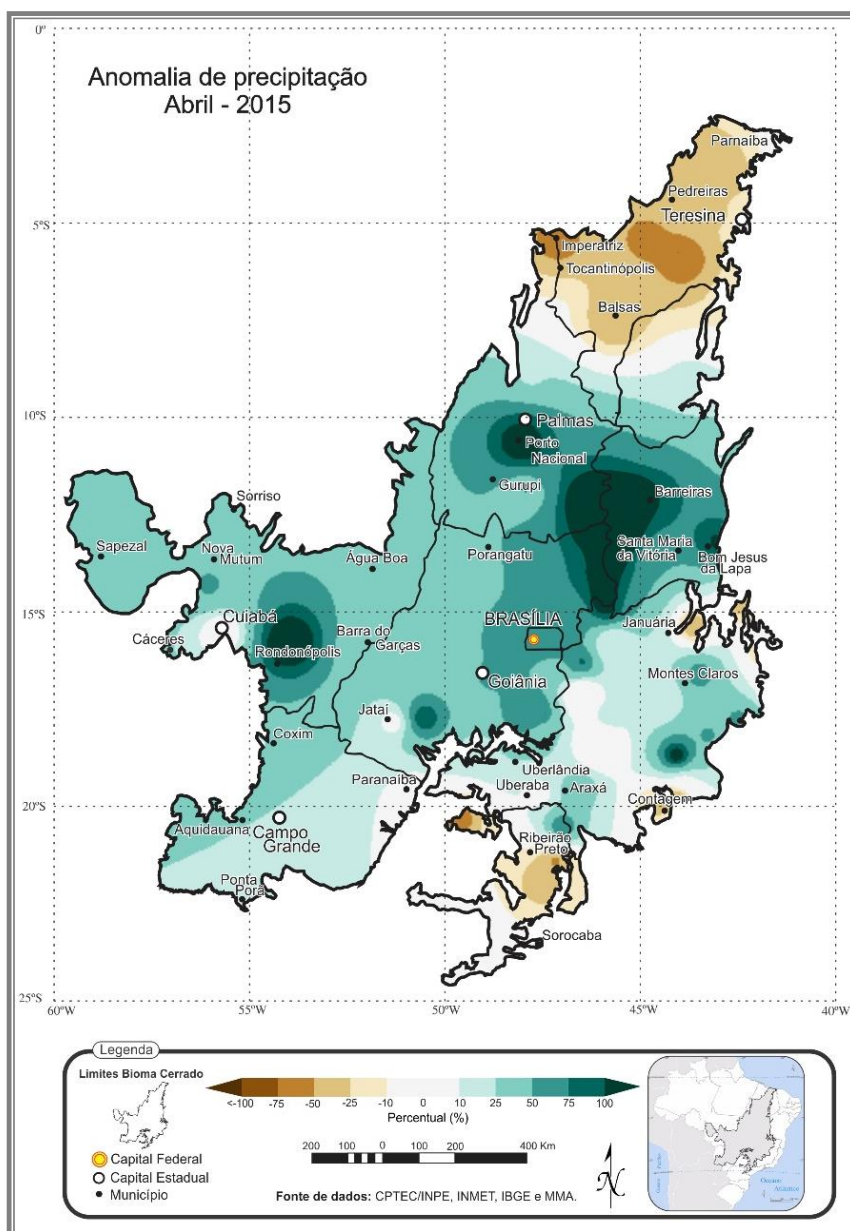


Figura 80: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de abril de 2015.

Com a confirmação do estabelecimento do *El Niño*, o mês de maio de 2015 apresentou índice ONI de 0,8. Na costa leste do Pacífico Equatorial, conforme mapa de anomalia de TSM do mês de maio de 2015, inserido na figura 79, próximo ao Peru e Equador, esta apresentou dados acima da média, sendo observado uma anomalia positiva na região *Niño* 1+2 de 2,43°C e de 1,03°C na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017), conforme pode ser visto no gráfico representativo das anomalias de temperatura da superfície do mar para todo o período em que ocorreu o fenômeno (figura 81).

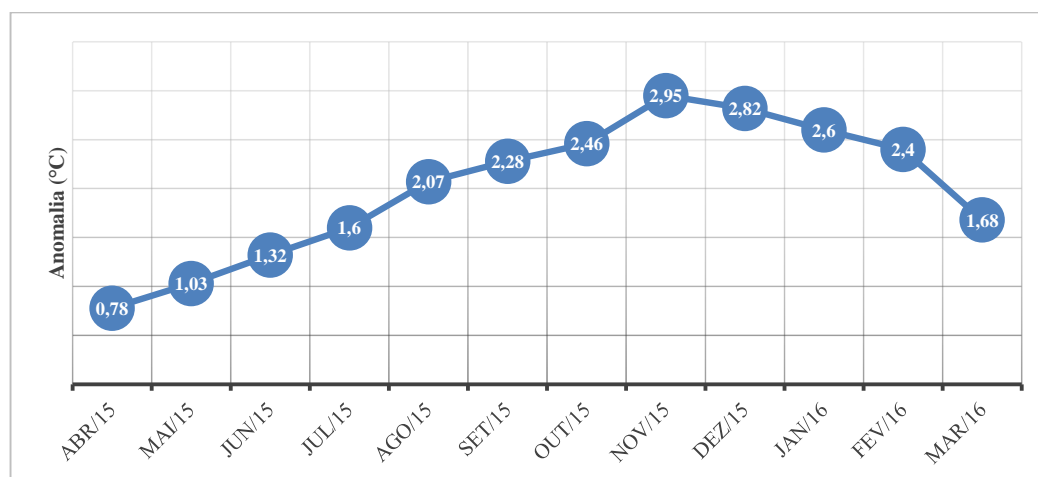


Figura 81: Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região *Niño* 3.4.

Fonte: (NOAA, 2017) Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

As anomalias positivas de precipitação foram registradas em quase a totalidade do Cerrado, com valores acima da Normal climatológica de precipitação, entre 10% e 100%, com exceção do extremo norte da área pesquisada, cuja variação partiu da normalidade à 75% abaixo da média, conforme exposto na figura 82. O centro-sul e leste, apresentaram um acumulado expressivo de chuvas, dado que o mês de maio é, em muitas áreas, como Distrito Federal, Goiás, Tocantins e outras, o primeiro mês da estação seca, com baixo acumulado mensal de precipitação.

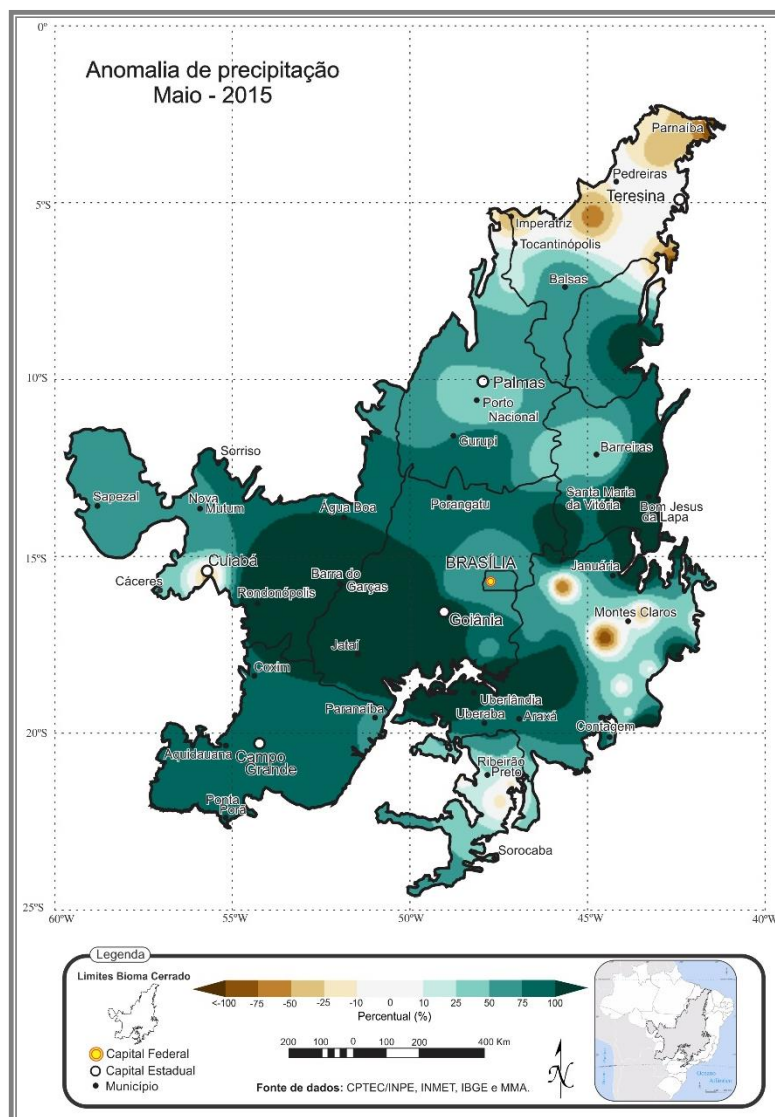


Figura 82: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de maio de 2015.

O mês de junho de 2015 habitualmente tende a ser seco no Cerrado, com pouca nebulosidade e baixa umidade relativa do ar. O fenômeno ENOS progrediu no seu desenvolvimento e naquele mês de junho, ao se analisar as anomalias da TSM, percebeu-se um aumento da temperatura no Pacífico Equatorial Leste, a qual expandiu-se em direção à região *Niño* 3.4, sendo registrado uma anomalia positiva de $1,32^{\circ}\text{C}$ nesta área, e com índice ONI na marca de 1,0 (NOAA, 2017). Destacaram-se, em junho, um núcleo bem definido de anomalias positivas de precipitação sobre Minas Gerais e São Paulo, conforme demonstrado na figura 83, e um pequeno núcleo, que variou entre 10% e 25% acima da média, no extremo norte do Cerrado. No restante da área do bioma, predominaram anomalias negativas que variaram entre 10% e 100%.

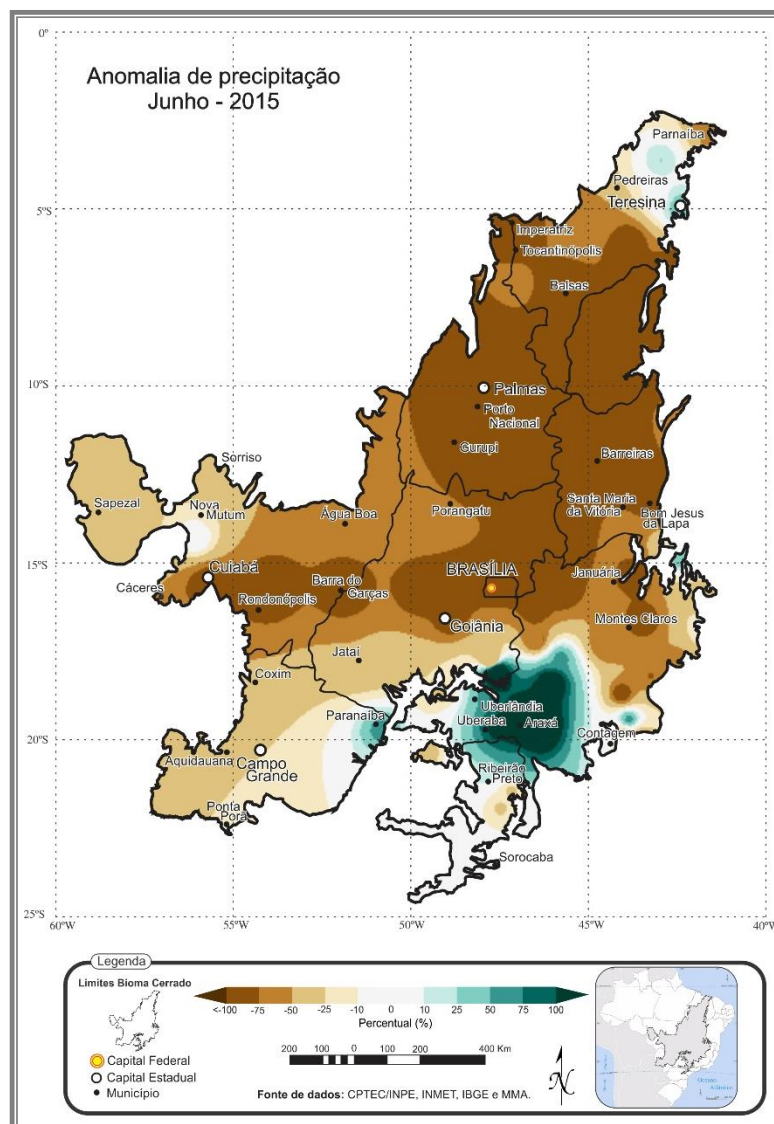


Figura 83: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de junho de 2015.

Com o inverno atuante, o mês de julho de 2015, sob influência do *El Niño*, ainda considerado moderado, mas em seu quarto mês de atuação, foi perceptível, por meio do mapa de anomalia da TSM, contido na figura 79, que houve um avanço da área cuja TSM estava mais quente, acima do habitual, em torno de $28,8^{\circ}\text{C}$ na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017), ou seja, uma anomalia de $1,6^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). Com relação ao mês anterior (junho) observou-se um aumento das áreas com anomalias positivas (figura 84), particularmente no sudoeste e norte do Cerrado, enquanto que o eixo centro-leste manteve as anomalias negativas, em torno de 25% e 75%.

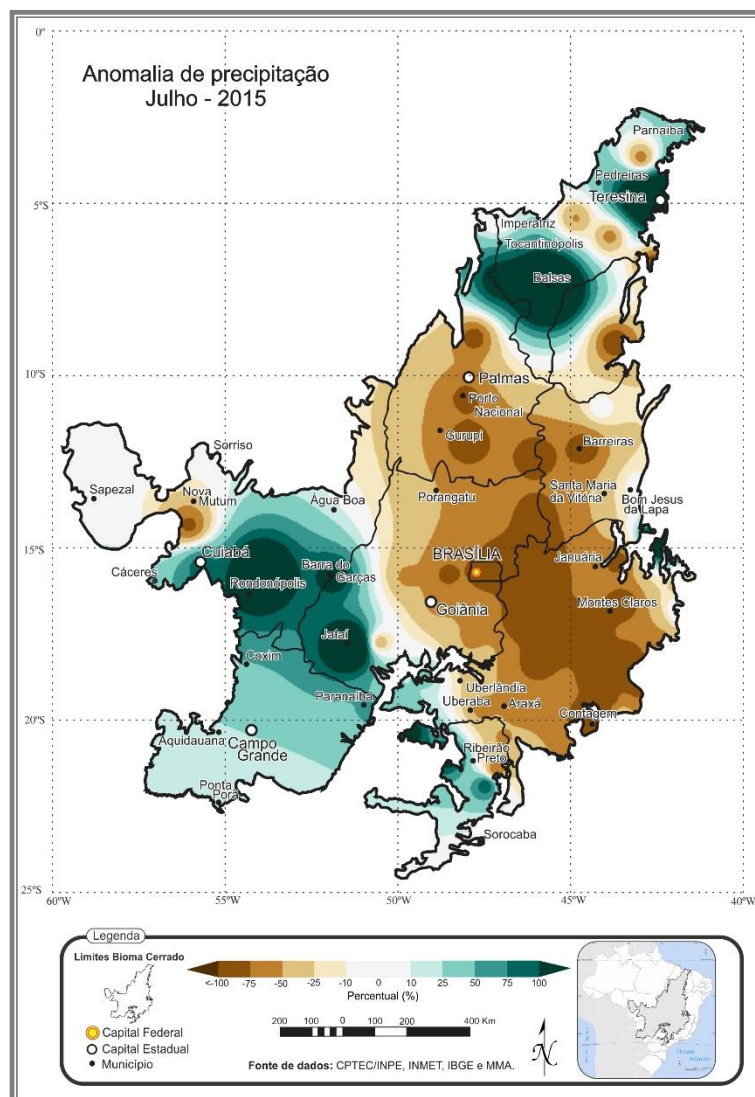


Figura 84: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de julho de 2015.

Em agosto de 2015, a TSM registrou anomalia positiva de $2,07^{\circ}\text{C}$ na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017) semelhante ao mês de agosto de 1997, quando a TSM superou 2°C acima da média, sendo, portanto, confirmado como sendo um fenômeno de intensidade muito forte. Observa-se no mapa de anomalia do mês de agosto, inserido na figura 79, que a TSM estava situada na área central do Pacífico. No Cerrado, aquele mês foi caracterizado como extremamente seco, com anomalias negativas muito abaixo dos padrões habituais (figura 85). Exceção se deu num pequeno núcleo, na borda leste da área analisada, a qual apresentou anomalia positiva de até 100% acima da média de precipitação.

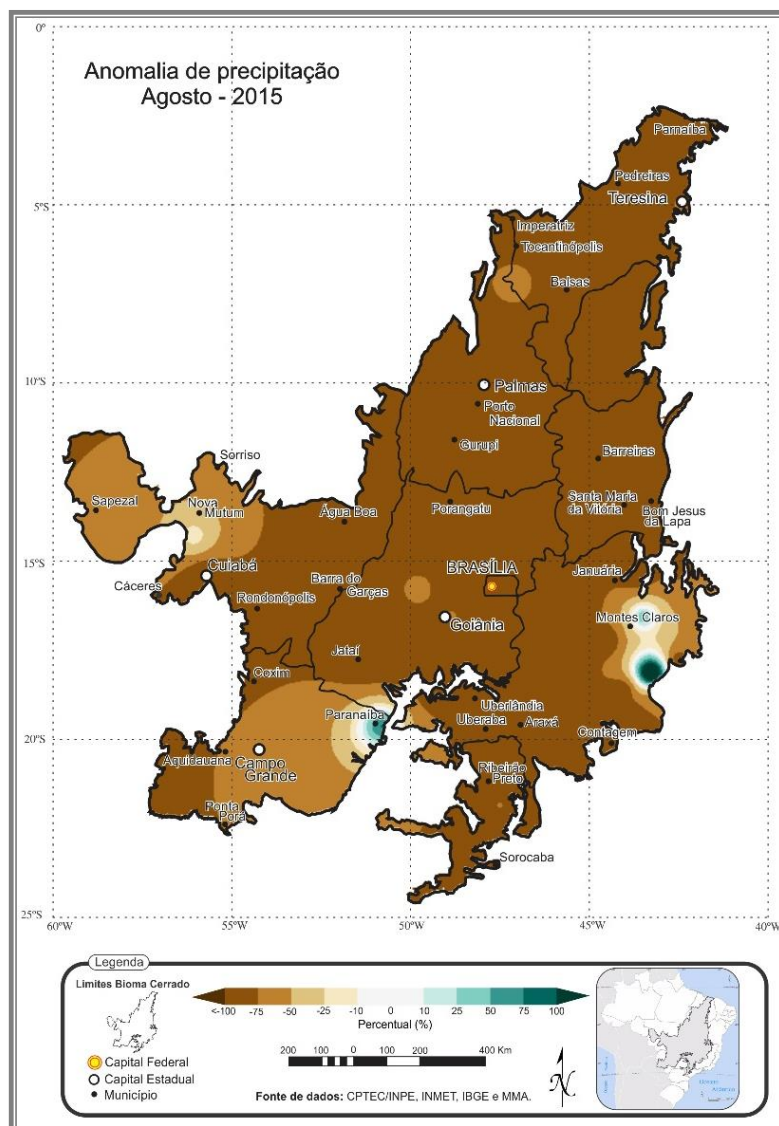


Figura 85: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de agosto de 2015.

A partir de agosto, até o mês de dezembro de 2015, o bioma apresentou baixos valores de precipitação, excluindo-se algumas áreas que apresentaram anomalias positivas, em alguns momentos da análise, como por exemplo o mês de setembro de 2015. A TSM daquele mês foi de 29°C na região *Niño* 3.4, e anomalia de 2,28°C acima do habitual (NOAA, 2017). Observa-se, no mapa de anomalia de precipitação, (figura 86), que a região sudeste do Cerrado registrou anomalias positivas, enquanto, no restante do bioma foram valores abaixo da média para o referido mês.

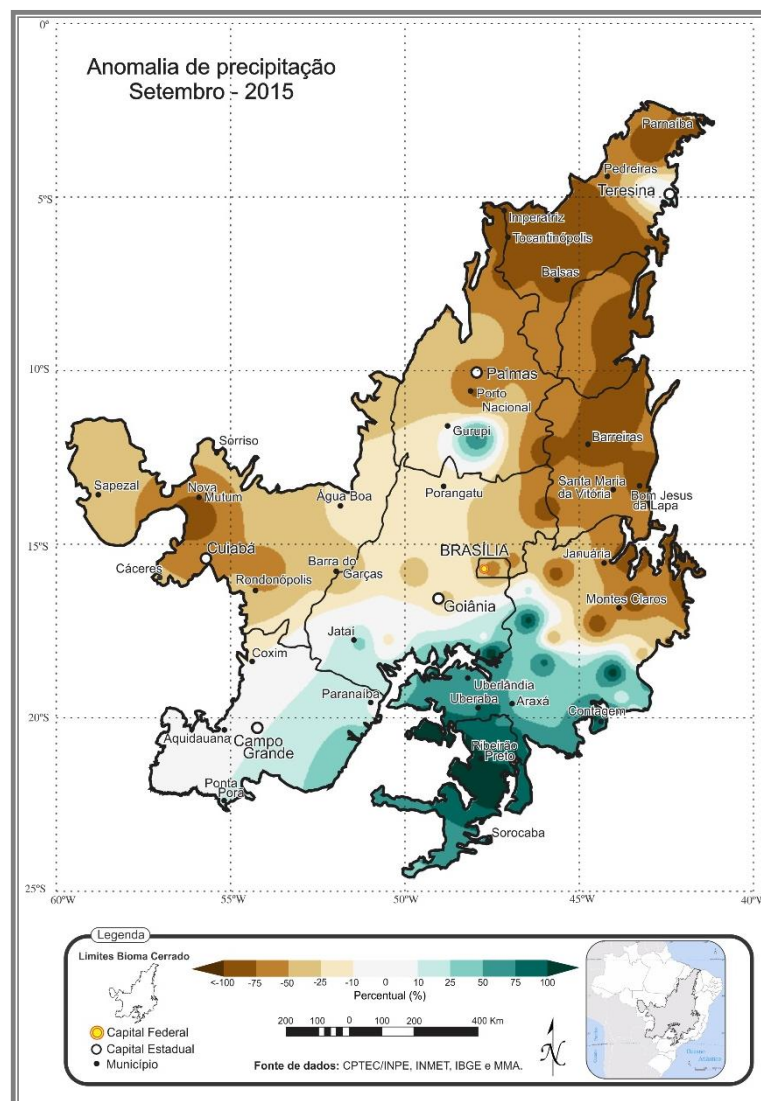


Figura 86: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de setembro de 2015.

Observa-se, no mapa de anomalias de TSM do mês de outubro de 2015, inserido na figura 79, que a TSM permaneceu em ascendência, com um episódio de *El Niño* intenso e bem definido, durante o referido mês, atingindo 29,1°C e anomalia positiva de 2,46°C, na região *Niño* 3.4 (NOAA, 2017) e, expandindo-se no sentido oeste do Pacífico Equatorial. Assim sendo, verificou-se que em praticamente todo Cerrado, foram registradas anomalias negativas entre 10% e 75% abaixo do habitual, com maior predominância dos altos valores no eixo centro-leste-norte em um mês no qual, habitualmente, inicia-se o período chuvoso, observado comprovado na figura 87.

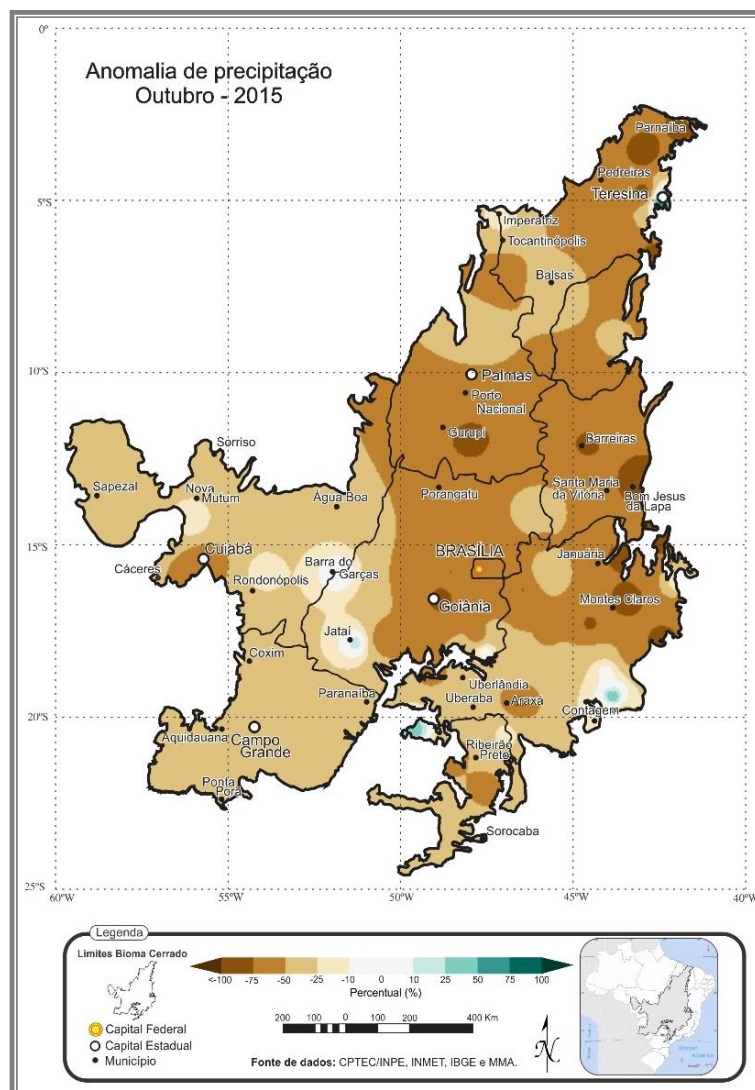


Figura 87: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de outubro de 2015.

De acordo com o resultado da análise, observou-se que em novembro de 2015, o *El Niño* intensificou-se e superou os índices ONI e de TSM dos *El Niño* de 1982/1983 e de 1997/1998, sendo, historicamente registrado, como o mês em que o fenômeno ENOS foi mais intenso dentre os anos avaliados. A figura 88 retratou a evolução da Anomalia da TSM, na região *Niño* 3.4, durante os episódios de *El Niño*, de intensidade muito forte. Nota-se que os valores da anomalia de 1982-83 evoluíram rapidamente durante os primeiros meses, porém, em relação aos outros dois episódios, regrediram num ritmo mais rápido que os demais. Os valores das anomalias, pertencentes aos episódios de 2015-16 e 1997-98, foram parecidos, com pouca diferença entre ambos, porém, o primeiro apresentou valores ligeiramente superiores ao segundo episódio. A anomalia média da TSM na região do *Niño* 3.4 foi de $2,95^{\circ}\text{C}$, em novembro, superando o valor observado no episódio de 1982/1983 que foi de $2,2^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017).

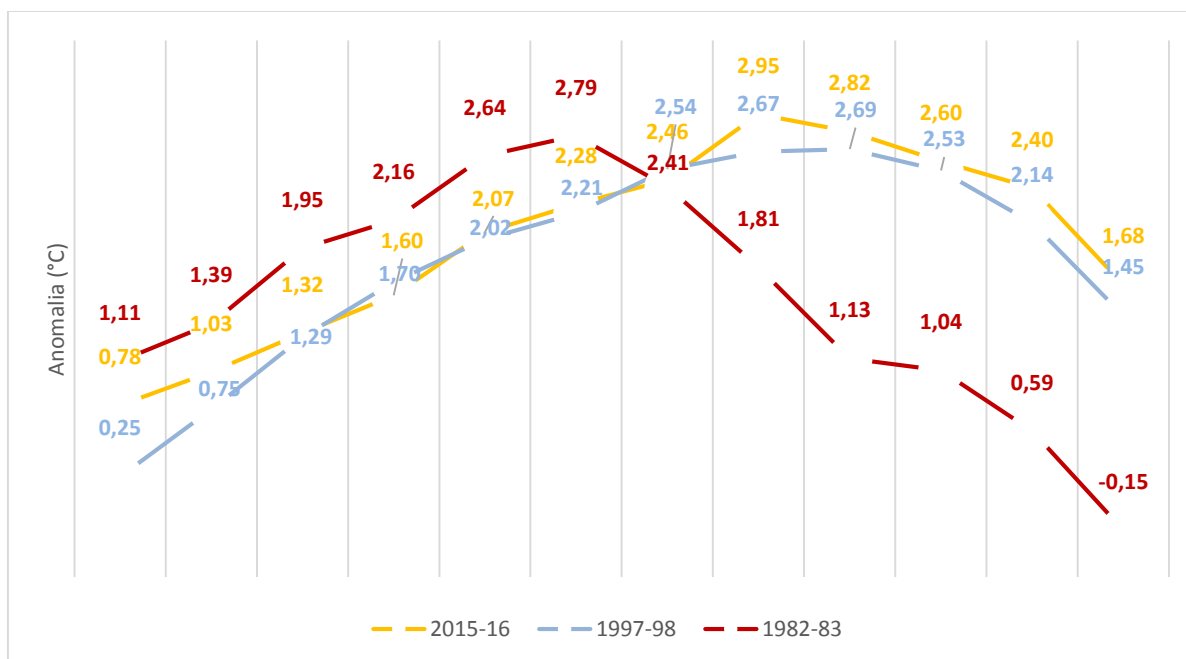


Figura 88: Evolução da Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar na região *Niño* 3.4, durante os episódios de *El Niño*, de intensidade muito forte para os anos de 1982-83, 1997-98 e 2015-16.

Fonte: (NOAA, 2017) Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

Os valores de precipitação registrados em novembro foram equivalentes em grande parte do centro-sul do Cerrado, conforme demonstrado na figura 89. Naquele mês foram observados núcleos de precipitação, acima da média, no extremo sul do bioma, com áreas circunvizinhas dentro dos padrões habituais, que variaram entre 10%. No eixo centro-norte do Cerrado, foram registradas anomalias negativas de precipitação, com valores entre 25% e 75% abaixo da média climatológica.

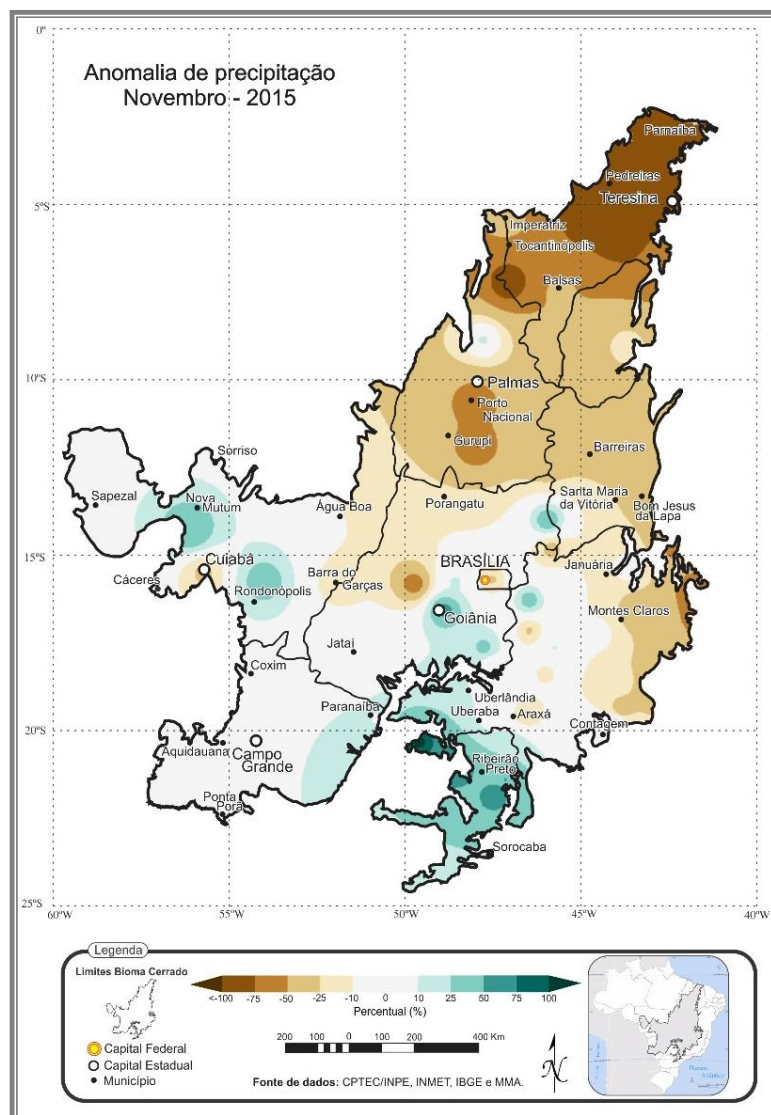


Figura 89: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de novembro de 2015.

Verificou-se que, em dezembro de 2015, a anomalia de TSM no Pacífico Equatorial, na região *Niño* 3.4, teve uma leve queda, sendo registrado $2,82^{\circ}\text{C}$ e temperatura de $29,4^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). Observa-se no mapa de anomalia da TSM, inserido na figura 79, que a área, cuja TSM apresentou-se com seus maiores valores, estendeu-se desde o Pacífico Equatorial Leste, próximo à costa oeste do Peru, até o Pacífico Central, na região *Niño* 4. Em mais um mês, cuja característica é apresentar valores elevados de precipitação, as anomalias foram significativamente abaixo do habitual, conforme exposto na figura 90, sendo o terceiro episódio, cuja totalidade do Cerrado apresentou baixos valores de chuvas. O mês de dezembro, historicamente deveria registrar um acumulado médio superior a 300 mm, entretanto, a partir da região central, seguindo para norte, observou-se um aumento de desvios negativos em torno de 50% a 75% abaixo da média.

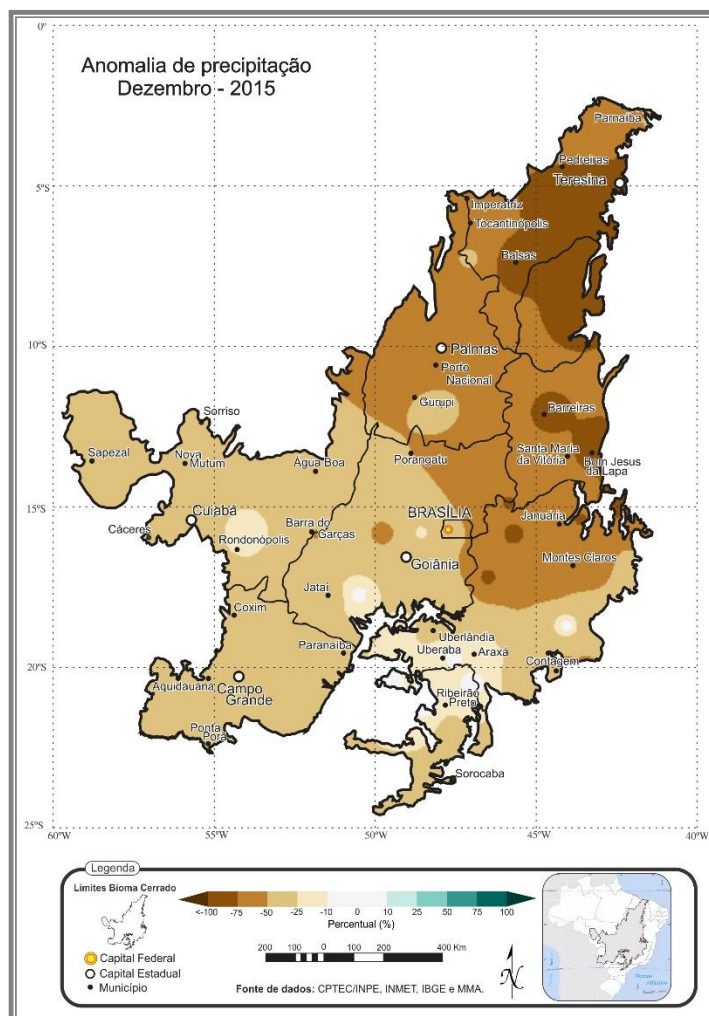


Figura 90: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de dezembro de 2015.

No mês de janeiro de 2016, o ENOS permaneceu com intensidade forte, entretanto a TSM no Pacífico Equatorial Oriental, próximo à costa oeste da América do Sul, principiou uma diminuição da temperatura, sendo registrado $25,9^{\circ}\text{C}$, e anomalia positiva de $1,4^{\circ}\text{C}$, ambas na região *Niño* 1+2 (NOAA, 2017). Entretanto, na região *Niño* 3.4, a TSM ainda se manteve alta, com anomalia positiva de $2,6^{\circ}\text{C}$ e temperatura de $29,2^{\circ}\text{C}$ (NOAA, 2017). A variação da TSM pode de ser vista no mapa de anomalia de TSM do mês de janeiro de 2015, na figura 79. De acordo com o CPTEC (2017), o mês de janeiro de 2016 foi caracterizado pela presença da atividade convectiva sobre a região central do Brasil e um aumento das anomalias positivas de precipitação em quase a totalidade da área do Cerrado, com exceção de poucos núcleos que apresentaram anomalias negativas em Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás. No extremo leste do Cerrado registrou-se um forte núcleo de anomalias positivas, acima do habitual, conforme visualizado na figura 91.

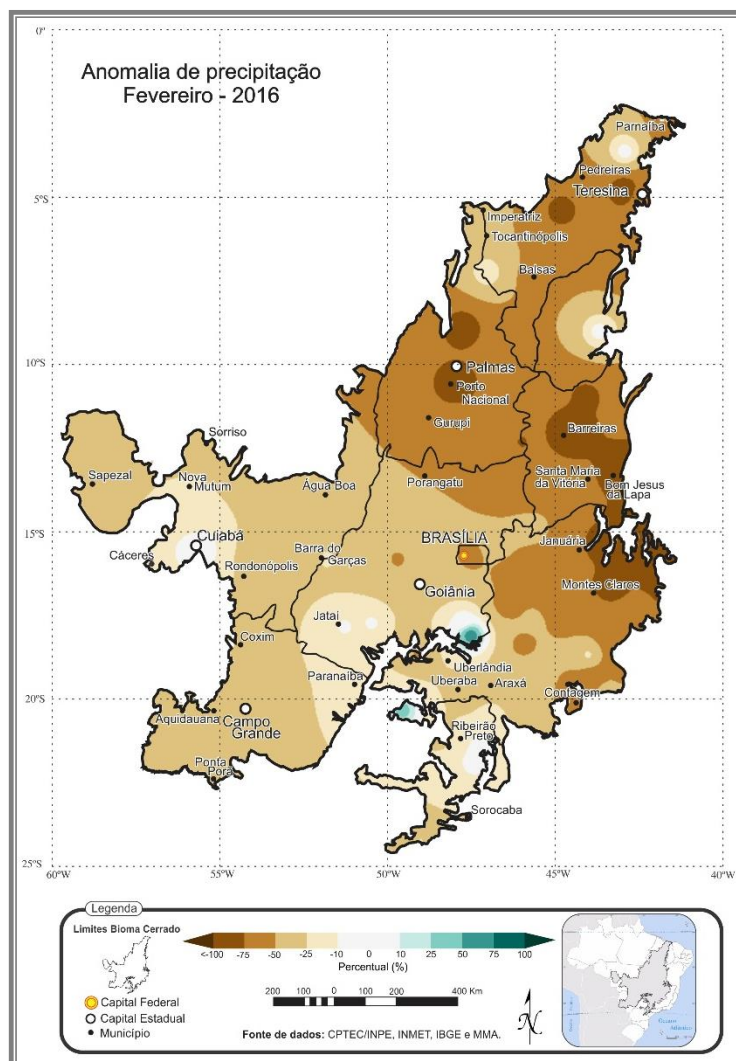


Figura 92: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de fevereiro de 2016.

O mês de março de 2016 foi marcado pelo encerramento do *El Niño* 2015/16 nas regiões *Niño* 3.4 e *Niño* 1+2, baseado nas observações das anomalias da TSM no Pacífico Equatorial Central e Oriental, a qual foi de $1,7^{\circ}\text{C}$ naquela região e $0,9^{\circ}\text{C}$ nesta (NOAA, 2017). Observa-se, no mapa de anomalia da TSM (figura 79), que a mancha da TSM, que até o mês de fevereiro ainda era visível, se dissipou ao longo da faixa equatorial. O mês de março foi o quinto, desta série em que o ENOS atuou, a apresentar anomalias negativas em quase todo o Cerrado, com exceção de alguns núcleos de anomalias positivas em Minas Gerais, São Paulo e Goiás. Os desvios negativos mais intensos de precipitação foram verificados na borda leste do Cerrado, chegando a atingir um percentual entre 75% e 100% abaixo dos padrões habituais de precipitação, sendo possível verificar na figura 93. Nas áreas sul e oeste do Cerrado, foi registrada anomalia negativa entre 10% e 25% dos valores habituais de precipitação. O acumulado de precipitação, em março de 2016 foi inferior ao registrado no mês de março de 1997, quando ainda estava configurado a atuação do *El Niño* naquele mês.

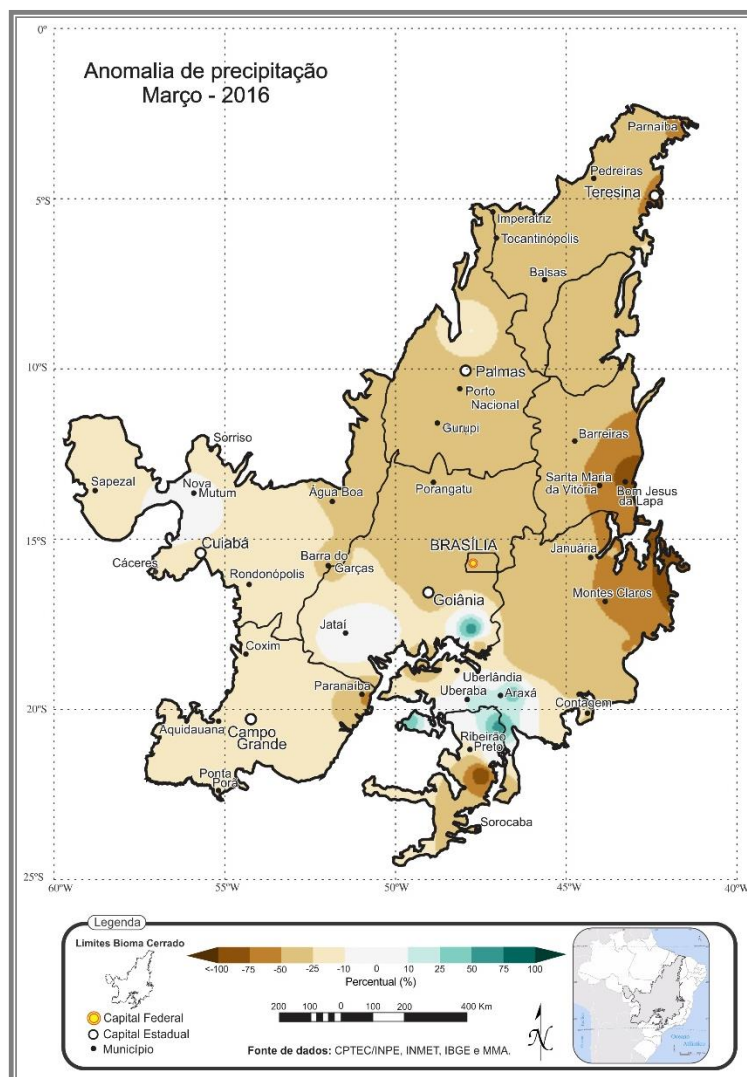


Figura 93: Anomalia de precipitação do Cerrado para o mês de março de 2016.

O fenômeno ENOS, ocorrido entre os meses de abril de 2015 a março de 2016, apresentou-se com intensidade muito forte no Pacífico Equatorial Central e Leste, indicando, a partir das análises realizadas que as condições climáticas do Cerrado sofreram influência. Ao se considerar as anomalias de precipitação, ocorridas ao longo do período de atuação do ENOS percebeu-se, conforme a figura 94, que o acumulado de precipitação aumentou seguindo o eixo leste-oeste. Os menores valores, abaixo de 1000 mm, encontram-se na parte leste do Cerrado, em estados como Minas Gerais, Bahia, Piauí e parte do Maranhão, ao norte. A parte sul do Cerrado, apresentou valores entre 1400 mm a 1600 mm em grande parte das localidades, enquanto que núcleos, com valores acima de 1600 mm, são também observados nesta área. O eixo centro-norte, e uma pequena parcela do estado do Mato Grosso do Sul apresentaram valores entre 1200 mm e 1400 mm.

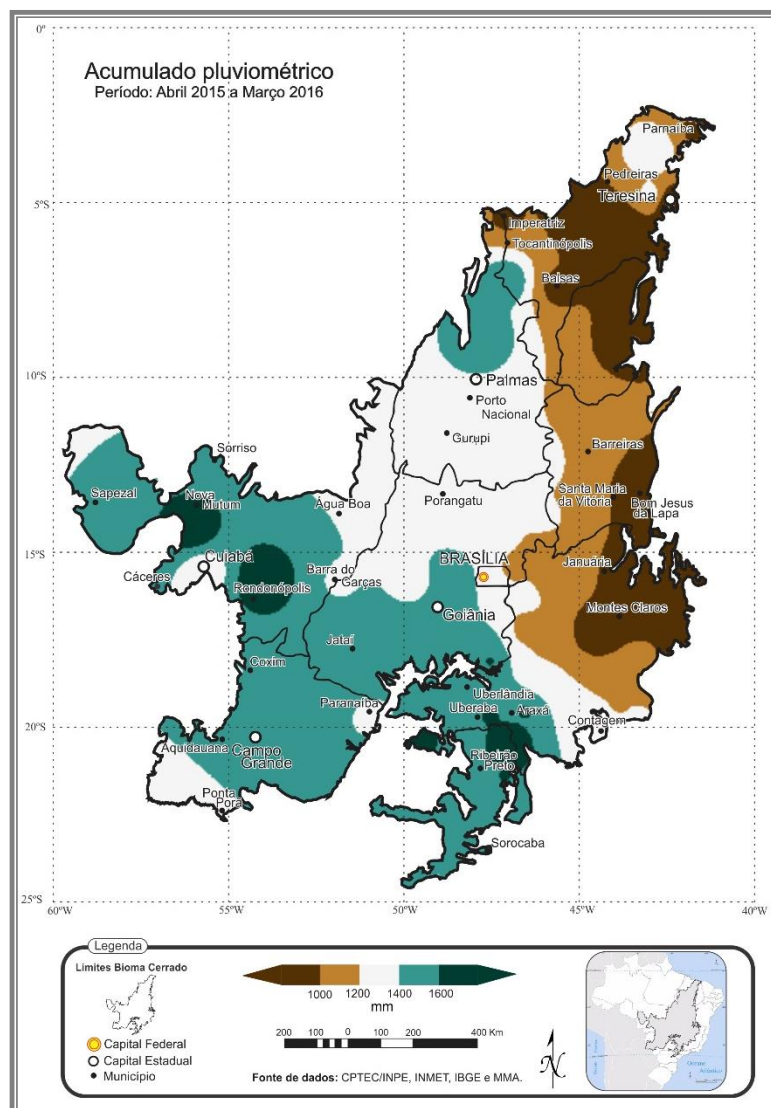


Figura 94: Acumulado de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 2015 a março de 2016.

As anomalias de precipitação para os meses de abril de 2015 a março de 2016, estão representadas na figura 95, e simulam o quanto, a partir da normal climatológica, a precipitação variou positiva ou negativamente. Neste caso, observou-se que a região sul do Cerrado praticamente não apresentou variação, fixando-se em 10% do total, o que foi considerado habitual para aquela região. A partir do centro da área e seguindo no eixo norte, observou-se anomalias negativas entre 10% e 50% do total pluviométrico, ou seja, durante os meses de atuação do *El Niño* 2015-16, grande parte do centro-norte, e áreas do oeste e sudoeste do Cerrado apresentaram um déficit de chuvas no acumulado final, principalmente no extremo norte e em pequenas áreas ao leste, em Minas Gerais e no oeste, no Mato Grosso e sudoeste em Mato Grosso do Sul. Observou-se que o ENOS 2015-16 influenciou em grande parte dos meses a ocorrência de períodos de estiagem e aumentou o número de meses, cujas características habituais seriam de altos valores de precipitação, com anomalias negativas, como por exemplo

os meses de agosto, outubro e dezembro de 2015 e fevereiro e março de 2016. Foram cinco episódios, cujas anomalias negativas de precipitação estiveram muito abaixo dos padrões habituais, influenciado, inclusive, no regime hídrico do bioma para aqueles meses (CIRILO, 2015; TAVARES, *et al.*, 2017).

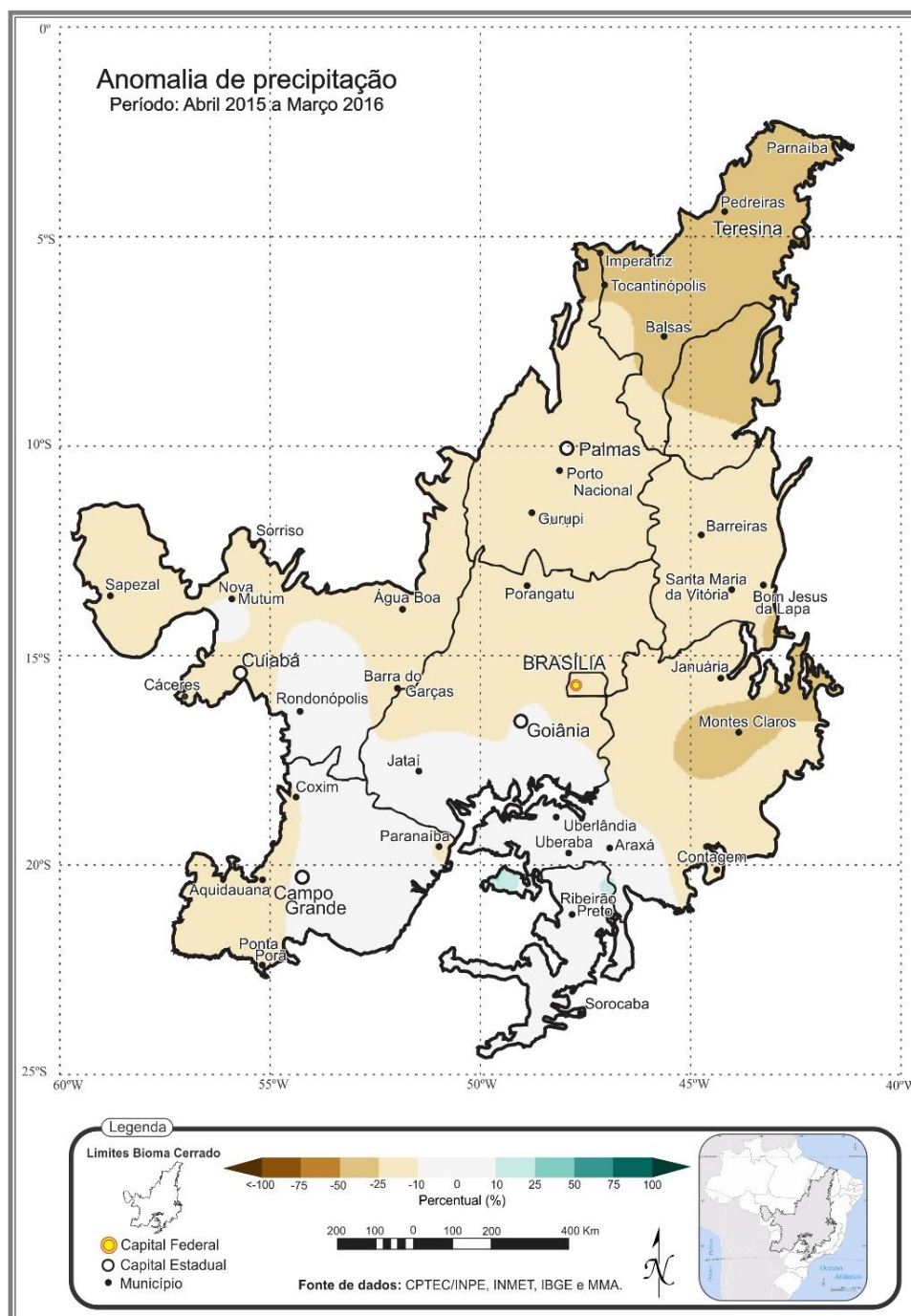


Figura 95: Anomalia de precipitação do Cerrado para os meses de abril de 2015 a março de 2016, durante ocorrência do *El Niño* de intensidade muito forte.

3.5 - ANÁLISE DAS SIMILARIDADES ENTRE OS FENÔMENOS *EL NIÑO*, DE INTENSIDADE MUITO FORTE, OCORRIDOS EM 1982-83, 1997-98 E 2015-16

A finalidade deste tópico constituiu-se em analisar, de maneira geral, os impactos no regime pluviométrico do Cerrado, decorrentes da influência dos eventos *El Niño*, de intensidade muito forte, ocorridos em 1982-83, 1997-98 e 2015-16, decorrentes das anomalias da TSM no Pacífico Equatorial.

Inicialmente, após uma análise individual das anomalias da TSM, ONI e da precipitação no Cerrado, para cada episódio ENOS, agrupou-se as variáveis descritas (TSM e precipitação) e realizou-se as análises, observando os impactos na variabilidade pluviométrica que ocorreram no bioma e identificados como de ocorrência habitual para aquele tipo de fenômeno.

Observou-se que as datas de início dos eventos não foram rigorosamente iguais em cada um dos episódios. O primeiro iniciou em agosto, enquanto os outros dois eventos em abril. O tempo de duração, também não foi similar. O primeiro e segundo evento duraram quatorze meses, e o terceiro durou doze meses. O auge da TSM, coincidiu entre o final do ano A(0) e início do ano subsequente A(1). O período de término preferencial para os eventos foi entre as estações inverno e primavera, com exceção no ENOS 2015-16, que teve o término em março de 2016. Tais observações revelaram a existência de uma sazonalidade distinta para o início e término da ocorrência de cada um dos eventos estudados.

A análise estatística dos dados das anomalias, tanto da TSM quanto da precipitação, correspondeu a 40 meses, sendo encontrando relação com a precipitação registrada no Cerrado. A figura 96 mostra as anomalias da TSM, em relação a climatologia de referência (1981-2010) para cada um dos episódios de *El Niño* analisados. A representação está estruturada em linhas, as quais apontam os meses em que o fenômeno ENOS foi identificado e, em colunas, que representam os três episódios estudados. O primeiro evento ocorreu entre agosto de 1982 a setembro de 1983, totalizando quatorze meses de atuação. O segundo episódio aconteceu entre os meses de abril de 1997 e se estendeu até junho de 1998, totalizando 14 meses. O terceiro fenômeno sucedeu entre abril de 2015 e março de 2016, num total de 12 meses.

As análises foram realizadas a partir das anomalias de TSM ocorridas nas regiões *Niño* 3.4 e também verificadas na *Niño* 1+2, do Pacífico Equatorial. Os valores médios da TSM, para cada um dos fenômenos, foram significativamente maiores na região *Niño* 3.4, de acordo com os registros da NOAA, 2017. As anomalias de TSM foram de interesse para mensurar o real significado daquela determinada temperatura para o desenvolvimento do ENOS e suas potenciais implicações no regime pluviométrico no Cerrado.

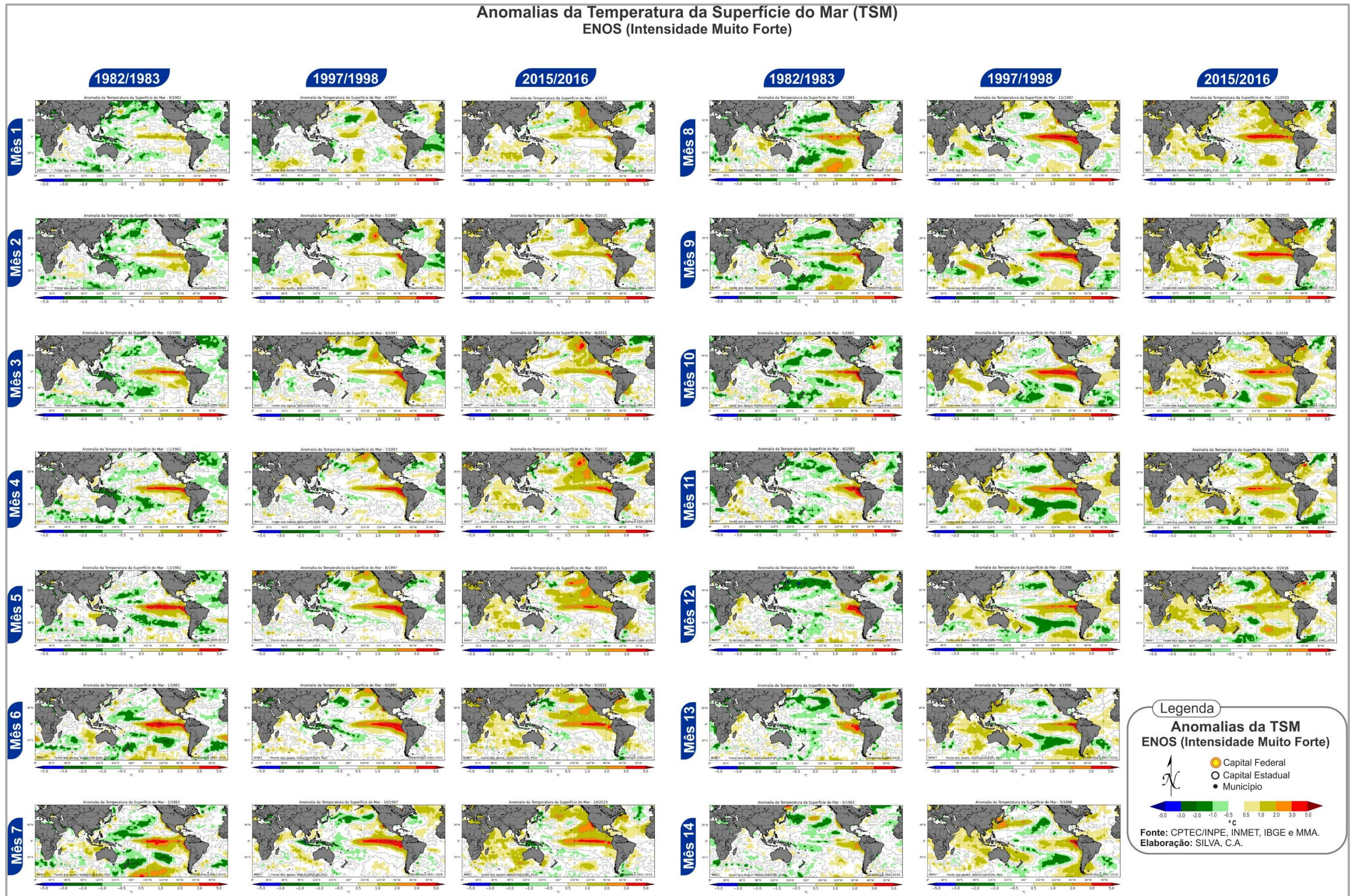


Figura 96: Anomalias da TSM identificando a evolução de cada fenômeno El Niño de intensidade muito forte. Elaboração: SILVA, C.A.

Os maiores valores da TSM e suas anomalias nas regiões *Niño* 1+2 e *Niño* 3.4, em cada um dos episódios ENOS estudados, estão identificadas na Tabela 13. Observou-se que as maiores TSM na região *Niño* 3.4 ocorreram entre novembro e janeiro, quando o *El Niño*, geralmente apresenta sua fase mais intensa no Pacífico Equatorial Leste e Central. Na região *Niño* 1+2, localizada próximo à costa da América do Sul, os valores máximos foram identificados no mês de março de cada um dos episódios. As anomalias máximas chegaram a 4,6°C em junho de 1983 na região *Niño* 1+2 (NOAA, 2017), conforme mostrado e discutido no tópico desta pesquisa, referente ao fenômeno daquele ano e a maior anomalia da região *Niño* 3.4, atingiu 3,0°C, em novembro de 2015 (NOAA, 2017), porém, em ambos os episódios nesta região específica, e que é utilizada como referência para os estudos do ENOS, pode-se concluir que as maiores anomalias praticamente são equivalentes, conforme mostrado na tabela 13.

Assim, em novembro, dezembro e janeiro, tanto as TSM, quanto as anomalias, na maioria das vezes, estiveram maiores na região *Niño* 3.4, porém, as maiores anomalias da TSM foram identificadas na região *Niño* 1+2, no mês de março. Nesta pesquisa, os valores registrados na região *Niño* 3.4 foram detalhadamente examinados e considerados na análise, como indicadores de eventos ENSO. Como visto na tabela 13, as TSM máximas atingiram valores acima de 29°C (NOAA, 2017) nos três episódios considerados de intensidade muito forte, entretanto, as maiores anomalias foram registradas próximas à costa da América do Sul, na *Niño* 1+2. Assim, ao se considerar a intensidade do *El Niño*, a partir da mais alta TSM na região *Niño* 3.4, o episódio de 2015-16 foi aquele que apresentou o maior registro e também a maior anomalia (3,0°C) para a região específica de avaliação (*Niño* 3.4). Portanto, pode-se afirmar, que em termos de anomalia e TSM, o fenômeno ocorrido em 2015-16 apresentou as condições para ser determinado como o mais intenso *El Niño* do período analisado, porém, com menor duração em relação aos outros dois episódios. Os impactos econômicos e sociais não foram abrangidos na análise desta pesquisa para afirmar, o quanto o ENOS afetou determinada região. Outro fator que não foi avaliado, foram as providências adotadas em cada região, baseado nas experiências dos *El Niño* anteriores a 2015-16, como melhorias de infraestrutura, sistema de medição, novas tecnologias e técnicas no campo, entre outras.

TABELA 13: MAIORES TEMPERATURAS E ANOMALIAS DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NAS REGIÕES NIÑO 1+2 E NIÑO 3.4, EM CADA UM DOS EPISÓDIOS ENOS ESTUDADOS.

	TSM (° C)		Anomalia TSM (°C)	
	Niño 1+2	Niño 3.4	Niño 1+2	Niño 3.4
1982-83	28,7° (Mar 83)	29,4° (Jan 83)	4,6° (Jun 83)	2,8° (Jan 83)
1997-98	29,2° (Mar 98)	29,3° (Dez 97)	4,2° (Ago 97)	2,7° (Dez 97)
2015-16	27,6° (Mar 16)	29,6° (Nov 15)	2,9° (Jul 15)	3,0° (Nov 15)

Fonte: (NOAA, 2017) Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. Acesso em 14 de agosto de 2017.

A figura 97, que representa as anomalias de precipitação, está estruturada da mesma forma que aquela representativa das anomalias da TSM, ou seja, as linhas representam os meses em que o fenômeno ENOS foi identificado e mostra os mapas de anomalias da precipitação para aquele determinado mês, enquanto as colunas representam os três episódios de *El Niño* estudados (1982-83, 1997-98 e 2015-16). Foram analisados e comparados 40 meses, onde pode ser percebido a variação da precipitação através das anomalias positivas ou negativas. Os meses em que o *El Niño* atuou nos anos de 1997-98 e 2015-16, apresentaram, em maior quantidade, períodos cujas anomalias negativas foram predominantes em grande parte do período. Ao contrário, os meses que estiveram sob a influência do ENOS em 1982-83, apresentaram um maior número de ocorrências de anomalias positivas, quando comparados com os outros dois eventos.

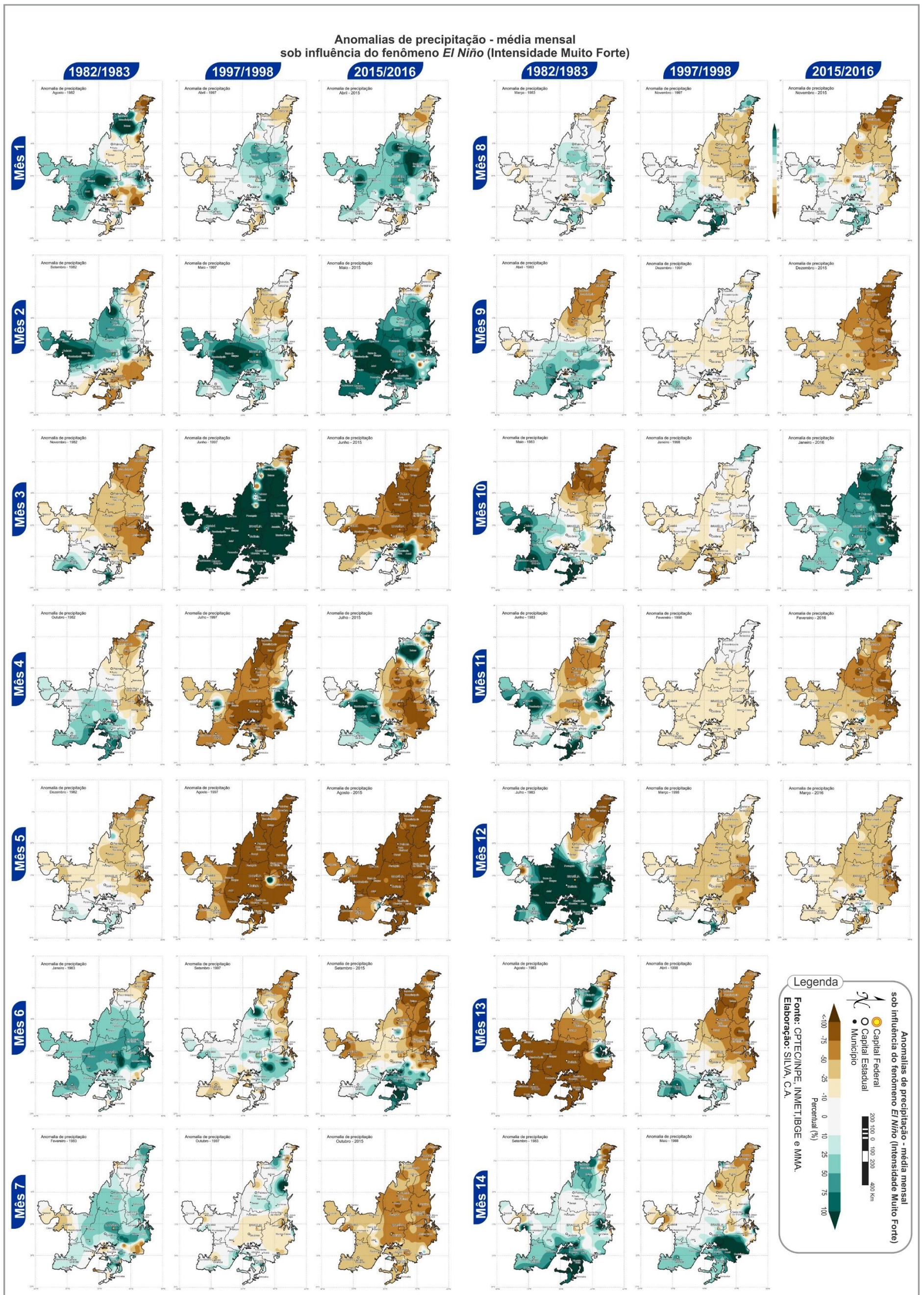


Figura 97: Anomalias da precipitação no Cerrado durante cada fenômeno El Niño de intensidade muito forte. Elaboração: SILVA, C.A.

Observou-se que os meses de janeiro de 1983, novembro de 1997 e novembro de 2015 foram os três meses cujas anomalias da TSM atingiram o maior registro para a referida região *Niño* 3.4 do Pacífico Equatorial. As anomalias de precipitação para o Cerrado, apresentaram, no primeiro evento (Jan 83), representado pela letra A da figura 98, uma forte anomalia positiva em praticamente todo o bioma, com exceção do norte da área, cujas anomalias negativas ficaram entre 10% e 75% abaixo da média. Para os outros dois eventos, representados pelas letras B (Nov 97) e C (Nov 15) as anomalias positivas foram em maior número no sul do Cerrado, principalmente do segundo evento (B). As anomalias negativas, em novembro de 2015, ocuparam grande parte do centro-norte do bioma, sendo que os maiores déficits foram na parte norte do Cerrado. Diferentemente, em novembro de 1997, no extremo norte do Cerrado, foram registradas anomalias positivas de precipitação, com valores entre 50% e 75% acima da média climatológica. Ao se realizar uma comparação entre os três meses no Cerrado, cujas anomalias da TSM, no Pacífico Equatorial Central, atingiram os maiores valores, percebeu-se que o primeiro evento (A) foi significativamente mais chuvoso que os outros dois. O terceiro evento (C) registrou, no eixo centro-norte do Cerrado, anomalias negativas de precipitação, com valores entre 25% e 75% abaixo da média climatológica. Logo, pode-se concluir que o regime de chuvas do Cerrado, quando a TSM no Pacífico Equatorial, particularmente na região *Niño* 3.4, atinge os maiores valores, é influenciado, tanto no setor sul, apresentando um maior volume, quanto na parte norte da área, com valores abaixo da média, mesmo nos meses cujas características são da estação chuvosa, para ambas as áreas.

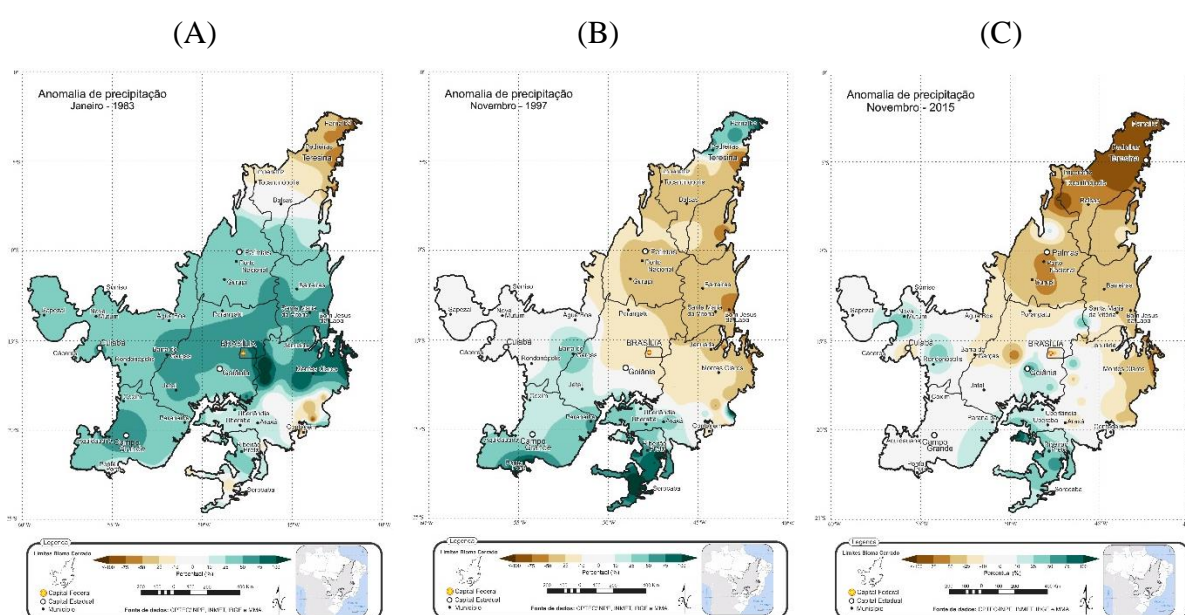


Figura 98: Anomalias da precipitação no Cerrado para os meses em que a anomalia da TSM atingiu o ápice, durante cada fenômeno *El Niño*, na região *Niño* 3.4.

A partir dos acumulados de precipitação, para cada mês dos episódios de *El Niño*, de intensidade muito forte, foi realizada uma investigação, pormenorizada, da variabilidade pluviométrica nas áreas ordinariamente impactadas pelo ENOS. Os dados de precipitação de cada estação, foram inseridos num ambiente de informação geográfica (SIG) e os resultados interpolados para a confecção dos mapas do acumulado pluviométrico, variabilidade e, como principal produto, um mapa que identificasse as áreas do Cerrado que sofreram algum tipo de impacto na sua precipitação, seja com anomalias positivas ou negativas.

A análise realizada para identificar e quantificar o acumulado de precipitação ocorrida em diferentes áreas do bioma, pode ser verificada na figura 99, a qual apresenta o acumulado da precipitação para cada um dos três episódios de *El Niño* de intensidade muito forte e, também, a média do total acumulado de precipitação para o Cerrado entre os mesmos episódios.

Classificado como um fenômeno de intensidade muito forte no Pacífico Equatorial Central e Leste, o *El Niño* ocorrido entre os meses de agosto de 1982 a setembro de 1983, apresentou um acumulado pluviométrico (figura 99-A) que variou entre chuvas bem distribuídas, particularmente no eixo centro-sul, a locais cuja precipitação não chegou a atingir 1000 mm, durante os 14 meses de atuação. A partir das análises efetuadas, concluiu-se que os menores volumes de chuvas (<1000 mm) ocorreram nos setores norte/nordeste do Cerrado, bem como na região leste, em áreas de Minas Gerais e Bahia. O acumulado inserido na classe de 1000 mm a 1200 mm, ocorreu em áreas no sentido noroeste-sudeste do Cerrado. O acumulado compreendido entre 1400 mm e 1600 mm está localizado no extremo oeste, em partes do Mato Grosso e, principalmente, na região centro-norte, como nos estados do Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal. Os maiores valores registrados foram localizados nos setores sul, sudoeste e oeste da área, os quais atingiram valores superiores a 1600 mm.

Na figura 99-B observa-se o mapa representativo do acumulado pluviométrico ocorrido entre os meses de abril de 1997 a julho de 1998. A partir das análises efetuadas, concluiu-se que o acumulado de precipitação aumentou seguindo o eixo nordeste-sudoeste, ou até mesmo no sentido longitudinal, no eixo leste-oeste. Cabe destacar a região sul do Cerrado que, neste período de análise, registrou um total acima de 1600 mm, decrescendo no sentido sul-norte, enquanto o extremo leste da área apresentou valores abaixo de 1000 mm, particularmente nos estados de Minas Gerais e Bahia. No extremo norte da área, observou-se núcleos de precipitação, tanto acima de 1400 mm, quanto abaixo dos 1000 mm, próximo à Parnaíba-PI.

Entre os meses de abril de 2015 e março de 2016, observou-se, conforme o exposto na figura 99-C, que o acumulado de precipitação aumentou seguindo o eixo leste-oeste. Os menores valores, abaixo de 1000 mm, foram identificados na parte leste do Cerrado, em estados

como Minas Gerais, Bahia, Piauí e parte do Maranhão, ao norte. A região sul do Cerrado, apresentou valores entre 1400 mm a 1600 mm em grande parte das localidades, enquanto que núcleos, com valores acima de 1600 mm, foram, também, observados nesta área. O eixo centro-norte, e uma pequena parcela do estado do Mato Grosso do Sul apresentaram valores entre 1200 mm e 1400 mm.

Baseados nos acumulados de precipitação, ocorridos em cada um dos episódios destacados de *El Niño*, compreendeu-se que o padrão da precipitação indicou certa similaridade com o acumulado pluviométrico para o período (1980-2010), após realizada a média entre os eventos (figura 99-D), sobretudo na localização de cada uma das classes estabelecidas. Identificou-se que, no leste do bioma, partes do nordeste e norte, o acumulado durante todo o período de um evento *El Niño* foi de até 1000 mm. Notou-se, também, que grande parte do eixo centro-sul, sudoeste e oeste do Cerrado, apresentou um acumulado superior a 1600 mm, indicando que estas áreas foram as que exibiram os maiores valores. Observa-se, ainda, uma faixa contínua no sentido noroeste-sudeste, a qual indica a classe de precipitação registrada entre 1200 mm a 1400 mm, sendo esta, coincidentemente a área que dividiu a pluviometria do Cerrado entre os máximos e mínimos para aquele período analisado. Os maiores valores de precipitação estão situados a oeste desta área determinada, enquanto os menores valores ficaram localizados na região leste do bioma.

As precipitações ocorridas ao longo dos episódios de *El Niño-Oscilação Sul* de intensidade muito forte, bem como suas anomalias (positivas e negativas) foram observadas na análise dos registros de 1982-83, 1997-98 e 2015-16, coexistindo em diferentes escalas temporais e espaciais. *A priori*, estes fenômenos afetaram o Cerrado, seja proporcionando chuvas acima da média ou com estiagens nas diversas localidades deste bioma.

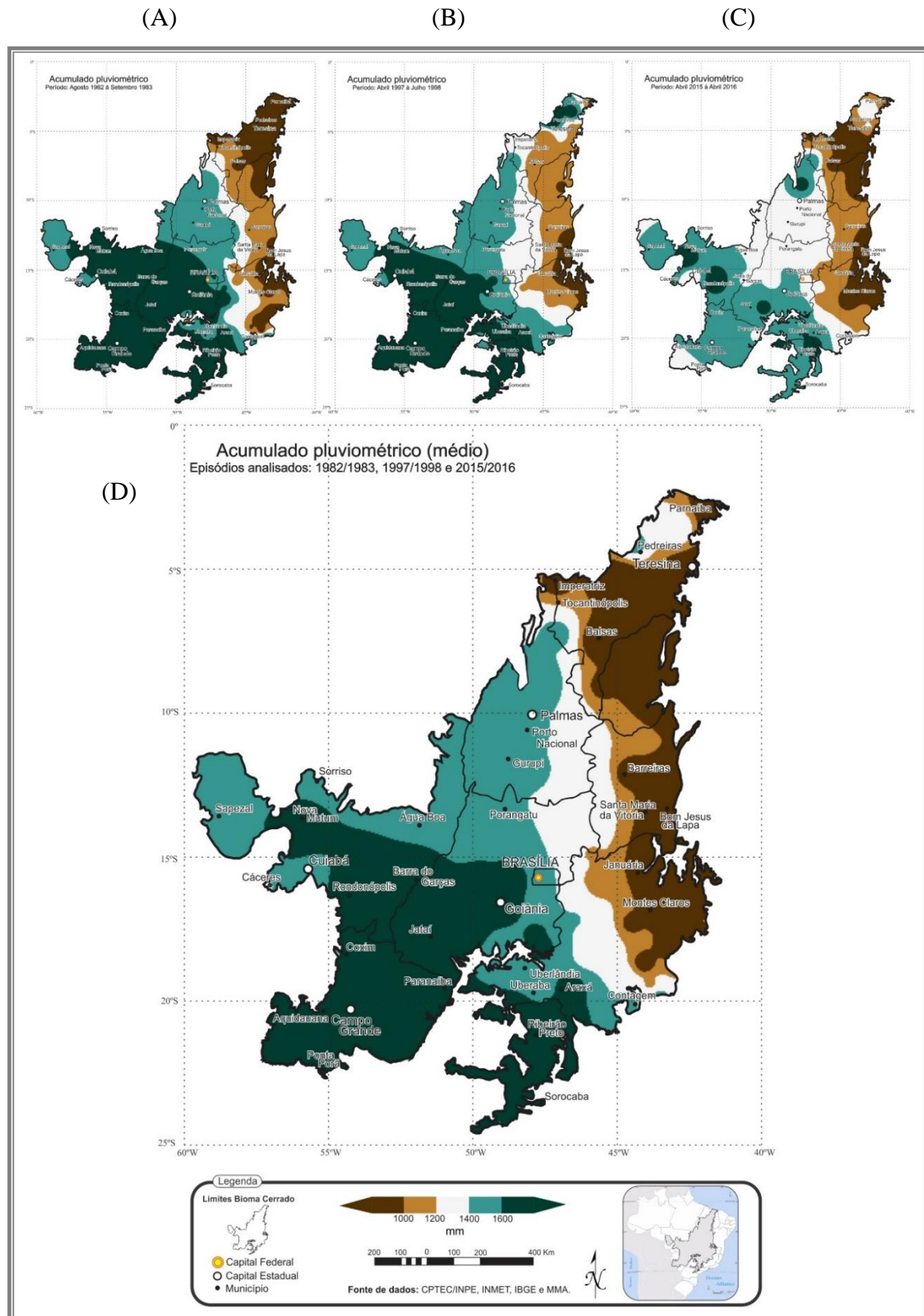


Figura 99: Acumulado pluviométrico para o Cerrado, sob influência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte. Em (A) observa-se o acumulado pluviométrico total ocorrido durante o ENOS de 1982-83, em (B) o acumulado pluviométrico total ocorrido durante o ENOS de 1997-98, e em (C) o acumulado pluviométrico total ocorrido durante o ENOS de 2015-16. Abaixo, em (D), vê-se o Acumulado pluviométrico médio no Cerrado para os três eventos *El Niño*, identificados pelas letras (A), (B) e (C).

O resultado final desta pesquisa baseou-se numa proposta apresentada por Monteiro (1976), a qual foi adaptada para atender aos anseios do trabalho. Os valores obtidos por meio da estatística descritiva foram representados no mapa das áreas ordinariamente impactadas pelo ENOS de intensidade muito forte, conforme a tabela 14 a seguir, a qual apresenta a classificação que foi utilizada.

TABELA 14: CLASSIFICAÇÃO UTILIZADA PARA AS ÁREAS ORDINARIAMENTE IMPACTADAS PELO ENOS DE INTENSIDADE MUITO FORTE.

Seco	Superior a -25%
Abaixo da Normal (Tende a seco)	-25% à -10%
Normal (Habitual)	-10% à 10%
Acima da Normal (Tende a chuvoso)	10% à 25%
Chuvoso	Superior a 25%

Adaptado de Monteiro (1976).

Cinco zonas distintas foram verificadas ao se interpolarem os resultados de precipitação, obtidos pela junção dos registros dos anos citados, cujo fenômeno fora considerado de intensidade muito forte, conforme pode ser visto na figura 100, a qual apresenta as áreas do Cerrado ordinariamente impactadas pelo *El Niño* naqueles anos. As classes utilizadas estão relacionadas com a porcentagem configurada, acima ou abaixo da Normal Climatológica de precipitação, para cada uma das estações meteorológicas.

A zona situada ao norte do bioma, a partir do setor norte do estado do Tocantins, apresentou valores de precipitação inferiores a 25%, abaixo da Normal Climatológica, sendo considerada, portanto, uma região cuja estiagem esteve presente por ocasião da manifestação e atuação do *El Niño* naqueles anos. As anomalias negativas de precipitação, na parte norte do Cerrado, foram mais intensas, apresentando condições de estiagem com maior frequência que o habitual.

Ao contrário, as anomalias positivas de precipitação foram especialmente pronunciadas no extremo sul do bioma, onde a precipitação apresentou uma variação positiva superior a 200 mm durante a atuação do ENOS em sua fase quente. Os impactos do fenômeno na precipitação, afetaram, também, parte de Minas Gerais, Bahia, Distrito Federal, Tocantins e Goiás. Os valores percentuais de precipitação registraram um déficit que variou entre 10% e 25% nestas áreas, conforme visualizado na figura 100, sendo inseridos na classe denominada Abaixo da Normal. As anomalias de precipitação foram negativas e chegaram a registrar uma defasagem entre 100 mm e 200 mm, em média.

As influências do *El Niño* permaneceram constantes no extremo sul do Cerrado, alternando-se entre as classes denominadas Acima da Normal, com tendência a chuvoso e Chuvoso, cujos percentuais variaram entre 10% e 25% para aquela, e acima de 25% para esta. Os estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo foram aqueles que exibiram os maiores percentuais de precipitação, sendo, portanto, as áreas cujas chuvas foram mais frequentes durante a atuação do fenômeno, ultrapassando, em muitos locais, 200 mm acima da Normal de referência.

Grande parte da região central, seguindo para oeste e parte do sudeste do bioma, não apresentaram anomalias significativas de precipitação, permanecendo com valores percentuais que não ultrapassaram 10%, positiva ou negativamente durante todo o período que a área esteve sob influência do ENOS. As anomalias de precipitação nesta região não foram tão pronunciadas quanto as outras áreas do Cerrado, deixando de apresentar, portanto, aparentes mudanças no regime pluviométrico, sendo consideradas áreas cuja precipitação, sob influência de um evento *El Niño* de forte intensidade, exibiram valores habituais para aquele fenômeno.

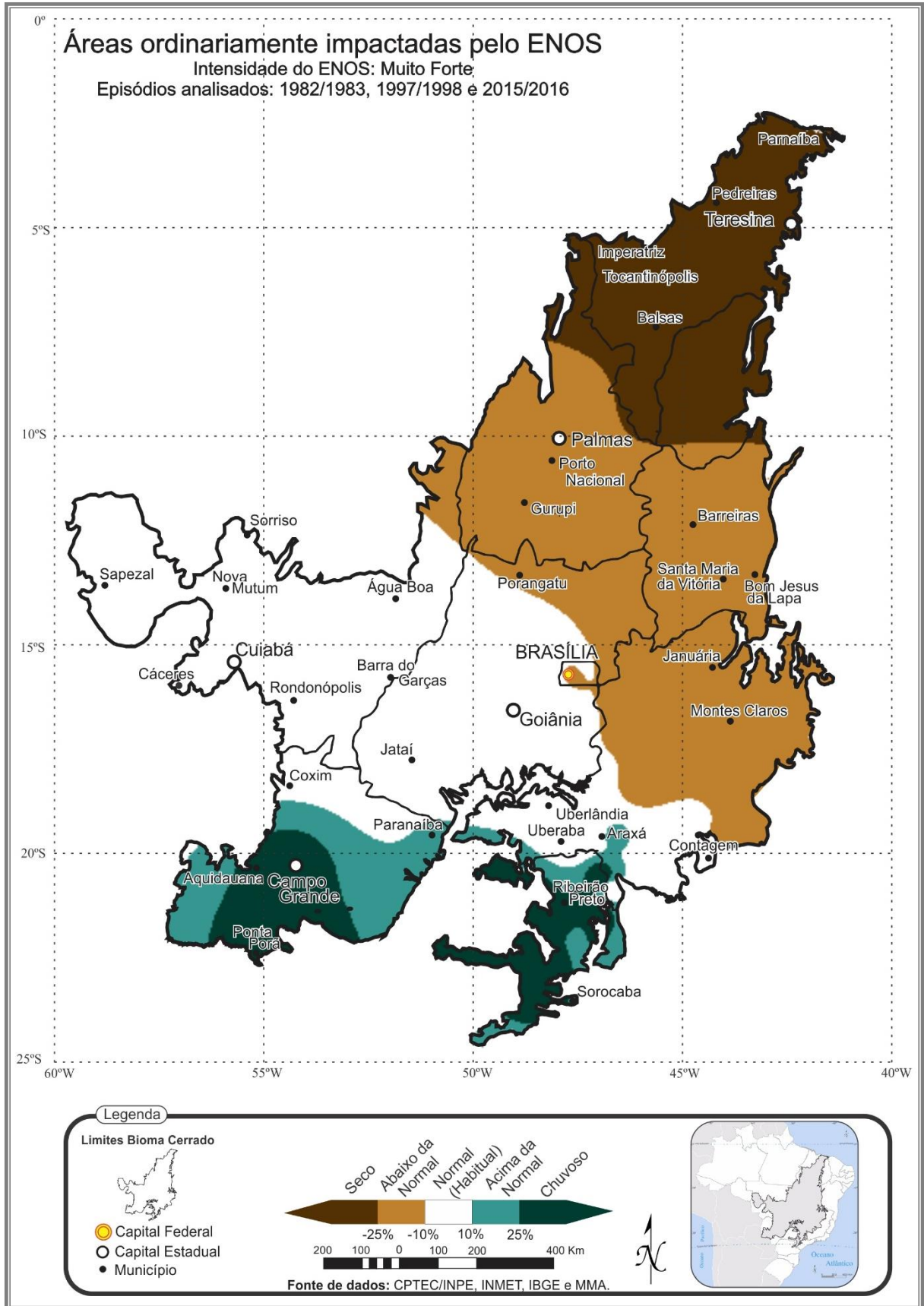


Figura 100: Áreas do Cerrado afetadas pelo fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte. Episódios analisados: 1982-83, 1997-98 e 2015-16. As classes utilizadas estão relacionadas com a porcentagem configurada acima ou abaixo da Normal Climatológica de precipitação.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após a análise da distribuição espaço-temporal da pluviosidade para as escalas mensal e anual, constatou-se que existem fortes indícios de relações entre a ocorrência do fenômeno *El Niño* de intensidade muito forte com a precipitação no Cerrado.

Concluiu-se que ao longo da série histórica estudada, na escala mensal, os meses de junho e agosto são os mais secos, isto é, com menor volume de chuvas que os demais meses do ano, enquanto o período chuvoso concentrou-se nos meses entre outubro e abril.

Os resultados encontrados sugeriram uma estreita associação entre os padrões oceânicos de TSM com a precipitação ocorrida em partes das regiões do Cerrado. Os eventos *El Niño* de intensidade muito forte não determinaram, exclusivamente, o sistema de chuvas para o Cerrado, porém devem ser considerados na análise dos dados pluviométricos, pois são significativos quanto à intensidade e duração, podendo em alguns casos, alterar o ciclo e a habitualidade para determinada área.

Quanto as anomalias da TSM, os eventos de *El Niño* 1982/1983, 1997/1998 e 2015/2016 exibiram anomalias que atingiram o extremo leste do Pacífico, resultando num aquecimento excepcional das regiões *Niño* 3.4 a *Niño* 1+2.

Analisando-se individualmente cada um dos meses da série histórica, percebeu-se que a estação tipicamente seca, iniciou-se em maio, perpetuando-se até setembro, enquanto que a estação chuvosa se estendeu de outubro a abril. Assim, identificou-se os meses de abril e maio como os limitadores entre as duas estações (seca e chuvosa), tipicamente do clima tropical e que anualmente acometem o Cerrado. As menores precipitações, mesmo durante a ocorrência do período chuvoso, encontram-se geralmente no leste, aumentando gradativamente no sentido oeste do bioma.

Estabeleceu-se que a distribuição do total acumulado de precipitação do Cerrado, para a série histórica, apresentou os totais médios anuais de forma decrescente a partir da borda leste, cujos valores estão abaixo dos 1000 mm/ano, seguindo no sentido oeste, cujos valores aumentam gradativamente entre 1000 mm a valores superiores a 1600 mm, podendo, em algumas regiões do Cerrado, ultrapassar os 2000 mm/ano.

O maior acumulado de precipitação (12,5% do total avaliado) foi encontrado no extremo oeste do Cerrado, particularmente em partes do Mato Grosso, contando com alguns núcleos no centro, norte e sul da área do bioma.

Notou-se que na região leste, abrangendo parte dos estados da Bahia, Minas Gerais e Piauí, o volume acumulado foi o mais baixo detectado para a área estudada sendo registrado uma média de 700 mm/ano.

Na análise dos decênios, constatou-se que houve uma diminuição dos totais pluviométricos no segundo decênio (1990-1999) em diversas regiões do Cerrado, quando comparado com o primeiro decênio (1980-1989), e um aumento dos totais pluviométricos médios no terceiro decênio (2000-2010).

Por meio da análise multivariada de AA identificou-se as regiões homogêneas de precipitação do Cerrado, sendo possível concluir que houve moderada heterogeneidade na distribuição espacial das chuvas, com precipitação média variando de 882,9 mm (A1) a 1740,3 mm (A5), entre as áreas pluviometricamente homogêneas. A maior diferença entre as médias destas áreas homogêneas deu-se entre a A4 (1484,8 mm) e A5 (1740,3 mm), seguido da A1 (882,9 mm) e A2 (1128,6 mm).

A utilização da técnica da distribuição quantílica foi adequada para a interpretação dos dados pluviométricos do Cerrado. O período analisado apresentou uma tendência a anos normais (habituais) em 29,0% e também a anos secos e muito secos (38,7%) na sua maioria. Os anos chuvosos e muito chuvosos representaram juntos 32,3% do total avaliado, tendo, portanto, a menor representatividade para a série histórica analisada.

As precipitações ocorridas ao longo dos episódios de *El Niño-Oscilação Sul* de intensidade muito forte, bem como suas anomalias (positivas e negativas) foram observadas na análise dos registros de 1982-83, 1997-98 e 2015-16, coexistindo em diferentes escalas temporais e espaciais, sendo possível realizar o mapeamento das áreas do Cerrado suscetíveis à influência do ENOS.

Observou-se que as regiões mais ao sul do bioma tendem a apresentar anomalias positivas de precipitação durante o ano inicial do fenômeno, principalmente a partir do inverno, e com máxima consistência no verão. Ao contrário, o setor norte apresentou como características as anomalias negativas.

As influências do *El Niño* permaneceram constantes no extremo sul do Cerrado, alternando-se entre as classes denominadas Acima da Normal, com Tendência a Chuvoso e Chuvoso, cujos percentuais variaram entre 10% e 25% para aquela, e acima de 25% para esta.

Grande parte da região central do Cerrado, seguindo para oeste e parte do sudeste do bioma, não apresentaram anomalias significativas de precipitação, permanecendo com valores percentuais que não ultrapassaram 10%, positiva ou negativamente, durante todo o período que a área esteve sob influência do ENOS.

A zona situada ao norte do bioma, a partir do norte do estado do Tocantins, apresentou valores de precipitação muito abaixo da média, ou seja, da Normal Climatológica, com valores percentuais abaixo de 25%, sendo considerada, portanto, uma região cuja estiagem esteve presente durante a atuação do *El Niño*.

Apesar dos episódios de *El Niño* se apresentarem em intervalos irregulares, sua intensidade, duração, influência geográfica e previsibilidade são variáveis e não podem ser diagnosticadas com antecedência, porém, baseados nas experiências em eventos anteriores, os mecanismos de mitigação dos possíveis efeitos negativos devem ser tomados a fim de prover respostas adequadas à situação. Mesmo que esses efeitos pertinentes ao ENOS não influenciem com tanta profundidade o Cerrado, é pertinente que o processo de entendimento das causas das perturbações do ENOS e seus inúmeros impactos na vida humana, animal e florestal continuem sendo realizados.

A partir destas alegações, este trabalho constitui-se numa fonte de consulta relativa à climatologia do Cerrado, especialmente nas suas constatações entre o *El Niño* e o regime pluviométrico do bioma, destacando as principais áreas afetadas, decorrentes de sua atuação e, oferece uma perspectiva útil para o estado de compreensão desses eventos, vindo a destacar as áreas influenciadas pelo fenômeno e que poderão ser pesquisadas em trabalhos futuros.

Tais resultados podem ser úteis, não apenas para a comunidade científica, institutos de previsão do clima, mas também para indústrias, agências de seguros e outras. Ainda, poderão dentre outras opções, ser aproveitados para o planejamento das culturas agrícolas, as quais necessitam, exclusivamente, das precipitações como entrada de recursos hídricos no sistema produtivo, ou seja, aquelas culturas cujas chuvas representam importância fundamental para o manejo e desenvolvimento. Tanto para os setores agrícolas, quanto para o sítio urbano, faz-se necessário conhecer as implicações climáticas do *El Niño* na precipitação, de modo que se consiga acompanhar as condições climáticas necessárias ao desenvolvimento das respectivas atividades e amenizar os impactos decorrentes, assim, o conhecimento desta dinâmica pluviométrica é fator fundamental no planejamento das atividades, seja produtiva ou mitigadora.

A partir do conjunto de dados de precipitação, relacionados com as anomalias da TSM e índice ONI, os resultados expostos podem criar novas construções metodológicas e contribuir para o desenvolvimento da ciência climatológica. Esse conjunto de dados constitui-se essencial aos estudos que tratem sobre a temática das chuvas, não apenas na Geografia, mas também na meteorologia, engenharia, agronomia e também em outras ciências e setores.

Assim sendo, a importância deste estudo acerca da precipitação e a influência do *El Niño*, por meio das séries históricas de dados distribuídos ao longo de um período de mais de 30 anos, é de grande valor para se entender a distribuição espacial mensal, anual ou sazonal das chuvas e a relação estabelecida com o fenômeno ENOS.

Essa discussão pode ser continuada com a realização da análise em trabalhos futuros da possibilidade de eventos ENOS afetarem a variabilidade da temperatura do ar e, se esse elemento climático se relaciona com as anomalias de precipitação. Ainda, vale considerar a dinâmica e influência da ZCIT no regime pluviométrico nas regiões norte, nordeste e parte do leste do Cerrado, dado que esta é uma constituinte e componente essencial da dinâmica climática.

Sugere-se, ainda, que os padrões de teleconexões da atmosfera seja considerada durante a ocorrência da fase quente do ENOS e, que as análises dos eventos sejam realizadas com até dois ou três meses após o término do fenômeno no Oceano Pacífico, vindo assim, a contribuir na melhora do desempenho dos modelos numéricos e avaliação dos impactos na precipitação bem como em outros elementos climáticos.

A ocorrência da fase fria do ENOS, *La Niña*, pode ser, também, pesquisada em trabalhos futuros, associando sua atuação nas perturbações pluviométricas no Cerrado, ou se é capaz de interferir no número de dias de chuvas nas escalas anual e mensal, assim como as diferenças de impactos entre as anomalias da TSM da região do Niño 3.4 e Niño 1+2 e suas possíveis interações com o regime pluviométrico do Cerrado podem ser exploradas em outros estudos e analisados como episódios ENOS afetam o sistema de ventos (velocidade, intensidade e direção) para as regiões do Cerrado.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

_____. **A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras**. In: Simpósio sobre o Cerrado, São Paulo. São Paulo: Edusp, 1971. p. 1-14.

ALVES, A.; KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V.; CHECCHIA, T. **Análise de dados hidrológicos na região do município de Alfredo Wagner/SC**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, 1, 2006, Curitiba. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006.

ALVES, A.K.; ROSA, R. **Espacialização de dados climáticos do Cerrado mineiro**. Revista Horizonte Científico vol. 2, n.1, 2008.

ASSAD, E.D. **Chuvvas nos cerrados: análise e espacialização**. Brasília, Embrapa-CPAC/Embrapa-SPI, 423p. 1994.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 5.ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1998.

AZEVEDO, D.C. **Chuvvas do Brasil: regime, variabilidade e probabilidade de altura mensais e anuais**. Dissertação de Mestrado. UFRGS, Porto Alegre-RS, 1974.

BALDO, M. C. **Análise da precipitação do Estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do oceano Pacífico**. Revista Brasileira de Agrometeorologia da UFSM-RS. Departamento de Fitotecnia. Santa Maria-RS, 2000.

BARBALHO, E. S.; BARROS, J.D.; SILVA, F. M. **Comportamento da produção pesqueira norte-rio-grandense em anos de *El Niño* e *La Niña***. Sociedade e Território, Natal, v. 25, nº 2, edição especial, p. 55-66, Jul/Dez. 2013.

BARBIERI, D.W; MARCELINO, I.P.V.O; SAUSEN, T.M. **Anomalias de precipitação para à Região Sul do Brasil: Análise de Consistência**. In: V Seminário Latino-Americano e I Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Santa Maria, RS 2008.

BATALHA, M. A. **O cerrado não é um bioma**. *Biota Neotrop.* Jan/Mar 2011 vol. 11, no. 1. ISSN 1676-0603. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn0XX11012011>. Acesso em maio de 2017.

BERLATO, M.A. ***El Niño* e *La Niña*: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul**. In Aplicações de Previsões Climáticas na Agricultura, M.A. Berlato and D.C. Fontana (Eds). Porto Alegre, RS: Editora UFRGS, 2003.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. **Precipitação**. In Tucci, C.E.M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre. UFRGS, 2007. P 177-241.

BJERKNES J. **Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific**. Monthly Weather Review 97: 163– 172, 1969.

BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L.M.V. **Práticas Simples em Análises Climatológicas: Uma Revisão**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 3, 311-320, 2017.

BOMVENTI, T.N.; WAINER, I.E.K.C.; TASCETTO, A.S. **Relação entre a radiação de onda longa, precipitação e temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Tropical**. Revista Brasileira de Geofísica vol.24, n.4, pp.513-524. ISSN 0102-261X. 2006

BREMNER, C. *Godilla El Niño is strongest in 50 years. The Times. London, UK.* Retrieved August, 2015.

BRITTO, F.P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul**. In: Revista Brasileira de Climatologia, vol.3 n.2 pp 37-48, Curitiba-PR, 2008.

CARLOWICZ, M.; UZ, S.S. *El Niño*. NASA *Earth Observatory*. USA. 2017. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/ElNino/>. Acesso em outubro de 2017.

CASTRO, L.H.R., MOREIRA, A.M. and ASSAD, E.D., 1994, **Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos Cerrados brasileiros**. In Chuva nos Cerrados. Análise e Espacialização, E.D. Assad (Ed.) Brasília: Embrapa-SPI, 1994.

CHIBANA, E.Y.; FLUMIGNAN, D.; MOTA, R.G.; VIEIRA, A.S.; FARIA, R.T. **Estimativa de falhas em dados meteorológicos**. Congresso Brasileiro de Agroinformática, 9, Anais... Londrina – PR, 2005.

CIRILO, J.A. **Crise hídrica: desafios e superação**. Revista USP, São Paulo, n. 106, pp. 45-58, julho/agosto/setembro. São Paulo-SP, 2015.

CLIMATEMPO. Disponível em www.climatempo.com.br. Acesso em Outubro de 2017.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. IPGH. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) 2008.

COTTER, C.H. *The Physical Geography of the Oceans*. The Bodley Head Ltd. University of Wales Institute of Science and Technology, pp.320, 1975.

COUTINHO, L.M. **O conceito de bioma**. Acta Bot. Bras. 20(1):1-11. 2006.

CPTEC. **Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em: www.cptec.inpe.br. Acesso em Maio de 2017.

_____. **Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática INPE/CPTEC**. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/#>. Acesso em outubro de 2017a.

CUNHA, G.R. **Oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria. v.7. n.2. p. 277-284. 1999.

DOURADO, C. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; AVILA, A. M. H. **Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia.** *Bragantia*, Campinas, v. 72, n. 2, p.192-198, 2013.

EITEN, G. *The Cerrado vegetation of Brazil.* *The Botanical Review*, vol. 38, nº 2, April-June. Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, 1972.

_____. **Delimitação do conceito de Cerrado.** *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, vol XXI, Rio de Janeiro-RJ, 1977, p.125-134, 1977.

_____. *A sketch of the vegetation of Central Brazil.* In: II Congresso Latino-Americano de Botânica, Brasília-DF, p. 01-37, 1978a.

_____. *Delimitation of the Cerrado concept.* *Vegetation*, v. 36, p. 169-178, 1978b.

_____. *The use the term "Savanna".* *Tropical Ecology, Brasil*, v. 27, p. 10-23, 1986.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa Cerrados e a região dos Cerrados: informações básicas e dados estatísticos.** 24p. Planaltina - DF, 1998.

ESPINOZA GARRIDO, W.; AZEVEDO, L.G. de JARRETA JUNIOR, M. **O clima da região dos Cerrados em relação a agricultura.** Circular Técnica, 9 EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF, 1982.

EVERITT, B. *Cluster Analysis.* Heinemann Educational for the Social Science Research Council, 122p 1974.

FERREIRA, A.G. **Interpretação de imagens de satélites meteorológicos: uma visão prática e operacional do hemisfério Sul.** Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Brasília-DF, 2002.

FERREIRA, S.; VARONE, F.; ALVES, R. **Análise da Precipitação em Bagé-RS Utilizando a Técnica dos Quantis.** XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém-PA, 2010.

FERRI, M.G. **Simpósio sobre o Cerrado.** São Paulo, Edusp, p. 19-50, 1963.

FONZAR, B. C. **A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente – localização e trajetórias.** *Caderno de Geociências*, Rio de Janeiro, n. 11, p. 11-33, 1994.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. *El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI).* Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em junho de 2017.

FRANCA, R.R. **Eventos pluviiais extremos na Amazônia Meridional: riscos e impactos em Rondônia.** Universidade Federal do Paraná, Tese (Doutorado em Geografia), Curitiba, PR, 2015.

GARCIA, A. M., VIEIRA, J. P., WINEMILLER, K. O. & GRIMM, A. M. *Comparison of the 1982- 1983 and 1997-1998 El Niño effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil)*. *Estuaries*. 27(6), 2004, p. 905-914.

GLYNN, P. W. *El Nino-Southern Oscillation 1982-1983: nearshore population, community, and ecosystem responses*. In R. F. Johnston (Ed.), *Annual review of ecology and systematics*. Vol. 19 (pp. 309-345). Annual Reviews Inc., Palo Alto, 1988.

GRIMM, A.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. *Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events*. *Journal of Climate*, Boston, v.11, p.2863-2880, Nov., 1998.

GRIMM, A. Variabilidade Interanual do Clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A. *et al.* Organizadores. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 353-374.

HOUZE R.A. *Mesoscale Convective Systems*. In: HOUZE R A. *Cloud Dynamics*. Academic Press Inc., 53: 334-404, 1993.

IBGE. **Mapa de climas do Brasil**. Escala 1:5000000. Disponível em: https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf. Acesso em: Nov 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE e MMA. **Mapa de biomas do Brasil**: primeira aproximação. 1 mapa, color. Escala 1:5 000 000. Projeção policônica. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/>. Acesso em Julho de 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em www.inmet.gov.br. Acesso em novembro de 2017. Brasília, DF, 2017.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil, Período 1961-1990**. Disponível em www.inmet.gov.br. Acesso em abril de 2018. Brasília, DF, 2018a.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil, Período 1981-2010**. Disponível em www.inmet.gov.br. Acesso em julho de 2017. Brasília, DF, 2018b.

JACOBI, P.R.; CIBIM, J.; LEÃO, R.S. **Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil**. *Estudos Avançados* 29 (84), 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ea/v29n84/0103-4014-ea-29-84-00027.pdf>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V.; SOUZA, R.A.F.; GARCIA, S.R.; CALHEIROS, A.J. **El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos**. *Revista Climanalise*. Edição Comemorativa de 30 anos, novembro, 2016.

KLAUER, A. *El Niño – La Niña: El Fenómeno oceano-atmosférico del Pacífico Sur, um reto para La ciência y La história*. 1ª. Ed. Agosto.p.76, 2000.

KLINK, Carlos A.; MOREIRA, Adriana G. *Past and Current Human Occupation, and Land Use In: The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savana*. Columbia Univ. Press, New York, p. 69-88p. 2002.

LIMA, E.F.; FILHO, J.P.S.; ARAÚJO, A.F.S. **Dicionário de termos técnicos usados em Ecologia**. 180pp. Parnaíba, 2016. Disponível em https://www.ufpi.br/images/Dicion%C3%A1rio_de_Termos_Usados_em_Ecologia.pdf. Acesso em Julho de 2018.

LUCARELLI, H. Z., INNOCENCIO, N. R.; FREDRICH, O. M. B. L. **Impacto da construção de Brasília na organização do espaço**. Rev. Bras. Geogr. 51:99–138. 1989.

MACENA, F.; ASSAD, E.; STEIKE, E.T.; MULLER, A. **Clima do Bioma Cerrado In: Agricultura Tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**, 1ª Ed, Cap 2, pp.56 Embrapa Informações Tecnológicas. 2008.

MACHADO L.A.T.; ROSSOW, W.B. *Structural radiative and characteristics of tropical cloud clusters*. Monthly Weather Review, 121(12): 3234–3260, 1993.

MADDOX, R.A. *Mesoscale convective complexes*. Bulletin of the American Meteorological Society, 61, 1374–1387, 1980.

MAGAÑA, R.V.. *El clima y la sociedad: Los impactos El Niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, 2004.

MARCUZZO, F.F.N.; GOULARTE, E.R.P.; MELO, D.C.R.; FILHO, R.F.P.; CARDOSO, M.R.D. **Mapeamento espacial, temporal e sazonal das chuvas no bioma Cerrado do estado do Tocantins**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE p.5217.Curitiba, PR, 2011,

MARCUZZO, F.F.N.; MELO, D.C.R.; COSTA, H.C. **Sazonalidade e Distribuição Espaço-Temporal das Chuvas no Bioma do Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol 17 n.1 - Jan/Mar 2012a, p.77-86.

MARCUZZO, F.F.N.; CARDOSO, M.R.D.; FARIA, T.G. **Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura**. Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, v. 6, n. 2, pp.112-130, Agosto, 2012b.

MARCUZZO, F.F.N.; ROMERO, V. **Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do Estado de Goiás**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.4, pp 429 - 440, 2013.

MARCUZZO, F.F.N.; GOULARTE, E.R. **Caracterização do Ano Hidrológico e Mapeamento Espacial das Chuvas nos Períodos Úmido e Seco do Estado do Tocantins**. Revista Brasileira de Geografia Física v.6, n.1 pp. 091-099, 2013.

MCPHADEN, M. J. *Playing hide and seek with El Niño*. Nature Climate Change, 5(9), 791–795. <https://doi.org/10.1038/nclimate2775>. 2015

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de Cobertura Vegetal**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado/mapa-de-cobertura-vegetal>. Acesso em novembro de 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**. Relatório técnico - Monitoramento do bioma Cerrado do período 2010-2011. Brasília-DF, 2015.

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

MONTEIRO, C.A.F. **A frente polar atlântica e as chuvas na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil**. São Paulo: Instituto de Geografia-Igeog USP, 1969.

_____. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. Série Teses e Monografias, nº28, São Paulo: USP/IGEOG, p.54, 1976.

MONTEIRO, J.B., ROCHA, A.B., ZANELLA, M.E. **Técnica dos quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): baixo curso do Apodi-Mossoró/RN**. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 23, p. 232-249. São Paulo, 2012.

MOREIRA, J.L.B.; ABREU, M.L. **Distribuição espacial da precipitação sobre a região metropolitana de Belo Horizonte - MG e sua associação com a topografia local**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

NIMER, E., **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 397 p. *Natural Resources and Environment Series*. Rio de Janeiro – RJ, 1989.

NÓBREGA, R.S.; SANTIAGO, G.A.C. F. **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, 2014.

NOAA. *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Disponível em www.noaa.gov. Acesso em Out 2017.

OLIVEIRA, G.S. **O El Niño e você: O Fenômeno Climático**. São José dos Campos, SP, TRANSTEC. P.116, 2001.

OLIVEIRA, L.F.C.; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. **Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.11, p.1186–1192, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2010.

OLIVEIRA P.S.; MARQUIS, R.J. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savana*. Columbia Univ. Press, New York, 368p. 2002.

PAES, E. T.; MORAES, L.E. S. M. *A new hypothesis on the influence of the El Niño/La Niña upon the biological productivity, ecology and fisheries of the Southern Brazilian Bight*. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 2 (2): 94-102, 2007.

PEREIRA, H.R.; REBOITA, M.S.; AMBRIZZI, T. **Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016**. Revista Brasileira de Meteorologia [online] vol.32, n.2, pp.293-310, 2017.

PHILANDER, S. G. H. *El Niño Southern Oscillation phenomena*. Nature, Volume 302, Issue 5906, pp. 295-301 <https://doi.org/10.1038/302295a0>. 1983.

PINKAYAN, S. *Conditional Probabilities of Occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area*. Hydrology Papers. Number 12. Colorado State University. Fort-Collins. Colorado, USA, 1966.

QUINN, W. H.; ZOPF, D.O.; SHORT, K. S.; YANG KUO, R. T. W. *Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts*. Fish. Bull - 663–678, 1978.

QUINN, W. H.; NEAL, V. T.; ANNINEZ DE MAYOLO, S. E. *El Niño occurrences over the past four and a half centuries*. J. Geophys. Res. 92: 14449-61, 1987.

RAMOS, H.C.; DALLACORT, R.; SANTI, A., JUNIOR, S.S.; QUEIROZ, T.M. **Precipitação pluvial de Diamantino-MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros**. Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 30, n.1, p. 71- 80, 2015.

RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. and BRIDGEWATER, S. *The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity*. Annals of Botany, 80, pp. 223–230. 1997.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). Cerrado: ambiente e flora. Brasília, Embrapa Cerrados, p.87-166, 1998.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Cerrado: ecologia e flora, Ed. 1. v.1, Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, Editores: Sueli Matiko Sano, Semíramis Pedrosa de Almeida, José Felipe Ribeiro, pp.151-212, Planaltina-DF, 2008.

RIZZINI, C. T. **Sobre alguns aspectos do cerrado**. Boletim Geográfico. v.29, n.218, p.48-66, 1970.

ROPELEWISKY, C. F.; HALPERT, M. S. *Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation*. Journal of Climate, Boston, v. 2, p. 268-284, 1989.

SANO, E.E., FERREIRA, L.G., ASNER, G. P., STEINKE, E.T. *Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna*. International Journal of Remote Sensing, 28:12, pp 2739-2752, 2007.

SANTOS, A.P.P.; ARAGÃO, M.R.S.; SOUZA, J.R.; SANTOS, S.; LINDEMANN, D. **Aplicação da Técnica dos Quantis à Precipitação no Leste da Amazônia e suas Relações**

com o Fenômeno ENOS no Período 1998 – 2008. IV Simpósio Internacional de Climatologia. João Pessoa-PB, 2011.

SANTOSO, A., CAI, W., COLLINS, M., MCPHADEN, M., JIN, F.-F., GUILYARDI, E., WANG, G. **ENSO extremes and diversity: Dynamics, teleconnections, and impacts.** Bulletin of the American Meteorological Society, 96(11), 1969–1972. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00141.1>, 2015.

SANTOSO, A., MCPHADEN, M. J., & CAI, W. **The defining characteristics of ENSO extremes and the Strong 2015/2016 El Niño.** Reviews of Geophysics, 55, 1079–1129. AGU Publications, 2017.

SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. **Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado.** In: SCARIOT, A. *et al.* (Orgs.). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, pp. 121-139. 2005.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E.C.; TAVARES, M. **Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG.** Revista Ciência e Agrotecnologia, Editora UFLA, Lavras-MG, vol 27, n.3, 2003, p.665-674.

SILVA, C.A. **Os desastres pluviométricos nas grandes e médias cidades do Paraná - 1980-2010.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, UFPR. Curitiba-PR. 153 p., 2012.

SILVA, F.A.M.; ASSAD, E.D.; STEINKE, E.T.; MÜLLER, A.G. **Clima do bioma cerrado.** Capítulo em Livro Técnico-Científico. In ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2, p. 93-148, 2008.

SILVEIRA, R.D. **Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé –RS.** Dissertação de mestrado, UFSM. Santa Maria, RS. 2007

STEINKE, E.T.; REZENDE, M.S.; Cavalcanti, L. **Sistemas atmosféricos geradores de eventos extremos de precipitação em outubro de 2006 no Distrito Federal: uma análise geográfica dos desastres.** In: Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 2. Dez. p. 23-34, 2006.

STEINKE, E.T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, repercussões nos recursos hídricos e a informação ao grande público.** Tese (Doutorado em Ecologia) Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 196 pp, Brasília – DF, 2004.

STEINKE, E.T. **Climatologia Fácil.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos v. 1. 144p, 2012.

STEINKE, E.T. **Ensino da Dinâmica das Massas de Ar.** Rio de Janeiro: Minicurso Teoria e Prática da Climatologia no Ensino Básico. 15 Slides. Color. Acompanha texto, 2017.

STRAHLER, A.N. **Physical Geography** - NewYork – US. p.442, 1951.

SOUSA, J.R.A.; ROLIM, P.A.M.; SOUSA, A.J.S.; ROCHA, E.J.P. **Variabilidade Climática em Cuiabá e relações com o fenômeno El Niño – Oscilação Sul**. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém-PA, 2010.

TAVARES; A.M.F.; VASCONCELOS; F.G.; BENFICA, S.R.; CAMPOS, F.I.; LACERDA, B.F.C. **Crise hídrica no Distrito Federal no panorama atual (2016-2017)**. Anais... VIII Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – SNCMA 2017, v. 8 n. 1 (2017); Anápolis, GO, 2017.

TEDESCHI, R.G.; CAVALCANTI, I.F. **Influência dos ENOS Canônico e Modoki na precipitação da América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2010.

TEDESCHI, R. G. **As influências de tipos diferentes de ENOS na precipitação e nos seus eventos extremos sobre a América do Sul - observações, simulações e projeções**. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP, 2013.

TERACINES, E. B. **Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira**. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Clima e Ambiente (Sustentabilidade, Riscos, Impactos), Rio de Janeiro-RJ, 2000.

TRENBERTH, K.E. **The definition of El Niño**. In: Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazão**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 256p.

VELASCO, I.; FRITSCH, J.M. **Mesoscale convective complexes in the Americas**. Journal of Geophysical Research, 92, D8, 9591-9613, 1987.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. UFSM, CCNE, Santa Maria-RS, 2005.

WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese. Universidade de Brasília (UnB). Brasília – DF. 389 p. 2006

WARD, J.H.Jr. **Hierarchical grouping to optimize an objective function**. Journal of the American Statistical Association. Alexandria, v.58, n.301, p.236-244, 1963.

WENG, H.; ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; YAMAGATA, T. **Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal summer**. Climate Dynamics, 29, 113-129, 2007. Disponível em http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/publications/Weng_et_al_2007.pdf

WESSA, P. **Hierarchical Clustering (v1.0.5)**. In. Free Statistics Software (v1.2.1). Office for Research Development and Education. Acesso em junho de 2018. Disponível em <https://www.wessa.net/rwasp_hierarchicalclustering.wasp/>. 2017.

WMO. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Technical document, n. 341; WCDP, n. 10. Geneva, 1989.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de chuva - Estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional.** ABC Editora, 478 pp. Fortaleza-CE, 2001.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. **Caracterização de períodos secos ou excessivamente chuvosos no Estado do Ceará através da técnica dos quantis: 1964-1998.** Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 14, N. 2. pp. 63-78, 1999.

XAVIER, T. M. B. S., XAVIER, A. F. S. **Classificação e Monitoração de Períodos Secos ou Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia, Vol. 5, pp. 7-30, 1987.

XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S **Ciclo de palestras sobre técnicas estatístico-estocásticas em hidroclimatologia e meteorologia geral.** Mód. 3 pp1-13. Fortaleza-CE, 2011.

APÊNDICE I

(IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES, PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL E TOTAL
MÉDIO PARA O PERÍODO 1980-2010)

APÊNDICE 1: IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES, PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL E TOTAL MÉDIO PARA O PERÍODO 1980-2010.

Estação	ID	UF	Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Período (1980-2010)
Acima do Córrego Grande	1655001	MT	ANA	286,3	232,6	232,9	126,4	45,1	10,9	8,2	16,1	58,8	128,3	207,3	239,1	1592,0
Agropecuária Agrovensa	1254001	MT	ANA	267,3	260,2	226,5	113,8	560,3	4,2	4,9	8,9	54,1	135,0	200,0	257,8	2093,0
Água Boa	1452004	MT	ANA	260,0	240,3	227,5	102,5	82,1	5,7	1,7	8,1	57,2	128,5	223,3	283,1	1620,1
Alegre	2054020	MS	ANA	223,7	174,8	169,9	82,1	81,1	35,8	26,6	44,8	81,6	115,2	150,7	196,2	1382,6
Alo Brasil	1251000	MT	ANA	294,4	227,4	252,2	144,2	43,6	4,1	2,8	11,5	68,3	184,0	202,6	280,5	1715,7
Alto Garças	1653004	MT	ANA	255,4	225,2	223,6	107,3	45,7	23,9	7,2	22,0	69,7	131,5	187,8	262,1	1561,4
Alto Parnaíba	82970	MA	INMET	237,5	191,1	244,0	136,8	33,3	2,0	1,2	4,5	22,3	85,9	152,9	207,0	1318,6
Alto Rio Verde	1953000	MS	ANA	230,8	206,9	172,8	70,4	64,9	21,0	17,4	26,1	59,5	118,3	154,3	185,0	1327,4
Alto Sucuru	1952000	MS	ANA	281,0	231,4	172,5	80,4	60,4	20,2	12,4	24,9	61,8	127,9	171,2	248,9	1493,0
Anaurilândia	2252000	MS	ANA	209,9	171,3	142,4	94,1	106,5	57,2	34,9	44,0	114,6	126,4	125,4	167,7	1394,4
Antônio Joao	2255002	MS	ANA	209,4	158,6	155,9	128,7	118,5	72,1	36,4	55,8	87,2	146,2	199,2	205,5	1573,6
Aparecida do Taboado	2051046	MS	ANA	229,2	170,5	154,8	79,7	67,7	24,7	13,3	23,8	57,8	94,3	112,6	185,8	1214,3
Aragarças	83368	GO	INMET	301,1	231,3	206,4	80,8	24,4	9,4	7,2	14,0	48,5	121,2	200,5	268,7	1513,5
Araçuai	83442	MG	INMET	119,7	85,6	112,1	33,3	17,4	4,6	6,1	7,3	16,7	59,6	145,3	176,2	784,1
Araxá	83579	MG	INMET	299,0	210,9	193,1	78,9	45,1	11,6	8,9	17,1	62,6	120,4	190,1	278,6	1516,1
Área Alfa	1547014	DF	ANA	223,4	202,6	233,5	105,3	30,3	6,4	3,7	21,1	52,0	134,3	224,9	231,4	1468,8
Arinos	83384	MG	INMET	164,0	148,8	118,4	33,6	10,7	5,4	7,4	11,7	47,8	131,4	229,4	237,0	1145,6
Aroeira	2154000	MS	ANA	173,0	171,6	130,7	87,4	90,0	56,2	31,7	37,6	80,1	130,0	149,8	151,3	1289,3
Arvore Grande	1951004	MS	ANA	305,4	231,2	207,2	93,7	64,7	22,8	18,4	24,7	69,7	107,2	178,8	269,7	1593,6
Avaré	83773	SP	INMET	222,3	178,0	140,5	95,5	88,3	57,6	51,2	43,7	90,0	130,0	130,6	205,8	1433,6
Bacabal	82460	MA	INMET	259,8	248,5	368,1	342,5	191,5	52,9	18,0	14,2	10,5	34,0	71,5	129,6	1741,1
Baia Nova	1655000	MT	ANA	226,9	179,1	191,9	94,8	43,0	16,5	14,5	12,5	54,9	106,5	151,0	187,9	1279,4
Balsas	82768	MA	INMET	191,2	173,7	202,1	130,6	41,6	4,9	2,4	4,3	28,9	90,5	132,5	194,4	1197,0
Bambuí	83582	MG	INMET	276,4	180,3	152,0	67,3	38,8	15,9	10,9	17,1	62,8	114,7	181,8	289,7	1407,7
Bandeirantes	1954005	MS	ANA	254,4	198,3	168,3	89,4	84,3	36,3	24,3	39,7	89,2	145,4	160,8	240,7	1531,1
Barra	83179	BA	INMET	132,3	121,6	115,6	72,7	14,9	1,5	0,2	0,5	8,4	33,6	93,9	116,0	711,1
Barra do Corda	82571	MA	INMET	177,6	186,9	226,8	181,4	64,9	15,2	6,7	11,6	16,4	35,7	72,6	128,4	1124,0

Estação	ID	UF	Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Período (1980-2010)
Barreiras	83296	BA	INMET	186,3	143,9	144,3	72,2	21,6	3,1	0,9	1,2	11,2	60,5	167,8	205,5	1018,5
Barreiro DF 130	1547021	DF	ANA	219,6	182,0	204,7	88,0	28,1	6,8	5,4	16,4	44,6	124,5	208,3	239,0	1367,5
Bela Vista	2256001	MS	ANA	187,3	165,4	136,7	114,0	96,7	60,3	37,4	43,7	73,1	125,8	161,0	199,0	1400,5
Belo Horizonte	83587	MG	INMET	307,4	177,2	189,2	72,0	28,2	11,2	9,4	15,7	54,6	105,1	235,2	344,0	1549,2
Bom Despacho	83533	MG	INMET	273,8	168,9	147,6	48,9	35,2	9,2	8,3	13,3	51,7	114,2	198,6	313,4	1383,2
Bom Jesus da Lapa	83288	BA	INMET	136,3	115,2	107,4	47,8	9,9	1,9	0,6	2,3	16,2	54,0	122,6	207,1	821,2
Bom Jesus do Piauí	82975	PI	INMET	156,3	153,7	167,1	110,7	27,3	1,8	0,1	1,6	19,0	68,4	117,3	155,1	978,3
Bonito	2156000	MS	ANA	197,5	136,6	133,8	88,4	95,8	62,9	34,6	40,9	72,5	136,6	141,8	184,0	1325,5
Brasília	83377	DF	INMET	215,4	192,0	207,5	128,9	29,6	5,4	6,1	23,3	45,9	153,8	224,1	235,9	1467,9
Cáceres	83405	MT	INMET	229,6	209,8	161,8	78,5	47,0	17,4	15,3	19,0	50,9	95,9	127,4	206,0	1258,4
Cachoeira Pólvora	1853002	MS	ANA	245,1	180,7	156,5	73,3	62,7	34,9	16,5	23,5	68,5	121,6	176,5	194,0	1353,9
Camapuã	1954004	MS	ANA	213,7	177,7	122,7	73,0	38,2	31,5	45,4	77,7	100,7	176,9	185,0	208,7	1451,2
Campo Grande	2054000	MS	ANA	201,1	177,0	122,3	94,8	87,0	48,7	39,0	39,4	89,5	157,5	165,2	193,0	1414,3
Capão Bonito	2154007	MS	ANA	177,8	173,2	129,4	88,4	81,3	48,4	39,6	42,1	96,4	127,1	154,6	157,1	1315,5
Capinópolis	83514	MG	INMET	276,2	202,0	166,9	65,5	30,3	15,0	5,6	11,6	40,6	119,0	163,4	241,3	1337,5
Caracol	2257000	MS	ANA	176,1	169,7	147,4	101,3	92,5	63,8	30,8	42,8	66,5	123,4	156,8	194,8	1365,8
Caracol	82976	PI	INMET	138,0	137,1	136,4	85,7	18,5	1,6	0,4	0,8	8,1	49,1	107,0	114,7	797,3
Carbonita	83485	MG	INMET	185,3	100,1	136,0	45,4	14,9	4,8	5,4	6,7	24,5	94,5	193,8	243,1	1054,4
Carolina	82765	MA	INMET	251,7	260,4	279,6	188,2	82,3	9,2	6,2	8,6	39,2	131,6	142,8	233,9	1633,9
Catalão	83526	GO	INMET	282,6	208,2	214,3	75,9	33,4	9,1	4,9	15,7	43,2	116,9	182,2	281,5	1467,7
Catanduva	83676	SP	INMET	268,5	207,9	144,3	66,8	67,2	28,7	22,8	26,0	54,0	93,0	115,1	201,4	1295,6
Caxias	82476	MA	INMET	205,6	240,9	342,7	288,5	139,9	30,7	15,3	14,3	12,0	25,9	43,4	128,0	1487,2
Chapadinha	82382	MA	INMET	211,2	275,6	368,2	335,4	210,0	70,9	31,9	12,7	5,7	14,9	28,6	92,8	1657,9
Cidade Chapadão Gaúcho	1852003	MS	ANA	314,2	257,7	238,3	122,7	75,9	21,2	16,8	32,4	74,2	167,5	236,0	280,9	1837,9
Colinas	82676	MA	INMET	189,4	193,5	262,0	194,5	68,8	15,1	7,4	6,6	26,6	65,0	96,8	146,9	1272,5
Conceição do Mato Dentro	83589	MG	INMET	253,3	118,9	171,2	76,6	23,1	10,1	7,2	9,4	32,2	86,7	216,7	311,8	1317,3
Constância	1853004	MS	ANA	286,6	218,9	231,6	134,0	71,2	25,9	15,5	26,4	68,3	138,7	195,6	247,0	1659,6
Correntina	83286	BA	INMET	168,1	125,1	131,4	57,2	11,8	0,5	0,2	1,7	12,3	67,5	159,3	222,4	957,6

Estação	ID	UF	Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Período (1980-2010)
CPAC Principal	1547016	DF	EMBRAPA	229,4	184,6	196,3	89,0	22,3	4,6	4,4	16,1	41,0	120,7	180,4	230,7	1319,5
Cuiabá	83361	MT	INMET	220,2	219,2	195,7	98,0	51,3	17,9	13,4	19,9	56,5	114,5	162,5	209,6	1378,6
Curvelo	83536	MG	INMET	199,1	113,5	147,6	45,6	20,1	6,9	5,9	11,7	23,7	75,5	181,7	248,5	1079,7
Diamantina	83538	MG	INMET	239,4	132,3	171,4	72,6	22,6	6,3	6,6	12,3	33,4	111,3	215,0	281,6	1304,8
Diamantino	83309	MT	INMET	264,4	296,6	258,4	123,2	50,8	14,6	9,4	24,1	75,8	166,0	218,7	226,2	1728,3
Dourados	2254001	MS	ANA	156,8	140,3	130,0	101,2	102,6	67,8	38,0	48,1	94,9	145,0	164,3	184,3	1373,5
Espinosa	83338	MG	INMET	142,4	81,6	111,7	41,5	10,3	2,4	1,6	2,4	14,0	54,6	135,2	177,0	774,7
Estrada MT 738	2056003	MS	ANA	178,9	129,7	127,5	88,4	85,9	63,0	26,6	42,4	70,8	117,6	126,9	166,1	1223,6
ETE Norte	1547009	DF	ANA	216,5	174,5	196,4	101,2	26,6	5,3	5,3	20,1	48,8	145,5	206,4	218,0	1364,6
ETE Paranoá	1547020	DF	ANA	206,3	185,5	198,4	88,0	25,0	8,1	5,1	17,2	36,9	129,6	203,3	230,1	1333,5
ETE Riacho Fundo	1548010	DF	ANA	220,7	211,2	216,5	106,2	30,0	8,1	6,7	20,1	62,9	142,1	232,1	256,7	1513,5
ETE SUL	1547008	DF	ANA	201,4	170,3	190,6	110,7	29,8	8,0	2,4	17,1	50,6	139,4	219,6	209,7	1349,6
Fazenda Boa Esperança	2152014	MS	ANA	239,3	159,1	158,3	66,7	87,1	38,9	28,6	33,6	76,8	119,1	126,8	171,9	1306,2
Fazenda Cananda	1954006	MS	ANA	225,3	168,1	136,2	73,5	66,4	16,1	17,5	26,6	63,4	107,8	137,7	173,6	1212,3
Fazenda Mimosinho	2152016	MS	ANA	233,7	173,7	137,4	73,9	67,1	40,4	27,7	33,4	64,9	111,8	128,8	177,5	1270,4
Fazenda Pindorama	1951003	MS	ANA	295,4	201,9	190,0	74,2	56,0	21,0	18,1	21,1	58,8	106,5	139,2	255,8	1438,0
Fazenda Ponte	2154008	MS	ANA	207,7	158,0	134,2	85,1	78,3	40,4	22,1	34,7	76,5	115,4	131,5	153,5	1237,3
Fazenda Rio Verde	2052003	MS	ANA	254,8	224,3	165,6	87,5	71,1	20,6	20,7	31,2	77,5	107,8	150,2	204,8	1416,1
Fazenda Tucunaré	1358002	MT	ANA	354,4	318,6	310,6	170,5	53,0	16,4	13,7	27,3	83,4	195,5	218,3	300,0	2061,7
Florestal	83581	MG	INMET	276,3	133,2	165,1	57,9	21,8	11,3	6,8	10,7	40,3	85,1	204,4	308,0	1320,9
Floriano	82678	PI	INMET	174,9	146,7	162,7	112,1	39,6	4,5	0,5	1,0	8,7	54,3	84,4	119,4	908,8
Formosa	83379	GO	INMET	238,0	210,8	210,2	95,4	20,9	4,5	3,1	11,4	35,1	120,6	204,1	279,2	1433,3
Formoso	83334	MG	INMET	195,0	154,6	184,5	88,6	18,3	5,4	2,1	5,9	29,4	84,2	199,9	248,1	1216,0
Franca	83630	SP	INMET	319,8	244,3	204,7	81,7	56,4	18,3	17,8	21,7	69,3	157,7	192,3	289,0	1673,0
Funalento	1953003	MS	ANA	276,3	216,7	195,6	83,8	56,1	20,6	18,9	27,2	63,7	152,5	160,9	205,4	1470,7
Garcias	2052004	MS	ANA	234,8	170,3	135,7	72,1	60,9	24,3	20,5	30,6	68,9	101,2	118,5	196,0	1233,7
Goiânia	83423	GO	INMET	257,8	228,3	250,4	126,3	27,7	10,6	3,2	15,8	53,4	152,4	217,1	288,6	1631,6
Goiás	83374	GO	INMET	342,7	276,1	248,4	114,6	28,1	11,2	4,5	11,4	45,7	147,6	236,2	340,0	1806,5

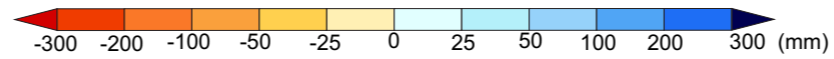
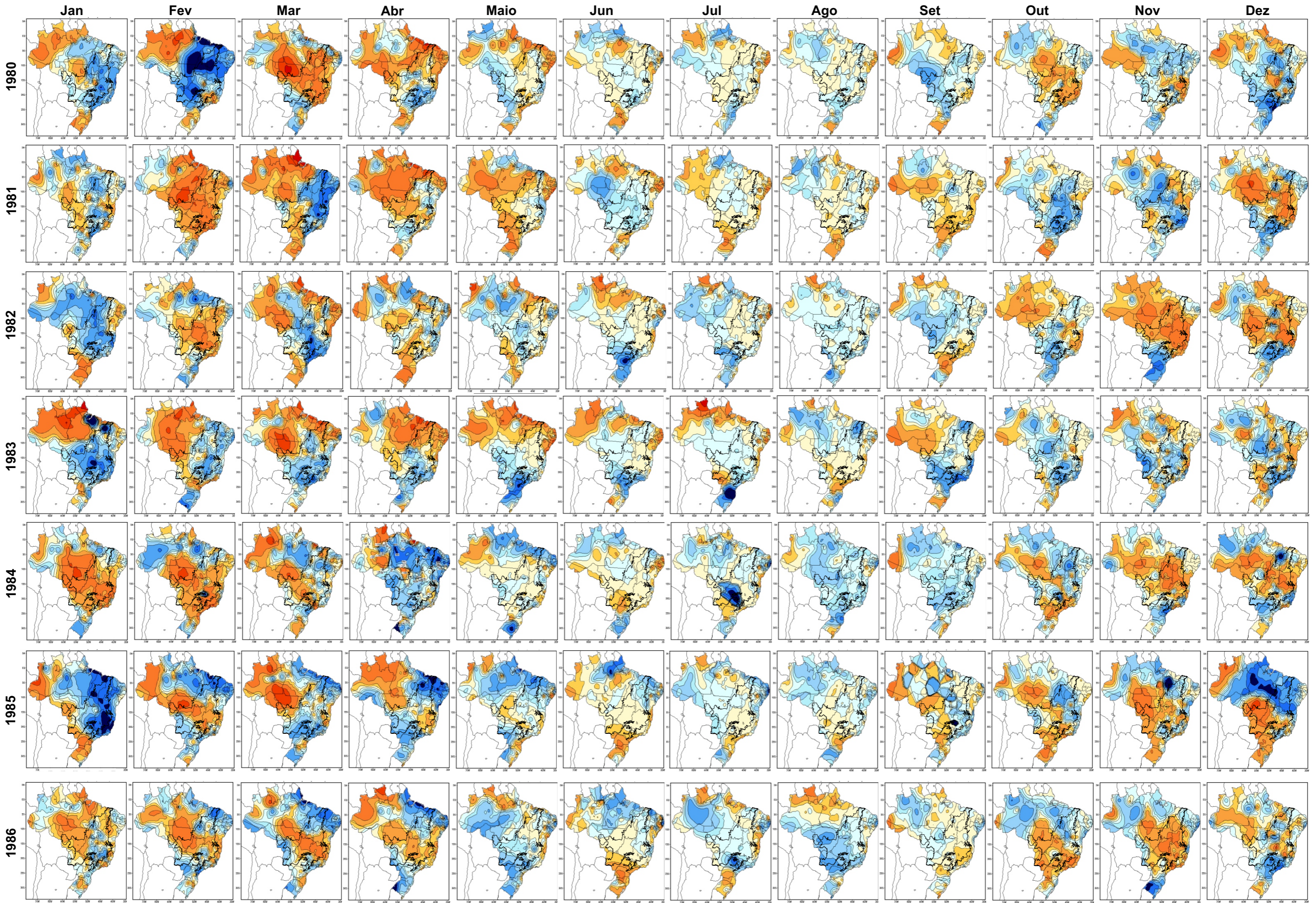
Estação	ID	UF	Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Período (1980-2010)
Ibirité	83632	MG	INMET	252,4	156,6	167,1	71,9	24,8	10,0	4,3	10,0	40,2	104,4	196,4	309,1	1348,5
Imperatriz	82564	MA	INMET	251,7	223,8	284,3	195,5	85,2	16,0	6,6	8,6	37,4	68,0	119,7	189,9	1486,7
Indaiá Grande	1852002	MS	ANA	265,5	221,1	231,0	119,2	61,8	17,0	15,1	31,5	75,6	141,3	201,7	250,1	1630,9
Inocência	1951005	MS	ANA	323,9	268,5	228,7	94,7	66,7	17,5	15,2	36,9	72,5	106,6	151,1	238,8	1621,0
Ipameri	83522	GO	INMET	277,8	208,6	200,4	79,1	32,4	7,6	5,1	13,1	49,0	116,5	195,8	292,6	1478,1
Itamarandiba	83488	MG	INMET	191,4	109,1	135,6	55,5	16,1	6,4	5,0	8,1	30,6	97,5	210,9	243,0	1109,2
Itaporã	2254005	MS	ANA	207,5	156,7	130,9	109,7	107,7	59,4	41,0	54,4	89,9	121,8	156,1	165,1	1400,1
Itaum	2255004	MS	ANA	262,7	226,2	173,6	111,3	134,7	77,6	51,5	57,7	112,3	153,6	158,2	206,6	1726,0
Ituiutaba	83521	MG	INMET	293,6	184,0	177,0	72,0	32,5	15,2	6,0	13,1	43,4	123,9	161,2	231,3	1353,2
Ivinhema	2253000	MS	ANA	186,8	159,5	171,9	75,0	98,1	46,2	19,8	32,8	61,6	104,3	107,8	139,6	1204,8
Janaúba	83395	MG	INMET	169,3	84,9	114,5	40,1	6,4	2,4	1,1	3,5	9,2	54,8	155,8	179,7	822,1
Januária	83386	MG	INMET	180,3	119,0	143,8	49,7	7,6	3,7	1,8	3,3	11,7	64,9	179,5	215,0	980,4
Jaraguari	2054019	MS	ANA	283,1	209,6	154,8	80,5	86,0	30,2	28,2	35,8	64,9	120,1	151,3	188,1	1432,5
Jardim	2156001	MS	ANA	192,7	155,3	124,2	96,8	85,4	50,4	29,2	39,4	68,2	134,9	129,2	183,3	1288,9
Jatai	83464	GO	INMET	265,5	234,9	269,0	112,6	48,9	19,2	8,1	24,4	60,5	131,8	188,5	278,9	1642,1
Jatobazinho	1548009	DF	ANA	241,7	188,2	222,1	122,1	24,4	6,7	5,0	15,2	49,2	139,6	208,9	248,0	1471,2
Joao Pinheiro	83481	MG	INMET	237,9	163,4	186,2	64,1	25,4	5,0	5,9	9,5	24,1	83,1	210,4	266,3	1281,3
Lanceiro	2153004	MS	ANA	224,5	187,3	153,6	86,0	83,3	35,5	28,2	43,4	77,6	127,7	142,8	178,3	1368,1
Luziânia Lago do Piauí	82296	PI	INMET	168,0	177,9	224,9	220,5	115,6	58,4	27,0	8,1	9,4	24,7	37,4	79,6	1151,6
Maracaju	2155000	MS	ANA	179,1	161,8	126,8	89,1	95,9	72,6	37,7	44,9	83,9	135,6	156,2	182,5	1366,1
Moçambinho	83389	MG	INMET	157,8	99,5	107,0	51,7	7,1	2,2	0,9	1,5	9,3	58,7	149,1	182,6	827,4
Monte Azul	83388	MG	INMET	158,6	92,9	118,9	37,1	5,6	2,6	0,8	2,0	15,6	59,4	140,2	185,9	819,7
Montes Claros	83437	MG	INMET	202,4	105,4	144,9	42,5	9,6	5,3	1,5	3,1	21,3	80,2	203,4	246,2	1065,9
Morangas	1952002	MS	ANA	290,0	215,0	196,4	101,2	66,1	20,1	18,9	29,2	71,0	123,4	165,3	227,2	1523,9
Nioaque	2155001	MS	ANA	203,1	150,8	153,0	93,2	71,9	44,0	28,6	41,2	73,7	122,6	135,0	195,6	1312,8
Padronal	1359000	MT	ANA	347,6	310,2	303,6	169,5	70,6	12,5	8,8	22,6	65,8	155,8	246,8	305,4	2019,1
Paracatu	83479	MG	INMET	267,8	182,8	188,8	74,6	18,8	8,5	3,9	13,9	32,1	102,0	196,9	326,8	1416,7
Paranaíba	83565	MS	INMET	270,6	179,6	180,0	77,8	56,4	28,9	14,8	17,9	60,4	114,2	145,0	225,2	1370,8

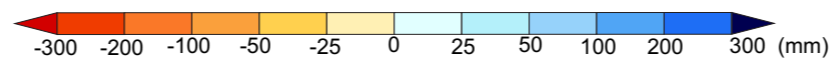
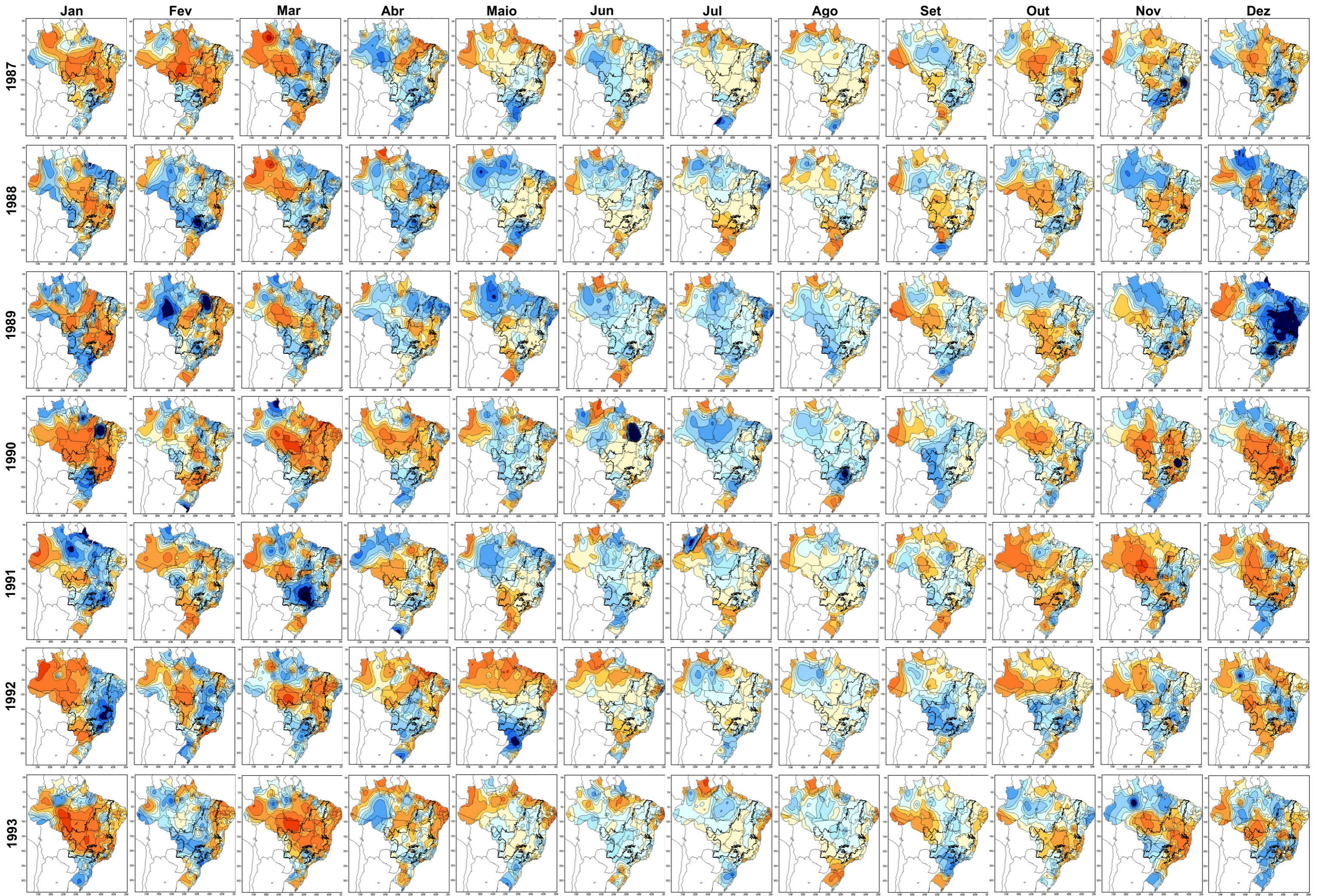
Estação	ID	UF	Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Período (1980-2010)
Paranaíba	1951002	MS	ANA	267,8	169,1	186,7	83,0	52,9	21,2	13,8	18,2	56,5	137,0	186,0	215,6	1408,6
Parnaíba	82287	PI	INMET	143,2	187,7	245,8	238,3	149,2	45,0	34,8	5,2	3,8	13,0	15,3	38,8	1120,1
Patos de Minas	83531	MG	INMET	269,4	156,4	183,7	62,1	27,0	11,2	3,3	12,3	37,8	96,8	200,2	295,5	1355,8
Pedro Afonso	82863	TO	INMET	281,3	225,7	269,7	169,4	50,2	4,2	3,5	8,6	45,6	146,6	220,5	246,1	1671,4
Pedro Gomes	1854001	MS	ANA	261,8	219,7	195,5	91,3	56,5	25,6	16,8	24,0	59,5	128,0	197,1	224,1	1499,9
Pedro Severo	1754004	MS	ANA	245,0	232,9	190,5	98,4	52,6	27,7	12,6	20,8	61,2	126,3	166,6	181,2	1415,6
Peixe	83228	TO	INMET	283,2	212,0	246,0	130,0	21,5	4,6	0,7	1,7	33,3	107,4	193,6	278,2	1512,0
Pirapora	83483	MG	INMET	226,0	107,7	131,5	51,0	13,8	6,9	5,1	7,2	22,1	79,6	207,1	249,4	1107,4
Pirenópolis	83376	GO	INMET	284,2	246,4	232,1	147,7	27,7	9,0	5,5	14,0	51,6	147,4	245,3	309,6	1720,4
Planaltina	1547002	DF	ANA	216,1	174,7	176,2	104,0	26,1	5,4	4,2	13,0	38,0	108,7	193,1	219,3	1278,8
Pompeu	83570	MG	INMET	237,0	140,2	153,5	49,0	24,0	10,3	7,0	11,3	28,6	67,0	174,9	267,4	1170,2
Ponta Porã	83702	MS	INMET	168,6	157,9	134,1	80,5	74,0	33,8	16,9	24,8	56,0	123,4	147,9	161,7	1179,6
Pontal	1952001	MS	ANA	294,9	231,3	196,1	80,4	63,1	18,6	17,3	34,0	63,5	127,0	185,8	245,8	1557,9
Pontes e Lacerda	1559000	MT	ANA	241,9	237,6	215,8	131,1	49,3	16,3	10,0	20,9	39,9	85,2	152,5	206,4	1407,0
Porto Aure	2152001	MS	ANA	234,6	180,5	130,3	86,3	87,3	47,6	33,1	34,6	86,8	115,8	132,3	200,8	1370,1
Porto Nacional	83064	TO	INMET	230,0	244,2	255,8	156,6	46,2	3,7	0,8	4,8	43,9	131,2	182,7	249,4	1549,4
Porto Pindaíba	2153000	MS	ANA	265,8	217,6	174,3	96,5	109,4	56,9	37,1	51,2	95,1	141,6	162,9	214,3	1622,8
Porto Rio Brillhante	2154001	MS	ANA	203,2	169,0	163,3	84,9	94,5	70,0	41,5	45,2	86,5	124,1	160,3	179,9	1422,4
Posse	83332	GO	INMET	218,0	226,4	231,3	113,0	24,8	2,3	1,7	7,6	23,8	115,8	219,0	280,1	1463,9
Poxoréo	83358	MT	INMET	276,3	237,2	258,3	111,6	42,4	11,2	7,5	18,9	69,9	147,1	201,4	248,6	1630,4
Presidente Prudente	83716	SP	INMET	220,8	184,5	142,8	73,4	80,5	46,0	37,5	39,9	86,6	116,5	130,1	177,9	1336,7
Ribas do Rio Pardo	2053000	MS	ANA	216,8	203,1	156,4	90,1	89,2	33,2	29,3	33,2	77,9	139,8	144,3	191,1	1404,4
Rio Negro	1954003	MS	ANA	211,5	164,4	129,0	87,7	86,3	47,2	21,7	25,7	60,9	132,9	139,8	214,8	1321,6
Rio Preto	1547022	DF	ANA	188,2	167,9	185,7	91,7	24,2	4,0	3,2	15,8	33,1	103,1	192,5	219,8	1229,0
Rio Verde	83470	GO	INMET	234,9	229,2	237,4	99,4	38,3	13,4	9,1	15,2	53,6	138,4	238,1	257,5	1564,6
Rochedo	1954002	MS	ANA	166,3	152,3	117,3	84,3	79,8	37,1	26,0	27,5	59,4	112,9	125,6	178,4	1166,7
Salinas	83441	MG	INMET	152,7	87,6	138,2	51,3	18,7	6,4	6,0	4,6	21,9	76,4	174,7	205,4	944,0
Santa Rita de Cassia	83076	BA	INMET	154,9	146,4	161,0	71,1	22,6	1,0	0,0	2,4	9,0	69,9	163,4	179,3	981,1

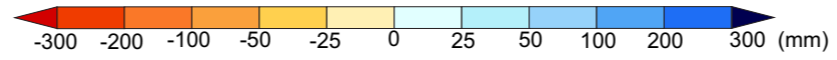
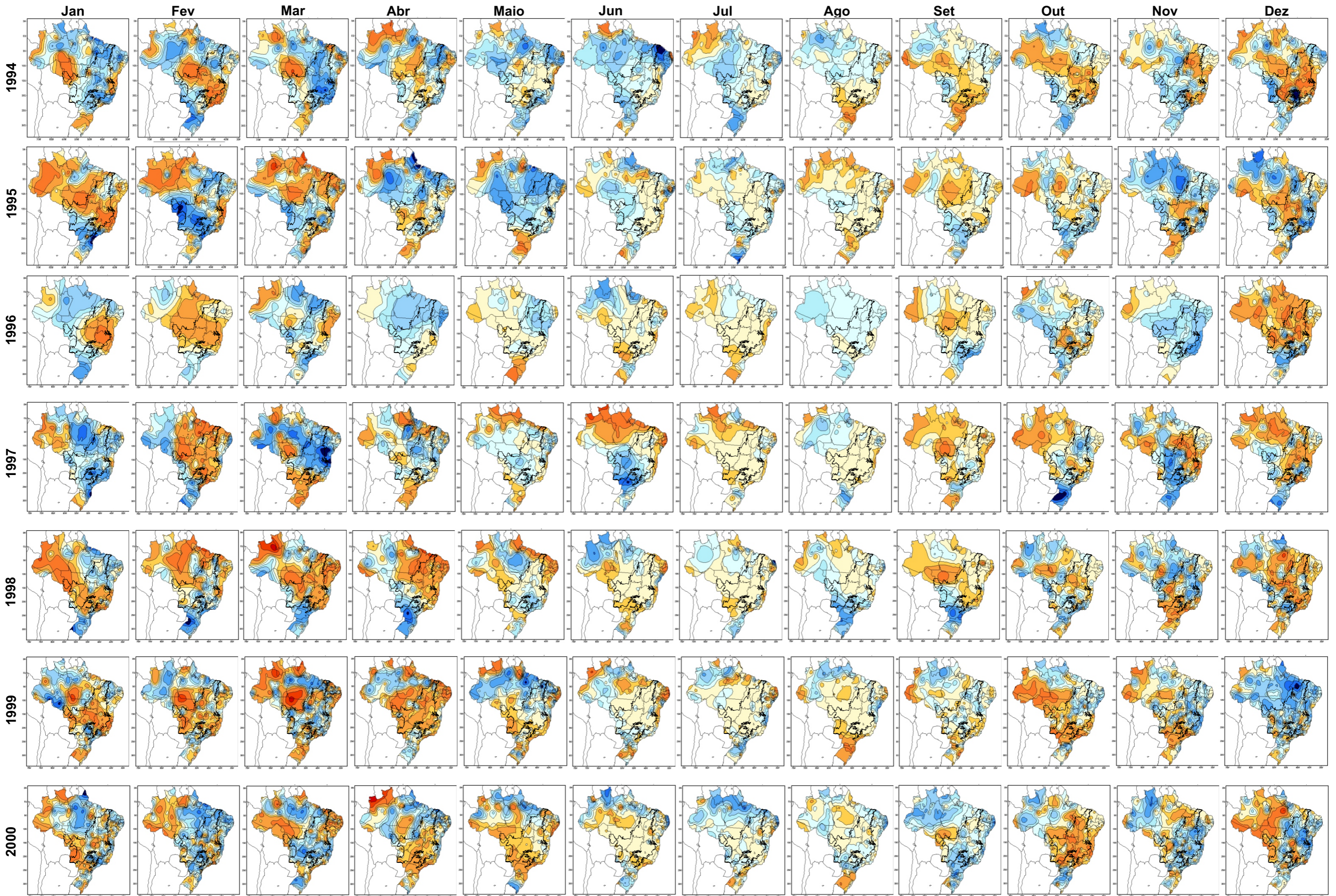
Estação	ID	UF	Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Período (1980-2010)
São Carlos	83726	SP	INMET	292,5	219,9	176,5	79,8	65,6	35,3	29,9	33,5	68,1	113,0	151,1	249,9	1515,0
São Sebastiao do Paraiso	83631	MG	INMET	293,3	208,6	170,5	73,7	53,8	21,9	14,6	17,2	61,2	139,3	204,6	317,7	1576,5
São Simão	83669	SP	INMET	258,3	202,2	163,8	79,1	67,6	24,5	18,6	22,7	60,8	108,5	149,0	227,4	1382,5
Sete Lagoas	83586	MG	INMET	243,6	140,7	163,9	68,3	27,9	9,2	6,9	12,8	38,9	87,8	200,1	309,3	1309,5
Taguatinga	83235	TO	INMET	278,2	210,9	271,6	143,6	38,4	4,5	1,8	4,3	29,7	112,5	223,0	280,5	1598,9
Teresina	82578	PI	INMET	189,4	231,8	262,3	253,3	118,1	19,7	15,1	8,4	11,6	17,4	37,4	82,7	1247,5
Uberaba	83577	MG	INMET	299,2	203,0	215,1	92,0	40,1	13,8	9,4	16,8	48,0	122,2	170,8	287,9	1518,2
Unai	83428	MG	INMET	215,6	166,9	193,5	86,2	20,2	7,0	3,8	12,1	28,5	92,2	226,3	276,8	1329,1
Usina Mimoso	2053001	MS	ANA	221,2	160,1	143,0	84,1	87,2	32,5	25,8	38,1	69,5	124,2	128,5	168,2	1282,4
Vale do Gurgueia	82870	PI	INMET	164,4	153,4	161,7	115,7	37,2	5,0	0,3	2,9	15,7	82,1	108,9	152,3	999,8
Vau do Bálsamo	2154002	MS	ANA	204,7	168,8	136,3	87,0	102,9	54,6	32,8	35,0	84,4	129,7	137,8	192,2	1366,1
Vila Alegre	1359001	MT	ANA	287,4	292,1	306,7	184,3	74,5	10,3	8,6	27,1	65,9	157,1	227,4	241,6	1882,9
Vista Alegre	1953001	MS	ANA	231,6	173,8	164,3	74,3	78,2	25,4	23,8	31,8	68,0	119,9	134,9	194,9	1320,7
Votuporanga	83623	SP	INMET	277,0	188,7	149,0	77,6	52,9	20,5	14,8	17,1	56,6	98,3	129,4	185,2	1267,0

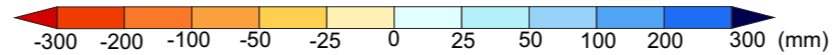
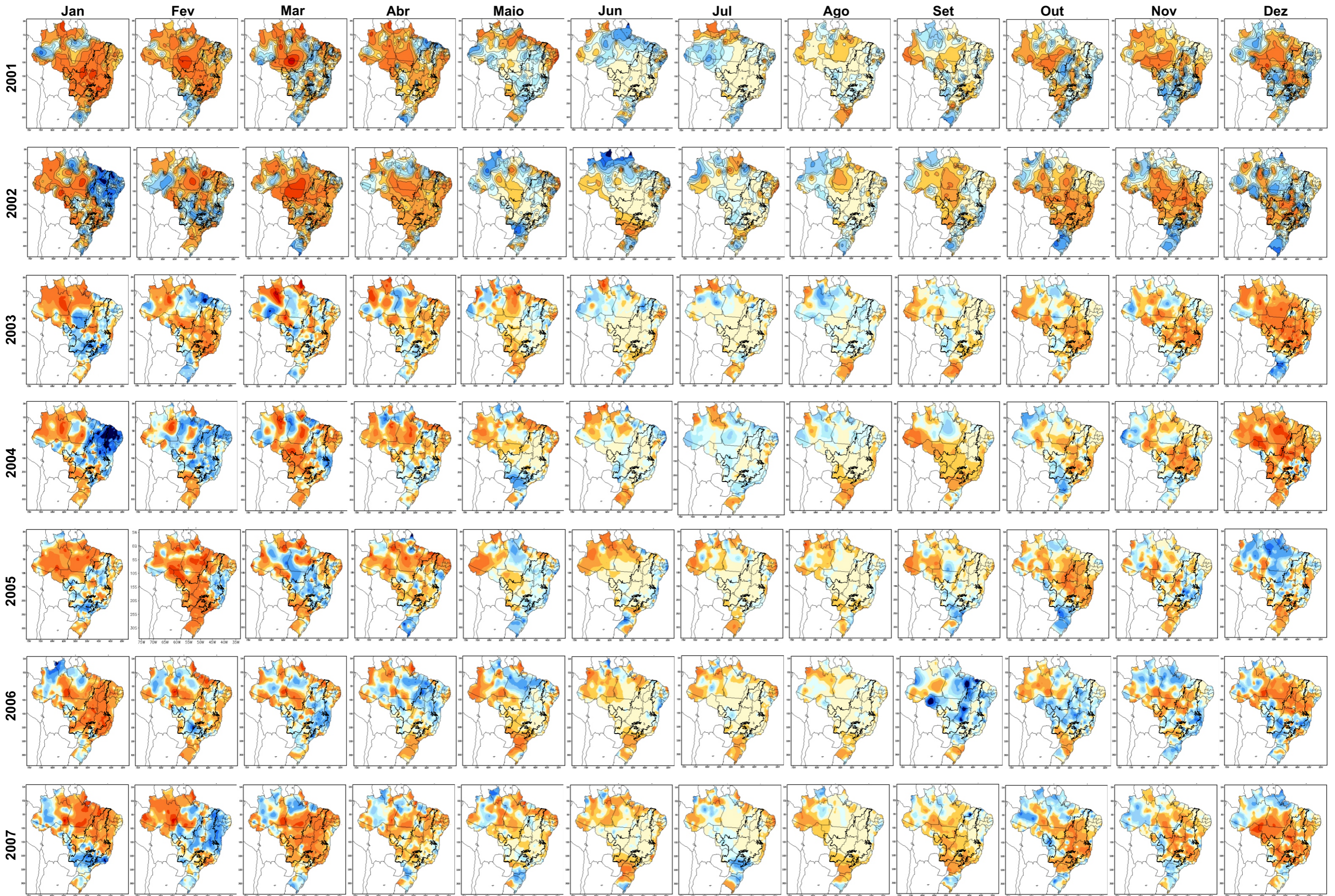
APÊNDICE II

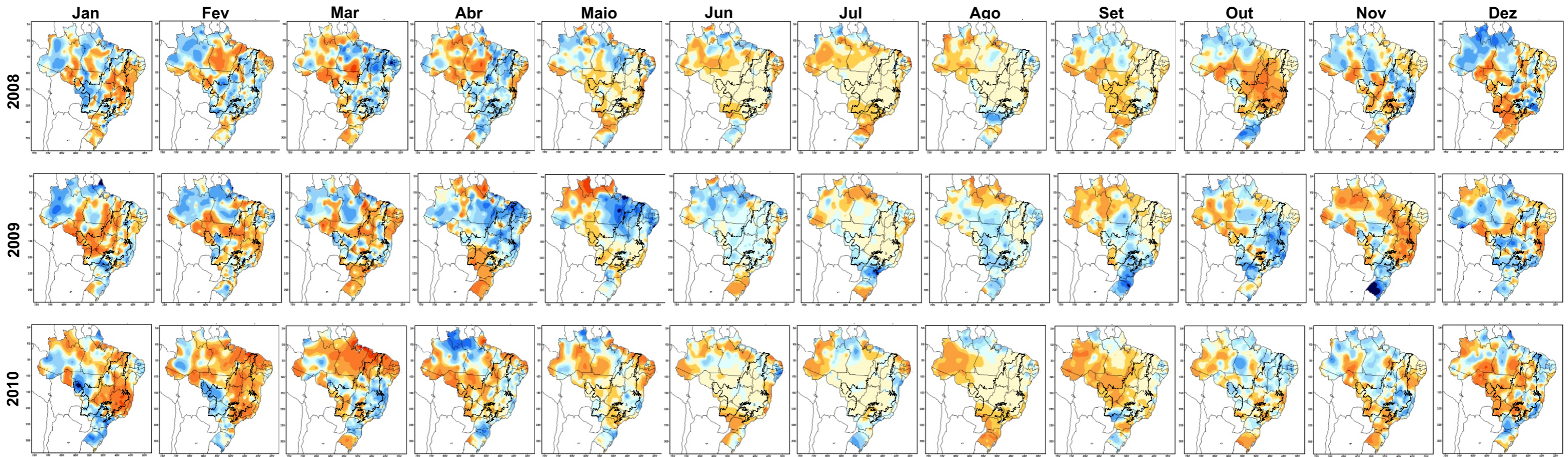
(ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA O PERÍODO 1980-2010)







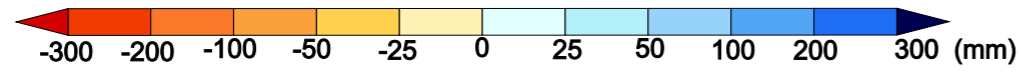
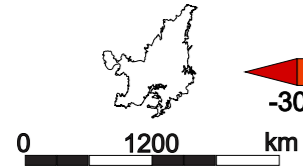




Legenda

Limites Bioma Cerrado

Escala mensal (mm)



Fonte de dados: CPTEC/INPE, INMET, FUNCEME (CE), LMRS (PB), EMPARN (RN), DMRH (PE), FEPAGRO (RS), CHESF, COMET (RJ), DHME (PI), CEPES (SE), NMRH (AL), SRH (BA), CEMIG, SIMGE (MG), SEAG (ES), SIMEPAR (PR), CLIMERH (SC), IAC (SP), ELDER (GO), IBGE e MMA.

Mapas disponíveis em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em maio de 2017.

Modificado e organizado pelo autor..

