

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

Odete Amélia de Amílcar Macie

**Características da estação chuvosa em Moçambique:
Probabilidade de ocorrência de períodos secos e padrões
atmosféricos associados**

SÃO PAULO
ABRIL DE 2016

ODETE AMELIA DE AMÍLCAR MACIE

**Características da estação chuvosa em Moçambique:
Probabilidade de ocorrência de períodos secos e padrões
atmosféricos associados**

Dissertação apresentada ao Programa de
Meteorologia do Instituto de Astronomia,
Geofísica e Ciências Atmosféricas para a
obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Dias de
Freitas.

SÃO PAULO
ABRIL DE 2016

Dedicatória

Dedico aos meus pais que sempre
me apoiaram durante todo o
percurso da minha vida

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me ter dado a vida e saúde e ter iluminado todos os meus caminhos.

Ao meu orientador Dr. Edmilson Dias de Freitas, pelas suas orientações e contribuições valiosas durante a realização deste trabalho.

Ao Edmilson e sua família que me receberam em sua casa com carinho e atenção como se fosse parte da família.

Aos meus pais Amílcar Macie e Amélia Alfabeto Halare e todas as minhas irmãs e família Macie pelo apoio moral incondicional na minha vida e formação académica.

Ao Nelson Pedro Ganhane, pelo seu amor carinho e compressão durante os últimos dois anos.

A família Ganhane pelas orações que fizeram por mim até chegar a essa fase da minha vida

Ao meu amigo e colega Bionídio Enoque Banze pelo seu companheirismo em todas as ocasiões.

Ao Pastor Gervásio e a sua família pelo carinho e atenção que tiveram comigo quando hospedado em sua casa.

A família Sousa, Cinara Sousa, Simone, Sandra pelo apoio, amizade e carinho durante a minha estadia no Brasil.

A todos os colegas do IAG, especialmente a Cristina Davila Arriaga e Eleazar Chuchon Angulo pela amizade e companheirismo, sem me esquecer da Amanda Ribem e Ana Sena que foram a pessoa que me apoiaram muito na realização do trabalho da pesquisa.

A todos os professores do IAG-Departamento de Ciências atmosféricas, pela atenção e apoio durante a fase de formação.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia/Moçambique, pelo fornecimento de dados para a pesquisa.

A CAPES pelo financiamento da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	14
2. Condições climáticas e agroclimáticas de Moçambique	16
2.1. Condições climáticas e agroclimáticas de Moçambique.....	16
2.1.1. Aspetos geográficos do País.....	16
2.1.2. O Clima de Moçambique.....	17
2.2. Sistemas Meteorológicos relevantes sobre Moçambique.....	18
2.2.1. Oscilação Sul, ENOS.....	20
2.2.2. Principais culturas agrícolas.....	21
3. Tratamento de dados e determinação de regiões homogêneas.....	23
3.1. Tratamento de dados.....	23
3.1.1. Análise da consistência de dados.....	23
3.1.2. Preenchimento de falhas.....	26
3.1.3. Resultados.....	27
3.2. Determinação de regiões homogêneas.....	30
3.2.1. Resultados.....	31
3.2.2. Regime da precipitação das regiões homogêneas.....	33
3.2.2.1. Distribuição sazonal.....	33
3.2.2.2. Distribuição pântadal.....	35
4. Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e identificação de veranicos.....	38
4.1. Dados e Metodologia.....	38
4.2. Resultados e discussão.....	39
4.2.1. Análise da estação chuvosa e sua relação com o ENOS.....	42
4.2.1.1. Duração da estação chuvosa.....	43
4.2.1.2. Pântadas secas observadas durante a estação chuvosa.....	45
4.2.1.3. Relação entre a estação chuvosa e o total de chuva acumulado.....	46
4.2.1.4. Anomalias de precipitação durante a estação chuvosa.....	48
4.2.2. Tendência da estação chuvosa.....	50
4.3. Seleção de veranicos.....	51
4.4. Conclusões sobre o Início e fim da estação chuvosa.....	52
5. Probabilidade de ocorrência de períodos secos.....	53
5.1. Dados e metodologia.....	53
5.1.1. Análises para a Região 1.....	55

5.1.2. Análises para a Região 2.....	57
5.1.3. Análises para a Região 3.....	58
5.1.4. Análise regional da probabilidade de ocorrência de períodos secos.....	60
5.2. Conclusões sobre probabilidade de ocorrência de períodos secos	62
6. Condições atmosféricas associadas a veranicos.....	63
6.1. Dados e Metodologia.....	63
6.2. Resultados.	64
6.2.1. Condições atmosféricas associadas a veranicos na Região 1.....	64
6.2.2. Condições atmosféricas associadas a veranicos na Região 2.....	71
6.2.3. Condições atmosféricas associadas a veranicos na Região 3.....	77
6.3. Comparação entre os campos médios e o campos observados	83
6.4. Conclusões sobre padrões atmosféricos	92
7. Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.	94
7.1. Para trabalhos futuros, a autora sugere:.....	96
Apêndice A: Estações meteorológicas usadas no trabalho.....	97
Apêndice B: Correspondência entre pênadas e as datas convencionais.....	98
Apêndice C: Coeficientes de correlação entre as estações os pluviômetros.	99
Apêndice D: Regiões homogêneas e suas respectivas estações.....	100
Apêndice E: Consistência de dados método de dupla massa para cada estação.....	101
Apêndice F: Climatologia de precipitação para cada estação pluviométrica.....	104
Anexo A: Média das datas do início (a) e fim (b) da estação chuvosa para África.....	107
Referências Bibliográficas.....	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Localização de Moçambique.	16
Figura 2-2: Distribuição da altitude em Moçambique (a) e distribuição espacial da precipitação média anual, referente ao período 1980-2012 (b).	17
Figura 2-3: Posição da Zona de convergência intertropical sobre a África durante os meses de janeiro e agosto. Fonte: Kristen et al. (2007).	19
Figura 2-4: Padrão de circulação que controla o clima no SA (adaptado de TYSON e PRESTON-WHYTE, 2000).	19
Figura 2-5: Impactos de El Niño e La Niña na região SEA (fonte: Climate)	21
Figura 3-1: Área de estudo e localização das estações pluviométricas.	23
Figura 3-2: Curva de dupla massa de dados de precipitação. Fonte: Gómez (2007).	27
Figura 3-3: Percentagem de falhas por estação.	28
Figura 3-5: Comparação da distribuição sazonal na precipitação na estação de Maputo Observatório entre a série original e a série com 10% de dados faltantes.	30
Figura 3-6: Consistência de dados usando método dupla massa.	30
Figura 3-7: Dendograma ilustrando as três regiões homogêneas quanto ao regime mensal da precipitação. Distância de corte 2250.	32
Figura 3-8: Distribuição espacial aproximada das três regiões homogêneas quanto a distribuição da precipitação.	33
Figura 3-9: Distribuição sazonal da precipitação nas regiões homogêneas (Região 1, Região 2 e Região 3).	34
Figura 3-10: Comparação entre as séries médias e as séries suavizadas obtidas para cada região homogênea.	36
Figura 4-1: Duração da estação chuvosa e sua relação com El Niño e La Niña para as três regiões homogêneas. Sendo que números em vermelho representam anos de El Niño, azul anos de La Niña e preto anos neutros.	44
Figura 4-2: Número de pântadas secas observadas durante a estação chuvosa para as três regiões homogêneas.	45
Figura 4-3: Relação entre a duração da estação chuvosa e a quantidade de chuva acumulada em cada região homogênea.	47
Figura 4-4: Anomalias de precipitação na estação chuvosa de cada uma das regiões homogêneas em cada ano, sendo que as barras em vermelho indicam anomalias em anos de El Niño, azul em anos La Niña e cinza em anos neutros.	49

Figura 4-5: Tendência das datas do início e fim da estação chuvosa nas regiões homogêneas.	51
Figura 5-1: Probabilidade de ocorrerem 1, 2, 3 e 6 pântadas secas seguidas no período de 30 dias a uma determinada pântada do ano nas estações da Região 1 (Cuamba, Lichinga, Lumbo Moc. Praia, Nampula Pemba, Quelimane e Tete).	56
Figura 5-2: Probabilidade de ocorrerem 1, 2, 3 e 6 pântadas secas seguidas no período de 30 dias a uma determinada pântada do ano nas estações da Região 2 (Chomoio, Sussundenga e Beira).....	57
Figura 5-3: Probabilidades de ocorrerem 1, 2, 3 e 6 pântadas secas seguidas no período de 30 dias seguintes a uma determinada pântada do ano nas estações da Região 3 (Changalane, Chokwe, Inhambane, Maniquenique, Map.Obs, Map.Mavalane, Massingir, Panda, Umbeluzi, Vilanculos e Xai-Xai).	59
Figura 5-4: Probabilidade de ocorrência de períodos secos nas estações homogêneas (região_1, Região_2 e Região_3).	61
Figura 6-1: Diferença entre as composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag-1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 1.	67
Figura 6-2: Diferença entre as composições de anomalias de vento zonal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 1.	68
Figura 6-3: Diferença entre as composições de anomalias de campo de divergência em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 1.	69
Figura 6-4: Diferença entre as composições de anomalias de altura geopotencial em 500 hPa (esquerda) e anomalias de PNMM em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 1.	70
Figura 6-5: Diferença entre as composições de anomalias de temperatura da superfície do mar (esquerda) e umidade relativa em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 1.	71
Figura 6-6: Diferença entre as composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag-1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 2.	73
Figura 6-7: Diferença entre as composições de anomalias do vento zonal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 2.	74
Figura 6-8: Diferença entre as composições de anomalias de campo de divergência em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 2.	75

- Figura 6-9: Diferença entre as composições de anomalias de altura geopotencial em 500 hPa (esquerda) e anomalias de PNMM em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 2. 76
- Figura 6-10: Diferença entre as composições de anomalias de temperatura da superfície do mar (esquerda) e umidade relativa em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 2. 77
- Figura 6-11: Diferença entre as composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 3. 79
- Figura 6-12: Diferença entre as composições de anomalias de vento zonal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 3. 80
- Figura 6-13: Diferença entre as composições de anomalias de campo de divergência em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 3. 81
- Figura 6-14: Diferença entre as composições de anomalias de altura geopotencial em 500 ... 82
- Figura 6-15: Diferença entre as composições de anomalias de temperatura da superfície do mar (esquerda) e umidade relativa em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 3. 83
- Figura 6-16: Composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa ($m s^{-1}$), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1, 0. 86
- Figura 6-17: Composições de anomalias de vento zonal em 200 hPa ($m s^{-1}$), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1 e 0. 87
- Figura 6-18: Composições de anomalia da divergência em 200 hPa ($10^{-5} s^{-1}$), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1 e 0. 88
- Figura 6-19: composições de anomalias de geopotencial em 500 hPa (m), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1 e 0. 89
- Figura 6-20: Composições de anomalias de pressão ao nível do mar (PNMM, em hPa), para os campos médios (direita) e os observados (esquerda), nos lags -2, -1 e 0. 90
- Figura 6-21: Composições de anomalias de umidade relativa em 850 hPa (%) para os campos médios (direita) e os observados (esquerda), nos lags -2, -1 e 0. 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Dados duvidosos encontrados pelo método de Tukey em algumas estações em estudo.....	28
Tabela 3.2: Percentis para cada região homogênea.	37
Tabela 4.1: Pêntadas de início e fim da estação chuvosa para todas as regiões homogêneas usando limiares baseados nos percentis.	40
Tabela 4.2: Interrupções da estação chuvosa nas Regiões 1, 2 e 3.....	42
Tabela 4.3: Veranicos selecionados	52
Tabela 6.1: Pêntadas nas quais se observaram interrupções da estação chuvosa em anos neutros correspondente a cada região.	64

LISTA DE ABREVIATURAS

CPC- *Climate Prediction Center*

ECMWF- *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*

ENOS- El Niño/Oscilação Sul

GPCP- *Global Precipitation Climatology Project*

IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

IOS- Índice de Oscilação Sul

INAM- Instituto Nacional de Meteorologia

MICOA- Ministério de Coordenação e Acção Ambiental

NCEP - *National Center for Environmental Prediction*

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

OS - Oscilação Sul

PNMM- Pressão ao Nível Médio do Mar

SA- Sul da África/ África Austral

SEA- Sudeste de África

TSM- Temperatura da Superfície do Mar

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

MACIE, O. A. A. Características da estação chuvosa em Moçambique: Probabilidade de ocorrência de períodos secos e padrões atmosféricos associados. 2016. 111 **Erro! Indicador não definido**.f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Meteorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Moçambique é um dos países da África cuja base de sobrevivência da maior parte da população depende da atividade agrícola, sendo que na sua maioria o tipo de agricultura praticado é de subsistência ou familiar, que dependem crucialmente das condições atmosféricas para o seu rendimento. Com objetivo de determinar o período apropriado para as épocas de semeadura e regiões de maior risco de ocorrência de veranicos, visando reduzir perdas agrícolas por déficit hídrico, foram determinadas as regiões homogêneas de acordo com o regime intrasazonal da precipitação, usando o método da Análise de Agrupamentos para o período de 1980-2012, que resultou em três regiões homogêneas em todo o país. Para estas três regiões foram determinadas datas do início e fim da estação chuvosa, de maneira a extrair os veranicos observados dentro da estação chuvosa, que podem ser responsáveis pelas perdas agrícolas. Os resultados mostraram que em média a estação chuvosa em Moçambique varia de uma região para outra, partindo do final de agosto até o mês de setembro (entre as pântadas 49 e 54) e o termina entre abril e maio (entre as pântadas 24 e 26). Em seguida, com objetivo de identificar os períodos de maior ocorrência de veranicos foram calculadas as probabilidades de ocorrência dos mesmos para cada região homogênea, sendo constatado que a região mais propícia a ocorrência desses eventos é a região sul de Moçambique (Região 3). Finalmente, para definir condições atmosféricas associadas a veranicos foram calculados os campos médios defasados em duas pântadas, baseados nos veranicos ocorridos dentro da estação chuvosa em anos neutros. Posteriormente, foi feita uma comparação entre os campos médios e o veranico ocorrido em 1980, para verificação da viabilidade do uso desses campos médios para a previsão de futuros veranicos, tendo sido observada uma grande semelhança entre os padrões encontrados nos campos médios e nos campos observados.

Palavras-Chave: Veranicos, Estresse Hídrico, Produtividade Agrícola.

MACIE, O. A. A. Characteristics of the rainy season in Mozambique: Probability of occurrence of dry periods and associated weather patterns. 2016. 111 **Erro! Indicador não definido.**f. Thesis (MSc) of the Meteorology Program from the Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences at the University of São Paulo, São Paulo, 2016.

Mozambique is one of the African countries whose survival base of most of the population depends on agriculture, being the most part of this activity based on subsistence or familiar agriculture, which depend crucially on the weather conditions for its success. In order to determine the appropriate time for sowing dates and areas of higher risk of dry spells, with the goal of reducing agricultural losses caused by drought, homogeneous regions according to the intraseasonal regime of precipitation were determined, using the method of Cluster Analysis for the 1980-2012 period, which resulted in three homogeneous regions across the country. For these three regions starting and ending dates of the rainy season were determined, in order to extract the dry spells observed in the rainy season, which may be responsible for agricultural losses. The results showed that on average the rainy season in Mozambique varies from one region to another, starting from the end of August to September (between pentads 49 and 54) and ends between April and May (between pentads 24 and 26). Then, in order to identify periods of higher occurrence of dry spells we calculated its occurrence probabilities for each homogeneous region and we found that the region more likely to have the occurrence of these events is the southern region of Mozambique (Region 3). Finally, to define atmospheric conditions associated with dry spells, average fields lagged in two pentads were calculated, based on the dry spells that occur in the rainy season during neutral years (i.e. without ENSO events). Subsequently, a comparison was made between the average fields and the dry spell occurred in 1980 to verify the feasibility of using these average fields for predicting dry spells in the future. We observed a great similarity between the patterns found in the mean fields and observed ones.

Keywords: Dry spells, Water Stress, Agricultural Productivity.

1. Introdução

A disponibilidade hídrica de uma região é uma das condições importantes e cruciais para a prática de qualquer atividade, pois a maioria das atividades humanas exige a utilização dos recursos hídricos para garantir a sua sustentabilidade, seja na produção de energia elétrica nas hidroelétricas, nas áreas de saneamento e, não menos importante, na área agrícola, envolvendo a produção de alimentos. Porém esta mesma disponibilidade hídrica é dependente das condições atmosféricas locais, regionais e até mesmo globais. A precipitação é um elemento muito importante para as condições de uma determinada região e a sua variabilidade influencia muito diversas atividades econômicas, como o caso da agricultura, pois a maioria das culturas é totalmente dependente do regime de precipitação de cada lugar.

A maioria da população da África Austral (sul da África) vive da prática da agricultura de subsistência, sendo esta atividade altamente dependente das condições atmosféricas e extremamente vulnerável a eventos de anomalias de chuvas e ocorrência de períodos secos prolongados, chamados de veranicos, durante a estação chuvosa (REASON et al, 2006). Moçambique é um dos países em que a distribuição da precipitação ainda não foi bem estudada, motivo pelo qual o país tem sido abalado por eventos extremos em quase todos os anos, na forma de secas prolongadas ou enchentes durante o verão, causando assim consequências negativas para a sociedade, tais como, o desalojamento de famílias devido às enchentes, a perda de pastagens e até mesmo de vidas humanas. O mesmo ocorre em diversas outras atividades econômicas, tais como a agricultura, com perdas de safras inteiras por déficit hídrico, enchentes, gestão hídrica e outras áreas dependentes do regime da precipitação.

O regime da precipitação de Moçambique é influenciado pelos Ciclones tropicais formados na bacia do sudoeste do oceano Índico durante o verão, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Monção Indiana, os sistemas de baixa pressão sobre o continente, Anticiclones do Atlântico e do Índico, El Niño/Oscilação Sul (ENOS) e Frentes frias.

A principal atividade econômica de Moçambique é a agricultura, onde, de acordo com MICOA (2002), mais de 80% da população laboral é absorvida. Esta atividade é dominada pelo setor familiar, com mais de 95% das áreas cultivadas, em que o destino da produção é essencialmente a subsistência. O milho, produzido em condições não irrigadas, é a principal cultura alimentar em Moçambique. De acordo com dados do Censo Agropecuário de 2000, as culturas do milho e da mandioca totalizam 50% do valor de produção agrícola. Os produtores do setor familiar alocam entre 20 e 60% das suas áreas agrícolas para produzir o milho, em

todo o país (MICOA, 2002), sendo, portanto, reconhecida sua contribuição para a segurança alimentar da população Moçambicana. Como a maioria das culturas não irrigadas, o rendimento das culturas é influenciado, principalmente, pelas condições meteorológicas, que, assim, afetam o abastecimento dos cereais (milho, arroz, etc). Mecanismos de monitoramento das culturas alimentares e de previsão de rendimentos podem auxiliar a minimizar os efeitos negativos de eventos extremos, que resultem em déficits alimentares decorrentes de condições meteorológicas adversas às culturas agrícolas.

Por isso o estudo da variabilidade do regime da precipitação sobre Moçambique, com destaques para aspetos relacionados à aptidão hídrica de algumas culturas, torna-se essencialmente importante, para a tomada de decisão visando a mitigação de consequências negativas causadas pelo déficit hídrico.

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi identificar as características da estação chuvosa em Moçambique e as condições que possam ser desfavoráveis à prática da atividade agrícola, do ponto de vista climatológico. Tais condições foram determinadas através da identificação de períodos secos prolongados e da probabilidade de ocorrência dos mesmos durante a estação chuvosa em diferentes localidades.

Como objetivo específico, buscou-se criar um banco de dados com séries pluviométricas suficientemente longas do ponto de vista climatológico. As séries selecionadas foram transformadas em séries de pênadas (valores acumulados em cinco dias) para:

- definir de limiares que indicassem períodos secos;
- a partir da identificação dos períodos secos, selecionar aqueles que se encontram dentro da estação chuvosa nas diversas regiões do país e analisar a situação atmosférica característica em grande escala. Para isso, foram feitas composições (média de todos os eventos) dos campos meteorológicos obtidos das Reanálises do ECMWF/ ERA - Interim (PERSSON e GRAZZINI, 2007) em períodos antecedentes aos eventos de seca, somente para os anos em que não foram identificadas influências significativas de eventos ENOS (anos neutros).
- Após a definição dos padrões atmosféricos médios, buscou-se verificar a viabilidade de utilização dos mesmos para a previsão de períodos secos. Tal verificação foi realizada através da escolha de alguns períodos específicos em que ocorreram os períodos secos e da comparação entre os campos médios obtidos e o campo relativo ao período de ocorrência de um dado evento.

2. Condições climáticas e agroclimáticas de Moçambique

Nesse capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o país, abordando aspectos geográficos de Moçambique, a sua variabilidade climática e as condições agroclimáticas.

2.1. Condições climáticas e agroclimáticas de Moçambique.

2.1.1. Aspectos geográficos do País.

Moçambique está situado na costa sul-oriental da África, entre as latitudes $10^{\circ} 27'$ e $26^{\circ} 52'$ sul e entre as longitudes $30^{\circ} 12'$ e $40^{\circ} 51'$ leste. O país possui uma área de 799.380 km², fazendo fronteira com a Tanzânia ao norte, com a Zimbábue a noroeste e com África do Sul e Swazilândia a sul e sudoeste (Figura 2-1). O relevo da região é dividido em quatro regiões principais: a zona litoral, abrangendo quase toda a metade da área do país, a zona montanhosa, ocupando uns 10% da área do país, os planaltos médios e os altiplanaltos.

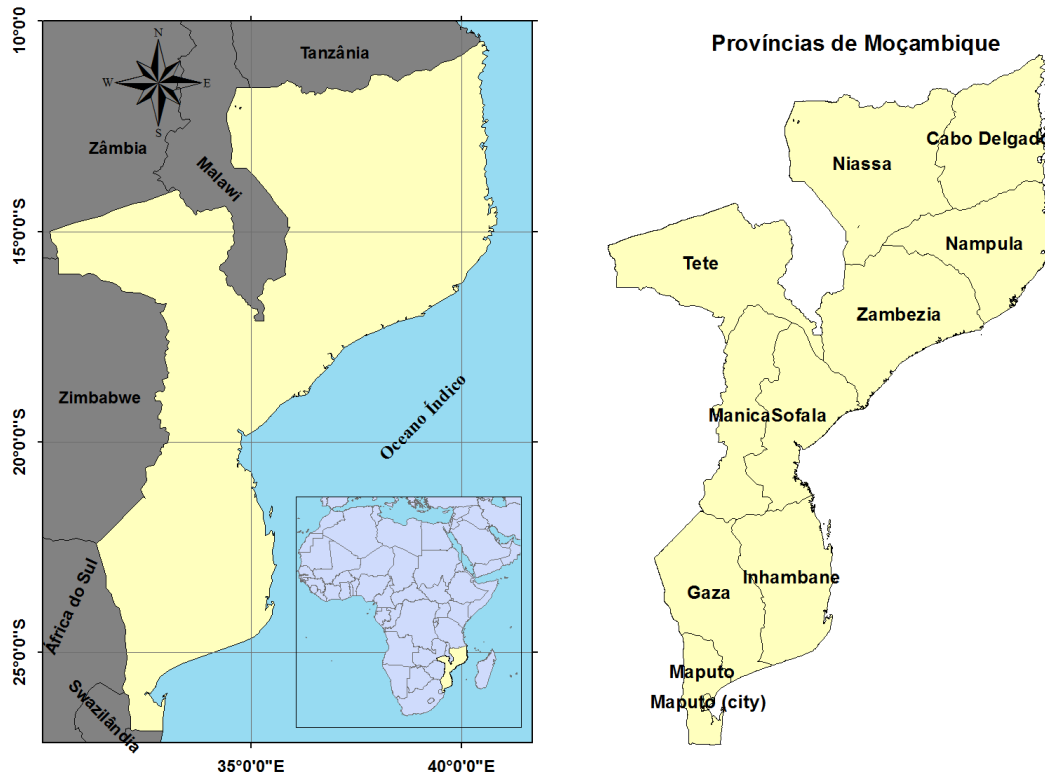


Figura 2-1: Localização de Moçambique.

2.1.2. O Clima de Moçambique.

O clima, de um modo geral, é tropical úmido com duas estações distintas: seca (ou de inverno) e chuvosa (ou de verão). A precipitação média anual varia entre 300 e 1500 mm (Figura 2-2b) e ocorre majoritariamente durante o verão, entre os meses de outubro e abril, com o mês de janeiro sendo o mais chuvoso (MANHIQUE, 2008). As temperaturas apresentam variações regionais em função da interferência de fatores como a latitude, continentalidade e o próprio relevo. Em geral, os valores da temperatura tendem a aumentar em direção às menores latitudes (HOGUANE, 2007). Porém, por interferência do relevo (Figura 2-2a), verificam-se menores temperaturas nas regiões mais altas e a oeste do país, que se situam, de norte para sul, nas províncias do Niassa, Zambézia, Tete, Manica e Maputo. De um modo geral, as temperaturas médias anuais distribuem-se do seguinte modo: de 18 a 20 °C nas regiões montanhosas; de 22 a 24 °C nas regiões centrais e planálticas do norte e do centro, bem como nas zonas leste e oeste, das províncias do sul; de 24 a 26 °C em toda a porção leste das regiões norte e central e no interior das regiões ao sul do país (MICOA, 2005). A circulação atmosférica é caracterizada por zonas de influência de baixas pressões equatoriais com ventos de monção de NE durante o verão (SAETRE e SILVA, 1979). Os ventos na zona sul e central são predominantemente alísios de SE, e na zona norte são influenciados por um regime de monções com ventos de NE durante o verão e de SW durante o inverno.

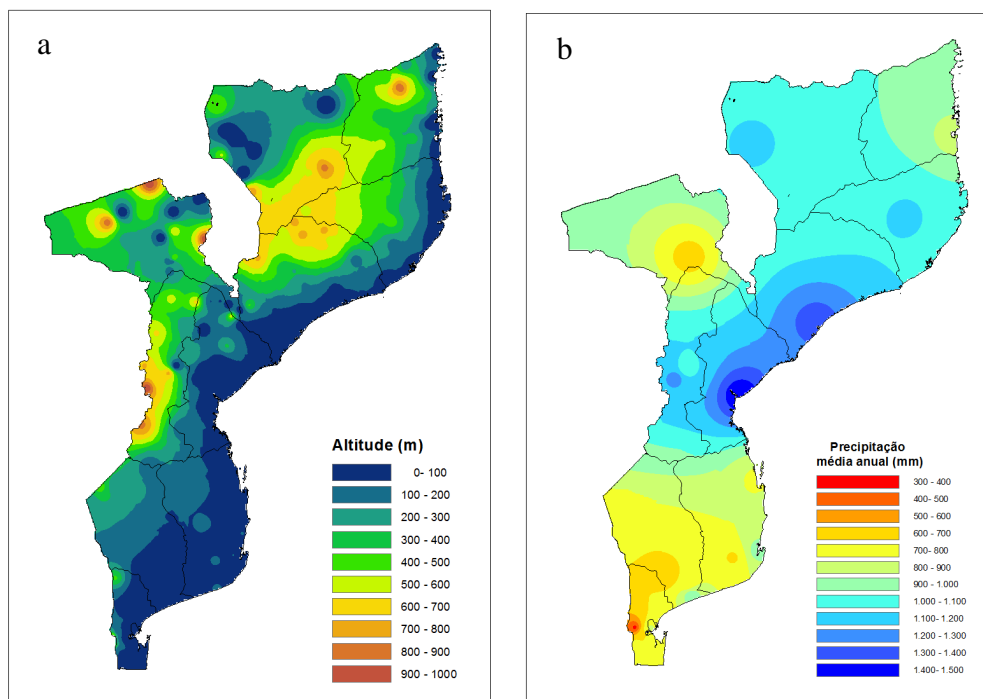


Figura 2-2: Distribuição da altitude em Moçambique (a) e distribuição espacial da precipitação média anual, referente ao período 1980-2012 (b).

2.2. Sistemas Meteorológicos relevantes sobre Moçambique.

Os sistemas que influenciam o regime da precipitação em Moçambique são: 1) Ciclones tropicais formados na bacia do sudoeste do oceano Índico, caracterizados por zonas de baixas pressões que movimentam massas de ar quente e úmido e que provocam muita chuva, com maior frequência ao longo da zona costeira e nas regiões central e norte do país, Dependendo da sua intensidade esse fenômeno pode ser favorável à atividade agrícola ou pode ser prejudicial, sendo responsável por inundações, como ocorrido nos anos de 2000 e 2001 na região central e sul do país (MICOA, 2002); 2) A ZCIT é responsável pela precipitação na região Norte (Cabo Delgado, Nampula e Niassa) e no norte da província de Tete (MANHIQUE, 2008), sendo responsável pelo início da estação chuvosa, tendo maior influência entre os meses de outubro e abril e, fora destes meses, tem-se localizado mais ao norte (Figura 2-3); 3) A Monção Indiana, responsável pelo transporte de umidade do oceano Índico através de ventos de Nordeste para o continente durante o verão, o que favorece a precipitação para Moçambique; 4) Os sistemas de baixas pressões sobre o continente, também tem-se verificado durante o verão e normalmente são considerados como baixas térmicas que contribuem para precipitação; 5) Anticiclones do Atlântico e do Indico (Figura 2-4), que quando se deslocam em direção ao equador facilitam a entrada de frentes na parte sudeste da África, sendo responsáveis pela maior parte da precipitação que se registra na parte sul de Moçambique durante o inverno marcando, segundo MICOA (2007), a segunda época agrícola; 6) A orografia, que por sua vez, é responsável pela precipitação que se registra nas regiões planáltica e montanhosas, causando a ascendência de massas de ar que acabam adquirindo baixas temperaturas e resultando na precipitação de chuva.

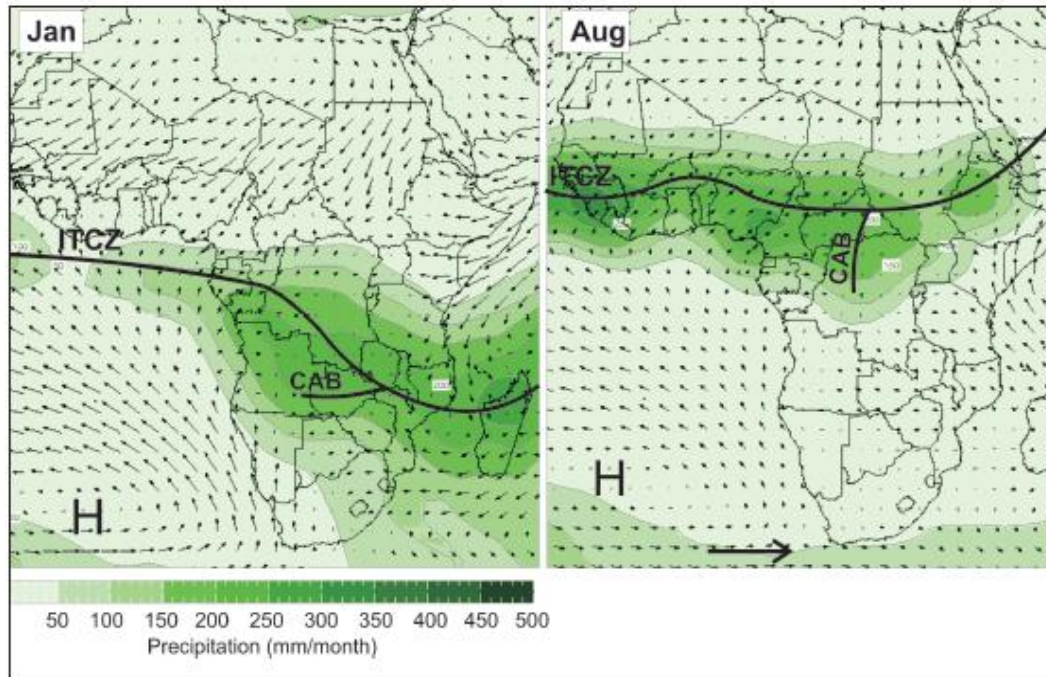


Figura 2-3: Posição da Zona de convergência intertropical sobre a África durante os meses de janeiro e agosto. Fonte: Kristen et al. (2007).

Quanto ao padrão de circulação que caracteriza a região Sul da África (SA) este é definido pelas altas subtropicais dos oceanos Atlântico e Índico, a onda de oeste de baixos níveis, que está associado às frentes frias que passam pelo continente e também pela onda de leste que está associada à ZCIT (TYSON e PRESTON-WHYTE, 2000), conforme mostra a Figura 2-4.

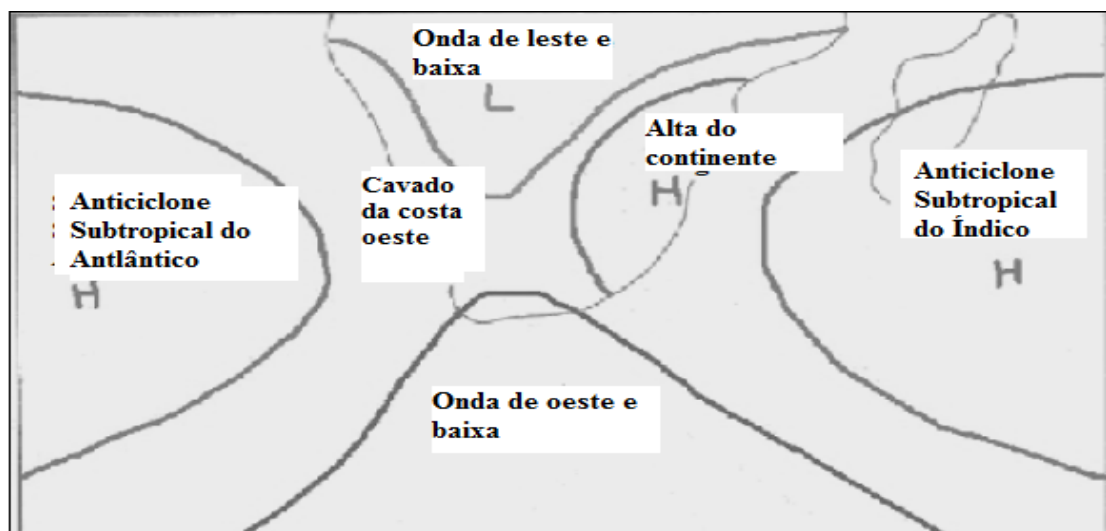


Figura 2-4: Padrão de circulação que controla o clima no SA (adaptado de TYSON e PRESTON-WHYTE, 2000).

2.2.1. Oscilação Sul, ENOS.

O fenômeno ENOS, mais conhecido como El Niño ou La Niña/ Oscilação Sul, é caracterizado pelo aquecimento ou arrefecimento anômalo das águas do pacífico leste equatorial, causando assim variabilidade climática em diferentes regiões do Planeta. O fenômeno tem provocado uma variação na circulação de Walker, que por sua vez tem uma forte influência na precipitação na região SA (BROWNE, 2011, LINDESAY et al., 1986). É causado pela força de gradiente de pressão entre o sistema de alta pressão que se encontra a oeste do oceano Pacífico e o sistema de baixa pressão que se encontra na região da Indonésia. Segundo Browne (2011), a circulação de Walker desenvolve o seu ramo ascendente na região leste tropical do oceano Índico, condição essa que contribui para uma reforçada convecção nessa região. A circulação de Walker é diretamente sensível a mudança de temperatura na superfície do mar sobre o leste e oeste do oceano Pacífico e à medida que essas temperaturas vão mudando, causam uma oscilação na pressão atmosférica, criando assim um padrão de variação na pressão sobre o Oceano Pacífico designada por Oscilação Sul (Philander,1985) e a sua intensidade é medida através do índice de oscilação sul (IOS) que é dado pela diferença entre a pressão ao nível do mar entre Tahiti, no Pacífico central, e Darwin, no Pacífico oeste. O evento de El Niño está diretamente ligado a OS, pois durante o El Niño observa-se uma pressão abaixo da normal sobre o Pacífico leste tropical e pressão acima do normal sobre a Indonésia e norte da Austrália. Este padrão está associado ao enfraquecimento dos ventos alísios na região equatorial, sendo característico da fase quente da OS, sendo geralmente designado como El Nino/Oscilação Sul (ENOS).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos para comprovar a influência da OS na África austral, como o caso de Lindesay (1988), que em sua análise espectral da chuva durante o verão austral, no período da Oscilação Sul, confirmou a termodinâmica que liga as mudanças de fase da Oscilação com as mudanças da circulação sobre a África austral. A oscilação Sul modula a ocorrência e a preferência do local de fortes convecções que contribui com a maior parte da chuva de verão sobre a África austral (HARRISON, 1984).

Os maiores impactos do ENOS são as anomalias de temperatura e as mudanças na variabilidade da precipitação, causando cheias ou secas. A maior parte da região SA durante o evento El Niño é caracterizada por secas extremas, enquanto que o evento La Niña está associado a baixas temperaturas da superfície do mar e inundações. Segundo Nicholson e Kim (1997), o fenômeno ENOS durante a sua fase quente contribui para ocorrência de secas para a região sudeste da África (SEA) e na fase fria contribui para o excesso de precipitação ou

cheias, podendo se tomar como exemplo o caso de seca extrema que se observou no ano da fase quente do ENOS em 1997/1998, em que Moçambique experimentou uma situação de extrema seca e o caso de 1999/2000, onde se registraram cheias em todo país (BROWNE, 2011), o que abalou a economia do país.

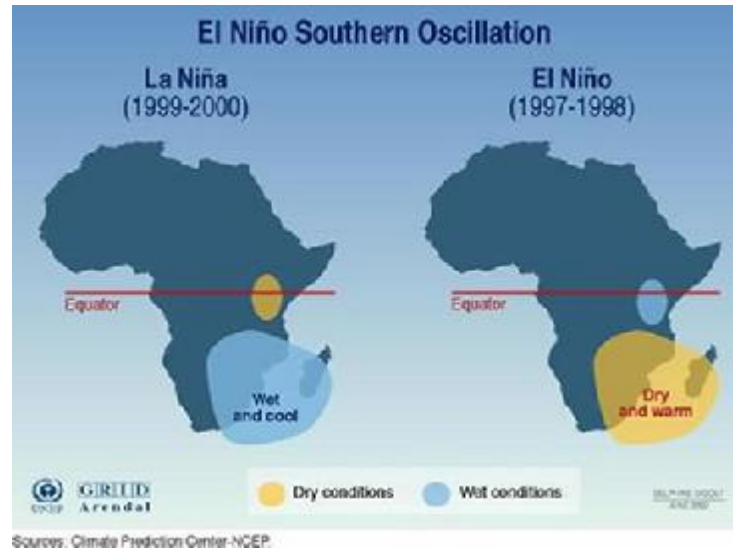


Figura 2-5: Impactos de El Niño e La Niña na região SEA (fonte: Climate Prediction Center-NCEP).

2.2.2. Principais culturas agrícolas.

A agricultura é um dos setores mais importantes no país e é, em grande parte, praticada pelos camponeses, sendo que mais de 80% da população rural vive da agricultura de subsistência. A agricultura mecanizada ainda está numa fase inicial de desenvolvimento e é praticada por poucos agricultores. Os principais produtos agrícolas são: arroz, milho, amendoim, algodão, caju, copra, sisal, girassol, feijão e tabaco (HOGUANE, 2000). O clima e a fertilidade dos solos são os principais fatores que determinam a produtividade agrícola em Moçambique e, segundo estes fatores, o país pode ser dividido em duas grandes regiões: a zona sul do Save (províncias de Maputo, Inhambane e Gaza, considerada geograficamente como região sul de Moçambique), onde os solos são relativamente férteis, mas as condições climáticas não são favoráveis, e a zona norte (províncias de Sofala, Manica, Zambézia, Tete, Nampula, Niassa e Cabo Delgado) onde o clima é favorável mas os solos são na maioria dos casos deficientes em nutrientes (nitrogênio, fósforo, silício e potássio). As zonas mais férteis são os vales dos

rios. As zonas costeiras e regiões montanhosas são pouco férteis. A maioria das culturas de sequeiro como o caju, palmeira e algodão são produzidos pelo setor familiar. Este setor contribui em cerca de 60% da produção de coco e 52% da produção de algodão (HOGUANE, 2000). Segundo MICOA (2002), Moçambique está dividido em três zonas em termos da probabilidade das necessidades mínimas de água a serem suficientes para um ciclo vegetativo: ao norte do rio Zambeze (Nampula, Cabo Delgado e Niassa), onde a disponibilidade de água para as culturas é num período bem definido, o da época das chuvas, com mais de 80% de probabilidades das necessidades mínimas de água a serem suficientes para todo o ciclo vegetativo, ou seja, somente dois em cada 10 anos podem apresentar problemas de déficit hídrico; a zona central, entre o sul do rio Zambeze e o norte do rio Save (Manica, Sofala e sul de Tete), com a probabilidade de até 60% das necessidades hídricas das culturas serem satisfeitas. Isto significa que o risco de ocorrência de secas é de 4 anos em cada dez; zona sul, toda a região ao sul do rio Save, cujo potencial da precipitação não excede mais que 30% das necessidades das culturas e com um risco de que em cada dez anos, sete apresentem problemas de seca. De um modo geral a região sul do país é considerada propícia a ocorrência de períodos secos.

3. Tratamento de dados e determinação de regiões homogêneas.

3.1. Tratamento de dados.

3.1.1. Análise da consistência de dados.

Nesse trabalho foram usados dados de precipitação diária no período de 1980 – 2012 fornecidos pelo instituto nacional de meteorologia de Moçambique (INAM), referentes a 27 estações meteorológicas distribuídas pelo país. Para analisar a consistência desses dados foram feitos dois procedimentos, sendo o primeiro a contagem de falhas por ano para cada estação (Figura 3-1) e posteriormente foi calculada a percentagem de falhas para cada estação, somando as falhas de todos os anos e dividindo pelo número total de dados de toda série (equação 1). Esse procedimento foi feito para todas as estações.

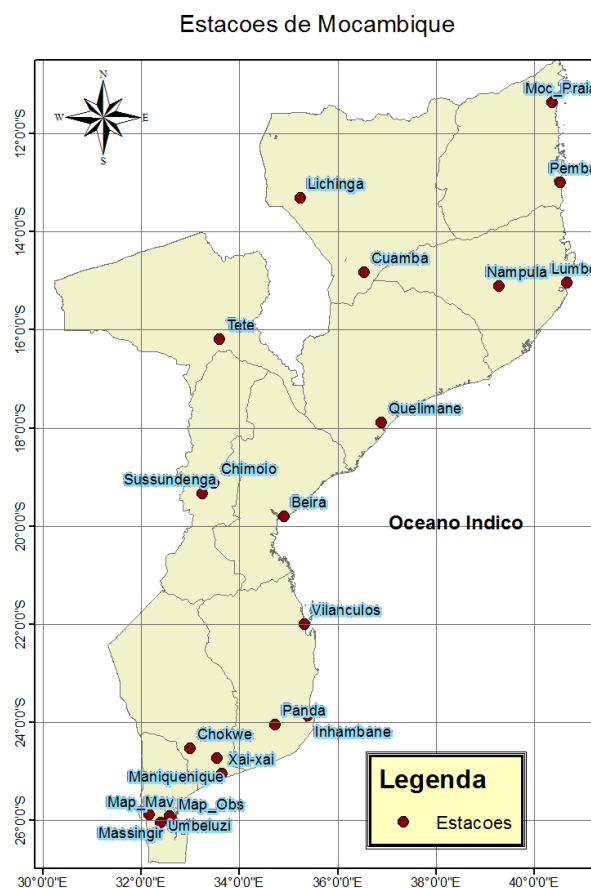


Figura 3-1: Área de estudo e localização das estações pluviométricas.

$$E_i = \frac{nt_i}{Nd} * 100\% \quad (1)$$

sendo E_i a percentagem de falhas para cada estação, nt_i o número total de falhas, Nd o número de dados de toda série e o índice i que varia de acordo com a estação.

Feito o procedimento da contagem de dados foram selecionados as estações que apresentaram a percentagem de falhas menor ou igual a 10%. Em seguida foi feita a análise de consistência das estações selecionadas para a verificação e correção de erros grosseiros que podem ocorrer (por exemplo, na leitura dos aparelhos feita pelos observadores ou na digitação destes valores). Segundo Fabrício et al. (2013), estes tipos de erros podem ser detectados a partir de gráficos dos totais pluviométricos e corrigidos caso cada estação disponha de outros aparelhos que registrem dados de chuva, como pluviógrafos.

Para a verificação de consistência e outros procedimentos realizados neste trabalho, os dados originais foram transformados em pântadas, que são séries com totais acumulados em cinco dias, visando trabalhar com um número reduzido de dados, mantendo-se características importantes do ponto de vista de necessidade hídrica de culturas. Assim como em Freitas (1998), essas pântadas são calculadas sem sobreposição de datas, de 01 de janeiro a 31 de dezembro de cada ano, obtendo-se uma série temporal anual de comprimento igual a 73 pântadas. Para os anos bissextos, o dia 29 de fevereiro é incluído na 12^a pântada, sendo que o valor da precipitação neste caso é o total acumulado em seis dias, assim como em Kousky (1988), Freitas (1998) e Angelo (2011). Em seguida, a verificação da consistência foi feita através da média pântadal suavizada, usando o método de Tukey, referenciado por Freitas (1998) e Angelo (2011). Também, calculou-se o valor médio (equação 2) e o desvio padrão para cada pântada (equação 3).

$$MP = \frac{\sum P_i}{N} \quad (2)$$

em que MP é a precipitação média para cada pântada, P é a precipitação da pântada, N é o número de anos da série e i corresponde ao número da pântada.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - MP)^2}{N-1}} \quad (3)$$

Depois de transformar a série original de dados em pântadas foram determinadas as séries da precipitação média suavizada para cada estação meteorológica usando o mesmo procedimento de Freitas (1998) e Angelo (2011), que consiste em:

- Calcular as precipitações médias para cada pântada do ano ao longo dos anos da série em estudo (33 anos);
- Segundo Freitas (1998) para que se obtenha continuidade do ciclo médio de precipitação, inclui-se os valores das quatro últimas pântadas médias no início da série e as quatro primeiras pântadas no final o que resulta em um total de 81 pântadas ou elementos da série;
- em seguida, obtém-se as medianas móveis de 5 elementos, a partir dos valores médios, o que significa que cada conjunto de 5 elementos foi colocado em ordem crescente e o terceiro maior valor deste conjunto é considerado como mediana, resultando assim numa série de 77 elementos (perdem-se dois elementos no início e dois no final da série);
- Do mesmo modo, calcularam-se as medianas móveis de 3 elementos dessa nova série, resultando em uma série de 75 valores (perde-se 1 elemento no início e outro no final da série);
- Finalmente, foi feita uma suavização da série através da aplicação do Filtro de Hann (73 valores), com o objetivo de atenuar as oscilações de alta frequência da série de dados em estudo (equação 4):

$$P(k) = \frac{S(k-1)}{4} - \frac{S(k)}{2} + \frac{S(k+1)}{4} \quad (4)$$

Depois de determinar a série suavizada, $P(k)$, foi calculado o desvio, D_x , que indica a diferença entre o valor de cada pântada, P_i , e a média suavizada para cada pântada (equação 5), o que serviu como base para a identificação dos dados inconsistentes aplicando a seguinte condição:

Teríamos um dado inconsistente se $D_x > 2 * S$, sendo S o desvio padrão de cada pântada, e, havendo uma inconsistência, seria feita a verificação individual do dado para verificar que tipo de erro poderia ter ocorrido. Em caso de erros grosseiros o valor da precipitação foi considerado como um dado faltante.

$$D_x = |P_i - P(k)| \quad (5)$$

3.1.2. Preenchimento de falhas.

Depois da verificação da consistência dos dados foi feito o preenchimento de falhas para as estações a serem usadas no trabalho, e para tal foi usado o método de ponderação por coeficiente de correlação que consiste em estabelecer regressões lineares entre a estação com dados faltantes (estação P_x), e cada uma das estações próximas (n) para o período comum de observação e para tal foi feito o cálculo dos acumulados mensais para cada ano e depois calculou-se a correlação com base nos dados mensais usando a equação 7.

Tendo as correlações, foi feito o cálculo de preenchimento de falhas para os dados diários usando a equação 6.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n P_{mi} r_{xmi}}{\sum_{i=1}^n r_{xmi}} \quad (6)$$

Onde P_x é a precipitação a ser preenchida na estação x , n é o número de estações que apresentam uma boa correlação com a estação x (acima de 0,7) sugerido por Barbosa et al. (2005) e Bennett et al (2007), r_{xm} é o coeficiente de correlação entre a estação x e a estação m e P_m é a precipitação da estação m .

$$r_{xm} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{mi} - \overline{P_m}) \cdot (P_{xi} - \overline{P_x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{mi} - \overline{P_m})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (P_{xi} - \overline{P_x})^2}} \quad (7)$$

Onde, $\overline{P_m}$ e $\overline{P_x}$ indicam a média da precipitação na estação m e x , respectivamente.

Depois do preenchimento de falhas foi feita outra análise de consistência usando o método de dupla massa para verificar o impacto causado pelo preenchimento de falhas, pelo método anteriormente citado. Este método consiste em fazer a comparação entre duas curvas traçadas no plano cartesiano, sendo uma de totais anuais ou mensais acumulados da estação a ser analisada e outra da média acumulada dos totais anuais ou mensais das estações melhores correlacionadas (WISSMANN et al., 2006). Os autores salientam que caso os pontos não coincidam na mesma reta, a diferença pode ser devida a erros sistemáticos, mudanças nas condições de observação ou devido a algum agente Físico real. Esse tipo de erro causa uma

mudança de declividade e para que essa mudança seja considerada deve-se observar pelo menos cinco pontos alinhados de forma seguida sobre a nova linha de tendência.

Esses valores podem ser corrigidos através de equação 8, em que se determina a precipitação ajustada em função da precipitação observada e os coeficientes das retas (GÓMEZ, 2007)

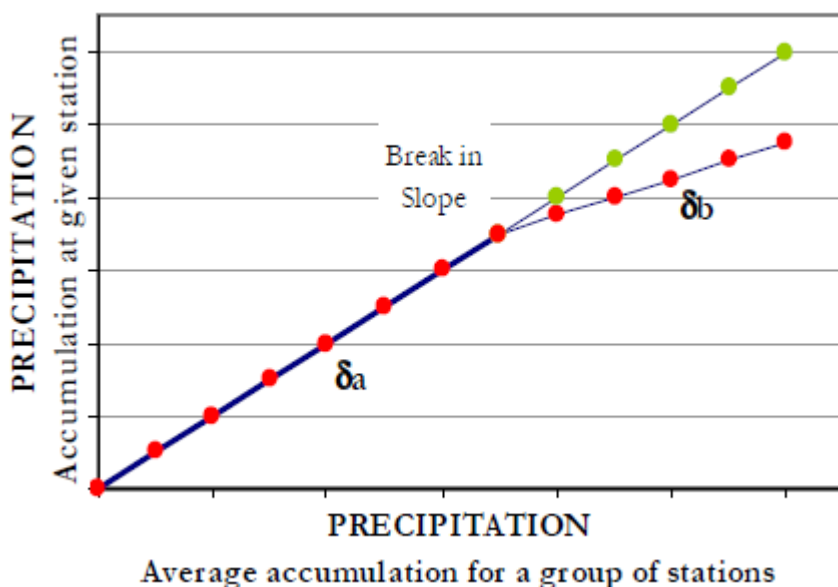


Figura 3-2: Curva de dupla massa de dados de precipitação. Fonte: Gómez (2007).

$$P_a = P_b \frac{\delta_a}{\delta_b} \quad (8)$$

em que, P_a é a precipitação ajustada, P_b é a precipitação observada, δ_a é o coeficiente da reta para quais os dados devem ser ajustados e δ_b é o coeficiente da reta na qual P_b foi observado.

3.1.3. Resultados.

a) Análise de falhas

De acordo com os resultados obtidos observou-se que das 27 estações usadas, a que apresentou maior número de falhas foi a estação de Manjacaze, tendo atingido uma percentagem acima de 40% dos dados de toda série, a estação de Maputo observatório foi a que menos falhas apresentou, com uma percentagem aproximadamente nula. Com base na Figura 3-3, as estações utilizadas no trabalho foram todas as que tiveram a percentagem menor ou igual a 10% de falhas, que foi o caso de Cuamba, Lichinga, Lumbo, Mocimboa da praia, Pemba, Beira, Chimoio, Quelimane Tete, Sussundenga, Chagalane, Chokwe,

Inhambane, Maniquenique, Maputo Observatorio, Maputo Mavalane, Massingir Panda, Umbeluze, Vilankulos e Xai-Xai.

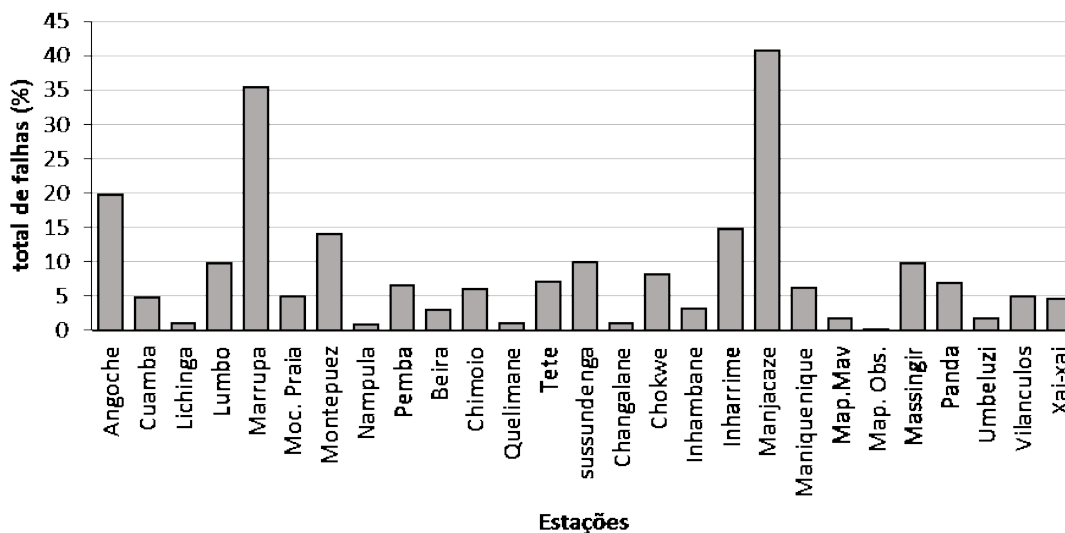


Figura 3-3: Percentagem de falhas por estação.

b) Consistência de dados

Feita a definição das estações que apresentaram menos falhas, as mesmas foram sujeitas a uma análise de consistência dos seus dados. Na Tabela 3.1 são apresentados exemplos de casos de dados inconsistentes (duvidosos) obtidos pelo método de Tukey, os mesmos foram considerados como dados faltantes posteriormente a sua identificação.

Tabela 3.1: Dados duvidosos encontrados pelo método de Tukey em algumas estações em estudo.

Estação de Cuamba			
Nº da pêntada/ano	Precipitação da pêntada (mm)	Data da observação	Precipitação do dia (mm)
68/1980	162,8	04.12.1980	83,7
72/1982	137,1	24.12.1982	84,5
70/2005	198,5	13.12.2005	140,1
01/2006	277,5	02.01.2006	131,5
69/2010	177,1	11.12.2010	61,1

Tabela 3.1: Continuação

Estação de Lichinga			
Nº da pântada/ano	Precipitação da pântada (mm)	Data da observação	Precipitação do dia (mm)
62/1999	100,9	05.11.1999	79,8
05/2009	123,1	23.02.2009	70,4
09/2010	104,6	14.02.2010	82,1
Estação de Lumbo			
Nº da pântada/ano	Precipitação da pântada (mm)	Data da observação	Precipitação do dia (mm)
47/1989	88,1	20.08.1989	88,1
44/2006	125,0	05.08.2006	125,0
19/2007	160,6	04.04.2007	68,8
14/2008	281,4	07.03.2008	200,4
Estação de Maniquenique			
Nº da pântada/ano	Precipitação da pântada (mm)	Data da observação	Precipitação do dia (mm)
14/1997	100,0	11.03.1997	100,0
34/2000	97,1	19.06.2000	97,1

c) Preenchimento de falhas

No apêndice C são apresentados os coeficientes de correlação determinados para cada estação. Como base para um eventual preenchimento de falhas foi considerada toda correlação maior que 0,7, conforme sugerido por Bennett et al. (2007). Com isso foi possível efetuar o preenchimento das falhas diárias das estações com dados em falta. Para avaliar a eficiência do método de preenchimento foi usada uma estação que não apresentou qualquer falha, retirando-se desta 10% dos seus dados e, em seguida, aplicando o procedimento de preenchimento, conforme o método citado acima. Feito isso, fez-se uma comparação da série preenchida com a série original. Como podemos observar na Figura 3-4, o método demonstrou-se bastante eficiente para os casos de série temporal relativamente longa, pois não alterou de forma significativa a sazonalidade da distribuição da precipitação.

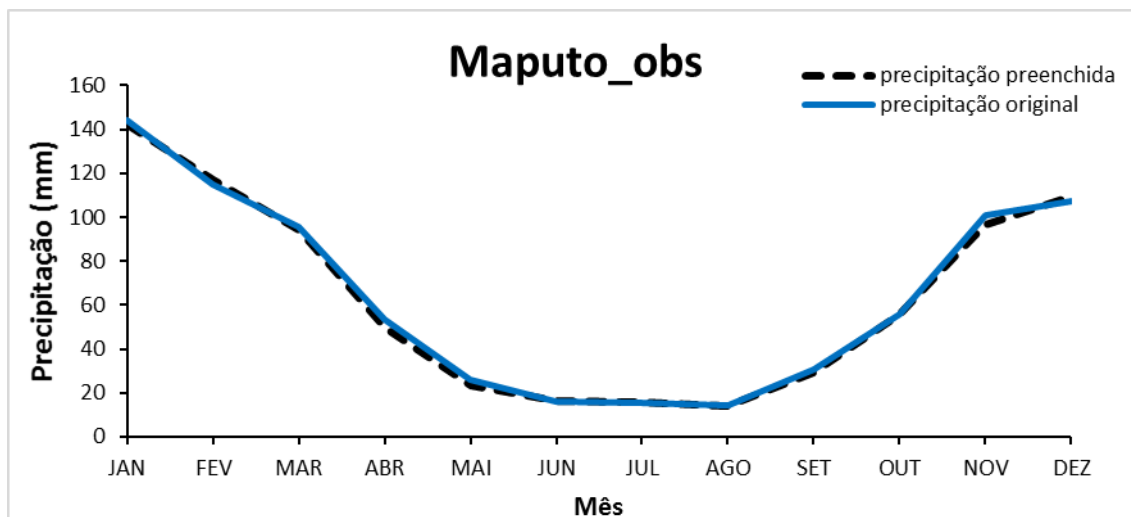


Figura 3-4: Comparação da distribuição sazonal na precipitação na estação de Maputo Observatório entre a série original e a série com 10% de dados faltantes.

Foi feita também uma análise de consistência usando o método de dupla massa para a mesma situação, o que apresentou um resultado similar ao anterior, dando mais confiabilidade ao método de preenchimento aplicado, como se pode observar na Figura 3-5.



Figura 3-5: Consistência de dados usando método dupla massa.

3.2. Determinação de regiões homogêneas.

Para analisar a variabilidade intrasazonal foram determinadas regiões homogêneas de acordo com a variabilidade da precipitação, usando o método de agrupamento conhecido como Análise de Agrupamentos (também conhecida por análise de “Clusters”). O

procedimento foi feito através dos valores acumulados pên-tadaís de precipitação, baseados nos dados de precipitação diária observados, conforme mencionado anteriormente. A Análise de Agrupamentos consiste em colocar no mesmo grupo objetos que tenham características similares, de acordo com o método pré-definido (LINDEN, 2009). Normalmente, o método é baseado numa função de dissimilaridade, que recebe duas amostras e retorna a distância entre elas. Neste estudo foi usada a distância Euclidiana (Equação 8), que consiste em determinar a distância entre os pontos num espaço multidimensional. Para saber quando dois agrupamentos (“*Clusters*”) são suficientemente similares para estarem no mesmo grupo, foi usada o método de Ward, que consiste em uma análise aproximada da variância para determinar as distâncias entre os “*Clusters*” (FREITAS, 1998, ANGELO, 2011).

$$d_{(x,y)} = \sum_i^n (x_i - y_i)^2 \quad (8)$$

3.2.1. Resultados.

A Figura 3-6 ilustra os “*Clusters*” obtidos, definidos pela distância escolhida para o corte (2250) considerada como a distância indicada pela linha vermelha. A análise de “*Clusters*” feita nas 22 estações resultou em 3 grupos homogêneos (Figura 3-6) que definem na realidade a divisão do país em 3 regiões, de acordo com as características da precipitação, sendo que a primeira região é composta pelas estações da zona norte e mais duas do centro do país, que são vizinhas das províncias do norte, a segunda região é composta pelas restantes estações da zona central e a terceira região é composta por todas estações que fazem parte da região sul de Moçambique, como podemos ver na Figura 3-7.

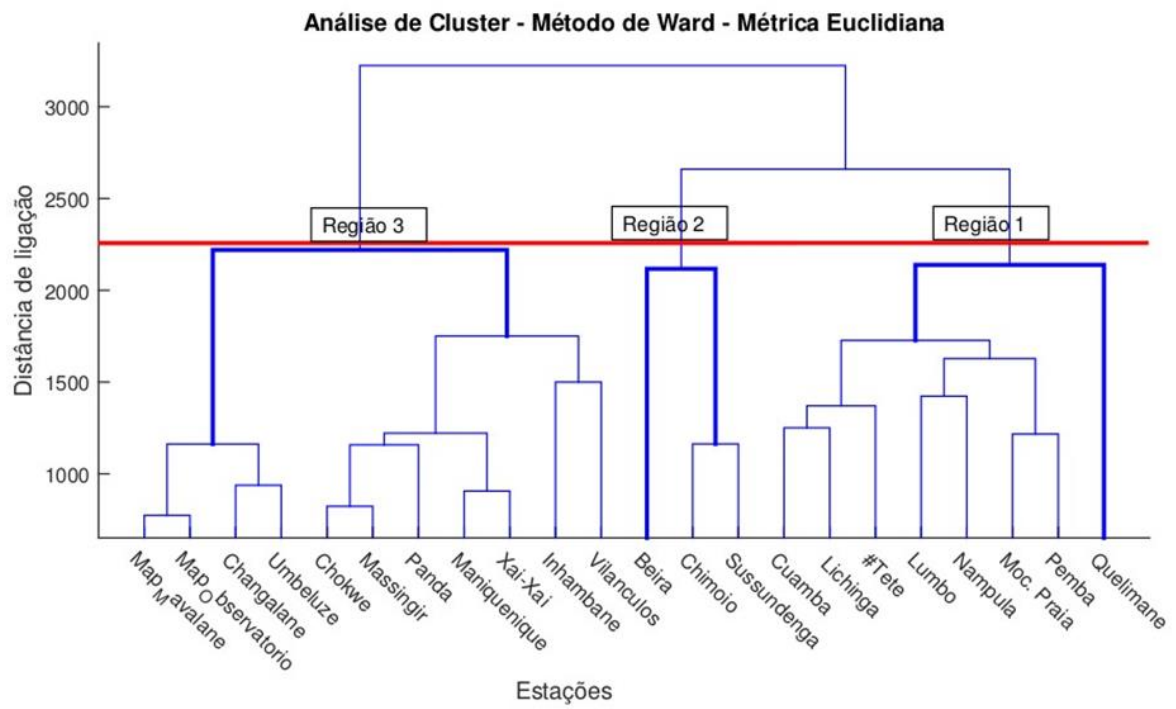


Figura 3-6: Dendrograma ilustrando as três regiões homogêneas quanto ao regime mensal da precipitação. Distância de corte 2250.

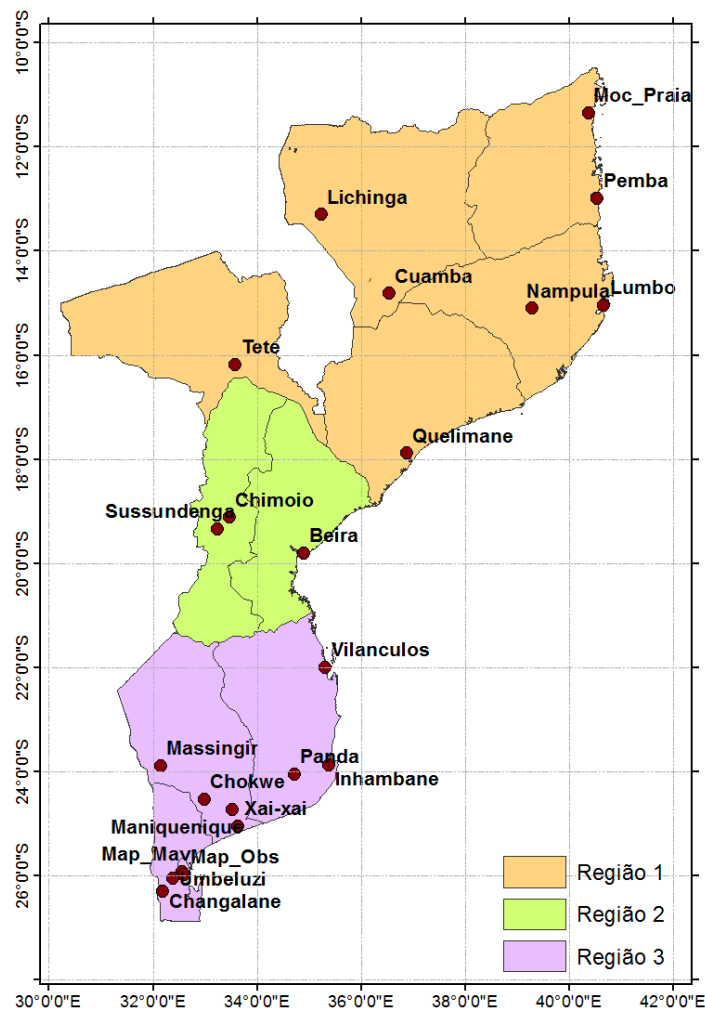


Figura 3-7: Distribuição espacial aproximada das três regiões homogêneas quanto a distribuição da precipitação.

Depois de determinar as regiões homogêneas, foram obtidas as séries médias suavizadas para cada região usando o método descrito na seção 3.1 para análise da consistência dos dados, o qual consiste em calcular as médias pêntradas e aplicar o filtro de Hann para obter as médias suavizadas, que por sua vez foram usadas para definir os limiares usados na definição do início e fim da estação chuvosa para cada região, conforme será visto mais tarde.

3.2.2. Regime da precipitação das regiões homogêneas.

3.2.2.1. Distribuição sazonal.

A precipitação em Moçambique apresentou três regiões com características diferentes, como pode-se observar na Figura 3-8. A Região 2, na sua distribuição sazonal de precipitação

apresentou valores relativamente maiores de precipitação média quando comparada com as regiões restantes, pois a precipitação dessa região tem influência tanto das frentes vindas do sul como da zona de convergência tropical dominante na região norte do país (Região 3), tendo como máximo de precipitação média cerca de 260 mm no mês de Janeiro (Figura 3-8), seguida da Região 1, com valor próximo de 240 mm no mesmo mês, e por fim a Região 3 que apresentou 124 mm da média de precipitação em janeiro. Todas as regiões apresentaram uma distribuição sazonal similar, com maior precipitação nos meses de verão e os mínimos de precipitação no inverno. Todas têm em comum também o mês de janeiro como o mês com maior precipitação média, ou seja, o mês mais chuvoso para todos os casos. Para a Região 1 o mês de setembro foi o que apresentou a menor média da chuva, com valor abaixo de 20 mm, enquanto que as regiões restantes do país tiveram agosto como o mês mais seco. Também é de se notar que a Região 1 apresenta inverno mais seco, quando comparada com as demais regiões. Isso pode ser devido a influência das frentes que, durante o inverno, contribuem para a precipitação nas Regiões 2 e 3 e não atingem a Região 1.

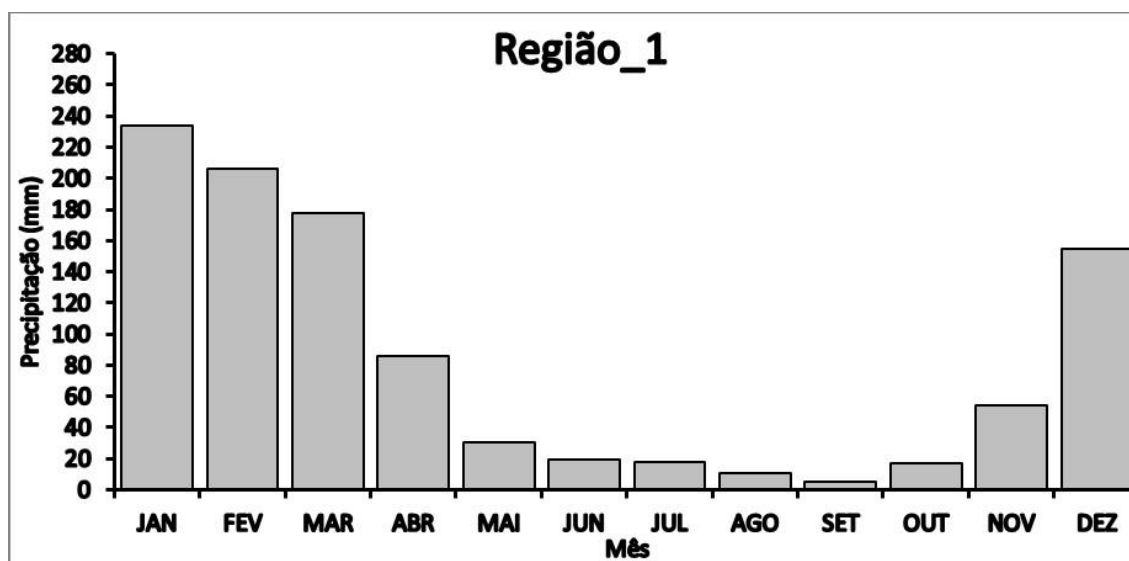


Figura 3-8: Distribuição sazonal da precipitação nas regiões homogêneas (Região 1, Região 2 e Região 3).

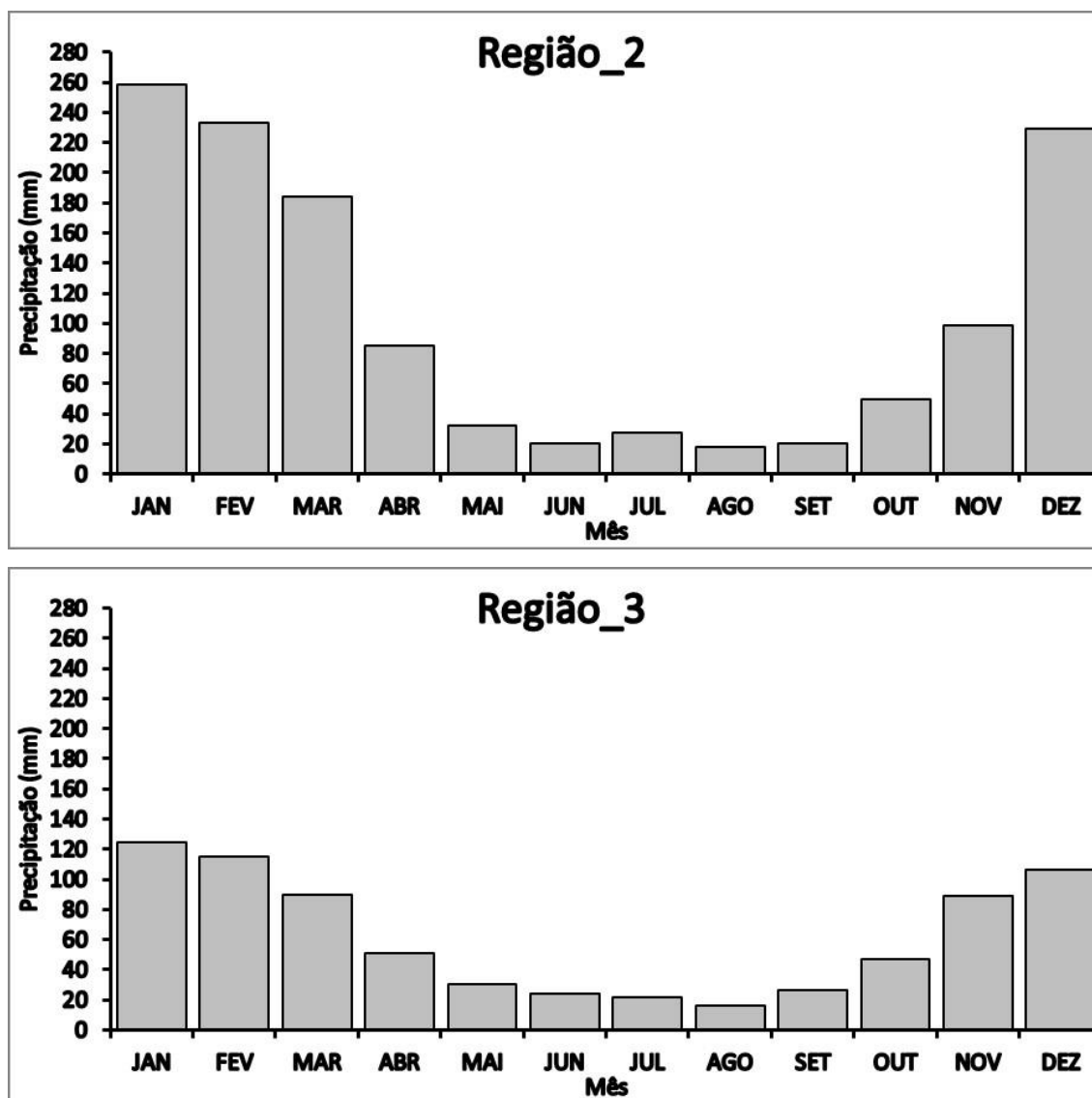


Figura 3-8: Continuação.

3.2.2.2. Distribuição pântadal.

Em termos de regime pântadal da precipitação, não se observa muita diferença em relação à distribuição sazonal. Os picos de precipitação são verificados nas primeiras pântadas do ano e nas últimas pântadas, para todas as regiões, comportamento este que, obviamente, indica maior ocorrência de chuva no verão e menor no inverno. Diferentemente da análise sazonal a análise pântadal dá uma ideia do que acontece com a variabilidade da precipitação de um período intrasazonal de forma climatológica. De acordo com a Figura 3-9, a Região 2, dentre todas as regiões, é a que mais apresenta altos valores de precipitação, comportamento este que se observou na análise anterior e ficou mais notável. O inverno da Região 1 tem sido mais seco quando comparado as outras regiões. Em termos de percentis extraídos, através da

média suavizada pode se observar que a Região 1 apresentou os percentis mais baixos de todas as regiões e a Região 2 foi a que apresentou os percentis mais altos, como se pode verificar na Tabela 3.2.

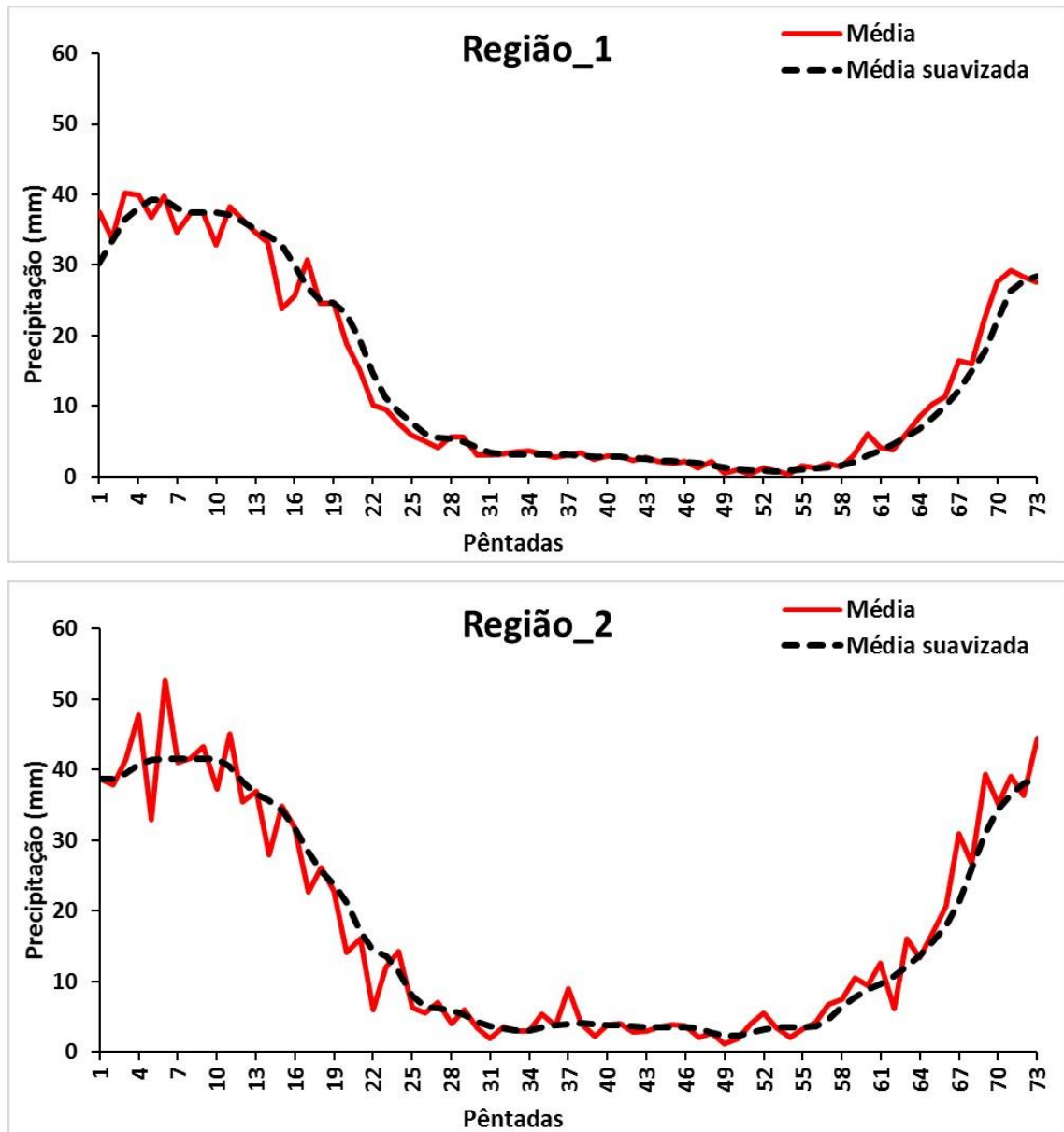


Figura 3-9: Comparação entre as séries médias e as séries suavizadas obtidas para cada região homogênea.

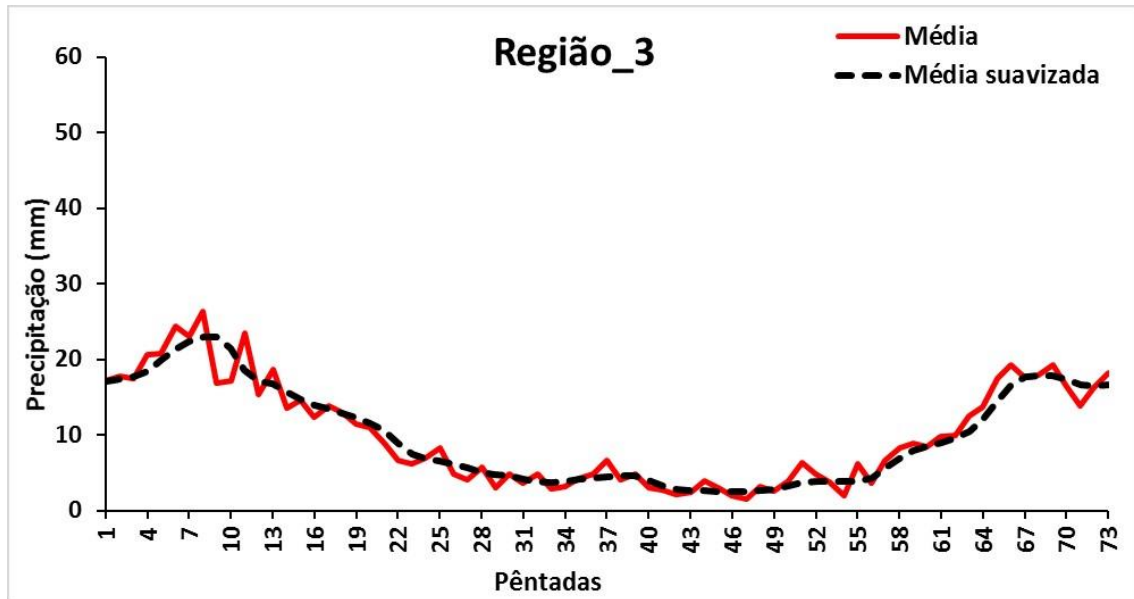


Figura 3-9: Continuação.

Tabela 3.2: Percentis para cada região homogênea.

Percentil (%)	Região 3	Região 2	Região 1
5	2.6	3.0	1
15	3.7	3.5	2

4. Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e identificação de veranicos.

Com objetivo de determinar uma provável data para início da prática agrícola, baseando-se na capacidade hídrica climatológica, usando somente dados de precipitação, nesse capítulo serão determinadas as datas de início e fim da estação para as três regiões homogêneas obtidas no capítulo anterior e também identificar veranicos durante a estação chuvosa, com o objetivo melhorar a previsibilidade do déficit hídrico originado pelos veranicos, que podem levar a perdas agrícolas durante o ciclo produtivo das culturas.

4.1. Dados e Metodologia.

Existem vários métodos estudados por diferentes autores sobre o início e fim da estação chuvosa, como, por exemplo, os métodos usados por Marengo et al. (2001) e Liebmann et al. (2012), que utilizaram a precipitação acumulada com base em um certo valor limiar. Esses autores usaram a mesma metodologia para definir as datas do início e fim da estação chuvosa em lugares diferentes, sendo o primeiro, Marengo et al. (2001), para a região da Bacia do rio Amazonas, e o segundo, Liebmann et al. (2012), usando dados do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) para a África, tendo como condição para o início, o primeiro dia com a precipitação maior ou igual a 1 mm seguido de dois dias consecutivos como total de chuva maior ou igual a 20 mm, com a restrição de que nos 20 dias seguintes não ocorra precipitação acumulada em 7 dias menor que 5 mm. Os resultados das datas do início e fim da estação chuvosa obtidos por Liebmann et al (2012) estão apresentados no anexo A.

Alguns autores, além de usar um valor limiar da precipitação, preferiram escolher uma data de referência para o início das chuvas. Este foi o caso de Sansigolo (1989) que determinou o início da estação chuvosa como sendo o primeiro dia após 01 de setembro, com 20 mm acumulados em 1 ou 2 dias consecutivos e condicionados à não ocorrência de 10 dias secos nos 30 dias seguintes. O fim das chuvas também acontecia após uma data de referência (30 de janeiro). Para São Paulo, usando dados diários, o autor verificou que, em média, a estação chuvosa começa entre os dias 27 de setembro e 12 de outubro (pêntadas 51 a 54) e termina no dia 04 de março (pêntada 13).

Sugahara (1991) e D’Almeida (1997), além de se basearem em um valor limite de precipitação, também definiram uma data de referência para o início da estação chuvosa: a partir da pântada 37, que está dentro da estação seca. A pântada de início seria a primeira na qual ocorresse precipitação média maior ou igual a 2 mm/dia (10 mm na pântada), e que não fosse seguida por uma sequência de 3 pântadas com precipitação média maior ou igual a 3 mm/dia. O fim da estação chuvosa foi determinado de maneira semelhante.

No presente estudo, os critérios para as datas de início e fim da estação chuvosa foram definidos como em Freitas (1998) e Angelo (2011) que optaram em usar o método similar ao do Sugahara (1991) e D’Almeida (1997). Entretanto, alteraram-se os critérios com relação às datas de referência, a partir da qual a estação chuvosa poderia começar ou terminar. Sendo assim, os critérios para a data de início neste estudo são:

- a) A primeira ocorrência, a partir de julho, de pântada com precipitação maior ou igual ao percentil 5 da distribuição Gama, obtido da ordenação das precipitações médias suavizadas;
- b) A condição (a) deve ser seguida pela ocorrência de um conjunto de três pântadas consecutivas, cuja média das precipitações é maior que o valor correspondente ao percentil 15;
- c) O final da estação chuvosa é encontrado em condições inversas as definidas nas alíneas a e b.

4.2. Resultados e discussão.

De acordo com Tabela 4.1, é possível notar que as datas do início e fim da estação chuvosa variam para cada ano em todas as regiões, sendo que há casos em que a estação chuvosa se inicia bem cedo e outros tarde. De um modo geral observa-se que para todas as regiões, há sempre um ou mais casos de interrupções da estação chuvosa (Tabela 4.2), condição essa que é uma das responsáveis pela perda de safras de algumas culturas que possivelmente sejam dependentes puramente de regime de precipitação nesse período, como no caso relatado no trabalho de Barron et al. (2003), em que a ocorrência de veranicos durante o período do desenvolvimento do milho na região leste da África, foi responsável pela redução do rendimento nas regiões do Quênia e Tanzânia. Observaram-se interrupções na maioria dos anos sendo que na Região 1, nos anos de 1980, 1984, 1987, 1988, 1989, 1993, 1994, 1997 (duas interrupções), 1999. Na Região 2 nos anos de 1980, 1981 (duas interrupções), 1983, 1984, 1987, 1990 (duas interrupções), entre 1993 e 2000, e entre 2002 e

2004. Finalmente, na Região 3 nos anos 1980, 1981, 1982, 1985, 1990, 1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 e 2001, sendo que os anos 1982, 1994, 2001 apresentaram 2 interrupções durante a estação chuvosa. Em média, os veranicos têm sido observados entre o início e a metade da primavera (entre os meses de setembro a outubro) nas pântadas 55, 49 e 48 nas regiões 1, 2 e 3, respectivamente. De todas as regiões a que apresentou menos interrupções foi a Região 1 com 8 interrupções, que são observadas, em média, na pântada 55, o que corresponde ao fim de setembro a início de outubro. A Região 2 apresentou 9 interrupções que se registraram, em média, no final do mês de agosto, na pântada 49, e por fim a Região 3 que teve 13 interrupções que também tem ocorrido em maior frequência no mês de agosto, assim como a Região 2, na pântada 49. Notou-se também que a maioria das interrupções ocorre nos anos onde a estação chuvosa começa cedo, entre os meses de julho e agosto. Em termos da média, a estação chuvosa começa na pântada 54, com o desvio de 5 pântadas, e termina na pântada 24, com o desvio de 4 pântadas na Região 1. Na Região 2 começa na pântada 49, com desvio de 8 pântadas, e termina na pântada 26, com desvio de 4 pântadas. Por fim, na Região 3 teve o seu início na pântada 50, com o desvio de 8 pântadas, e o fim na pântada 25, com desvio 3 pântadas. Em todos os casos as Regiões 1, 2 e 3 tiveram o seu início da estação chuvosa nos finais do mês de agosto até setembro, e seu término no final de abril e início de maio.

Tabela 4.1: Pântadas de início e fim da estação chuvosa para todas as regiões homogêneas usando limiares baseados nos percentis.

Anos	Região_1		Região_2		Rgião_3		Fenômeno
	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	El Niño/La Niña
1980/1981	49	20	42	30	38	26	Neutro
1981/1982	46	26	43	26	39	27	Neutro
1982/1983	58	16	47	26	38	27	El Niño muito forte
1983/1984	57	24	40	30	59	24	La Niña fraca
1984/1985	49	22	40	12	59	22	La Niña fraca
1985/1986	61	26	48	29	46	24	Neutro
1986/1987	60	29	55	36	55	24	El Niño moderado

Tabela 4.1: Continuação.

1987/1988	48	27	53	28	53	20	El Niño moderado
1988/1989	57	26	57	31	58	29	La Niña forte
1989/1990	39	28	57	35	54	36	Neutro
1990/1991	56	20	44	23	40	34	Neutro
1991/1992	64	17	64	27	38	23	El Niño moderado
1992/1993	62	28	64	17	62	23	Neutro
1993/1994	44	25	38	24	44	22	Neutro
1994/1995	55	34	56	31	39	31	El Niño fraco
1995/1996	56	31	58	31	44	23	La Niña fraca
1996/1997	64	33	44	24	47	23	Neutro
1997/1998	38	22	38	23	56	26	El Niño muito forte
1998/1999	55	29	39	27	40	22	La Niña moderada
1999/2000	49	30	38	20	62	26	La Niña moderada
2000/2001	60	21	41	34	60	23	La Niña fraca
2001/2002	57	16	40	27	40	23	Neutro
2002/2003	58	22	41	29	50	27	El Niño moderado
2003/2004	58	22	38	25	59	20	Neutro
2004/2005	56	17	38	30	58	24	El Niño fraco
2005/2006	59	27	60	25	41	29	La Niña fraca
2006/2007	50	25	62	25	43	30	El Niño fraco
2007/2008	59	9	57	21	52	25	La Niña moderada
2008/2009	60	27	44	28	65	28	La Niña fraca
2009/2010	42	22	64	16	59	20	El Niño moderado

Tabela 4.1: Conclusão.

2010/2011	57	28	65	26	59	17	La Niña moderada La Niña fraca
2011/2012	53	25	55	24	56	20	
Média	54	24	49	26	50	24	
Desvio	±5	±4	±8	±3	±8	±3	

Tabela 4.2: Interrupções da estação chuvosa nas Regiões 1, 2 e 3.

Anos	Região_1		Região_2		Região_3	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
	interrupção	interrupção	interrupção	interrupção	interrupção	interrupção
1980	56---58	---	47---50	---	46---56	---
1981	---	---	51---55	61-62	44---57	---
1982	---	---	---	---	42---45	52---53
1983	---	---	50---55	---	---	---
1984	54---56	---	46---51	---	---	---
1985	---	---	---	---	50---56	---
1987	60---63	---	60---63	---	---	---
1988	63---66	---	---	---	---	---
1989	47---53	---	---	---	---	---
1990	---	---	47---51	55---59	50---51	---
1991	---	---	---	---	47---53	---
1993	50---54	---	52---59	---	50---60	---
1994	60---65	---	63---68	---	44---57	63---65
1995	---	---	63---65	---	48---66	---
1996	---	---	48---64	---	51---66	---
1997	46---48	53---56	42---51	---	62---63	---
1998	---	---	45---56	---	53---58	---
1999	56---58	---	41---45	50---60	---	---
2000	---	---	48---57	---	---	---
2001	---	---	---	---	46---55	59---61
2002	---	---	54---55	---	54---59	---
2003	---	---	43---49	---	---	---
2004	---	---	41---56	---	---	---
2005	---	---	---	---	46---59	---

4.2.1. Análise da estação chuvosa e sua relação com o ENOS

Para melhor percepção da variação do início e final da estação chuvosa foi feita uma correspondência da duração da estação chuvosa obtida para cada ano com a ocorrência de

eventos de El Niño e La Niña, números representados com cor vermelha e azul respectivamente (Figura 4.1), para verificar uma possível influência desses eventos na variação das datas do início e no fim da estação e na ocorrência de veranicos que se observam para alguns anos. A escolha dos anos de El Niño foi baseada na região Niño 3.4, obtidos no site da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), em que foram caracterizados eventos El Niño e La Niña de acordo com as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM), sendo classificados como El Niño ou La Niña fracos quando as anomalias de TSM se encontram no intervalo de 0,5 a 0,9; moderado de 1,0 a 1,4, forte de 1,5 a 1,9 e muito forte quando maior ou igual a 2,0.

4.2.1.1. Duração da estação chuvosa

Como se pode notar na Figura 4-1, que representa a duração da estação chuvosa de um ano para outro, em que os números em vermelho indicam a duração da estação chuvosa durante anos de El Niño, os números em azul representam a duração da estação chuvosa nos anos de La Niña e em preto os anos neutros. A estação chuvosa na Região 1 tem uma duração em média equivalente a 42 pântadas, com uma mínima duração observada no período de 2007/2008, com uma duração de 23 pântadas. Nesse período houve a ocorrência do evento de La Niña. A época chuvosa mais longa foi observada nos anos de 1989/1990 com uma duração de 62 pântadas. Observaram-se também casos de curta duração da estação chuvosa que pode estar associados com o El Niño, como no caso dos anos 1982/1983, com uma duração de 26 pântadas, onde se observou o El Niño muito forte, 1991/1992 durante um El Niño moderado, embora tenha sido o que apresentou a menor duração de todos os casos, e por fim o período de 1997/1998 que, apesar de ter sido considerado o El Niño forte, apresentou uma duração da estação chuvosa (57 pântadas) maior que os demais casos. A Região 2, em média, apresenta uma duração da estação chuvosa relativamente maior que a Região 1, com um período correspondente a 50 pântadas, sendo que os seus picos mínimos e máximo coincidem com eventos de El Niño (duração de 25 pântadas) em 2000/2001 (El Niño moderado) e La Niña em 2000/2001 com uma duração de 66 pântadas. Por fim aparece a Região 3 com uma duração média igual a 48 pântadas, sendo a maior duração observada nos anos 1990/1991, com um período de 67 pântadas, e o período mais curto de todos registrou-se nos anos 1992/1993, 2003/2004 e 2009/2010, com uma duração de 34 pântadas, sendo que o último registro foi no ano de El Niño. De um modo geral, não se observa uma influência notável na

duração da estação chuvosa em quase todas as regiões, excetuando-se a Região 2, onde os picos máximos e mínimos coincidiram com a ocorrência do fenômeno ENOS.

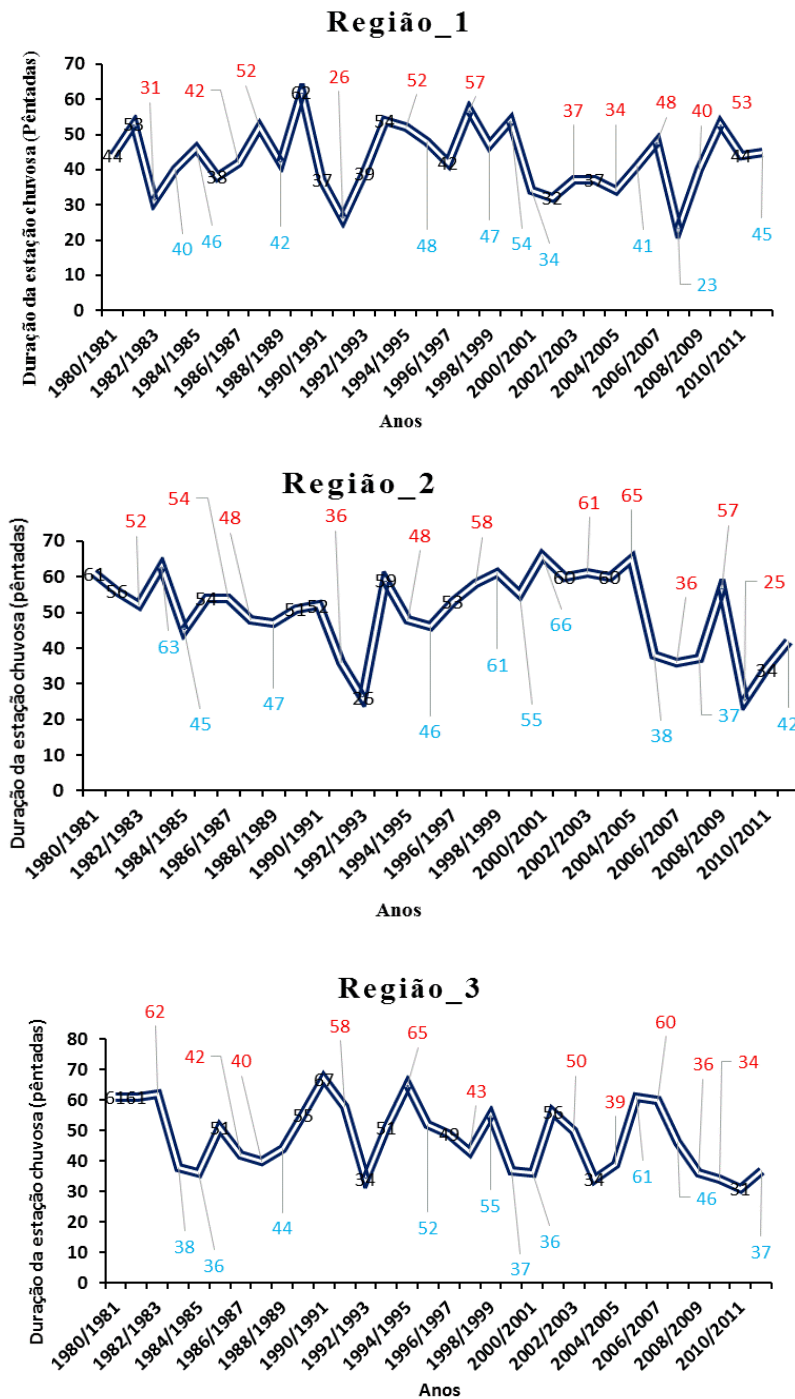


Figura 4-1: Duração da estação chuvosa e sua relação com El Niño e La Niña para as três regiões homogêneas. Sendo que números em vermelho representam anos de El Niño, azul anos de La Niña e preto anos neutros.

4.2.1.2. Pêntadas secas observadas durante a estação chuvosa

Durante o período chuvoso, foram observadas pêntadas secas que por sua vez foram responsáveis pelas interrupções relatadas na Tabela 4.2, que surgem pelo não comprimento da condição imposta para a definição da estação chuvosa citada acima. E de acordo com a Figura 4-2 a Região 1 apresentou em média a ocorrência de menos 2 pêntadas secas durante a estação chuvosa para todo período em estudo e uma média de 4,6 levando em consideração somente os anos em que ocorreram, os anos que apresentaram os valores mais altos de pêntadas secas foram 1988/1989 e 1997/1998 com um total de 7 pêntadas secas, é de se notar também que um dos picos de pêntadas secas esteve associado ao fenômeno de El Niño observado nesse ano (1997/1998), que causou maior seca em moçambique, nos restantes oscilam entre 0 a 7 pêntadas secas. A Região 2 apresentou valores relativamente altos com relação a Região 1 com uma média de ocorrência de aproximadamente 4 pêntadas secas durante a estação chuvosa. A maior ocorrência de pêntadas secas foi observada nos períodos 1990/1991, 1999/2000 e 2004/2005 com 16 pêntadas secas durante a estação chuvosa. O restante dos valores oscila entre 0 e 16. O valor máximo de pêntadas secas observadas na Região 1 foi de 19 pêntadas durante a estação chuvosa do período 1994/1995, seguidos por 1996/1997 com 16 pêntadas secas. Em média, a Região 3 apresenta ocorrência de aproximadamente 5 pêntadas secas durante a estação chuvosa. Resumindo, de todas as regiões analisadas os resultados mostram que a Região 3 é mais propensa a ocorrência de pêntadas secas durante a estação chuvosa e a Região 1 a menos propensa. É de se destacar que os períodos secos observados não têm uma associação direta com os eventos de El Niño e La Niña, pois os mesmos se observam tanto em anos neutros como em anos de El Niño e La Niña.

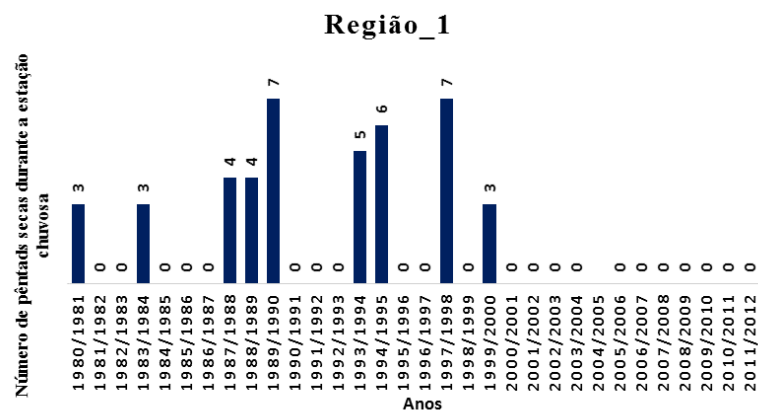


Figura 4-2: Número de pêntadas secas observadas durante a estação chuvosa para as três regiões homogêneas.

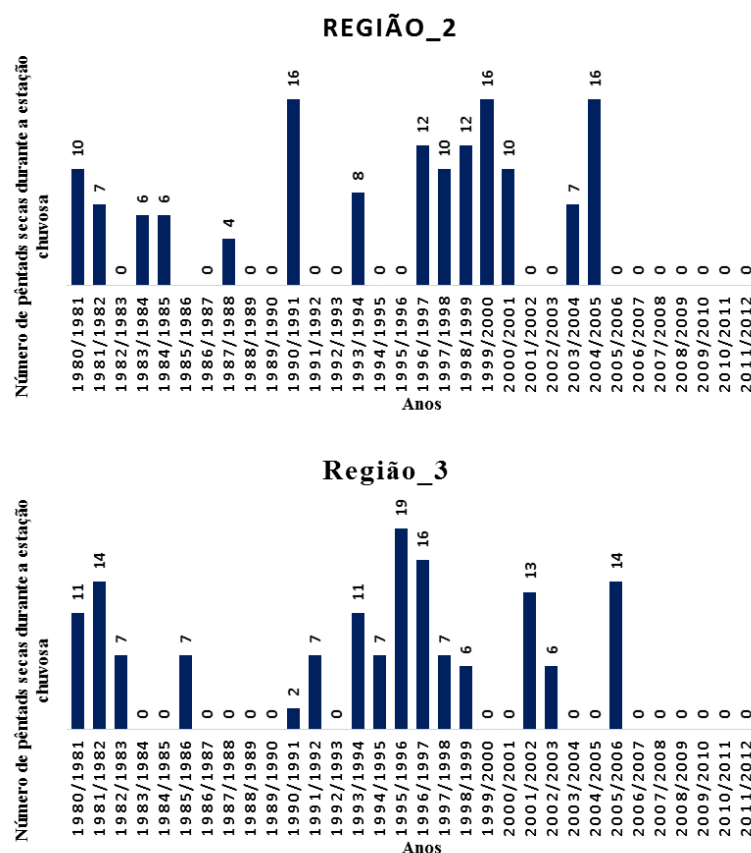


Figura 4-2: Continuação.

4.2.1.3. Relação entre a estação chuvosa e o total de chuva acumulado

Para uma melhor percepção da duração e característica da estação chuvosa são apresentadas as figuras que ilustram a duração da estação chuvosa para cada ano e a sua respectiva precipitação acumulada. De acordo com a Figura 4-3 é possível notar que nem sempre a duração mais longa da estação chuvosa está associada com maior quantidade de chuva registrada. Isso é visível na Região 1 tomando como exemplo o período de 1989/1990 que teve uma duração correspondente a 62 pêntadas, mas a sua precipitação acumulada nesse período (669 mm) foi menor que a precipitação acumulada no período anterior (1204 mm, em 1988/1989), embora este tenha apresentado uma estação chuvosa com menor duração (42 pêntadas). Na Região 2 também é visível esse tipo de comportamento. Tomando-se como exemplo o período de 2004/2005, foi observada uma estação com duração longa, correspondente 65 pêntadas, mas a precipitação acumulada nesse período (943,3 mm) não

superou a precipitação registrada no período de 2009/2010 (1069 mm), onde se observou o período chuvoso com a menor duração da série (25 pântadas). O mesmo comportamento se observa para a Região 3, onde a menor quantidade de chuva registrada na série foi observada durante um período chuvoso correspondente a 58 pântadas (1991/1992) e a maior chuva acumulada ocorre num período (1999/2000) relativamente menor ao anterior, com uma duração de 37 pântadas, com a chuva acumulada correspondente a 1190 mm. Esse comportamento é justificado pela ocorrência de veranicos durante a estação, pois na maioria dos casos o início das chuvas começa mais cedo, mas depois observam-se interrupções no mesmo período que acabam reduzindo a quantidade de chuva esperada do período. Também pela distribuição da precipitação, com a ocorrência de chuvas em um período curto.

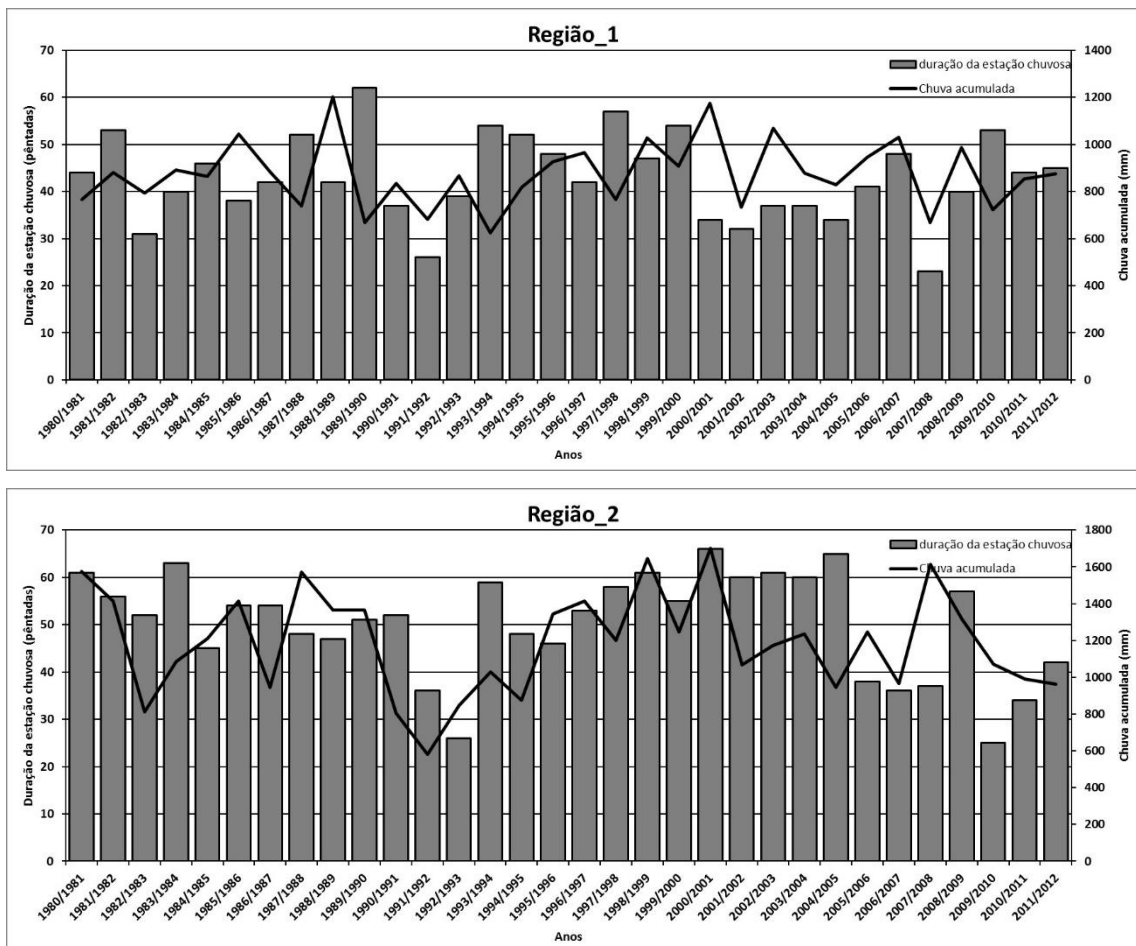


Figura 4-3: Relação entre a duração da estação chuvosa e a quantidade de chuva acumulada em cada região homogênea.

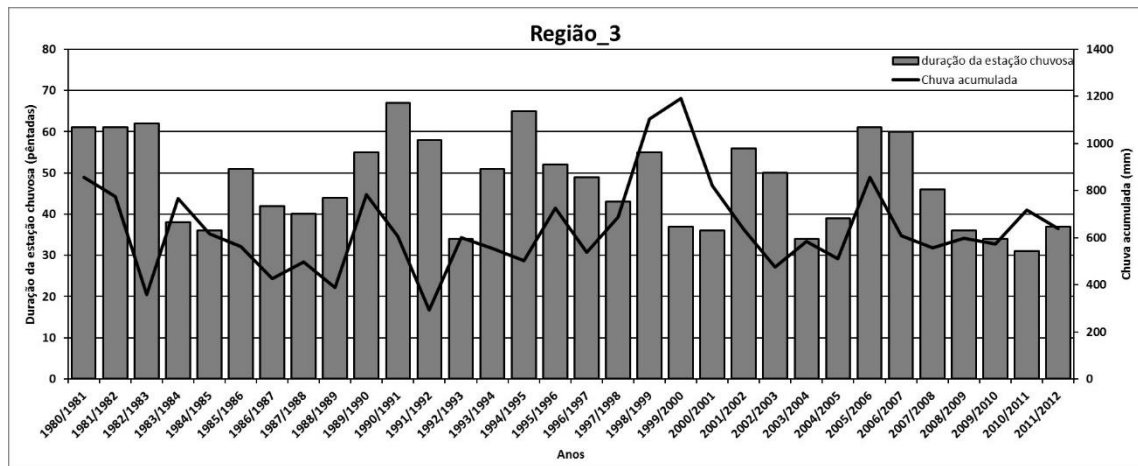


Figura 4-3: Continuação.

4.2.1.4. Anomalias de precipitação durante a estação chuvosa.

Na Figura 4-4 são apresentadas as anomalias de chuva por cada estação chuvosa da série em estudo, onde as mesmas foram divididas em anomalias nos anos neutros, as barras em cinza, El Niño as barras em vermelho e La Niña as barras em azul, essa divisão foi feita para melhor visualização da influência de ENOS na distribuição da chuva acumulada durante a estação chuvosa. De acordo com a Figura 4-4 é possível notar que a maioria das anomalias observadas estão associados ao fenômeno de El Niño e la Niña para todas as regiões. No geral, as anomalias positivas de precipitação na sua maioria estão associados ao fenômeno La Niña e anomalias negativas a eventos de El Niño, embora haja alguns anos onde se observaram comportamento oposto, como nos casos de 2002/2003 e 2006/2007 na Região 1, 1987/1988 na Região 2 e 1997/1998 na Região 3. Anomalias negativas durante eventos La Niña são observadas na Região 1 nos anos de 2007/2008, na Região 2 nos anos de 1983/1984, 2010/2011 e 2011/2012 e, por fim, na Região 3 nos anos de 1988/1989, 2007/2008 e 2008/2009. Esse comportamento sugere que os fenômenos El Niño e La Niña não são os únicos que regulam a precipitação, conforme já mencionado por Nicholson (2000) e Rocha e Simmonds (1997), que destacaram que nem todos os eventos de ENOS são responsáveis pela variabilidade interanual da precipitação na região da África Austral. Também notou-se que o seu impacto faz-se sentir em condições de eventos de El Niño e La Niña forte ou moderado, como nos casos de 1982/1983, 1991/1992 (durante o qual foi registrada a maior seca da história de Moçambique, segundo MICOA, 2002), 1994/1995, 2002/2003 e 2009/2010 no caso de El Niño e 1983/1984, 1995/1996 e 1998/1999, 1999/2000 e 2000/2001 nos casos de

La Niña (nesse período Moçambique enfrentou as maiores cheias de todo o período e a região sul e centro esteve sobre influência do ciclone Elaine, segundo REASON e KEIBEL, 2004).

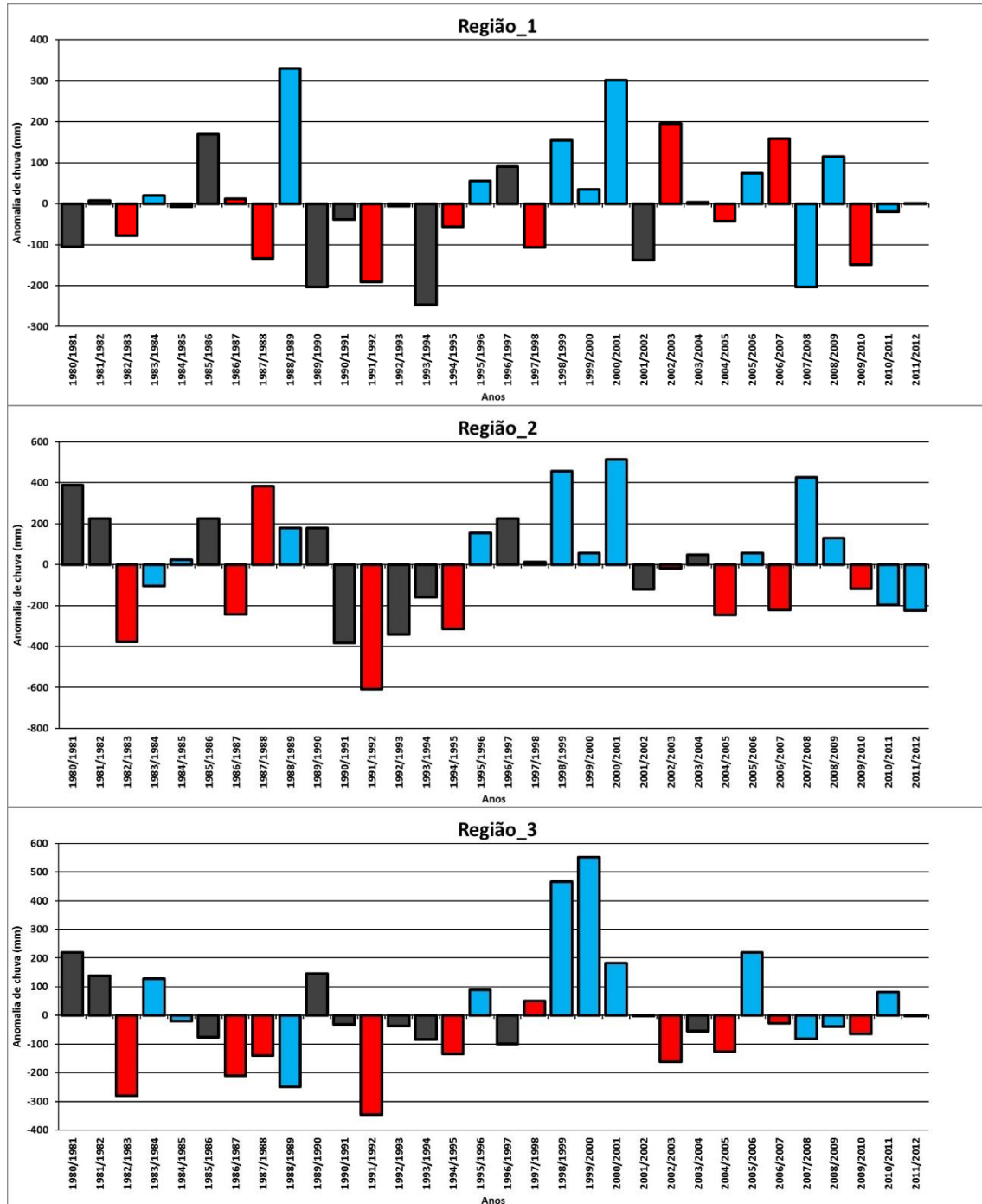


Figura 4-4: Anomalias de precipitação na estação chuvosa de cada uma das regiões homogêneas em cada ano, sendo que as barras em vermelho indicam anomalias em anos de El Niño, azul em anos La Niña e cinza em anos neutros.

4.2.2. Tendência da estação chuvosa.

Para uma análise mais detalhada da evolução das datas do início e fim da estação chuvosa foram plotados os gráficos apresentados na Figura 4-5 que ilustram a tendência das datas de início e fim da estação chuvosa para as regiões homogêneas. Ao analisar a sua evolução é notável que com o tempo o início da estação chuvosa tende a começar mais tarde e as datas do fim da estação chuvosa tendem a se observar mais cedo para todas as regiões. É de se notar também que as tendências da Região 1 não são tão acentuadas quanto nas outras regiões. Este resultado sugere que a duração da estação chuvosa tende a diminuir ao longo dos anos nas regiões em análise, o que pode exigir uma adaptação no setor agrícola em função de sua forte dependência das condições da estação chuvosa.

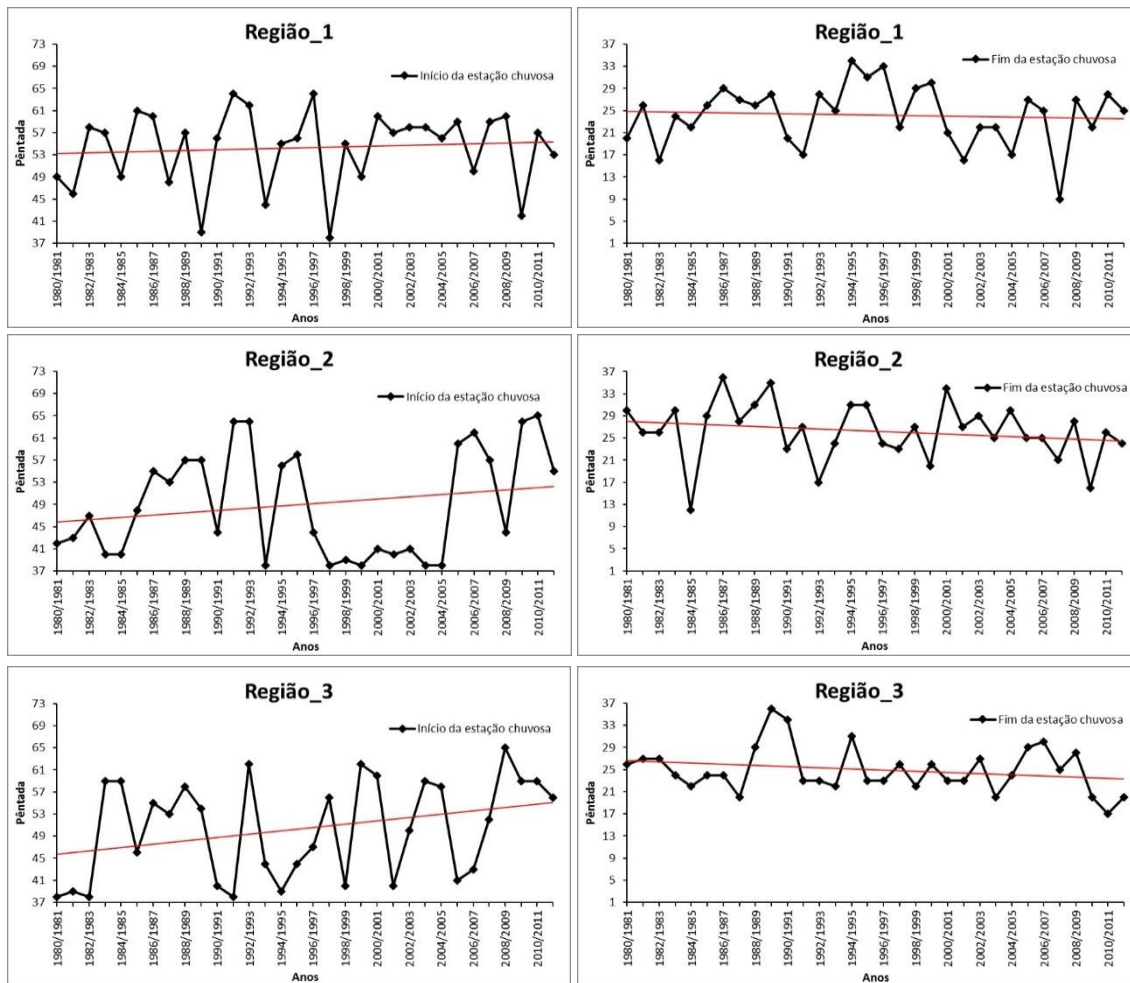


Figura 4-5: Tendência das datas do início e fim da estação chuvosa nas regiões homogêneas.

4.3. Seleção de veranicos.

Após determinar as datas do início e fim da estação chuvosa foi feita a seleção de veranicos (períodos secos que se observam dentro da estação chuvosa), para poder verificar os campos médios pêntadais que justificam as condições de ocorrência de períodos secos dentro da estação chuvosa. A condição para a sua escolha foi de que a pêntada considerada seca deve ser seguida por três pêntadas úmidas anteriormente e por pelo menos duas secas posteriormente. De acordo com o resultado obtido anteriormente os períodos secos encontrados apresentaram mais de duas pêntadas secas, por isso nessa análise serão considerados períodos que apresentam mais de 15 dias secos durante a estação chuvosa. Também é de salientar que os mesmos estarão divididos em três categorias: períodos secos para os anos de El Niño, para anos de La Niña e para anos neutros, visando melhor

identificação das condições atmosféricas que propiciam a ocorrência dos veranicos em cada uma dessas situações.

Tabela 4.3: Veranicos selecionados

Região 1	Região 2	Região 3
1980/56	1980/47	1980/46
1984/54	1981/51	1981/44
1987/60	1983/50	1982/42
1988/63	1984/46	1985/50
1989/47	1987/60	1990/50
1993/50	1991/47	1991/47
1994/60	1993/52	1993/50
1997/48	1994/63	1994/44
1999/56	1995/63	1995/48
	1996/48	1996/51
	1997/42	1997/62
	1998/45	1998/53
	1999/41	2001/46
	2000/48	2002/54
	2002/54	2005/49
	2003/41	

4.4. Conclusões sobre o Início e fim da estação chuvosa

Tendo determinado as datas do início e fim da estação chuvosa e analisado uma possível influência com o fenômeno ENOS foi possível concluir que:

As datas do início e fim da estação chuvosa variam de ano em ano e são diferentes para cada região, salientando que também foi possível observar interrupções da estação chuvosa no mesmo ano para todas as regiões. O início da estação chuvosa ocorreu nos finais do mês de agosto para regiões 2 e 3 e finais de setembro para Região 1 e seu término no final de abril e início de maio;

Com relação à ocorrência de veranicos, a Região 3 foi a que mais apresentou períodos longos de estiagem durante todo o período, seguida da Região 2.

Com relação aos veranicos durante eventos ENOS, foi possível notar que a maioria dos casos de veranicos estão associados a eventos de El Niño, em alguns casos observaram-se casos de veranicos nos anos neutros e com pouca frequência anos de La Niña;

Outro ponto que foi notável é que observando a tendência da duração da estação chuvosa notou-se que a estação chuvosa tende a começar mais tarde e a terminar mais cedo, ou seja, tende a ser mais curta ao longo dos anos.

5. Probabilidade de ocorrência de períodos secos.

Em Moçambique, sendo um país em que a principal atividade econômica é a agricultura, torna-se fundamental fazer um estudo relacionado à capacidade hídrica do país para a prática da mesma, pois para um crescimento e desenvolvimento adequado das culturas agrícolas, entre outros fatores, é necessário que haja condições hídricas adequadas. Na maior parte das vezes essa capacidade hídrica é dependente da precipitação da região, podendo ser algumas vezes suprida pela irrigação. A precipitação é um fator crucial para o rendimento agrícola em Moçambique, uma vez que o tipo de agricultura predominante é de sequeiro, dependendo crucialmente das chuvas. Desta forma, os períodos secos tornam-se um obstáculo para obtenção de um melhor rendimento agrícola, sendo fundamental o conhecimento de eventos de períodos secos, e de suas possíveis causas, que podem ocorrer desde o período de semeadura até a colheita dos produtos agrícolas, facilitando, assim, o planejamento do agricultor durante a sua atividade.

5.1. Dados e metodologia.

Sivakumar (1992), com o objetivo de fazer o acompanhamento da cultura de milho, determinou a probabilidade de ocorrência de períodos secos para região oeste da África (Burquina Faso, Níger, Mali e Senegal), usando a precipitação diária observada das estações disponíveis, determinou a frequência de probabilidade de ocorrência de mais de 7, 10 e 15 dias secos num período de 30 dias, começando do primeiro dia de cada decêndio (10 dias) no período entre 1º de maio e 1º outubro, levando em conta o período de plantio e colheita do milho. Como limiares pra definir dias secos usaram 1 mm, 5 mm, 20 mm e 25 mm, sendo os cálculos feitos depois do plantio do milho até a sua colheita. Foi observado que para toda região oeste da África a probabilidade de ocorrência de mais 10 dias secos em 30 dias é menor durante todo o período de estudo e para todos os limiares e a maior probabilidade de períodos secos foi para o caso de ocorrência de mais de 5 dias secos, também para todos os limiares. Por sua vez, Barron et al (2003) fizeram um estudo similar ao de Sivakumar, porém, para a região leste da África (Kenia e Tanzania), sendo determinada a probabilidade de ocorrência de períodos secos durante o período do plantio do milho, com objetivo de observar possíveis impactos durante todo o processo de cultivo. Para a probabilidade climatológica considerou como dias secos todos aqueles que apresentaram precipitação menor que 0,85 mm

por dia. Para a probabilidade baseada na cultura de milho usou os dados de evapotranspiração de cultura obtidos através da evapotranspiração potencial e da correção pelo coeficiente de cultura do milho em suas diferentes fases (estabelecimento, desenvolvimento vegetativo, florescimento, florescimento, frutificação e maturação). Verificou que a cultura em toda região de estudo experimentou um período seco de 10 dias consecutivos, correspondente a uma probabilidade de 74-80% durante a floração e enchimento dos grãos, o que pode ter contribuído para o fraco rendimento de milho nessa região no período estudado. Usman e Reason (2004), optaram em usar dados de precipitação estimada para determinar frequência de períodos secos para região SA no período de 1979 a 2002, usando dados de Climate Prediction Center (CPC), considerando como limiar a precipitação menor que 1 mm. Concluíram que as regiões desérticas e semiáridas do sudoeste do Sul da África (Namíbia, Botswana e a parte ocidental da África do Sul) são mais propensas à ocorrência de períodos secos, sendo estes menos frequentes perto da Zona de Convergência (ZCIT), que se estende pelo norte de Madagascar, norte de Moçambique e da Zâmbia e depois para o norte através da bacia do Congo durante o verão.

No presente trabalho para determinar as probabilidades de ocorrência de períodos secos foram usados dados de precipitação em pântadas, obtidos das estações definidas anteriormente. O cálculo das probabilidades primeiramente foi feito para cada estação, visando uma melhor percepção do comportamento em cada ponto, e posteriormente para cada região homogênea definida no capítulo 2, visando uma análise mais regional.

Freitas (1998) considerou para a determinação dos períodos secos a diferença entre precipitação e evapotranspiração. Períodos em que a precipitação foi igual ou maior que a evapotranspiração foram considerados como períodos úmidos. Caso contrário, os períodos foram considerados secos independentemente do valor de precipitação. Como nem sempre as informações sobre a evapotranspiração estão disponíveis, Angelo (2011), usando dados somente de precipitação, determinou as probabilidades de ocorrência de períodos secos para o plantio de cana-de-açúcar, definindo como pântada seca aquela que apresentou precipitação inferior a 12,5 mm (limiar baseado nas necessidades hídricas da cana-de-açúcar). Neste trabalho os períodos secos foram determinados através do percentil 5, extraído da série climatológica pântadal suavizada (Tabela 3.2), para as regiões homogêneas anteriormente determinadas do ponto de vista da precipitação, considerando que cada pântada com a precipitação inferior ao percentil 5 foi considerada como pântada seca e a que tiver precipitação igual ou superior ao percentil foi considerada úmida.

A cada pântada do ano é associado o número \underline{n} de pântadas secas ocorridos nas 5 pântadas seguintes. A série de números obtida para cada pântada, ao longo dos anos, é colocada em ordem crescente e a cada número \underline{n} será associado um número de ordem \underline{m} . A probabilidade de ocorrência de \underline{n} pântadas úmidas ou menos é obtida de:

$$P_n = \frac{m}{N} \quad (9)$$

Onde P_n é a probabilidade de ocorrências de \underline{n} pântadas secas ou menos nas 6 pântadas após a pântada em questão, \underline{m} é o número de ordem associado ao número de pântadas secas \underline{n} e \underline{N} é o número de anos da série de dados. Esta probabilidade é igual a probabilidade de se ter mais de $6 - n$ pântadas úmidas.

Foram feitos os cálculos de probabilidades para 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 pântadas úmidas ou menos em 30 dias, que correspondem às probabilidades de ocorrência de 6, 5, 4, 3, 2, 1 e 0 pântadas secas ou mais no mesmo período.

5.1.1. Análises para a Região 1.

De acordo com a Figura 5-1 é possível notar que para todas as estações a probabilidade de ocorrência de uma pântada seca (5 dias secos), obviamente, é maior com relação as outras probabilidades, sendo que também em todos os casos a probabilidade de se ter um mês todo sem chuva é a menos provável. Isso serve para mostrar apenas a consistência dos resultados obtidos. A característica semelhante entre as estações é que todas apresentam uma alta probabilidade de ocorrência de períodos secos, sendo que as probabilidades de ocorrência de 1 e 2 pântadas secas consecutivas a uma pântada qualquer do ano tiveram os seus valores máximos encontrados nas estações de Lichinga e Tete, com 96% e 92%, respectivamente, sendo que pra Lichinga esses valores observaram-se nas pântadas 46, 48 e 49 enquanto que para Tete observaram-se nas pântadas 44 e 48. Já a estação que apresentou os menores valores de probabilidades referidas acima foi a estação de Quelimane com probabilidades de ocorrência de 1 e 2 pântadas seguidas correspondente a 79% e 66%, respectivamente, que se observam nas pântadas 48, 50 e 51. No restante das estações esses valores de probabilidade variam ente 96 e 76% para 1 pântada seca e 92 e 66% para 2 pântadas secas, no meio do ano, no intervalo entre as pântadas 24 e 50 para a estação de Cuamba, 43 e 55 para Lumbo e Moc. Praia, 40 e 55 para Nampula, Pemba e Tete. No que se refere a probabilidade de ocorrência de 3 e 6 pântadas secas consecutivas, pode-se notar que os valores das mesmas variam entre 55 e 89% para 3 pântadas secas e entre 28 e 81% para 6 pântadas secas, no meio do ano, entre os meses de agosto e setembro para todas as estações.

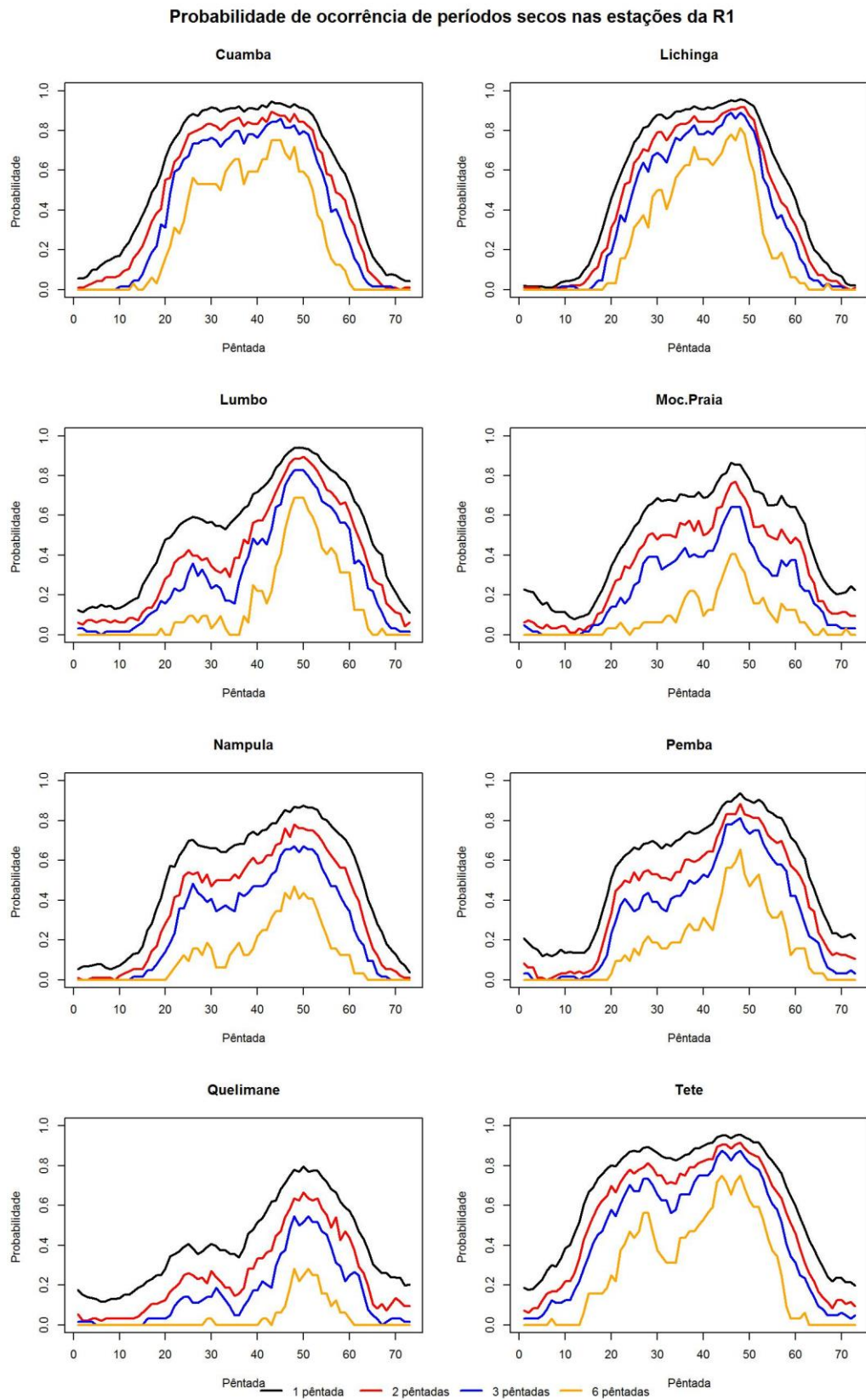


Figura 5-1: Probabilidade de ocorrerem 1, 2, 3 e 6 pântadas secas seguidas no período de 30 dias a uma determinada pântada do ano nas estações da Região 1 (Cuamba, Lichinga, Lumbo Moc. Praia, Nampula Pemba, Quelimane e Tete).

5.1.2. Análises para a Região 2.

Diferentemente da Região 1, a Região 2 apresentou valores relativamente menores de probabilidade, com valores máximos correspondente a 86% de probabilidade de ocorrência de 1 pântada seca e 76% de probabilidade de ocorrência de 2 pântadas secas consecutivas, nas pântadas 29 e 28 na estação de Sussundenga (Figura 5-2). De todas as estações a que apresentou menores valores de probabilidade de ocorrência de períodos secos foi a estação da Beira com probabilidades iguais a 81% para 1 pântada seca, nas pântadas 48 e 50, e 71% de probabilidade para 2 pântadas secas seguidas, também nas pântadas 48 e 50. E por último a estação de Chimoio apresentou 83% de probabilidade de ocorrência de 1 pântada seca na pântada 45 e 71% para ocorrência de 2 pântadas secas seguidas na pântada 44. No que se refere às probabilidades de ocorrência de 3 e 6 pântadas secas consecutivas, todas as estações apresentaram valores próximos, entre 61% e 69% para 3 pântadas secas e 41% de probabilidade de ocorrência de 6 pântadas secas consecutivas, embora as mesmas não tenham se registrado nas mesmas pântadas, pois, para a estação da Beira esses máximos se observaram nas pântadas 49 e 50, no mês de setembro, e nas restantes estações esses extremos foram notórios nas pântadas 28 e 29, o que corresponde ao mês de Junho.

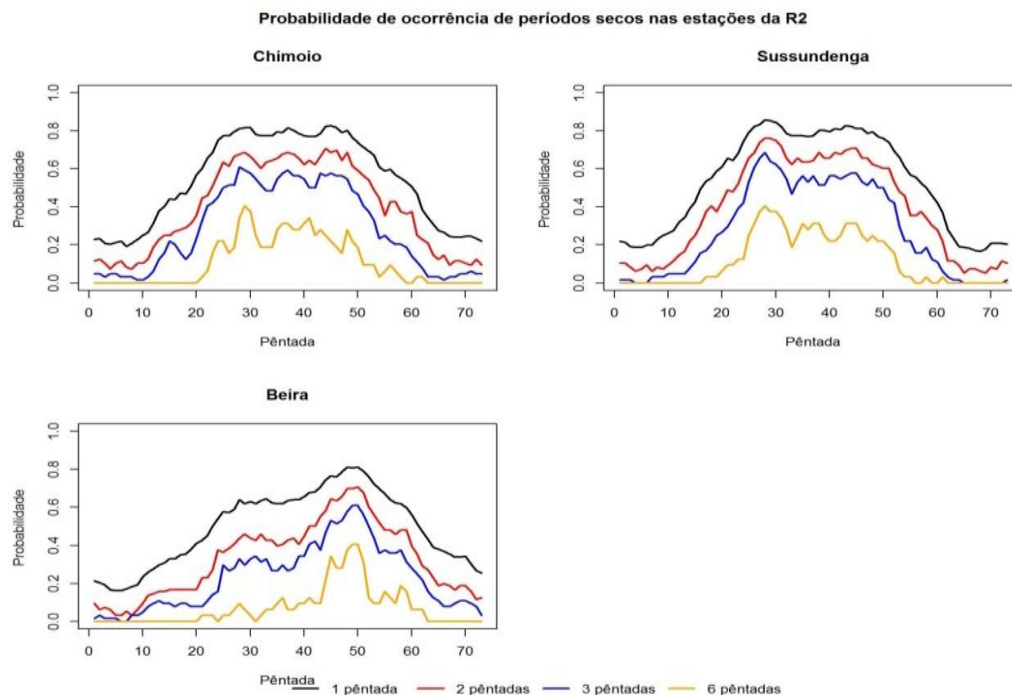


Figura 5-2: Probabilidade de ocorrerem 1, 2, 3 e 6 pântadas secas seguidas no período de 30 dias a uma determinada pântada do ano nas estações da Região 2 (Chomoio, Sussundenga e Beira).

5.1.3. Análises para a Região 3.

Os máximos de probabilidades da Região 3 (Figura 5-3) são semelhantes aos da Região 1, sendo a estação de Changalane a que apresentou essas probabilidades com valores correspondentes a 96% para a probabilidade de ocorrência de 1 pântada seca e 93% da probabilidade de ocorrência de 2 pântadas secas correspondentes a pântada 37, ou seja, para esta estação os picos de probabilidades ocorreram no mês de julho. Já a estação de Xai-Xai apresentou valores de probabilidades relativamente menores quando comparada as estações restantes da região, com 73% de probabilidade de ocorrência de 1 pântada seca e 68% de probabilidade de ocorrência de 2 pântadas secas consecutivas entre as pântadas 45 e 48. Para as estações restantes os valores das probabilidades oscilam entre 96% e 73% para 1 pântada seca e 93% e 68% para 2 pântadas secas consecutivas. As probabilidades de ocorrência de 3 e 6 pântadas secas consecutivas oscilam para todas estações entre 90 e 44% para as 3 pântadas secas consecutivas e entre 81 e 22% para 6 pântadas secas seguidas. De forma semelhante, os valores máximos dessas probabilidades encontram-se entre as pântadas 25 e 50 para todas as estações dessa região, em alguns casos chegando a apresentar duas vezes o mesmo pico, como no caso da estação de Changalane que apresentou os picos entre o final do mês de abril e início de junho.

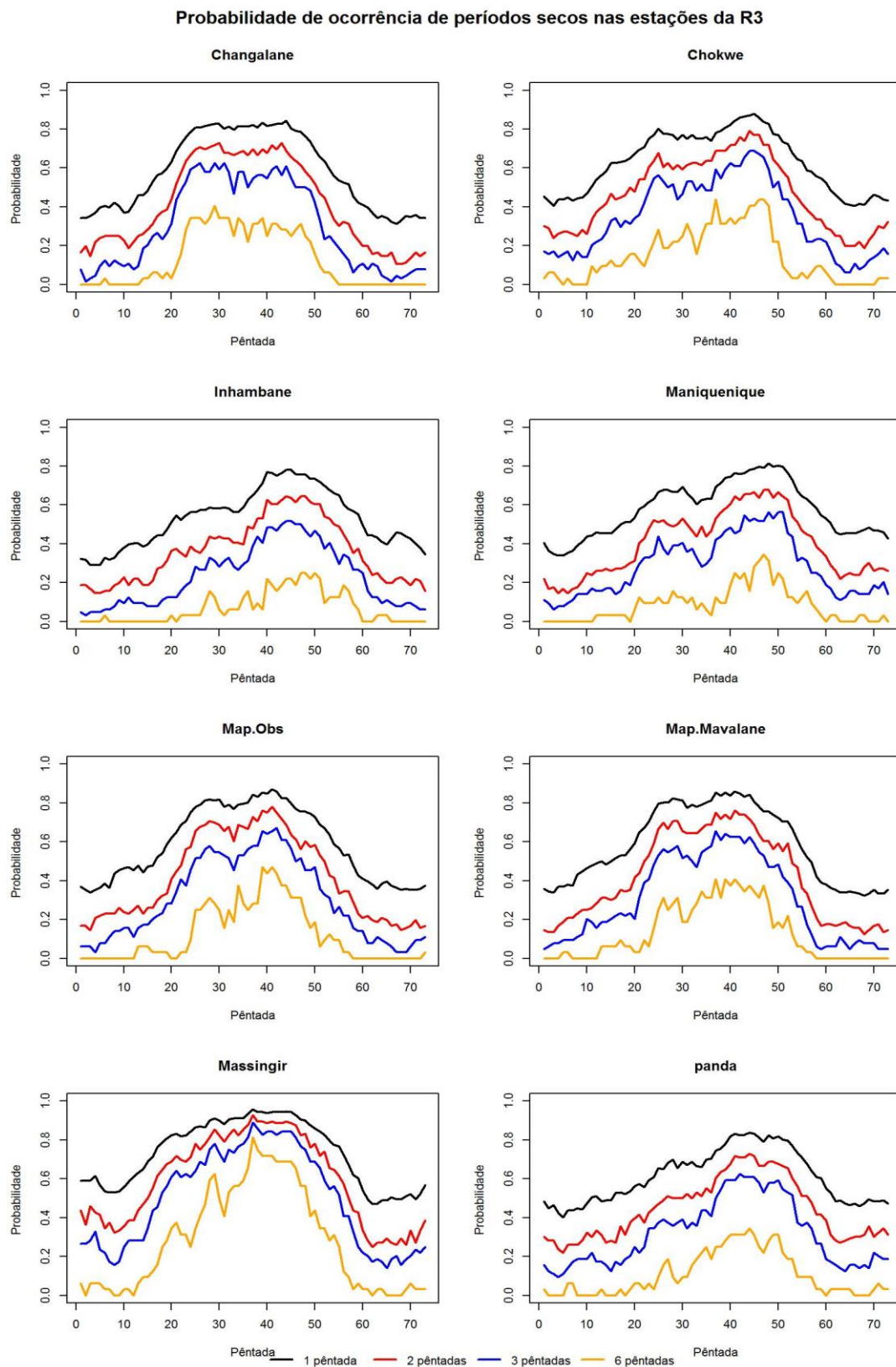


Figura 5-3: Probabilidades de ocorrerem 1, 2, 3 e 6 pêntadas secas seguidas no período de 30 dias seguintes a uma determinada pêntada do ano nas estações da Região 3 (Chagalane, Chokwe, Inhambane, Maniquenique, Map.Obs, Map.Mavalane, Massingir, Panda, Umbeluzi, Vilanculos e Xai-Xai).

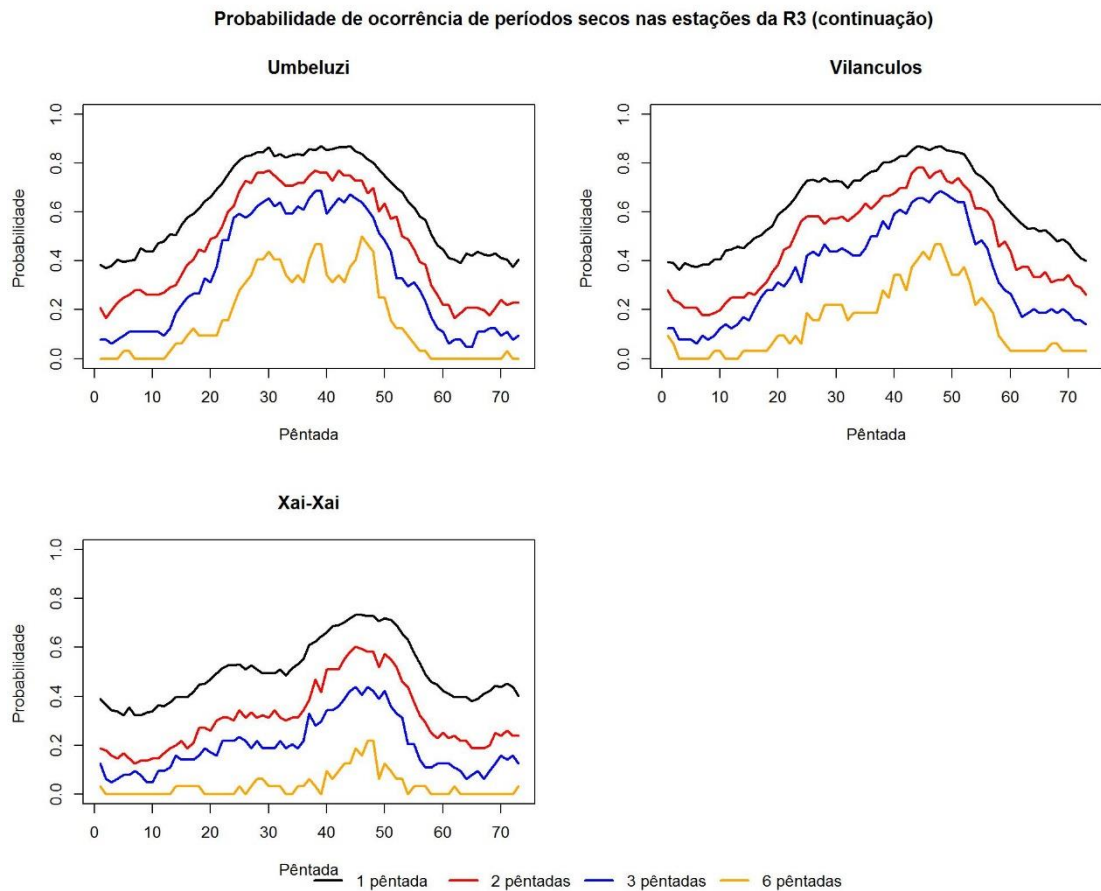


Figura 5-3: Continuação.

5.1.4. Análise regional da probabilidade de ocorrência de períodos secos.

A Figura 5-4 ilustra as probabilidades de ocorrência de pêntadas secas seguidas para uma pêntada qualquer do ano nas regiões homogêneas anteriormente definidas. De modo geral, pode-se notar um comportamento similar entre as regiões quanto à distribuição das probabilidades. Obviamente, a maior probabilidade em todos os casos é da ocorrência de uma pêntada seca (5 dias secos) e a menor é da ocorrência de 6 pêntadas secas (30 dias secos) durante todo ano, verificando-se os máximos de probabilidade de ocorrência de períodos secos no inverno. O máximo de probabilidade na Região 1 é observado entre as pêntadas 48 e 52, com o valor de cerca de 80% para probabilidade de ocorrência de 1 pêntada seca, 59% para 2 pêntadas secas consecutivas, 53% para 3 pêntadas secas consecutivas e de 25% para 6 pêntadas secas consecutivas. As regiões 2 e 3

apresentaram a mesma característica de probabilidade, sendo verificado para ambos os casos picos de probabilidades durante o outono e outro pico no final do inverno, comportamento este que não se verificou para Região 1. Em termos de valores máximos de probabilidades, na Região 2 variaram entre 22 a 75% entre as pântadas 40 e 49, e para a Região 3 oscilaram entre 31 a 80%, entre as pântadas 43 a 55.

Probabilidade de ocorrência de períodos secos/homogêneas

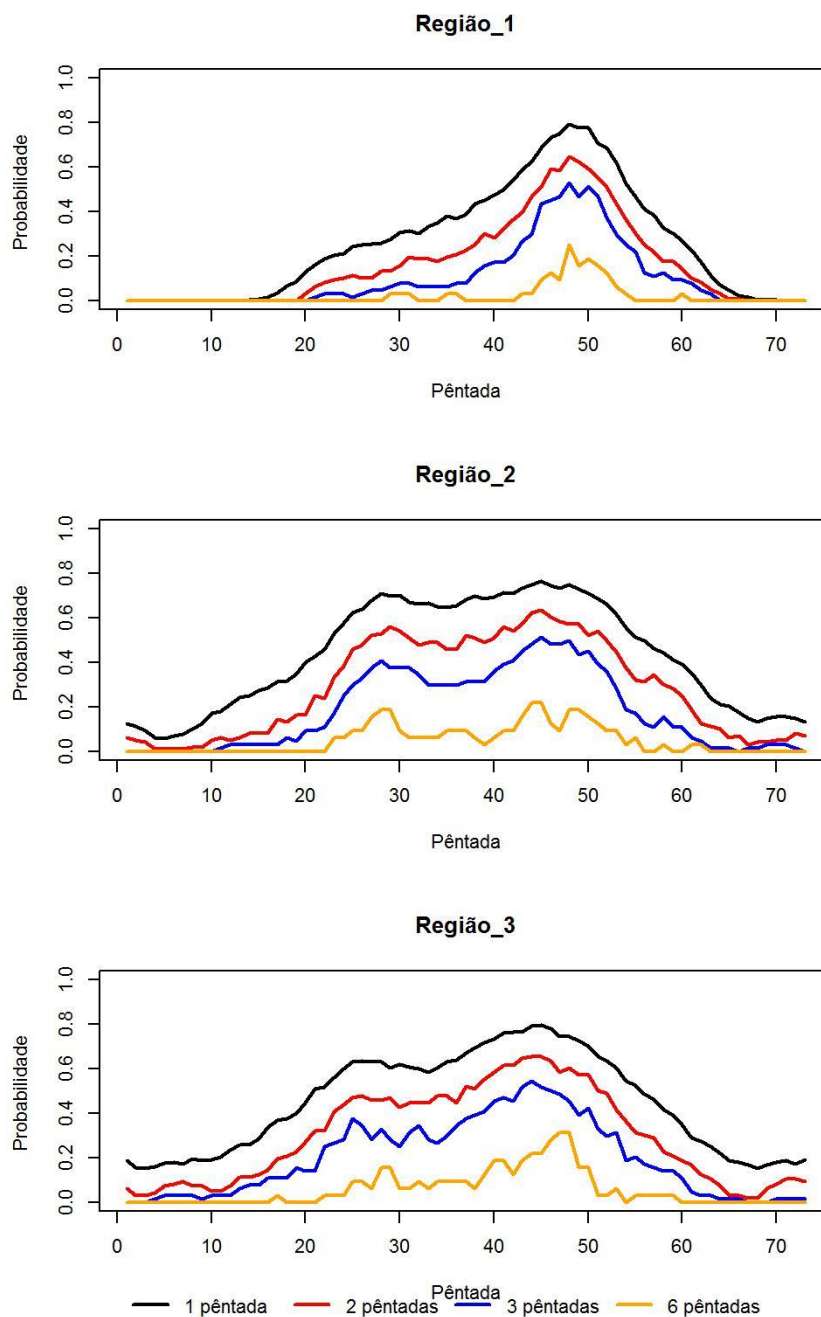


Figura 5-4: Probabilidade de ocorrência de períodos secos nas estações homogêneas (região_1, Região_2 e Região_3).

5.2. Conclusões sobre probabilidade de ocorrência de períodos secos

De acordo com os resultados obtidos da análise das probabilidades, olhando para cada estação, conclui-se que apesar da Região 1 apresentar valores similares ao da Região 3, em algumas estações não é tão frequente a ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa quanto na Região 3. Isso pode ser observado nas primeiras pântadas (1-20), ou seja, de janeiro a início do mês de abril em que a maioria das estações da Região 1 apresentam probabilidades relativamente inferiores quando comparadas com as da Região 3. O mesmo se observa também nas últimas pântadas do ano (60-73). No inverno as estações da Região 1 lideram em relação aos picos de probabilidade quando comparadas a Região 3. Esse comportamento pode ser resultado de escassez de precipitação durante o inverno na Região 1, pois os sistemas frontais não alcançam essa região, contrariamente da Região 3 (Patrício et al., 2009). As estações da Região 3 apresentaram uma distribuição aproximada, com os extremos não tão altos quanto das estações das Regiões 1 e 2.

As probabilidades das regiões homogêneas ilustram claramente que a Região 1 é menos vulnerável a períodos secos entre os meses de janeiro a abril e de outubro a dezembro, com probabilidades que rondam os 0 a 20% de ocorrência de pântadas secas. Este comportamento difere das outras regiões, pois as mesmas superam esse intervalo, chegando até aos 30% de ocorrência de pântadas secas. Por fim, é notório que a Região 3 é a região mais propensa a ocorrência de períodos secos, pois as suas probabilidades superam as da Região 2.

6. Condições atmosféricas associadas a veranicos.

Este capítulo tem como objetivo identificar padrões atmosféricos de circulação de grande escala associados à ocorrência de veranicos, analisando condições anteriores e durante as fases secas ocorridas na estação chuvosa.

6.1. Dados e Metodologia.

Para essa análise foram usados dados de reanálise do ECMWF/ ERA- Interim para a obtenção de composições das anomalias relativas aos períodos secos, encontrados para verificar o padrão atmosférico característico desses eventos, antes e durante a ocorrência dos mesmos. As composições das anomalias foram calculadas para as pântadas -2, -1 e 0, em que a pântada 0 representa o período seco observado, a pântada -1 representa o período imediatamente anterior e assim sucessivamente. As variáveis que foram utilizadas para o cálculo das composições foram: componentes zonal e meridional do vento (u e v), pressão a nível médio do mar, temperatura da superfície do mar, umidade relativa e o campo de divergência. Os campos foram obtidos para três níveis de pressão: 850 hPa, 500 hPa e 200 hPa todos com espaçamento de grade correspondente a $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ obtidos nas horas 00, 06, 12 e 18 UTC para cada dia, no período entre 1980 e 2012.

Antes de calcular as composições das anomalias foram calculados médias diárias e posteriormente as médias de 5 dias para facilitar o cálculo das composições. Para calcular as composições das anomalias foram considerados somente os períodos secos observados nos anos neutros, onde os mesmos variavam entre os meses de setembro e novembro para Região 1 e finais de agosto e setembro para as regiões 2 e 3, respectivamente. Para melhor acompanhamento dos padrões atmosféricos, as composições foram calculadas de acordo com os números de pântadas onde ocorreram as interrupções da estação chuvosa em anos neutros, de acordo com a região homogênea, seguindo a ordem estabelecida na Tabela 6.1.

As interrupções observadas nos anos de El Niño e La Niña não foram analisadas, tendo como foco as análises durante anos neutros, com objetivo de identificar padrões atmosféricos associados aos veranicos sem nenhuma influência de fenômenos ENOS.

Tabela 6.1: Pêntadas nas quais se observaram interrupções da estação chuvosa em anos neutros correspondente a cada região.

Região 1			Região 2			Região 3		
Lag 0	Lag -1	Lag -2	Lag 0	Lag -1	Lag -2	Lag 0	Lag -1	Lag -2
56/80	55/80	54/80	46/80	45/80	44/80	46/80	45/80	44/80
47/89	46/89	45/89	50/81	49/81	48/81	44/81	43/81	42/81
57/97	56/97	55/97	51/93	50/93	49/93	50/85	49/85	48/85
54/93	53/93	54/9	47/96	46/96	45/96	50/90	49/90	48/90
---	---	---	40/003	39/003	38/003	50/93	49/93	48/93
---	---	---	---	---	---	50/96	49/93	48/93
---	---	---	---	---	---	46/001	45/001	44/001

6.2. Resultados.

6.2.1. Condições atmosféricas associadas a veranicos na Região 1.

Quanto as composições das anomalias de vento em 200 hPa (Figura 6-1) é possível notar no lag -2, um trem de ondas que começa no pacífico central na região extratropical até a região sudoeste da Austrália. É possível notar também um dipolo sobre América do Sul na parte nordeste do continente com um anticiclone que se estende até a parte sul do SA entre as longitudes 60° W e 60° E uma convergência de ventos na parte sudeste de Madagascar. No lag -1 observa-se uma desintensificação dos sistemas que avançam para leste, resultando na inversão do dipolo observado anteriormente sobre América do Sul, no deslocamento do anticiclone que se encontrava no sul da África para sudeste, no oceano Índico, com divergência de ventos entre a costa leste da África e Madagascar, e um ciclone na região nordeste da África sobre centro de Moçambique e a região da Tanzânia. Já no lag 0 observa-se a desintensificação do padrão de trem de ondas, um anticiclone sobre boa parte do sudeste da África, abrangendo toda parte sul de Moçambique, e a baixa no norte de Moçambique que permanece constante desde o lag -1. Em 850 hPa ainda é possível observar o padrão de trem de ondas nos lags -2 e -1 mas no lag 0 esse padrão diminui a sua intensidade observando-se ventos de sudeste-leste sobre Moçambique.

Nos campos de anomalias do vento zonal em 200 hPa (Figura 6-2) os ventos de leste apresentam-se fortes em latitudes médias no sul do Pacífico e no Atlântico observam-se

ventos de leste que abrangem a região nordeste de América do Sul e se estendem para região SEA, entre as longitudes 60° W e 60° E, com o núcleo localizado em Botswana e outro próximo aos 0° de longitude. No lag -1 nota-se uma diminuição da intensidade das anomalias observadas anteriormente com a predominância de ventos leste mais localizada na região SEA, se estendendo até a parte sudeste do oceano Índico. No SA observa-se um dipolo não simétrico das anomalias do vento zonal e o avanço da célula de ventos de oeste que se desloca do nordeste da América do Sul para a região sudoeste da África. No lag 0 observa-se inversão do padrão anterior com o domínio de ventos de leste predominantes na região SEA, padrão este que, segundo Rocha e Simmonds (1997), está correlacionada negativamente com a chuva. No campo de 850 hPa (direita), nos lags -2 e -1, na região SEA predominam os ventos de oeste nos oceanos Atlântico e Índico e ventos de leste entre as latitudes 40 e 75° S, enquanto que no lag 0 observa-se uma predominância de ventos de leste entre o norte de Moçambique e Madagascar. Também ficou notável a inversão do padrão do vento zonal, onde no lag -2 apresentou a predominância de anomalias de ventos de leste em torno da latitude de 60° S, enquanto que no lag 0 há predominância de ventos de leste ao redor da mesma latitude.

Quanto a divergência em 200 hPa (Figura 6-3-esquerda), associado aos dipolos anteriormente observados sobre a América do Sul (Figura 6-1 e Figura 6-2) é possível verificar uma forte divergência e convergência na mesma região. Nota-se uma divergência sobre boa parte da África Austral (África do Sul, Namíbia, Angola sudeste de Botswana e a região centro e Sul de Moçambique) no lag -2. No lag -1 observa-se um pequeno deslocamento no padrão das anomalias de divergência onde a divergência positiva se deslocou mais para a parte nordeste do SA abrangendo quase toda a região de Moçambique e parte do canal de Moçambique e Madagascar, dando indício de uma convergência em superfície (Figura 6-3-direita) condição essa que favorece as condições de convecção nessa região embora tenha restado a província de Niassa com anomalia negativa de divergência, pois o mesmo já era de se esperar uma vez que no mesmo lag (-2) no campo de anomalia de vento horizontal (Figura 6-1- esquerda), observou-se um anticiclone em altitude localizado bem na parte mais ao sul da África. No lag 0 o padrão muda. A região sudeste da África fica com anomalias negativas de divergência, condição contrária a observada no lag -2.

No campo da altura geopotencial (Figura 6-4) ainda continua evidente o trem de ondas extratropicais observado nos campos anteriores, no lag -2, com o domínio das anomalias positivas em latitudes médias. Observa-se um dipolo sobre a América do Sul e uma célula de anomalias positivas sobre a região mais a sul do SA abrangendo o sul da Namíbia, Botswana e toda região da África do Sul. No lag -1 houve deslocamento do sistema e enfraquecimento do

padrão de ondas, enquanto que o lag 0 apresenta o padrão inverso ao observado nos outros lags. Observando ao campo das anomalias de pressão ao nível médio do mar (Figura 6-4-direita), verifica-se coerência com o geopotencial, com o trem de ondas evidente nos lags -2 e -1, apesar de se apresentar um pouco enfraquecido no lag -1, e inversão do padrão no lag 0.

O campo das anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) (Figura 6-5-esquerda) não apresenta uma variação notável que possa definir um padrão específico favorável a veranicos. Por outro lado, observando o campo de anomalias de umidade relativa em 850 hPa (Figura 6-5-direita), é possível notar que no lag -2 quase toda região do SA apresenta anomalias positivas, incluindo toda a região de Moçambique, e também é visível mais na região sudoeste do Oceano Índico uma área de anomalias negativas de umidade relativa. No lag -1 observou-se uma mudança do cenário, com aparecimento de anomalias positivas na região que anteriormente era dominada por anomalias negativas. O mesmo se observa no continente. No lag 0 é evidente o domínio de anomalias negativas sobre a região SA.

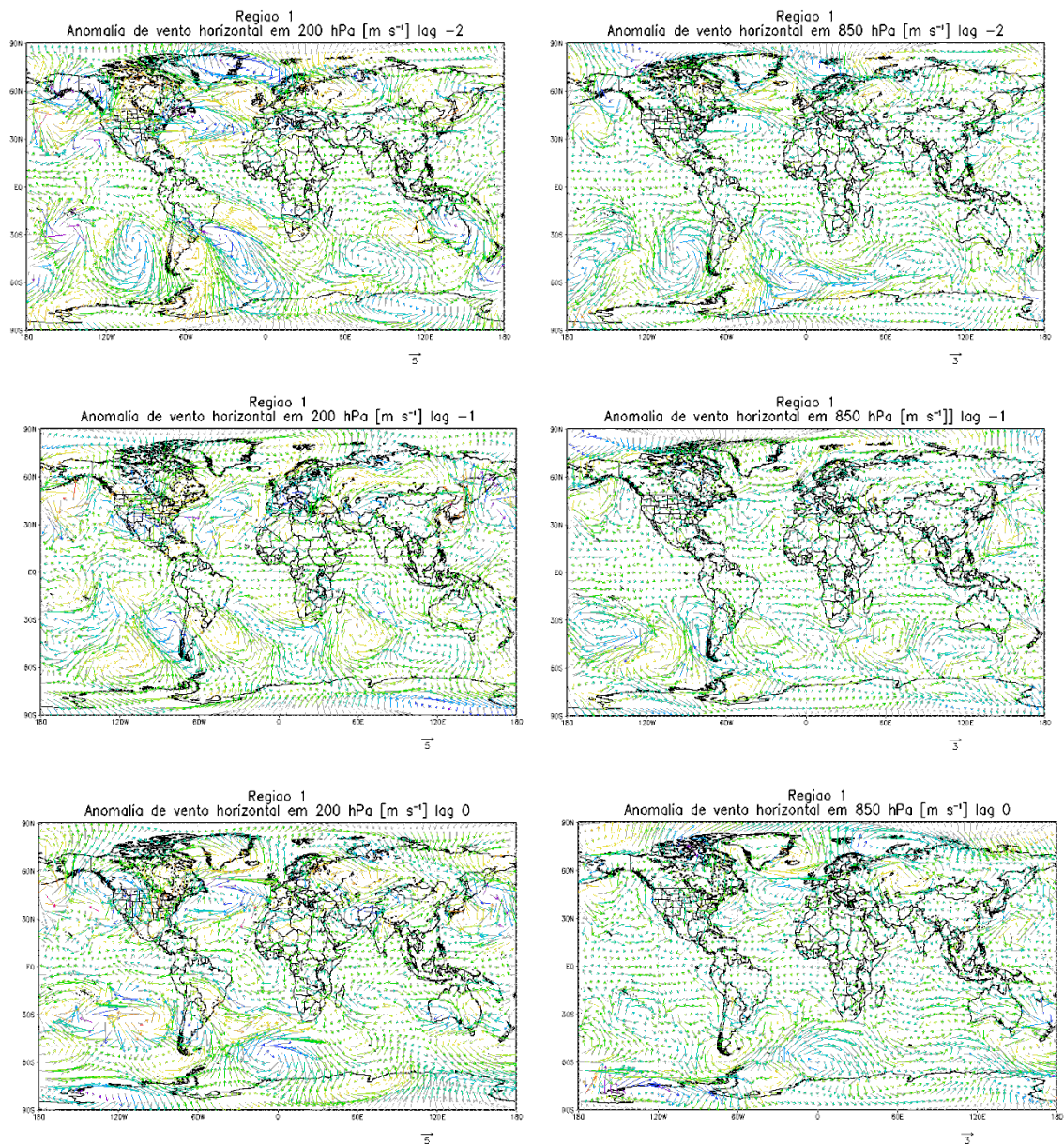


Figura 6-1: Diferença entre as composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag-1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 1.

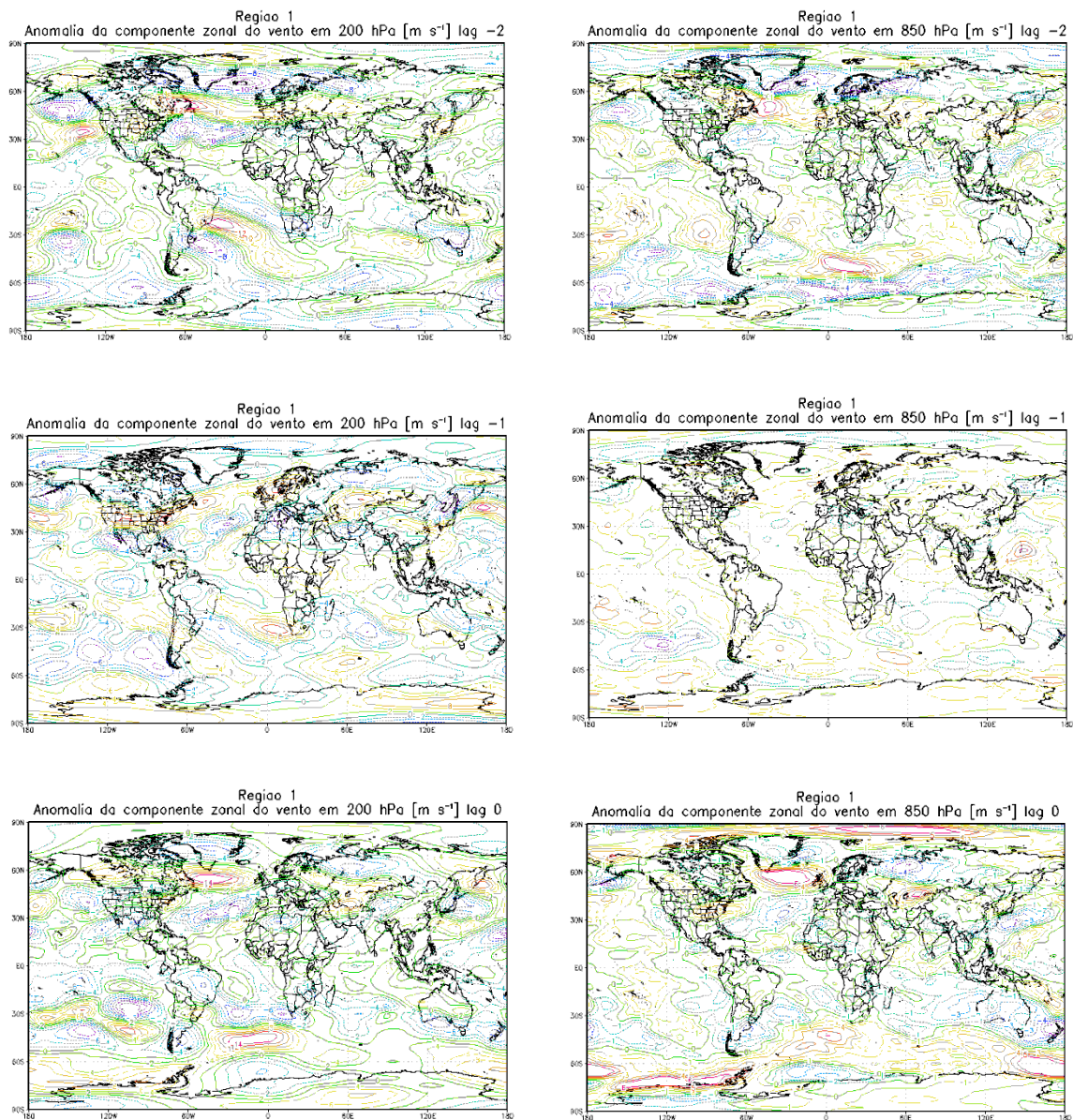


Figura 6-2: Diferença entre as composições de anomalias de vento zonal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pêneta seca (lag -2 e -1) e na pêneta seca lag 0, correspondentes a Região 1.

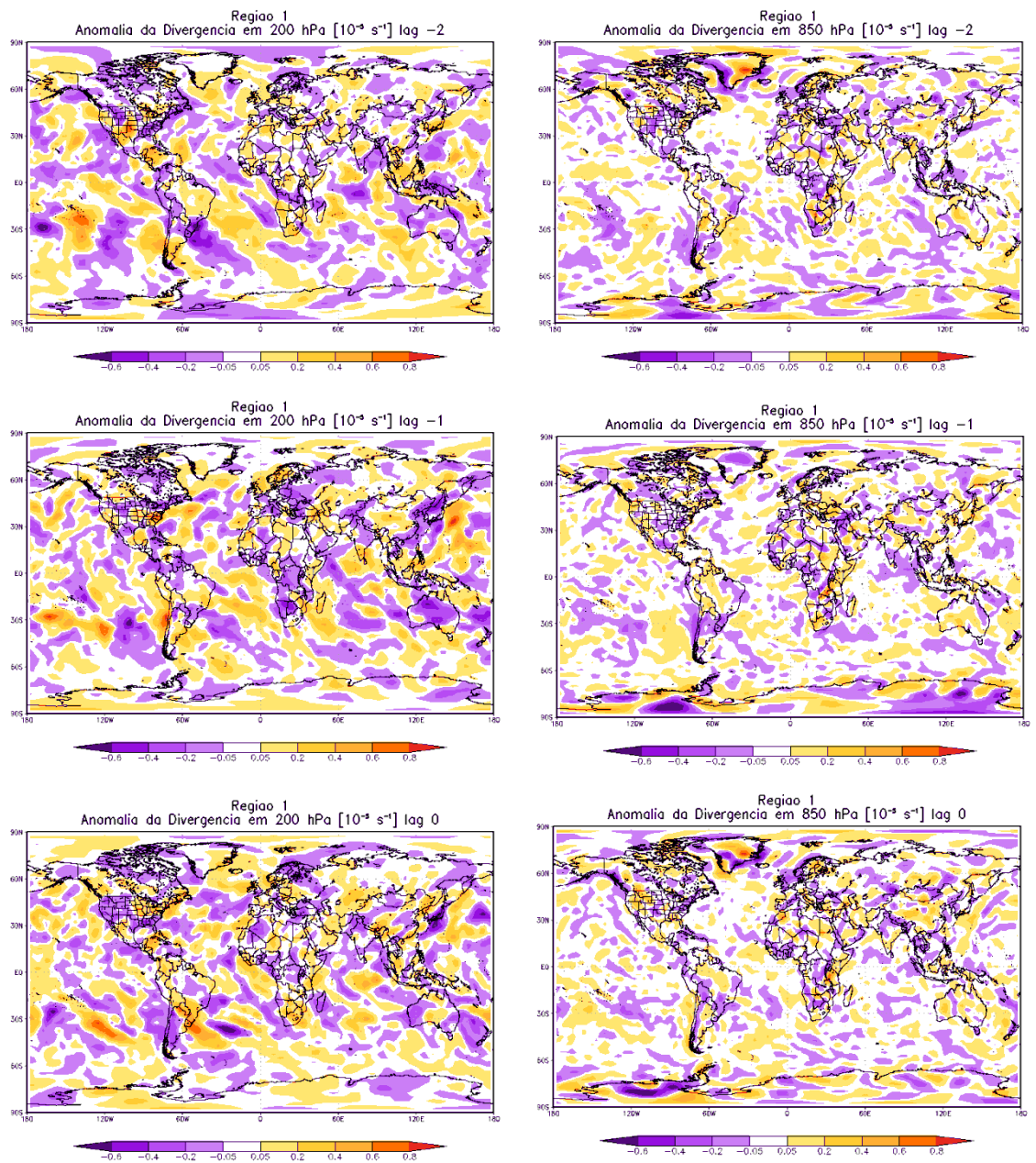


Figura 6-3: Diferença entre as composições de anomalias de campo de divergência em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 1.

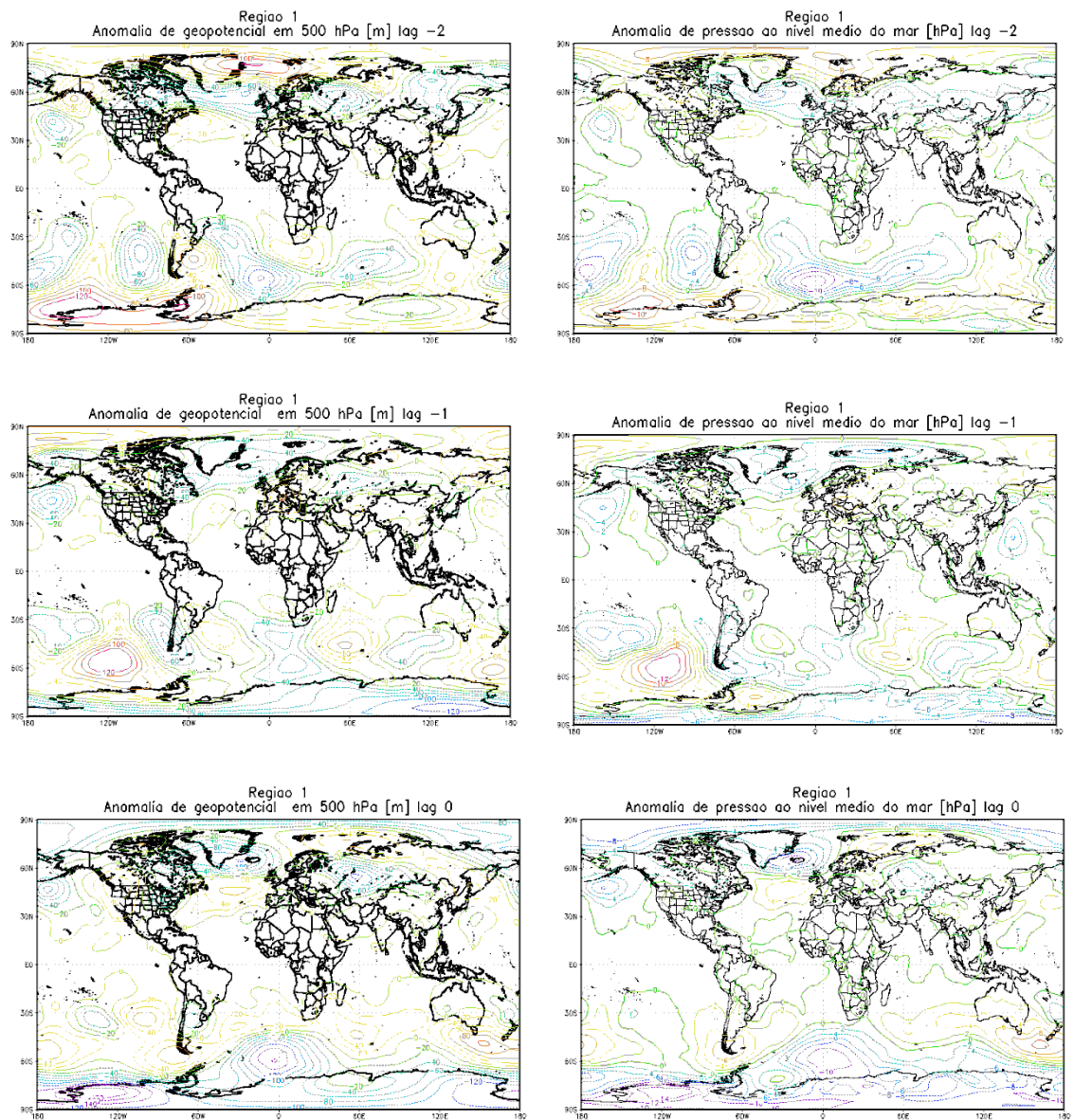


Figura 6-4: Diferença entre as composições de anomalias de altura geopotencial em 500 hPa (esquerda) e anomalias de PNMM em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 1.

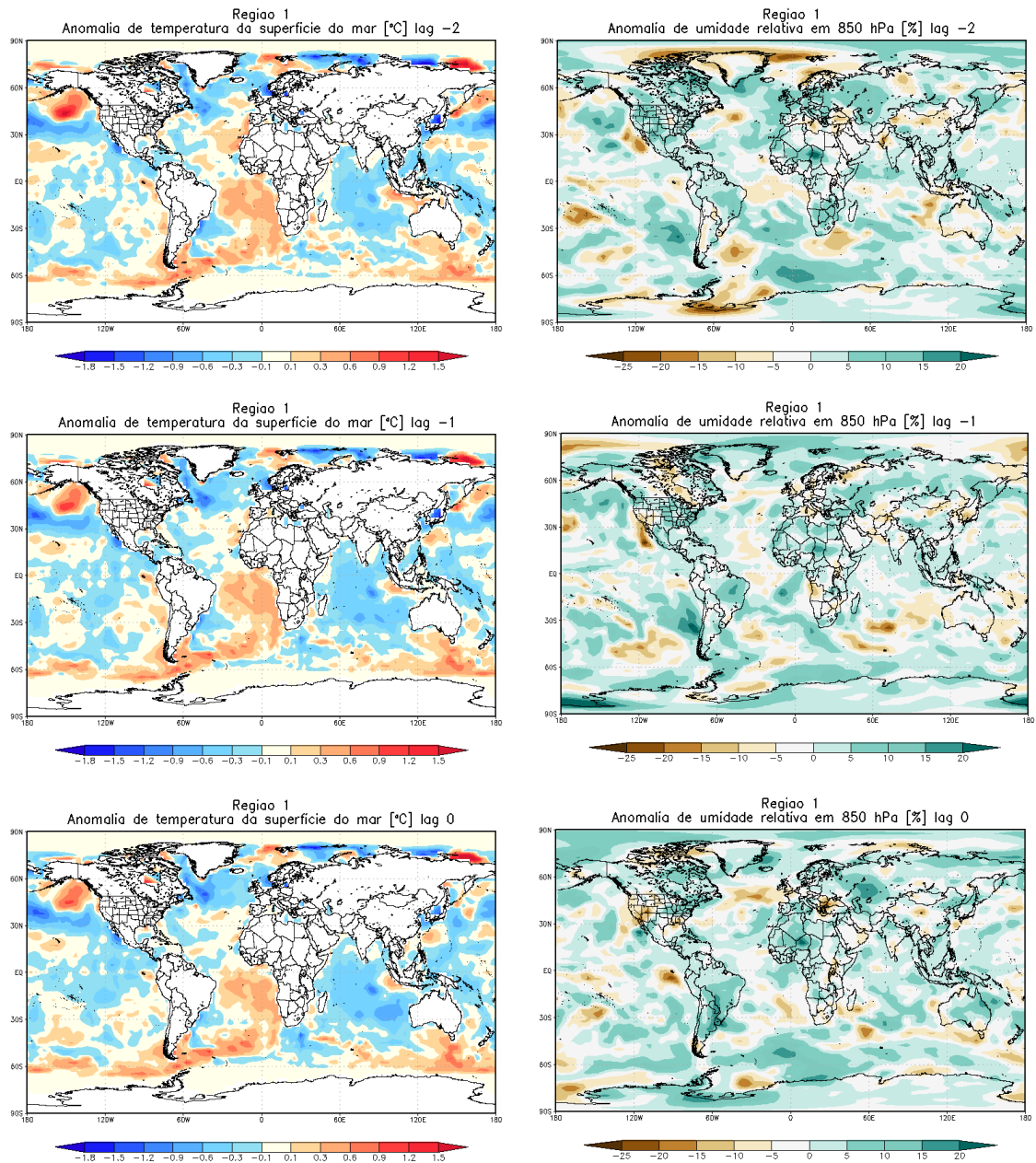


Figura 6-5: Diferença entre as composições de anomalias de temperatura da superfície do mar (esquerda) e umidade relativa em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 1.

6.2.2. Condições atmosféricas associadas a veranicos na Região 2.

No campo das anomalias de vento em 200 hPa (Figura 6-6) o trem de ondas continua visível nas composições das anomalias da Região 2. Observa-se também um ciclone sobre a

região mais ao sul da África Austral, e nota-se uma convergência sobre a região sul de Moçambique, condição essa que favorece o aparecimento de áreas com divergência negativa (convergência) em altitude. No lag -1 o ciclone descoca-se para região sudeste, cobrindo quase toda região de Moçambique, e a sudeste de Madagascar observa-se um anticiclone sobre o oceano Índico. No lag 0 o dipolo fica totalmente localizado sobre o oceano Índico. Próximo a superfície as anomalias do vento zonal em 850 hPa (Figura 6-7-direita) é possível visualizar o trem de ondas em baixos níveis na região subtropical e a convergência de ventos mais ao sul de Moçambique, o que proporciona o transporte de umidade da região sul do oceano Índico para o continente. No lag -1 o dipolo que anteriormente se localizava no oceano Atlântico desloca-se mais para a região SA. No lag 0 já não é possível visualizar essa convergência nem o dipolo, mais é possível visualizar um movimento anticiclônico sobre a região de Moçambique.

No campo de anomalias do vento zonal em 200 hPa (Figura 6-7) nota-se a predominância de ventos de oeste na região tropical do pacífico central. Observa-se um dipolo sobre a região do SA com ventos de oeste predominando sobre boa parte da África, cobrindo toda a região de Moçambique, no lag -1 observa-se um deslocamento do dipolo observado no lag anterior, com o padrão de onda bem mais definido. No lag 0 observa-se uma predominância de ventos de leste na região equatorial, abrangendo a África Central a Sul e a parte central do Oceano Índico, com padrão contrário ao lag -2.

Quanto ao campo de anomalias de divergência (Figura 6-8) observam-se anomalias de divergência positiva sobre a parte sul e central de Moçambique, a norte de África do Sul, Zimbabwe e Botsuana, e anomalias negativas sobre a região sul de Madagascar. No lag -1 observa-se m padrão notável de um dipolo sobre a região SEA que favorece a ocorrência de precipitação em Moçambique devido a localização de uma forte divergência entre Madagascar e Moçambique, associada a uma convergência em baixas altitudes (Figura 6-8-direita). No lag 0 esse padrão já não é visível, mas observa-se anomalias negativas sobre a região da África do Sul Botsuana e sul de Moçambique na província de Maputo.

Nos campos de altura geopotencial (Figura 6-9-esquerda), o trem e ondas é evidente nos lags -2 e -1, sendo que no lag -1 é possível notar uma condição de baixa pressões ou cavado sobre a região sul e centro de Moçambique. No lag 0 obseva-se um padrão contrário ao lag -2 com predominância de anomalias negativas sobre a região subtropical e positivas em latitudes médias. As anomalias do campo de pressão (Figura 6-9-direita) definem um padrão similar ao do geopotencial e também de acordo com a circulação observada nos campos de vento Figura 6-6.

Quanto às anomalias de TSM (Figura 6-10-esquerda) mantem-se o mesmo padrão com as águas mais quentes na região leste do oceano Atlântico e frias no oceano Índico e próximo a Austrália. O campo das anomalias de umidade relativa (Figura 6-10-direita) indicam valores positivos nos lags correspondentes ao período de pântadas úmidas (lag -2 e -1) sobre Moçambique e anomalias negativas a neutras sobre grande parte da região do SA.

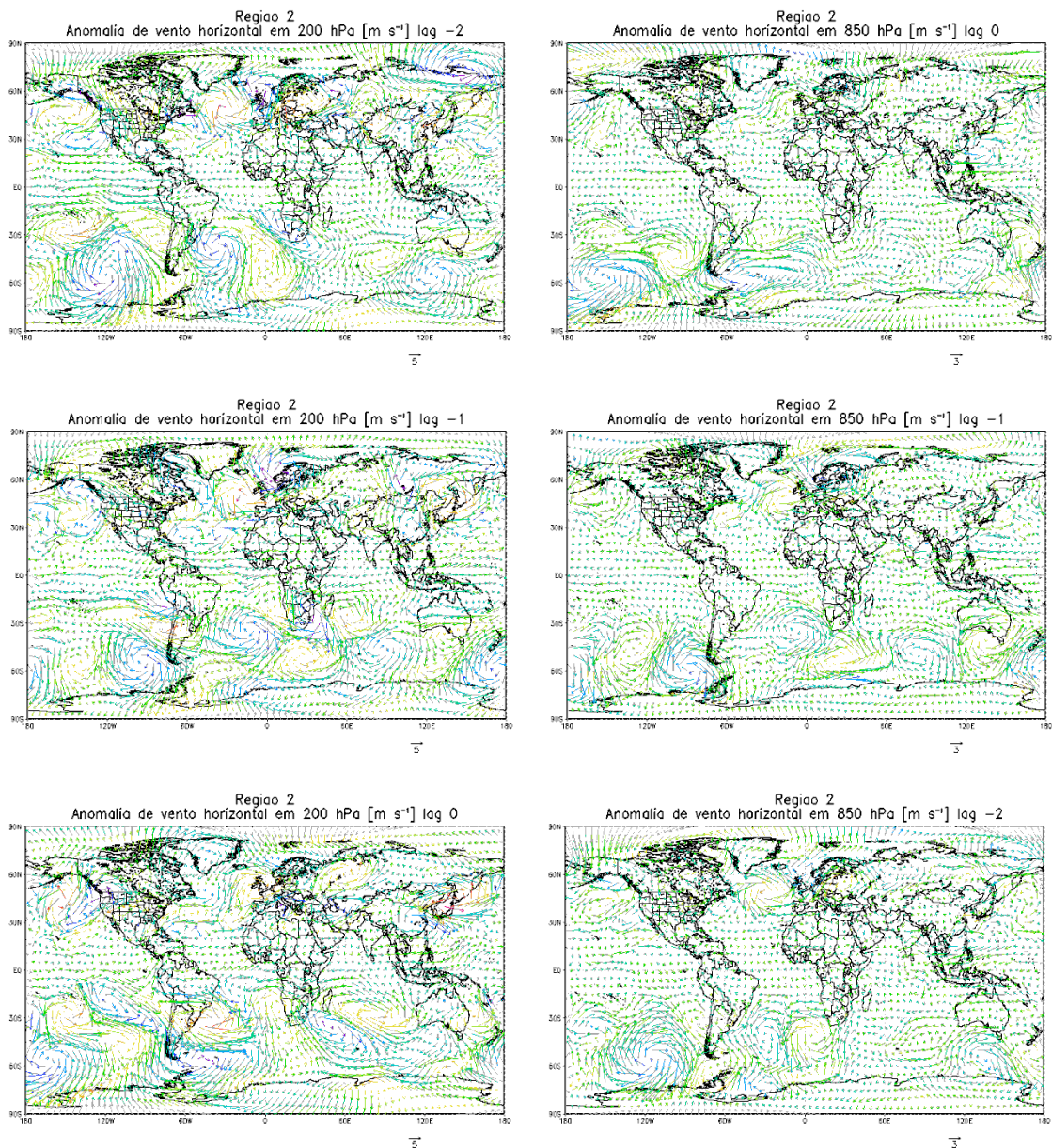


Figura 6-6: Diferença entre as composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag-1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 2.

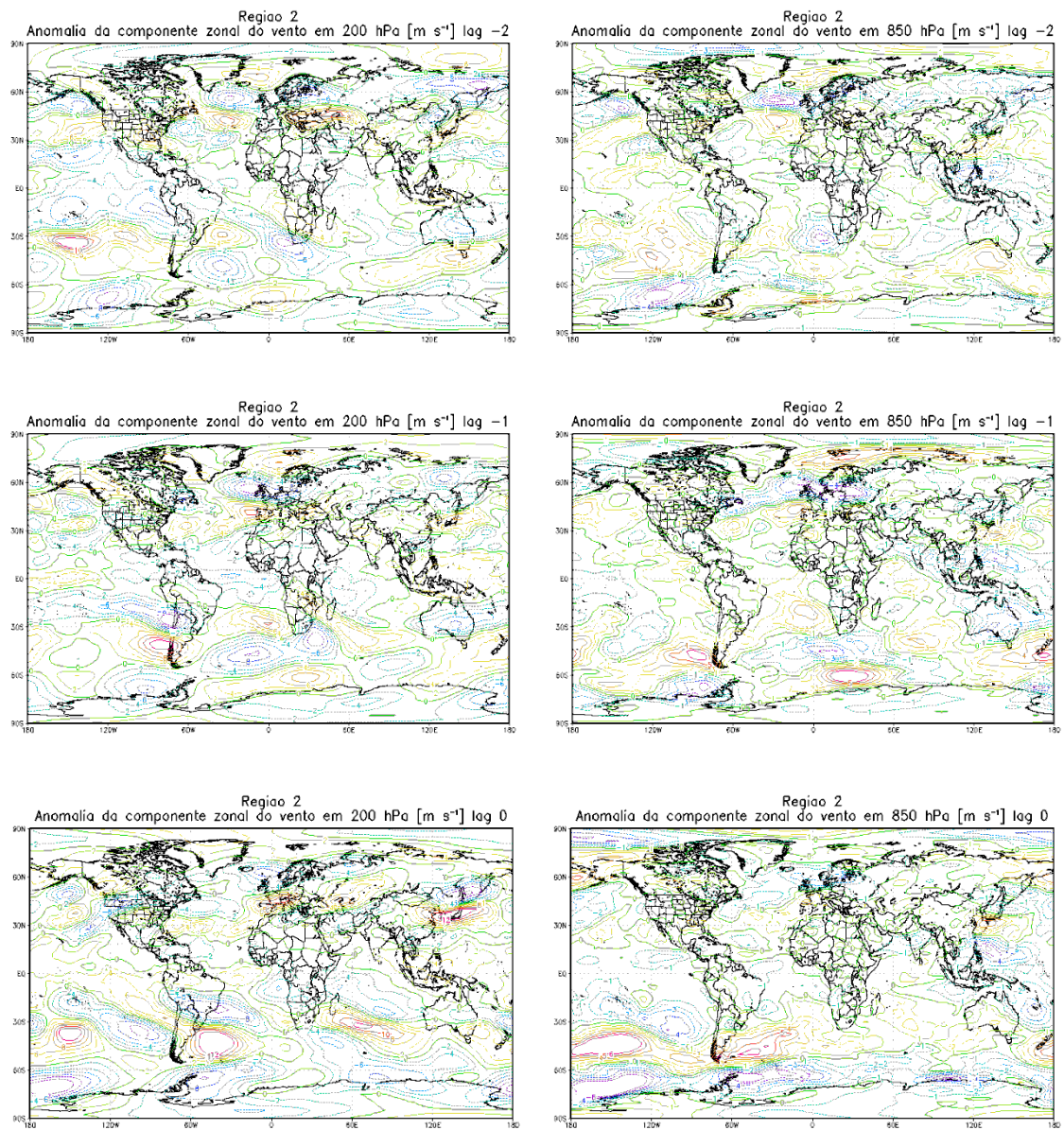


Figura 6-7: Diferença entre as composições de anomalias do vento zonal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênitida seca (lag -2 e -1) e na pênitida seca lag 0, correspondentes a Região 2.

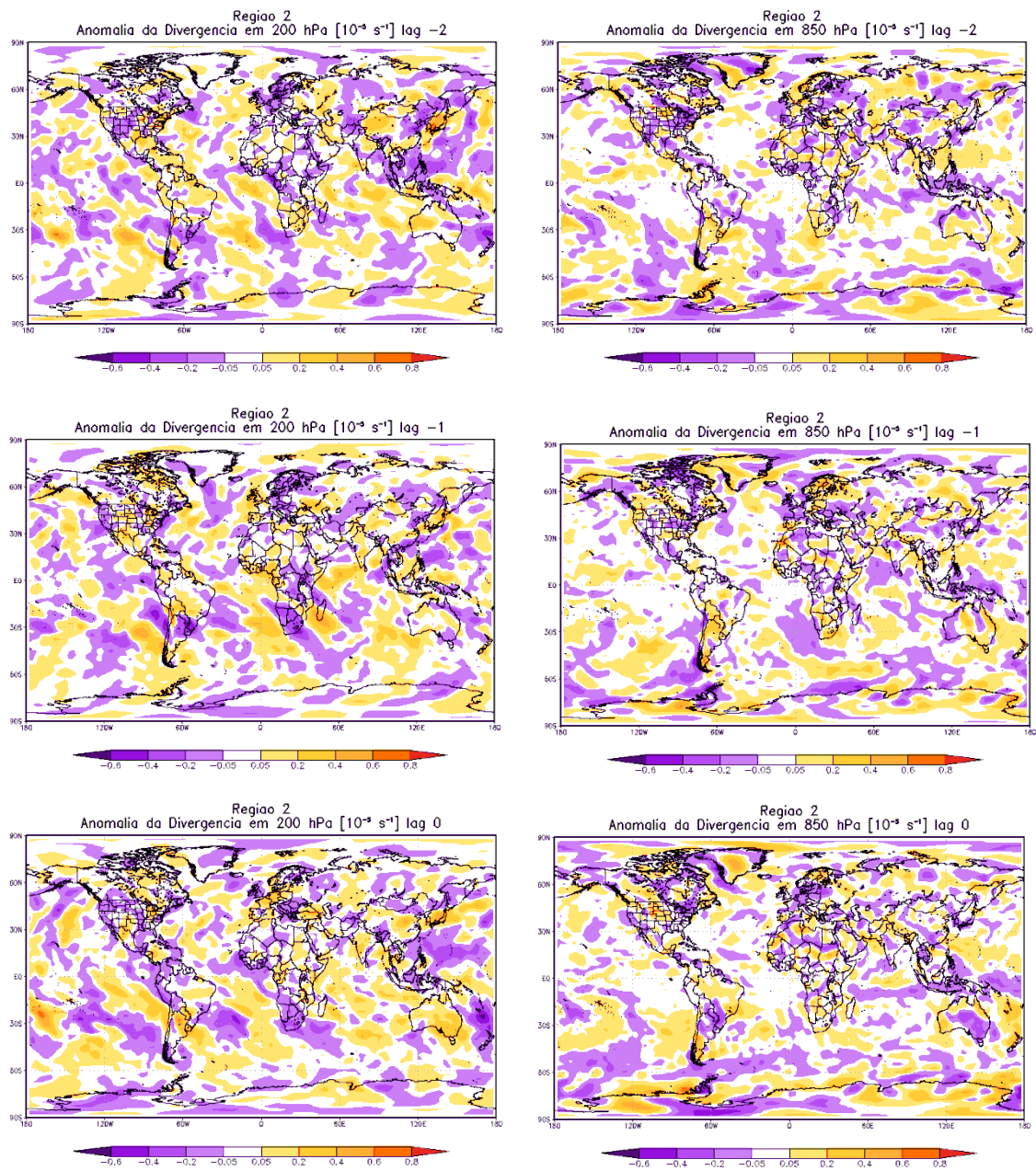


Figura 6-8: Diferença entre as composições de anomalias de campo de divergência em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênitida seca (lag -2 e lag -1) e na pênitida seca lag 0, correspondentes a Região 2.

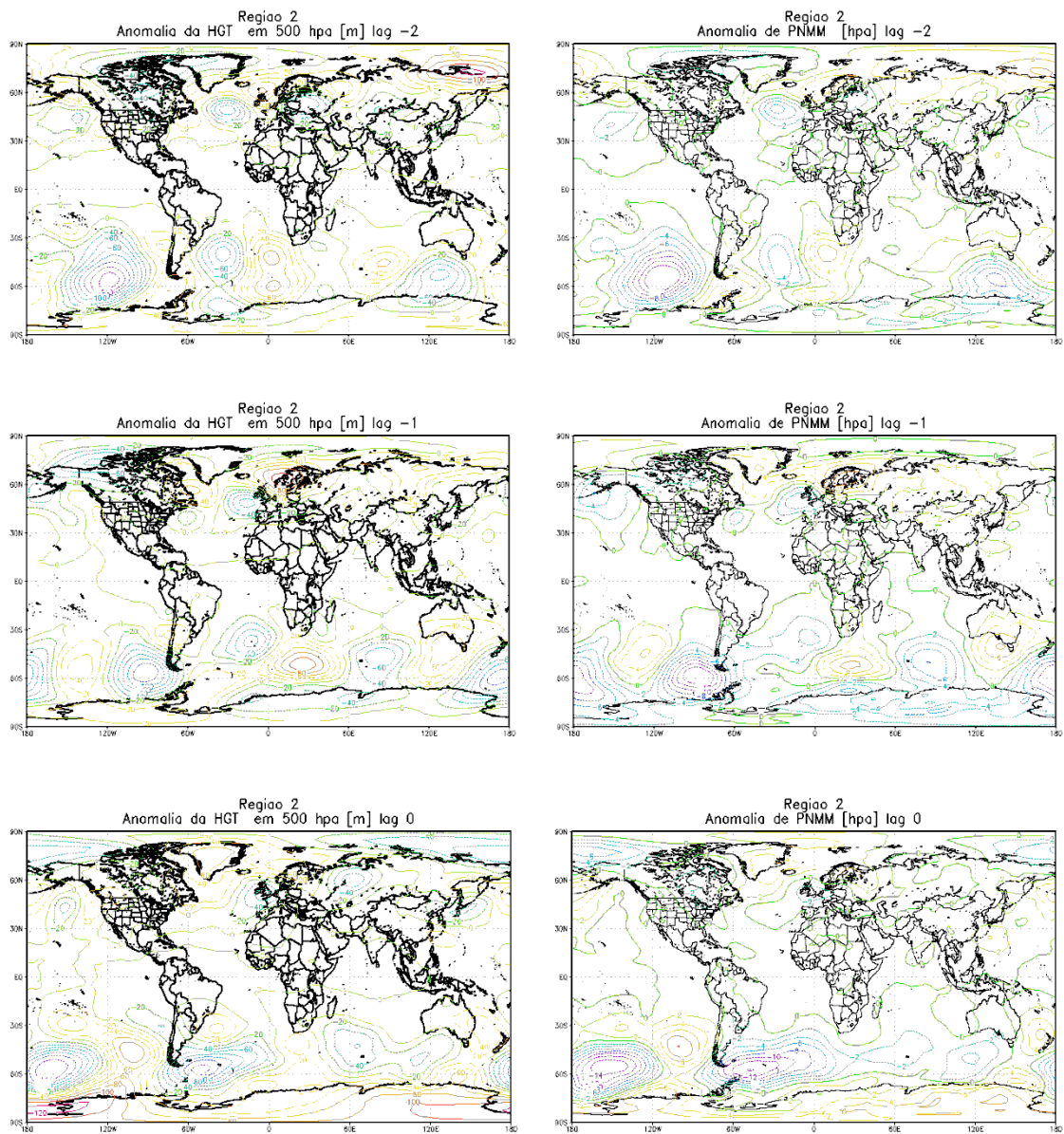


Figura 6-9: Diferença entre as composições de anomalias de altura geopotencial em 500 hPa (esquerda) e anomalias de PNMM em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 2.

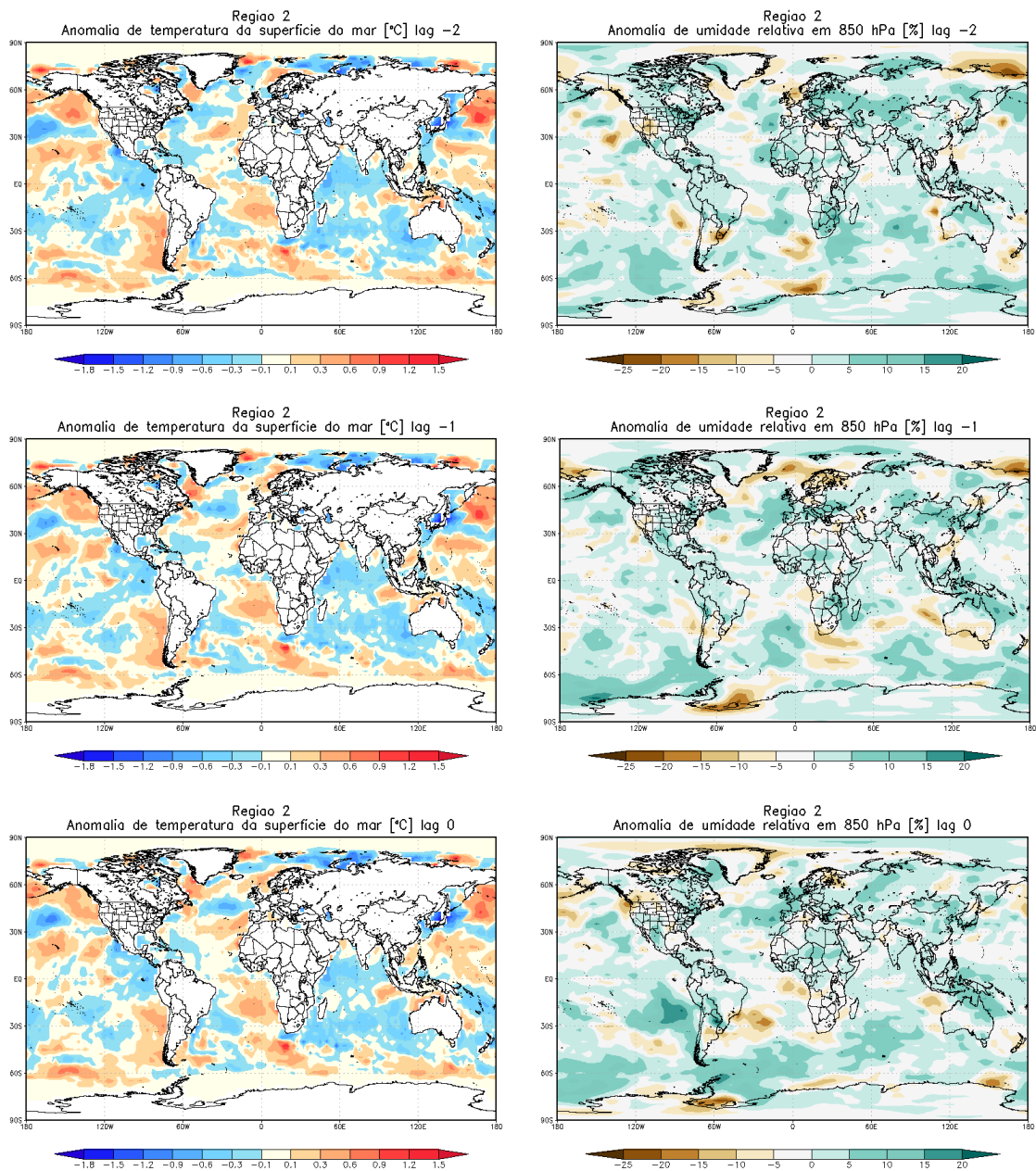


Figura 6-10: Diferença entre as composições de anomalias de temperatura da superfície do mar (esquerda) e umidade relativa em 850 hPa (direita) antes da pênitida seca (lag -2 e lag -1) e na pênitida seca lag 0, correspondentes a Região 2.

6.2.3. Condições atmosféricas associadas a veranicos na Região 3.

No campo de vento em 200 hPa (Figura 6-11-esquerda) observa-se um padrão de dipolo na região SEA, no lag - 2, com circulação ciclônica sobre Moçambique e uma região de convergência de ventos na região norte da África do Sul, sul de Moçambique e região sul e centro de Botswana. No lag -1 o padrão anteriormente observado se desloca para o oceano

Índico e sobre grande parte de SEA observa-se uma circulação ciclônica. No lag 0 não se observa o dipolo sobre a região SEA e nem mesmo sobre o oceano, mas sim, observa-se um dipolo sobre a região da Austrália. A circulação predominante sobre Moçambique varia de oeste a noroeste. O campo de vento em 850 hPa (Figura 6-11-direita) apresenta um trem de ondas na região subtropical, um dipolo entre os oceanos Atlântico e Índico e uma circulação anticiclônica na parte sudoeste do oceano Índico que favorece o transporte de massas de ar marítimo úmido para região de Moçambique. No lag -1 observa-se o enfraquecimento do trem de ondas, e no lag 0 o trem de ondas observa-se mais ao sul, entre a linha de 60° S, o que dificulta a entrada de sistemas frontais na região SEA. No campo de anomalias do vento zonal em 200 hPa (Figura 6-12-esquerda) observa-se um dipolo pronunciado sobre o oceano Índico, abrangendo toda parte SEA. No lag -1 o dipolo desloca-se para a região mais ao sul, próximo as latitudes médias, abrangendo com núcleo positivo o sul da Austrália. No lag 0 observa-se o enfraquecimento do trem de ondas de oeste.

O campo de divergência em 200 hPa (Figura 6-13-esquerda) ilustra uma linha divergência negativa (convergência) sobre o Norte de África do Sul, Botswana, Sul de Zimbabwe e sul de Moçambique no lag -2, que vai de acordo com os campos de vento em 200 hPa (Figura 6-11), sendo na superfície há indicativo de forte divergência (Figura 6-13-direita), mas já nos lags restantes observa-se a dissipação dessa linha de divergência.

O campo de anomalia de geopotencial (Figura 6-14-esquerda) ilustra o padrão de trem de ondas bem definido na região subtropical, com indicativo de condição que favorece a entrada de sistemas frontais nos lags -2 e -1. No lag 0 o trem de ondas tende a localizar-se mais a sul, próximo a latitudes médias, o que desfavorece a entrada de sistemas frontais na região SA. O trem de ondas é visível na região subtropical no campo das anomalias de PNMM (Figura 6-14-direita), com um sistema de altas pressões ao sul do SEA e um cavado entre Madagascar e Moçambique, o que favorece a ocorrência de precipitação em Moçambique, principalmente na região centro e norte, no lag -1 observa-se o enfraquecimento do trem de ondas e o deslocamento mais para sul, próximo a latitudes médias.

O campo de TSM (Figura 6-15-esquerda) apresenta o padrão de anomalias positivas a leste no oceano Atlântico e negativas na região tropical do oceano Índico, excetuando-se a região norte da Austrália. Nos outros lags observa-se o enfraquecimento desse padrão dando origem a alguns pontos de anomalias positivas na região oeste do oceano Índico.

O campo das anomalias de umidade relativa (Figura 6-15-direita), do lag -2 a -1, ilustra a predominância de anomalias positivas de umidade nesse período úmido antes da

pêntada seca, com tendência de uma ligeira diminuição no lag -1 sobre Moçambique. No lag 0 observa-se predominância de anomalias negativas a nulas na região SEA.

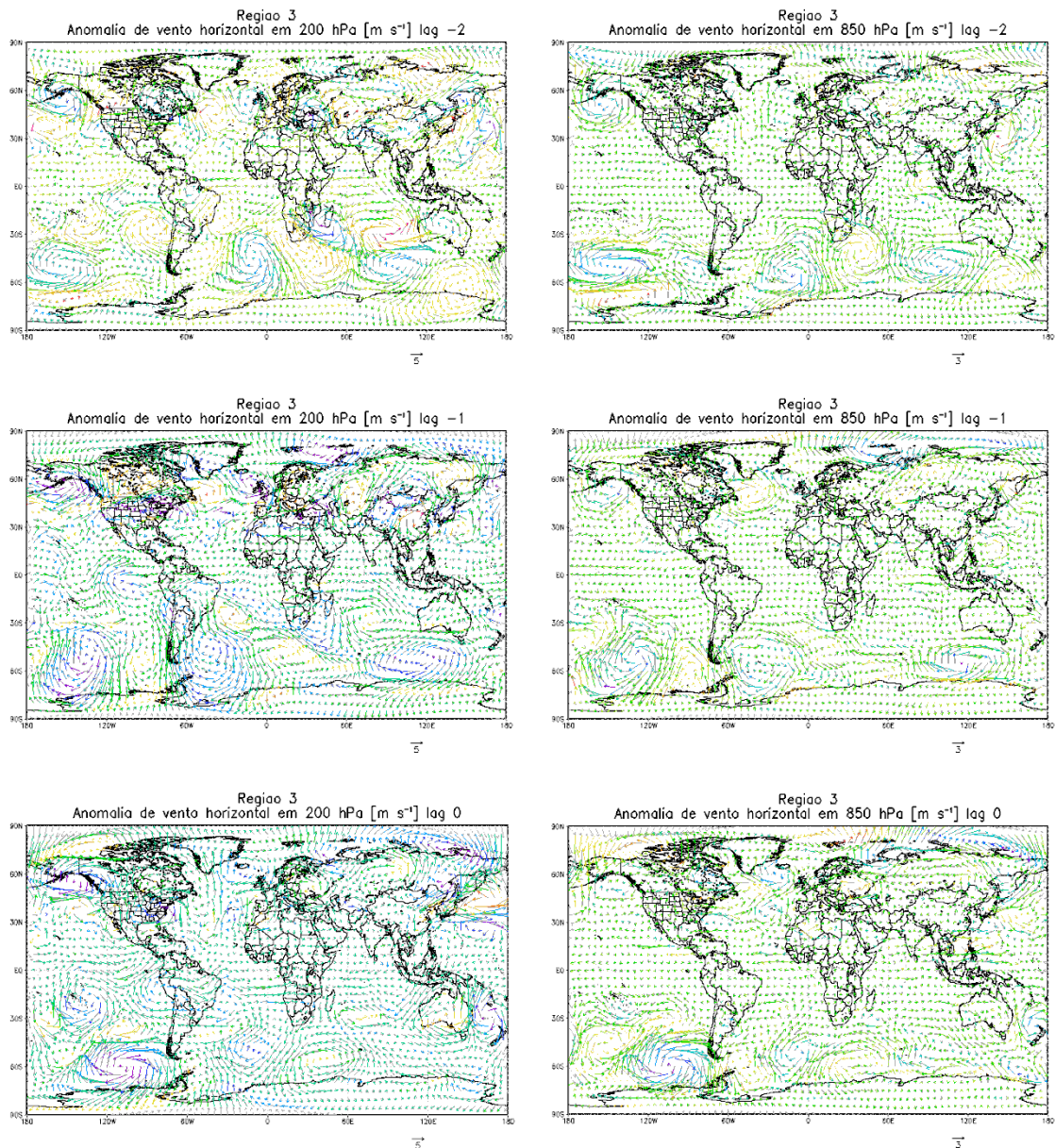


Figura 6-11: Diferença entre as composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pêntada seca (lag -2 e lag -1) e na pêntada seca lag 0, correspondentes a Região 3.

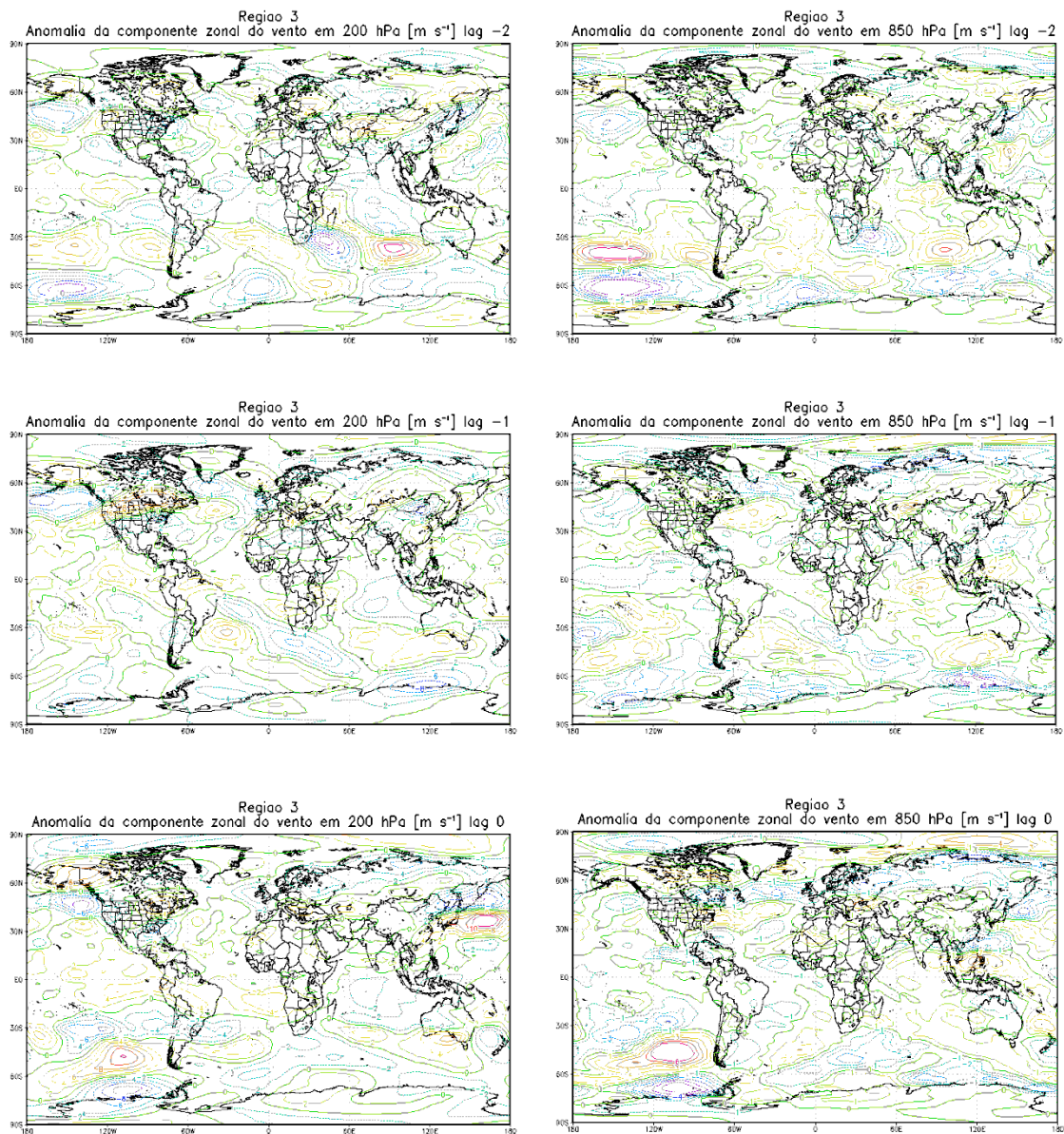


Figura 6-12: Diferença entre as composições de anomalias de vento zonal em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pênstada seca (lag -2 e lag -1) e na pênstada seca lag 0, correspondentes a Região 3.

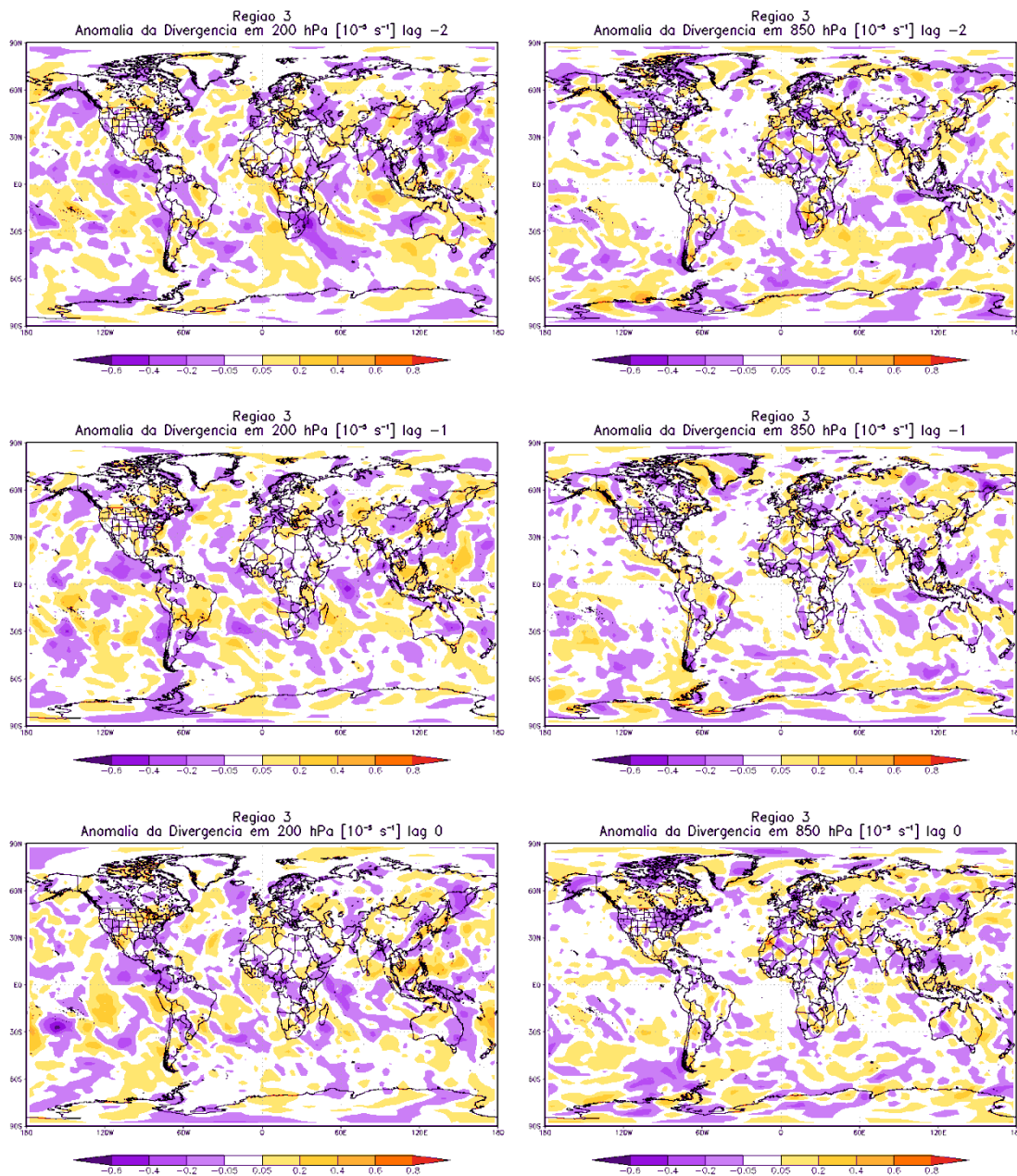


Figura 6-13: Diferença entre as composições de anomalias de campo de divergência em 200 hPa (esquerda) e em 850 hPa (direita) antes da pântada seca (lag -2 e lag -1) e na pântada seca lag 0, correspondentes a Região 3.

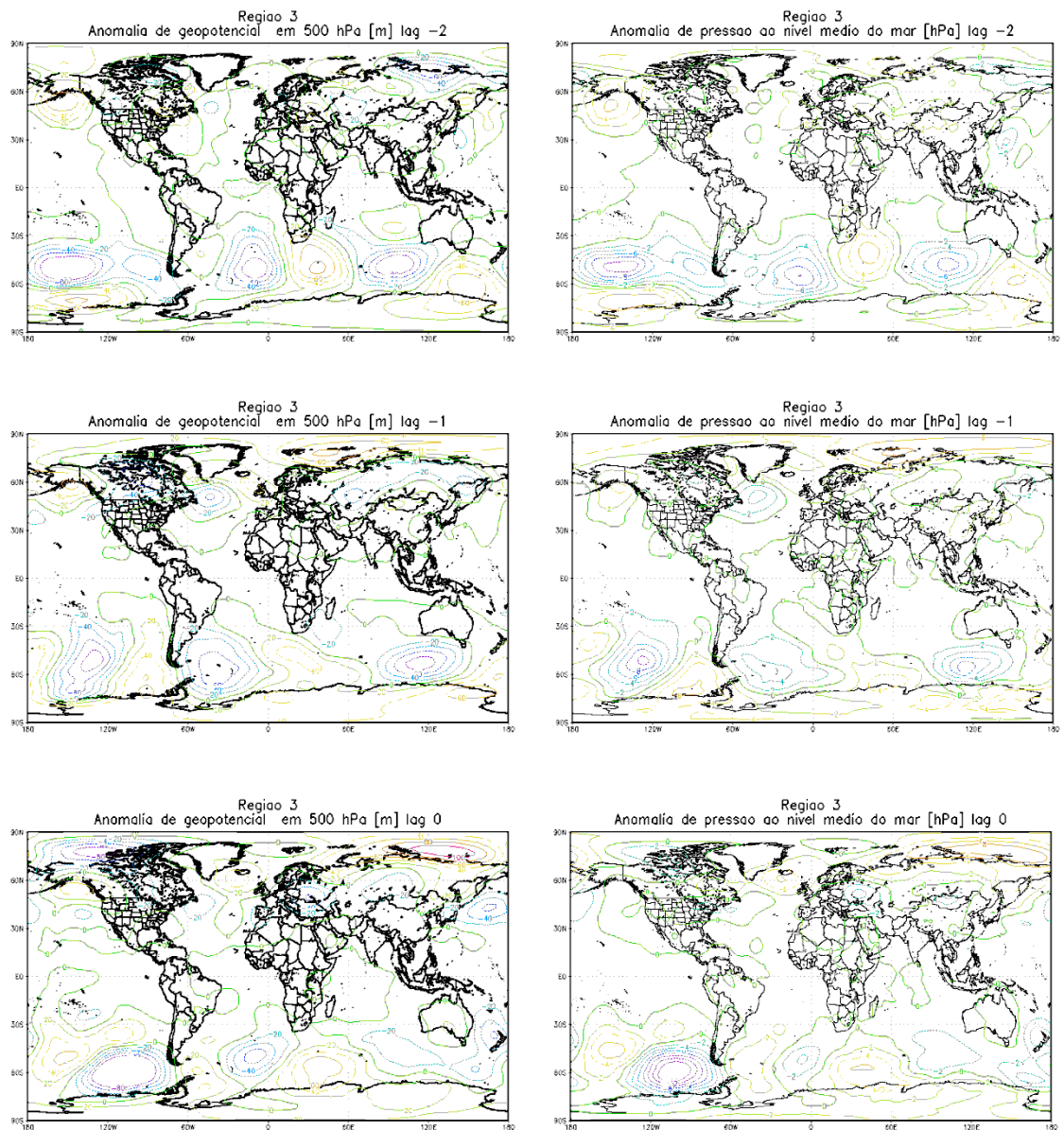


Figura 6-14: Diferença entre as composições de anomalias de altura geopotencial em 500 hpa (esquerda) e anomalias de PNMM em 850 hPa (direita) antes da pênitida seca (lag -2 e lag -1) e na pênitida seca lag 0, correspondentes a Região 3.

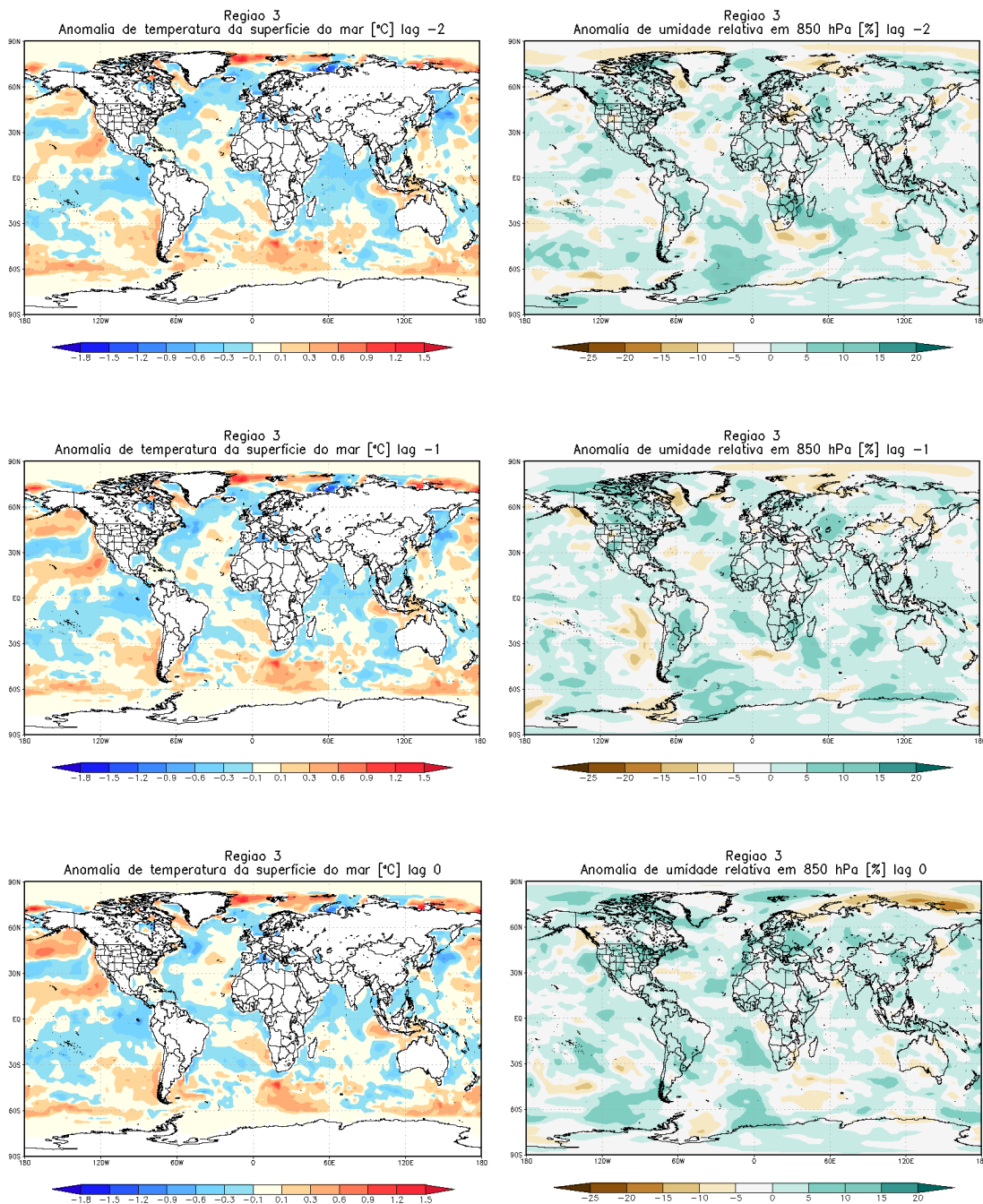


Figura 6-15: Diferença entre as composições de anomalias de temperatura da superfície do mar (esquerda) e umidade relativa em 850 hPa (direita) antes da pêntada seca (lag -2 e lag - 1) e na pêntada seca lag 0, correspondentes a Região 3.

6.3. Comparação entre os campos médios e os campos observados

Com objetivo de viabilizar o uso dos campos médios na previsão de períodos secos foi feita a comparação dos campos médios obtidos anteriormente para Região 3 com o veranico

observado na estação chuvosa de 1980. A escolha desse período se deve ao fato de ter chovido pouco em toda a região de Moçambique. Quanto a escolha dos campos médios para a Região 3 teve como base o fato desta região ter apresentado maior número de períodos secos em toda série em estudo.

Analisando os campos médios (painéis a esquerda) e os campos observados (painéis a direita) do vento horizontal em 200 hPa (Figura 6-16), é possível notar algumas semelhanças em termos de padrão da circulação do vento. No lag -2 é possível notar o trem de ondas entre a região subtropical, com dipolo bem pronunciado sobre a região SEA e mais a sul do oceano Índico, e o outro dipolo sobre o oceano Atlântico. No lag -1 é notável a predominância da circulação ciclônica sobre a região Sudoeste da África entre as longitudes 0 a 30° E, embora a mesma não seja visível no campo médio. No lag 0 o trem de ondas não está tão pronunciado quanto no campo observado e observa-se predominância da circulação ciclônica sobre a região mais ao sul do SA.

Quanto ao campo de anomalias do vento zonal em 200 hPa (Figura 6-17) é possível notar tanto nos campos médios como no campo observado um dipolo na região mais a oeste do oceano Índico com as mesmas configurações observadas no campo do vento horizontal no lag -2. No lag -1 observa-se o enfraquecimento dos dipolos e o trem de ondas em ambos os campos. No lag 0 observa-se no campo médio um dipolo não pronunciado entre as latitudes médias que também é visível no campo observado, porém, no campo médio também é possível visualizar um dipolo na região sudoeste da América do Sul e um outro dipolo pronunciado sobre a região sul da África.

O campo de divergência em 200 hPa (Figura 6-18) não difere dos outros campos quanto a semelhança dos padrões. No lag -2 tanto no campo médio e quanto no campo observado é evidente a forte divergência na região da Indonésia e na região mais ao sul da Austrália, na região leste do oceano Índico e a leste do Atlântico. No lag -1 observa-se uma forte divergência em alguns países do Sul da África, como África do Sul, Botsuana, Namíbia e toda região sul e centro de Moçambique. O mesmo se observou na região nordeste da América do Sul.

O campo observado das anomalias da altura geopotencial apresenta padrões similares ao campo médio em todos os lags, com um trem de ondas bem definido na região subtropical nos lags -2 e -1 e no lag 0 com trem de ondas bem mais próximos às latitudes médias (Figura 6-19). O mesmo acontece com o campo de anomalias de pressão ao nível médio do mar (Figura 6-20), porém, nos campos observados os padrões são mais pronunciados que nos campos médios. No lag -2 observa-se um trem de ondas desde a região sudoeste do oceano

Índico, próximo à região SEA, até aproximadamente 90° W, e uma célula de alta pressão próximo a região SEA, semelhante ao observado no campo médio, bem como o sistema de baixas pressões com dois núcleos entre as latitudes entre 30° e 60° S entre as longitudes 180° a 70° W, com um dos núcleos centrados no sul da Argentina. No lag -1, no campo observado, o trem de ondas deslocou-se para 120° E, mas esse padrão não é pronunciado no campo médio. No lag 0 observa-se o trem de ondas com núcleos confinados, na maior parte na latitude de 60° S, padrão este, que se diferencia nos outros lags, tanto nos campos observados como nos campos médios.

Os campos de umidade relativa em 850 hPa (Figura 6-21), são coerentes com os campos de divergência (Figura 6-18) analisados anteriormente. No lag -2, tanto no campo observado de 1980 como no campo médio, observa-se muita umidade na região da Indonésia, maior parte do SA, Ilha de Madagascar, região sudeste do Oceano Atlântico e Nordeste da América do Sul. Observa-se também uma região seca no sudoeste do oceano Índico, que é justificada pela presença da célula de altas pressões observada no campo da pressão ao nível médio do mar (Figura 6-20). No lag -1 observa-se a redução da umidade na região SEA, abrangendo a Ilha de Madagascar, em ambos os campos. No lag 0 observa-se a predominância de anomalias negativas de umidade na região SA, tanto no campo observado como no campo médio, embora no observado apareçam anomalias positivas mais a sudeste da África, cobrindo a região centro e norte de Moçambique e Madagascar.

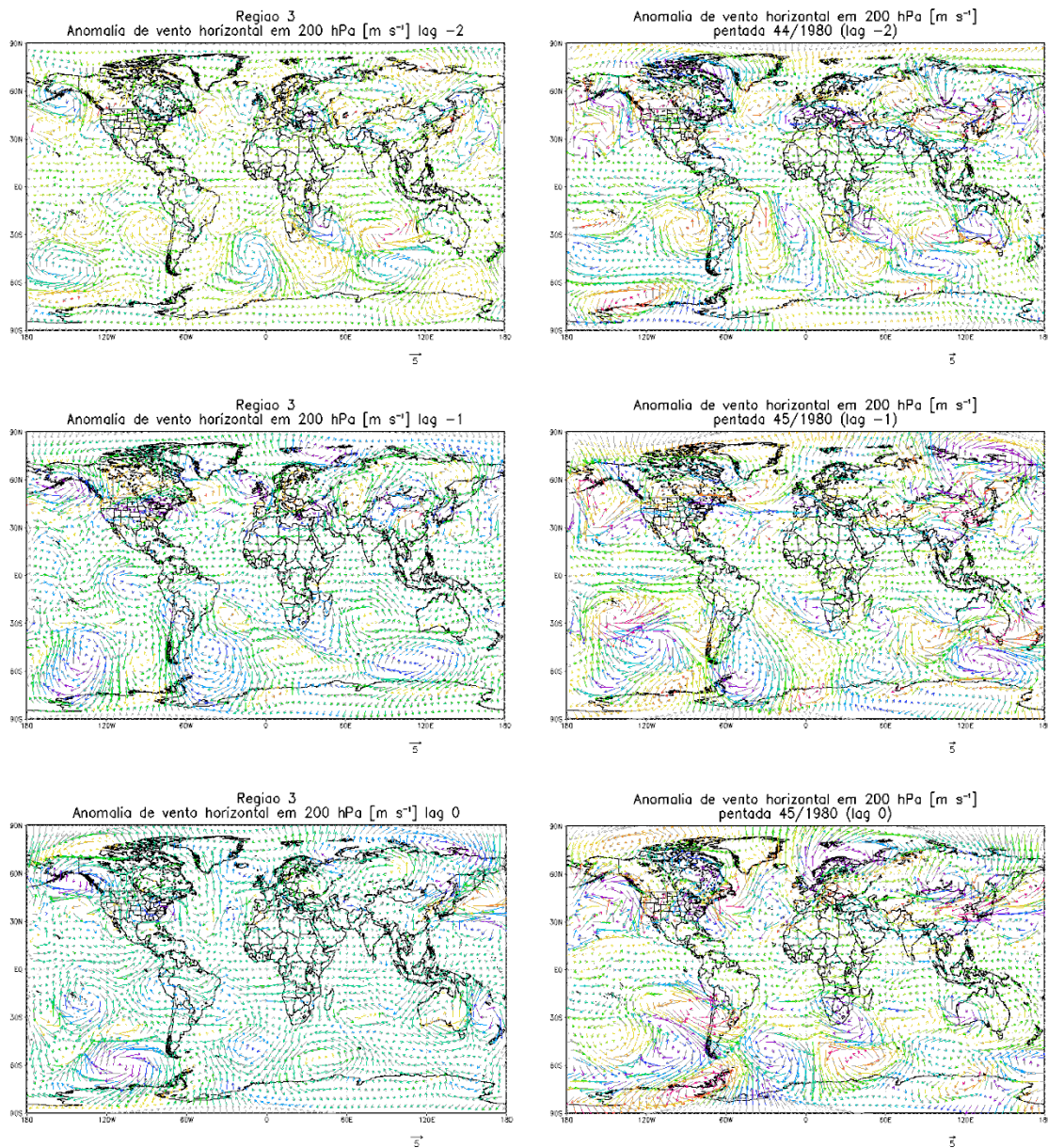


Figura 6-16: Composições de anomalias de vento horizontal em 200 hPa ($m s^{-1}$), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1, 0.

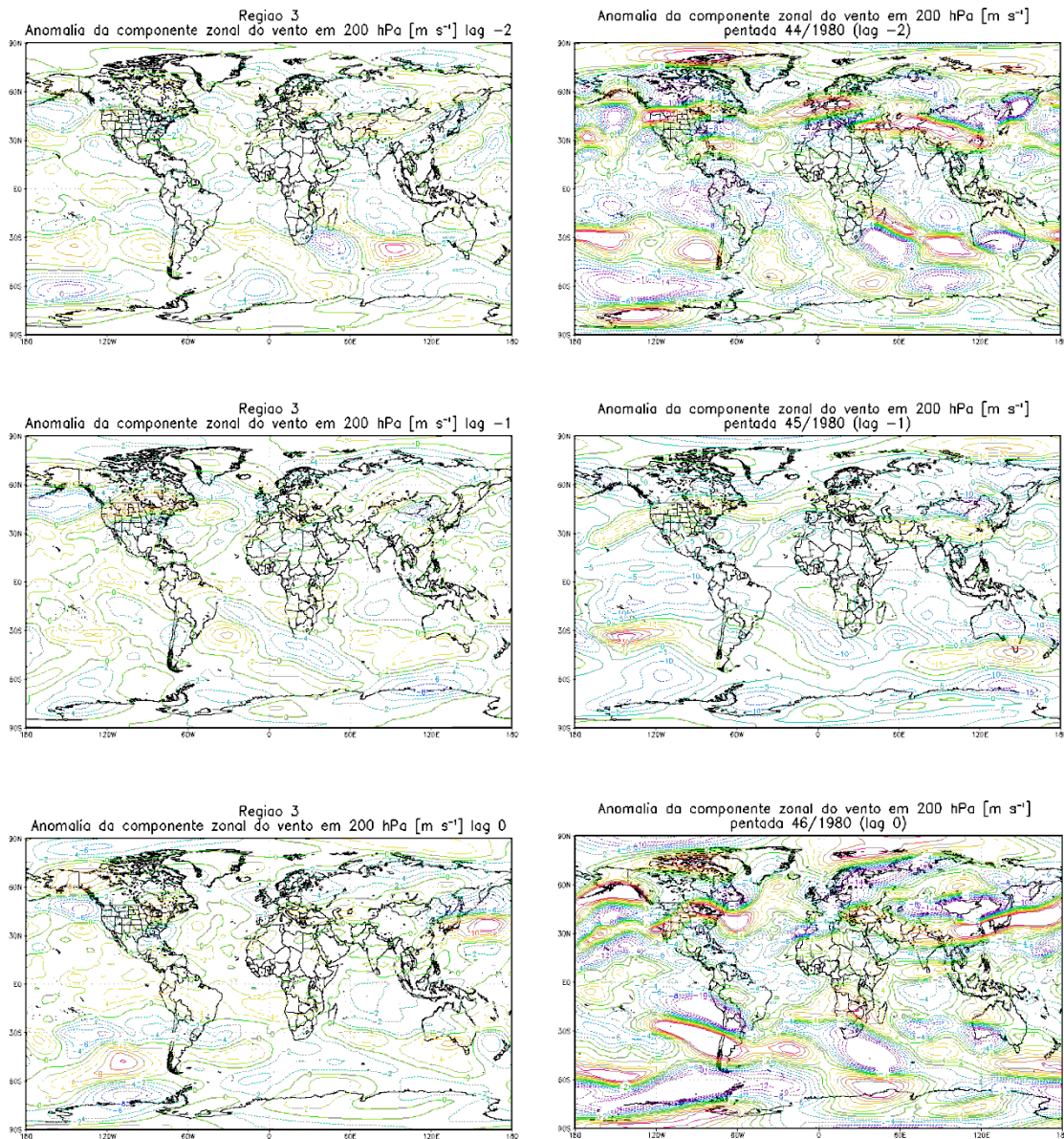


Figura 6-17: Composições de anomalias de vento zonal em 200 hPa (m s^{-1}), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1 e 0.

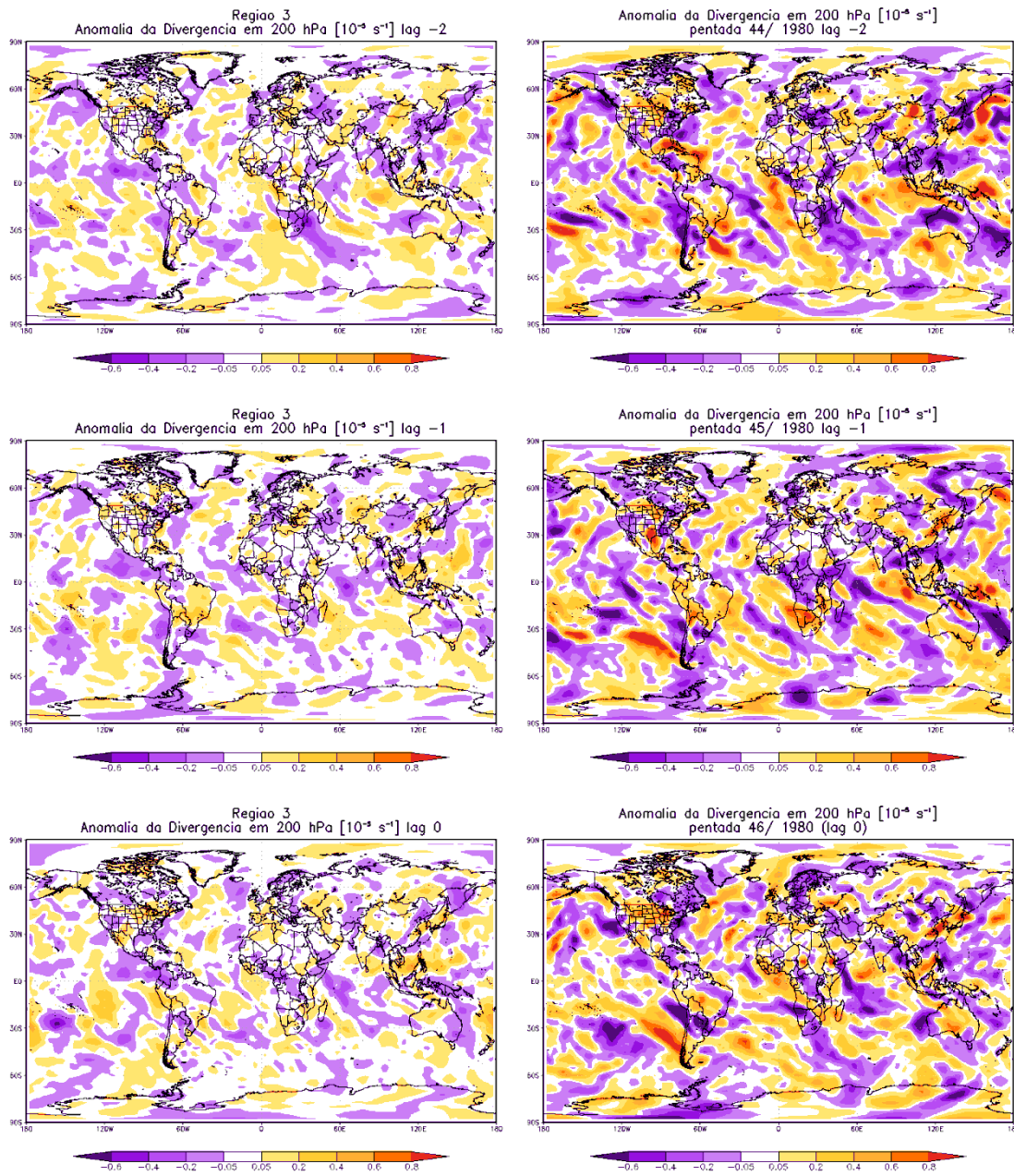


Figura 6-18: Composições de anomalia da divergência em 200 hPa (10^{-5} s^{-1}), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1 e 0.

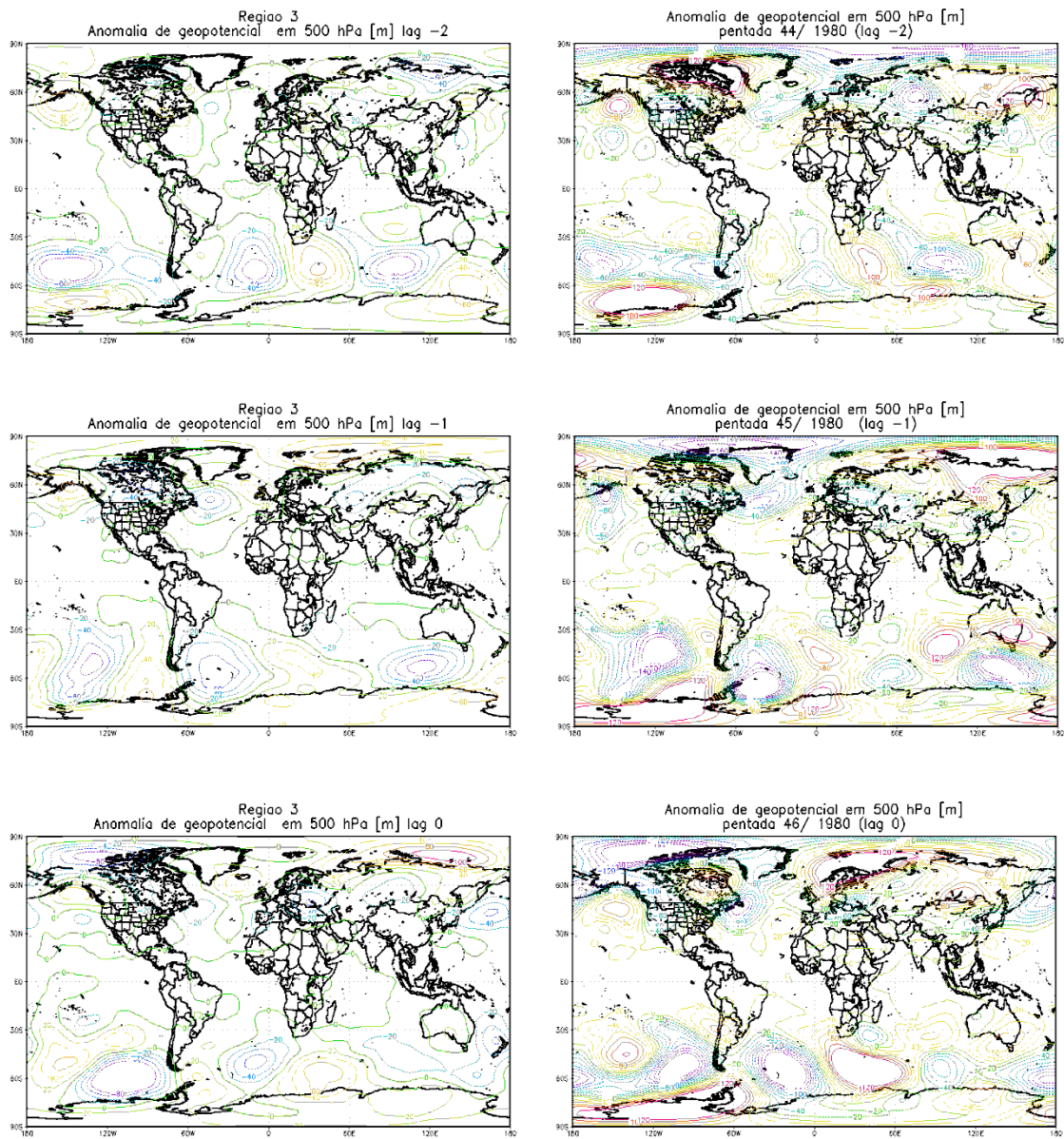


Figura 6-19: composições de anomalias de geopotencial em 500 hPa (m), para os campos médios (esquerda) e os observados (direita), nos lags -2, -1 e 0.

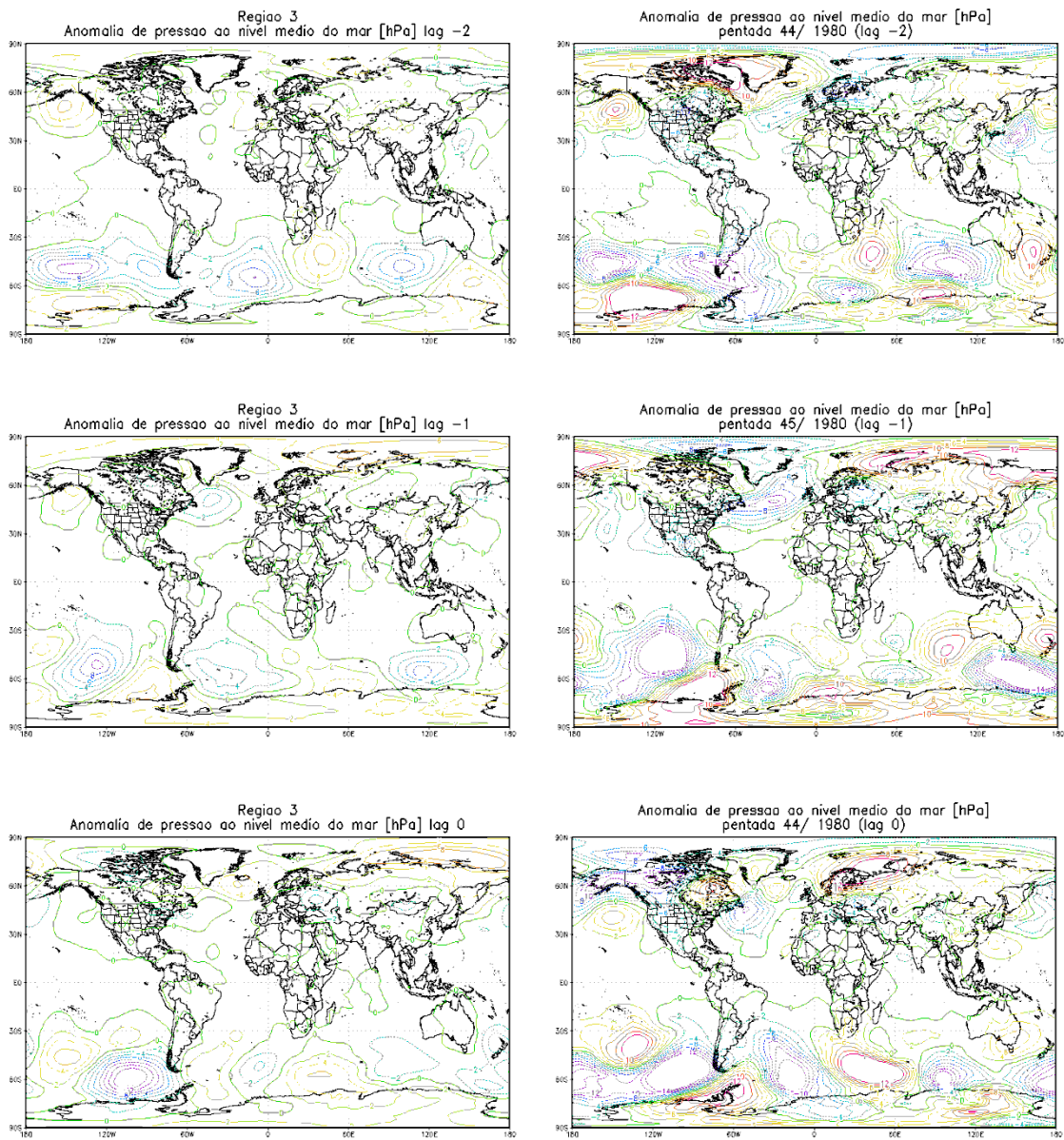


Figura 6-20: Composições de anomalias de pressão ao nível do mar (PNMM, em hPa), para os campos médios (direita) e os observados (esquerda), nos lags -2, -1 e 0.

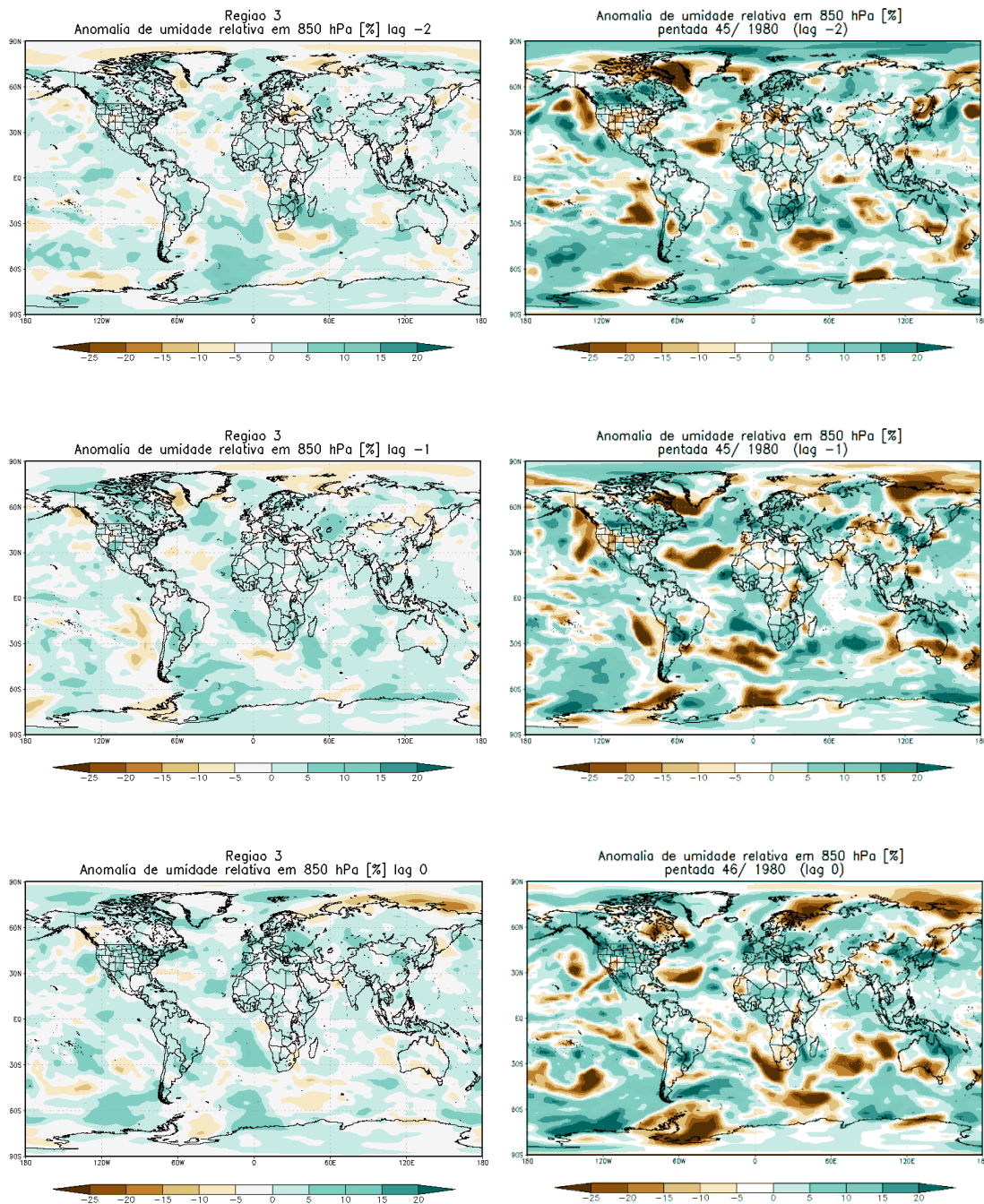


Figura 6-21: Composições de anomalias de umidade relativa em 850 hPa (%) para os campos médios (direita) e os observados (esquerda), nos lags -2, -1 e 0.

6.4. Conclusões sobre padrões atmosféricos

Feitas todas as análises dos campos de anomalias foi possível concluir que:

- ✓ Para todas as regiões, nos campos de vento horizontal em 200 hPa e em 850 hPa os padrões são um pouco similares. Por exemplo, na fase úmida (lag -2 e -1) observa-se uma sequência de trens de ondas localizados mais ao norte na região dos subtropicos quando comparados com o trem de ondas observados na lag 0. Essa condição dificulta a entrada de sistemas frontais na região SEA;
- ✓ O vento zonal também apresenta padrões similares nos lags -2 e -1, com anomalias predominantemente de ventos de leste na região SEA, enquanto que no lag 0 observa-se um padrão contrário, ou seja, predominância de anomalias de oeste;
- ✓ Quanto as anomalias de altura geopotencial nos lags -2 e -1, o padrão de trem de ondas é bem definido, acompanhando a circulação dos ventos descrito nos mesmos lags, e na maior parte das vezes observa-se um enfraquecimento desse padrão e o seu deslocamento para sul, inibindo a entrada de frentes frias no continente, sendo que os núcleos de anomalias negativas se encontram mais em latitude médias;
- ✓ O campo das anomalias de pressão a nível médio do mar, na fase úmida apresentam sistemas de baixas pressões mais a norte quando comparados com a pântada seca;
- ✓ Em geral, os campos de TSM não apresentam uma diferença notável entre as regiões, mas ficou notável que durante a fase úmida (lag -2 e lag -1) as anomalias de TSM na costa do SEA apresentaram valores negativos e durante a fase seca (lag 0) observa-se aparecimento de pontos de anomalias positivas;
- ✓ Os campos de anomalia de umidade relativa em todas as regiões apresentaram características similares, com anomalias positivas para maior parte da região SA na fase úmida (lag -1 e -2). Na fase seca (lag 0) as anomalias variaram de nulas a negativas na maior parte da região SEA, incluindo Moçambique.

De um modo geral, os campos médios espelham em sua maioria os casos reais de ocorrência de veranicos, como foi observado no caso do exemplo escolhido da estação chuvosa de 1986, em que foram observados padrões similares aos encontrados nos campos médios, tais como:

- ✓ Dipolo sobre a região SEA e o dipolo sobre o oceano Atlântico no lag -2; Predominância da circulação ciclônica sobre o Sudoeste da África, entre as longitudes 0 a 30° E, no lag -1. Quanto ao vento zonal, tanto o campo observado como o campo

- médio no lag -2 apresentaram um dipolo na região mais a oeste do oceano Índico e o trem de ondas bem definido. No lag -1 observa-se o enfraquecimento do dipolo do Índico e do trem de ondas. No lag 0 observou-se um dipolo entre as latitudes médias embora se apresente com mais intensidade no campo observado. No lag 0 observou-se um dipolo na região sudoeste da América do Sul (mais para o oceano Pacífico) e um outro dipolo pronunciado mais ao sul da SA;
- ✓ No campo da divergência em 200 hPa no lag -2, observou-se forte divergência na região da Indonésia e na região mais ao sul da Austrália, na região leste do oceano Índico e a leste do Atlântico, no lag -1 observou-se uma forte divergência em alguns países do Sul da África, tais como África do Sul, Botsuana, Namíbia e toda região sul e centro de Moçambique. O mesmo se observou na região nordeste da América do Sul;
 - ✓ Os campos médios de anomalias de altura geopotencial podem ser usados no auxílio da previsão de veranicos, pois também apresentaram características similares aos encontrados nos campos observados, como o trem de ondas que parte desde a região sul do sul da África, aproximadamente a 30° E até 60° W. No lag -1 observa-se um ligeiro deslocamento do trem de ondas para a região leste do Índico, mas ao sul da Austrália, no lag 0, observa-se a permanência do dipolo na região ao sul do SA;
 - ✓ Os campos das anomalias de pressão ao nível do mar possuem as mesmas características dos campos de altura geopotencial. No lag -2 observa-se um trem de ondas desde a região sudoeste do oceano Índico, próximo à região SEA, até aproximadamente 90° W, e uma célula de alta pressão próxima à região SEA. Também, um sistema de baixas pressões com dois núcleos entre as latitudes entre 30° e 60° S entre as longitudes 180° a 70° W, com um dos núcleos centrados no sul da Argentina. No lag -1 observa-se o deslocamento de trem de ondas para 120° E. No lag 0 observa-se o trem de ondas com núcleos confinados, em maior parte na latitude de 60° S;
 - ✓ Os campos observados de umidade relativa apresentam padrões coerentes aos campos médios. Como se pode observar, o lag -2 apresenta muita umidade da região da Indonésia, SA, na ilha de Madagascar e na região sudeste do oceano Atlântico na costa oeste do SA, com a presença de um núcleo seco na região sudoeste do Índico, no lag -2. A atmosfera apresenta-se mais seca com relação ao lag -2 e, no lag -1, observa-se a predominância de anomalias negativas de umidade na região SA.

7. Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a estação chuvosa de Moçambique, identificando as datas de início e fim da estação chuvosa, determinar as probabilidades de ocorrência de veranicos e por fim identificar os padrões atmosféricos associados a esses veranicos. Para esse fim, foram usados dados pântadais de chuva, coletados em 22 estações distribuídas pelo país, além de campos atmosféricos obtidos das reanálises do ECMWF/ERA-Interim. Para alcançar esses objetivos foram aplicados vários procedimentos.

Inicialmente foram determinadas as regiões homogêneas de acordo com o regime de precipitação usando a análise de “*Clusters*”, em que foram definidas três regiões homogêneas para todo o país. Sendo a Região 1 representando a região norte, a Região 2 a zona central e a Região 3 que representa a zona sul do país.

Em seguida foram determinadas as datas de início e fim da estação chuvosa para cada região homogênea, usando o método semelhante ao aplicado nos trabalhos de Freitas (1998) e Angelo (2011), tendo como base alguns limiares (percentis 5 e 15) obtidos da média climatológica suavizada da precipitação usando o filtro de Hann. Como as datas de início e fim da estação chuvosa variam de ano para ano, foi calculada a média das pântadas do início e do fim da estação chuvosa com a finalidade de uma possível comparação com os outros trabalhos já feitos concluindo-se que a estação chuvosa em Moçambique varia de uma região para outra, sendo que na Região 1, começa na pântada 54 e termina na pântada 24, na Região 2 começa na pântada 49 e termina na pântada 26 e, por fim, na Região 3 em que começa na pântada 50 e termina na pântada 24. Em média a estação chuvosa em Moçambique começa na pântada 51 (segunda semana de setembro) e termina na pântada 24 (na última semana do mês de abril) resultado este que está em acordo com o encontrado por Liebmann et al (2012) em que o início da estação chuvosa na África, especificamente a SEA, foi encontrado na segunda semana de Setembro e o fim entre a primeira e segunda semana de Abril.

Depois de determinar as datas do início e fim da estação chuvosa, foram calculadas as probabilidades de ocorrência de períodos secos com 1, 2, 3 e 6 pântadas secas durante um mês, começando de uma pântada qualquer do ano. Essa análise é importante, pois nos permite conhecer as características de períodos secos, ou a frequência de veranicos, numa determinada região. Além disso, essa informação é crucial para o planejamento de qualquer atividade relacionada de forma direta ou indireta com a precipitação, como o caso de planejamento do

plantio das culturas para melhorar o processo de irrigação. As análises dessas probabilidades foram feitas desde o princípio para cada estação e, posteriormente, para cada região homogênea. Os resultados mostram que durante a estação chuvosa a Região 3 foi a mais propensa a ocorrência de veranicos, tendo apresentado valores altos de probabilidades, e a Região 1 foi a região menos propensa aos veranicos.

Em seguida foram selecionados os veranicos que se observaram dentro da estação chuvosa em anos neutros para cada região homogênea. Com os mesmos foram construídos os campos de composições de anomalias defasadas no tempo em duas pântadas anteriores ao veranico (lags -2 e -1) e para a pântada correspondente ao próprio veranico (lag 0). Analisando os campos das composições das anomalias obtidas, concluiu-se que durante a fase úmida (lags -2 e -1) há predominância de ventos de leste que trazem umidade proveniente do oceano na região SEA e na fase seca há uma inversão de cenário, no que se refere ao campo do vento zonal. Os campos das anomalias da altura geopotencial e pressão a nível médio do mar ilustram padrões relativamente similares, com um trem de ondas em latitudes médias bem definido. Quanto as anomalias de altura geopotencial nos lags -2 e -1, o padrão de trem de ondas é bem definido, acompanhando a circulação dos ventos descrita nos mesmos lags. Na maior parte das vezes observa-se um enfraquecimento desse padrão e o seu deslocamento para sul, inibindo a entrada de frentes frias no continente, sendo que os núcleos de anomalias negativas encontram-se mais em latitudes médias. Sobre o continente, durante o veranico (lag 0), ambos os campos apresentam anomalias positivas sobre a região sul e SEA.

Por fim, com objetivo de viabilizar o uso dos campos médios para a previsão de veranicos, foi feita a comparação entre campos médios da Região 3 com os campos observados de 1980, correspondentes a pântada 46. Nessa análise concluiu-se que a maioria dos padrões encontrados nos campos médios da Região 3 foram encontrados nos campos observados de 1986, tais como: trem de ondas na região subtropical, dipolo na região SEA (Figura 6-16 e Figura 6-17); forte divergência na região da Indonésia, a leste do oceano Índico e leste do oceano Atlântico (Figura 6-18); permanência da célula de alta pressão na região a sul do SA (Figura 6-19 e Figura 6-20); predominância de anomalias positivas de umidade relativa na região SA, abrangendo a ilha de Madagascar, e pouca umidade na região mais a sul do SA (Figura 6-21).

7.1. Para trabalhos futuros, a autora sugere:

- Que se faça a mesma análise, abordando as análises dos padrões atmosféricos associados a veranicos em anos de La Niña e El Niño, por este aspecto não ter sido abordado nesse trabalho, devido a quantidade de análises já feitas;
- Refazer os cálculos da determinação das datas de início e fim da estação chuvosa, utilizando limiares característico de uma determinada cultura agrícola, para melhor fazer o planejamento da prática de agricultura, estabelecendo a melhor época de semeadura;
- Determinar as probabilidades de ocorrência de veranicos (ou períodos secos) levando em conta as necessidades hídricas de cada cultura, para fins do seu zoneamento agrícola.

Apêndice A: Estações meteorológicas usadas no trabalho.

Tabela A.1: Estações meteorológicas usadas no trabalho

Estação Meteorológica	Código	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Província
Cuamba	NS001002	-14.82	36.53	606	Niassa
Lichinga	NS001003	-13.30	35.23	136.5	Niassa
Lumbo	NP002049	-15.03	40.67	10	Nampula
Nampula	NP002051	-15.10	39.28	438	Nampula
Pemba	CD000034	-12.98	40.53	101	Cabo Delgado
Mocimboa da Praia	CD000013	-11.35	40.37	27	Cabo Delgado
Beira	SF006053	-19.80	34.90	8	Sofala
Chimoio	MN005015	-19.12	33.47	731	Manica
Sussundenga	MN005045	-19.33	33.23	620	Manica
Quelimane	ZB004001	-17.88	36.88	6	Zambézia
Tete	TT003001	-16.18	33.58	149	Tete
Panda	IB007007	-24.05	34.72	150	Inhambane
Vilanculos	IB007010	-22.00	35.32	20	Inhambane
Inhambane	IB007003	-23.87	35.38	14	Inhambane
Chokwe	GZ008050	-24.53	32.98	33	Gaza
Xai-xai	GZ008032	-25.05	33.63	4	Gaza
Maniquenique	GZ008035	-24.73	33.53	13	Gaza
Massingir	GZ008011	-25.88	32.15	100	Gaza
Maputo Mavalane	MP009044	-25.92	32.57	39	Maputo
Maputo Observatório	MP009001	-25.97	32.60	60	Maputo
Changalane	MP009052	-26.30	32.18	100	Maputo
Umbeluzi	MP009012	-26.05	32.38	10	Maputo

Apêndice B: Correspondência entre pântadas e as datas convencionais.

Tabela B.1: Correspondência entre pântadas e as datas convencionais.

Pênt.	Data	Pênt.	Data	Pênt.	Data	Pênt.	Data
1	01 - 05 / jan	19	01 - 05 / abr	37	30/jun - 04/jul	55	28/set - 02/out
2	06 - 10 / jan	20	06 - 10 / abr	38	05 - 09 / jul	56	03 - 07 / out
3	11 - 15 / jan	21	11 - 15 / abr	39	10 - 14 / jul	57	08 - 12 / out
4	16 - 20 / jan	22	16 - 20 / abr	40	15 - 19 / jul	58	13 - 17 / out
5	21 - 25 / jan	23	21 - 25 / abr	41	20 - 24 / jul	59	18 - 22 / out
6	26 - 30 / jan	24	26 - 30 / abr	42	25 - 29 / jul	60	23 - 27 / out
7	31/jan - 04/fev	25	01 - 05 / mai	43	30/jul - 03/ago	61	28/out - 01/nov
8	05 - 09 / fev	26	06 - 10 / mai	44	04 - 08 / ago	62	02 - 06 / nov
9	10 - 14 / fev	27	11 - 15 / mai	45	09 - 13 / ago	63	07 - 11 / nov
10	15 - 19 / fev	28	16 - 20 / mai	46	14 - 18 / ago	64	12 - 16 / nov
11	20 - 24 / fev	29	21 - 25 / mai	47	19 - 23 / ago	65	17 - 21 / nov
12	25/fev- 01/mar	30	26 - 30 / mai	48	24 - 28 / ago	66	22 - 26 / nov
13	02 - 06 / mar	31	31/mar-04 - jun	49	29/ago - 02/set	67	27/nov-01/dez
14	07 - 11 / mar	32	05 - 09 / jun	50	03 - 07 / set	68	02 - 06 / dez
15	12 - 16 / mar	33	10 - 14 / jun	51	08 - 12 / set	69	07 - 11 / dez
16	17 - 21 / mar	34	15 - 19 / jun	52	13 - 17 / set	70	12 - 16 / dez
17	22 - 26 / mar	35	20 - 24 / jun	53	18 - 22 / set	71	17 - 21 / dez
18	27 - 31 / mar	36	25 - 29 / jun	54	23 - 27 / set	72	22 - 26 / dez
						73	27 - 31 / dez

Apêndice D: Regiões homogêneas e suas respectivas estações.

Tabela D.1: Regiões homogêneas e suas respectivas estações meteorológicas.

Região 3	Região 2	Região 1
changanane	Beira	cuamba
Chokwe	Chimoio	Lichinga
Inhambane	Sussundenga	Lumbo
Maniquenique		Mocimboa
Maputo M		Nampula
Maputo O		Pemba
Massingir		Quelimane
Panda		Tete
Umbeluze		
Vilanculos		
Xai-Xai		

Apêndice E: Consistência de dados método de dupla massa para cada estação.

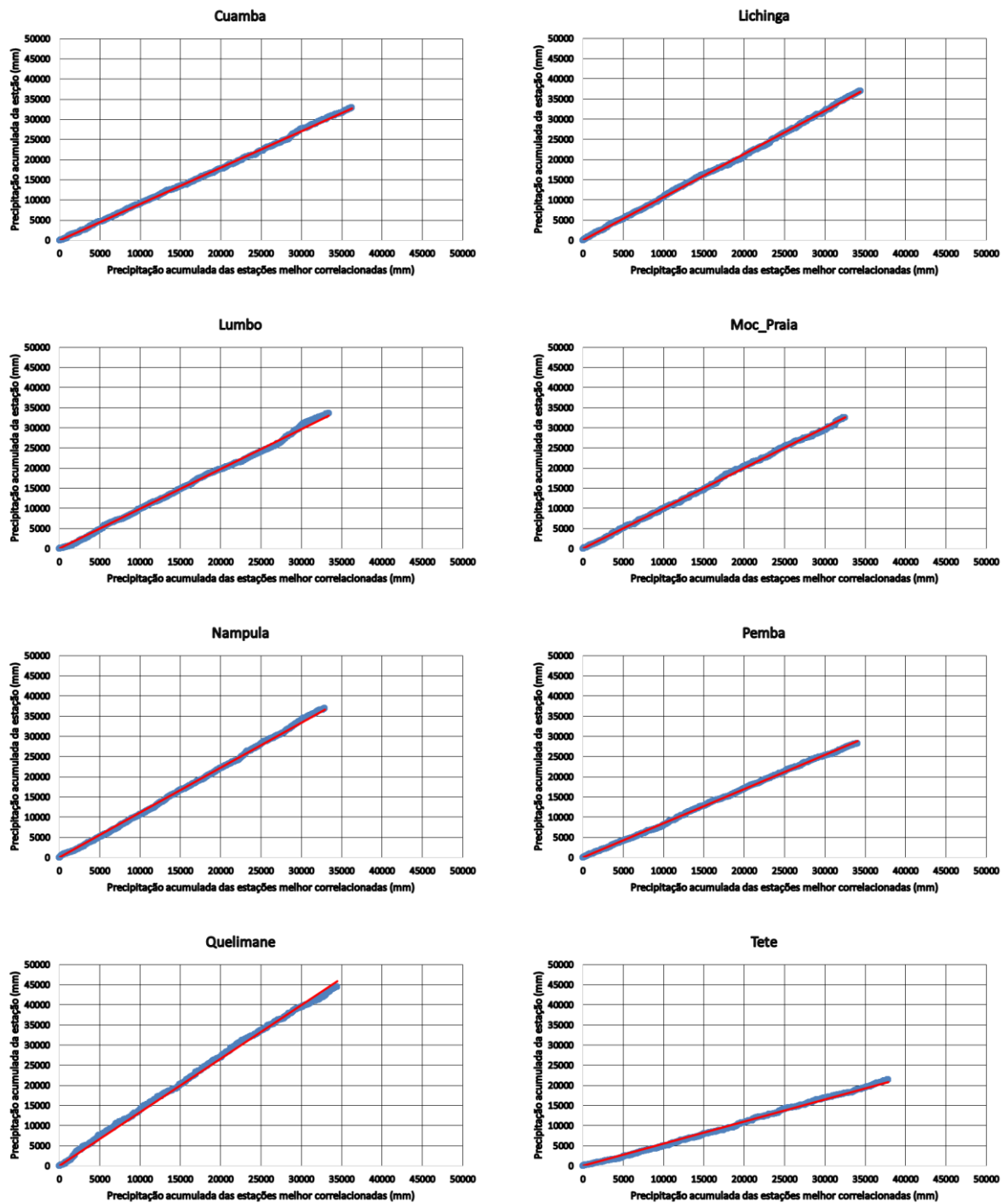


Figura E.1: Consistência de dados método de dupla massa para cada estação.

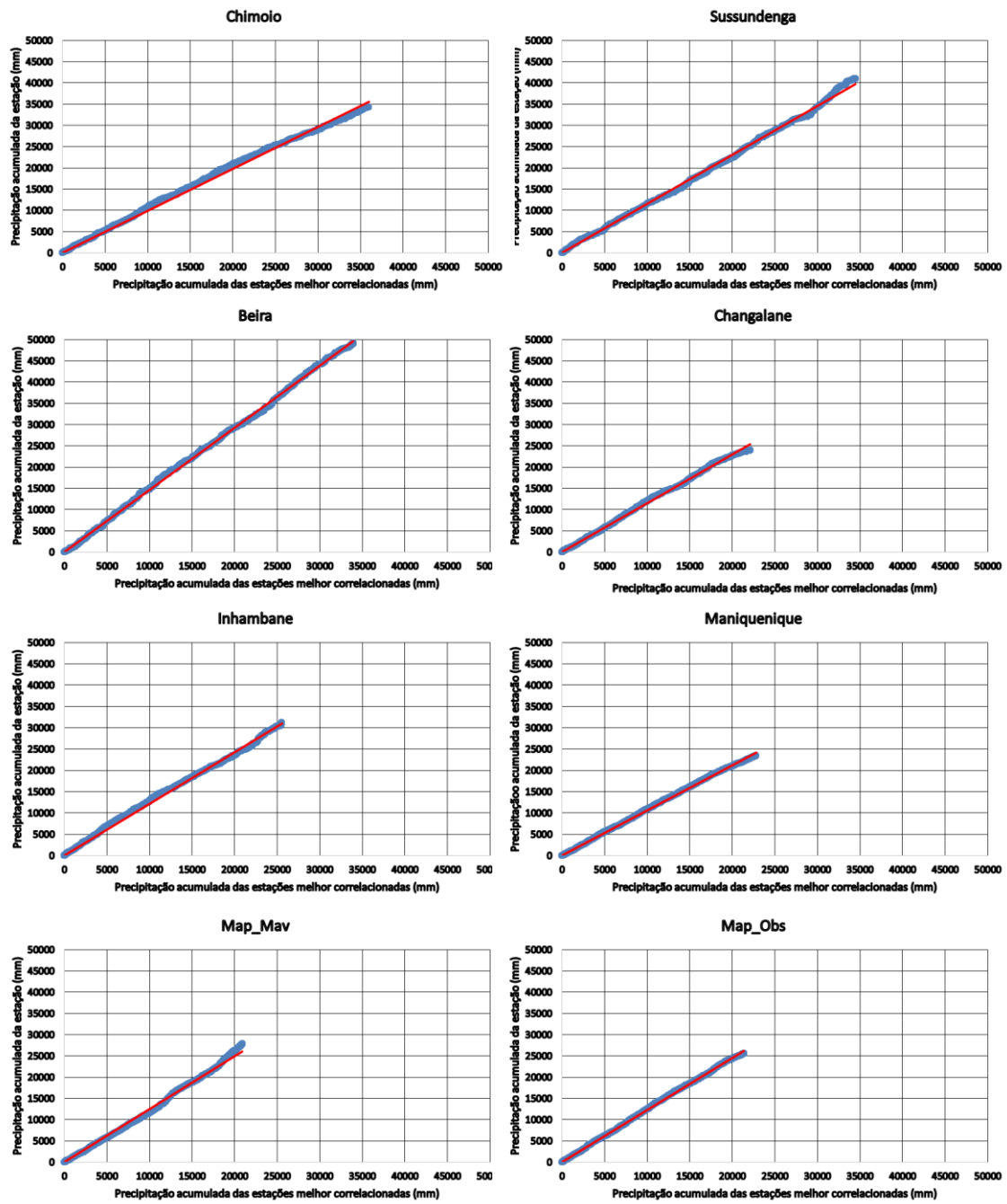


Figura E.1: Continuação.

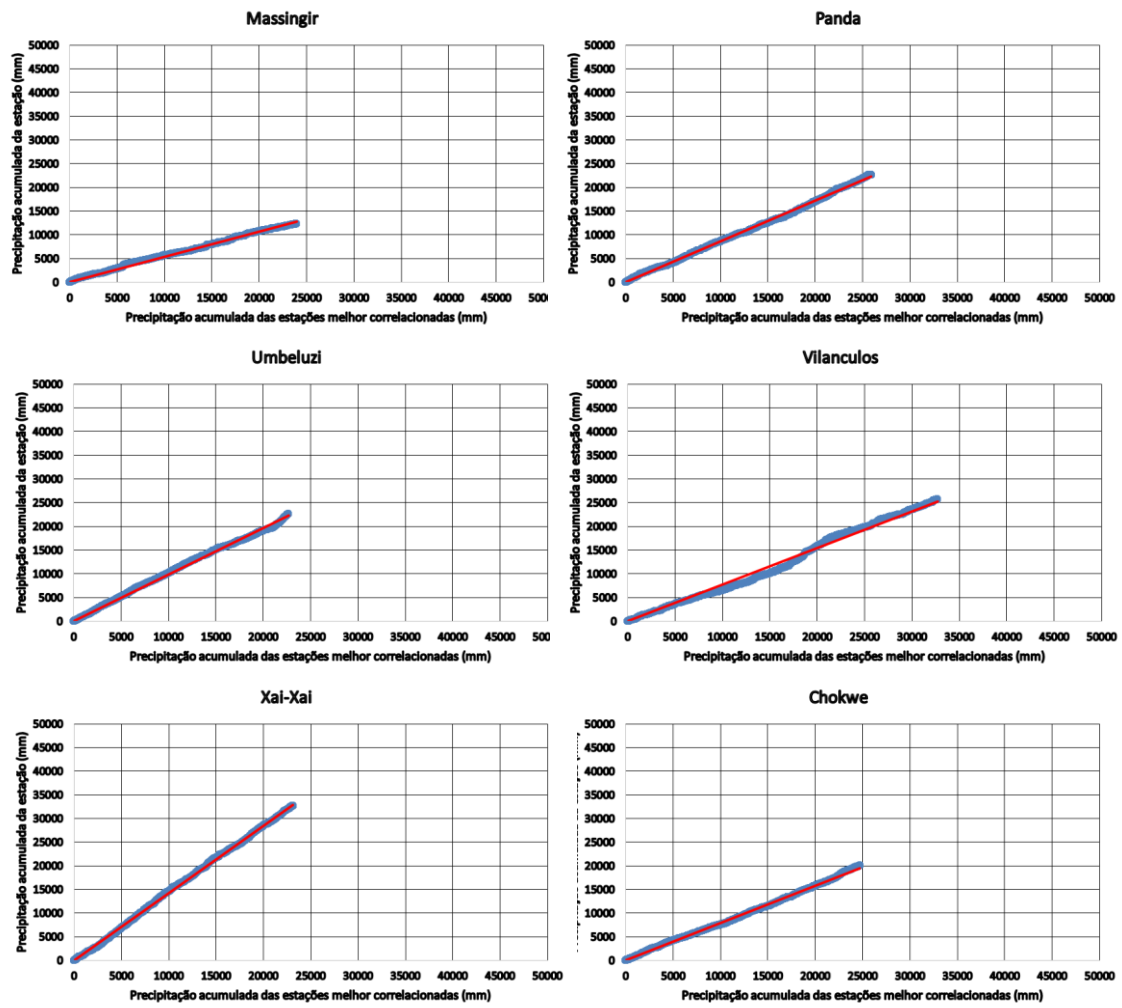


Figura E.1: Conclusão.

Apêndice F: Climatologia de precipitação para cada estação pluviométrica.

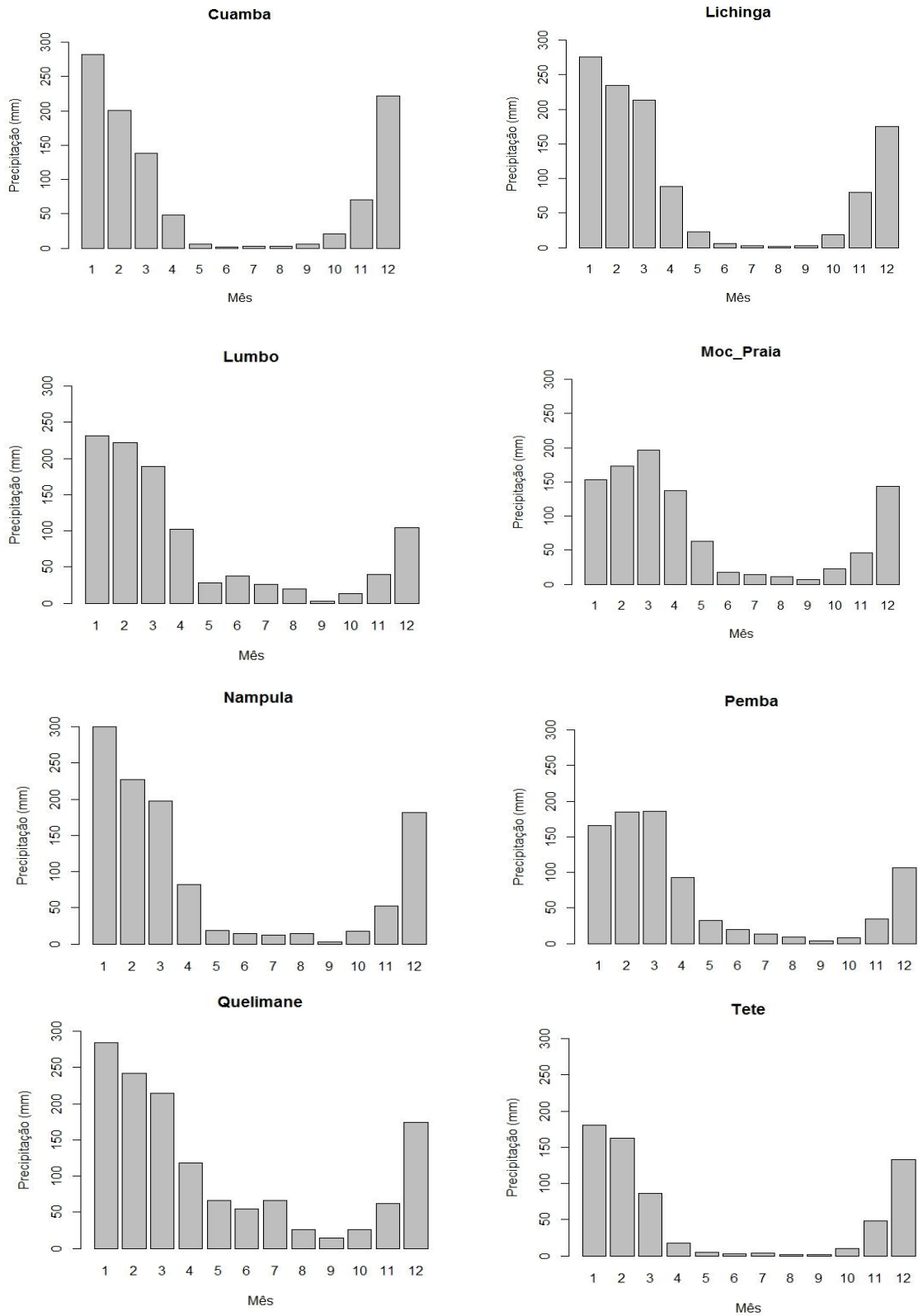


Figura G.1: Climatologia de precipitação para cada estação pluviométrica

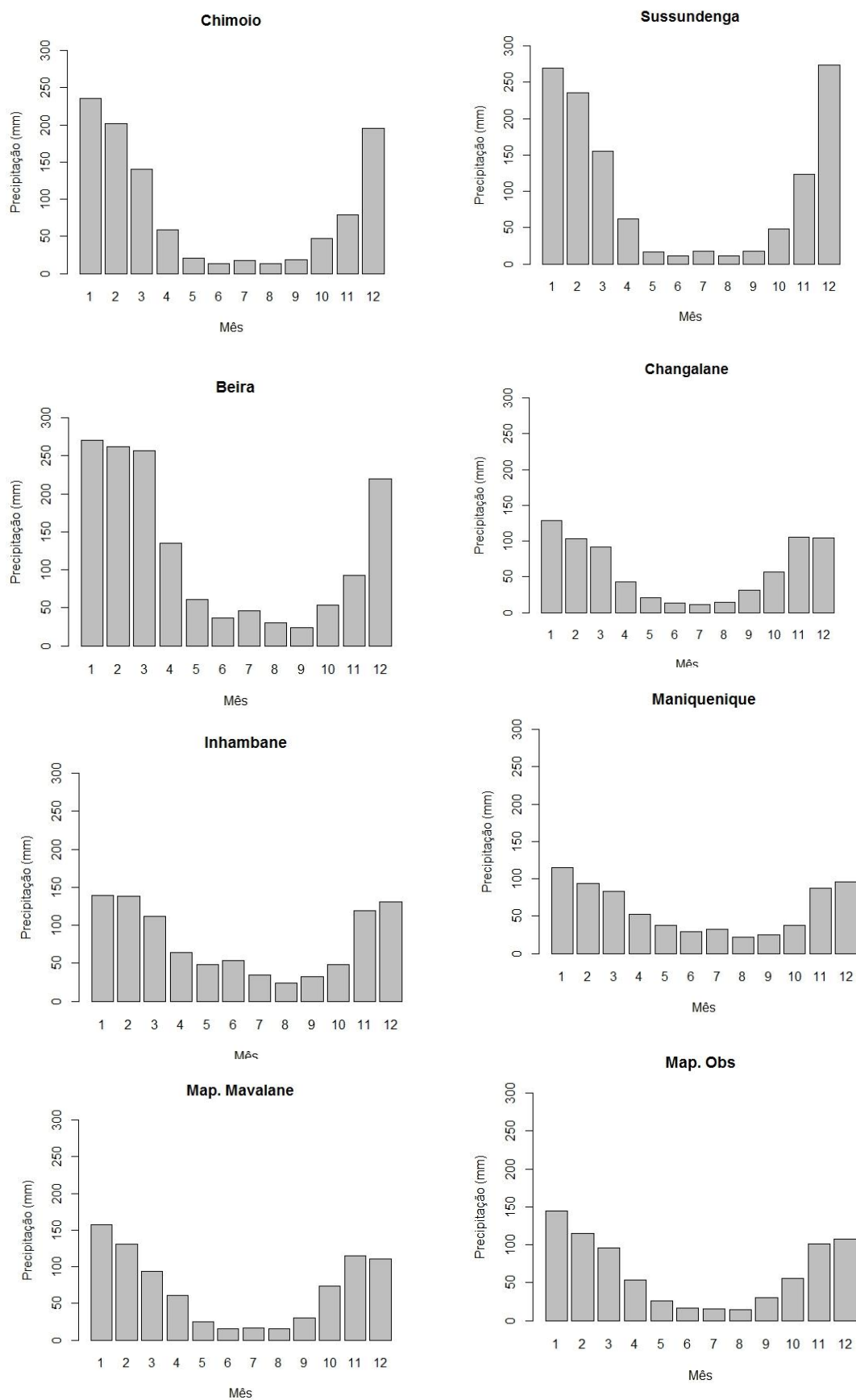


Figura G.1: Continuação

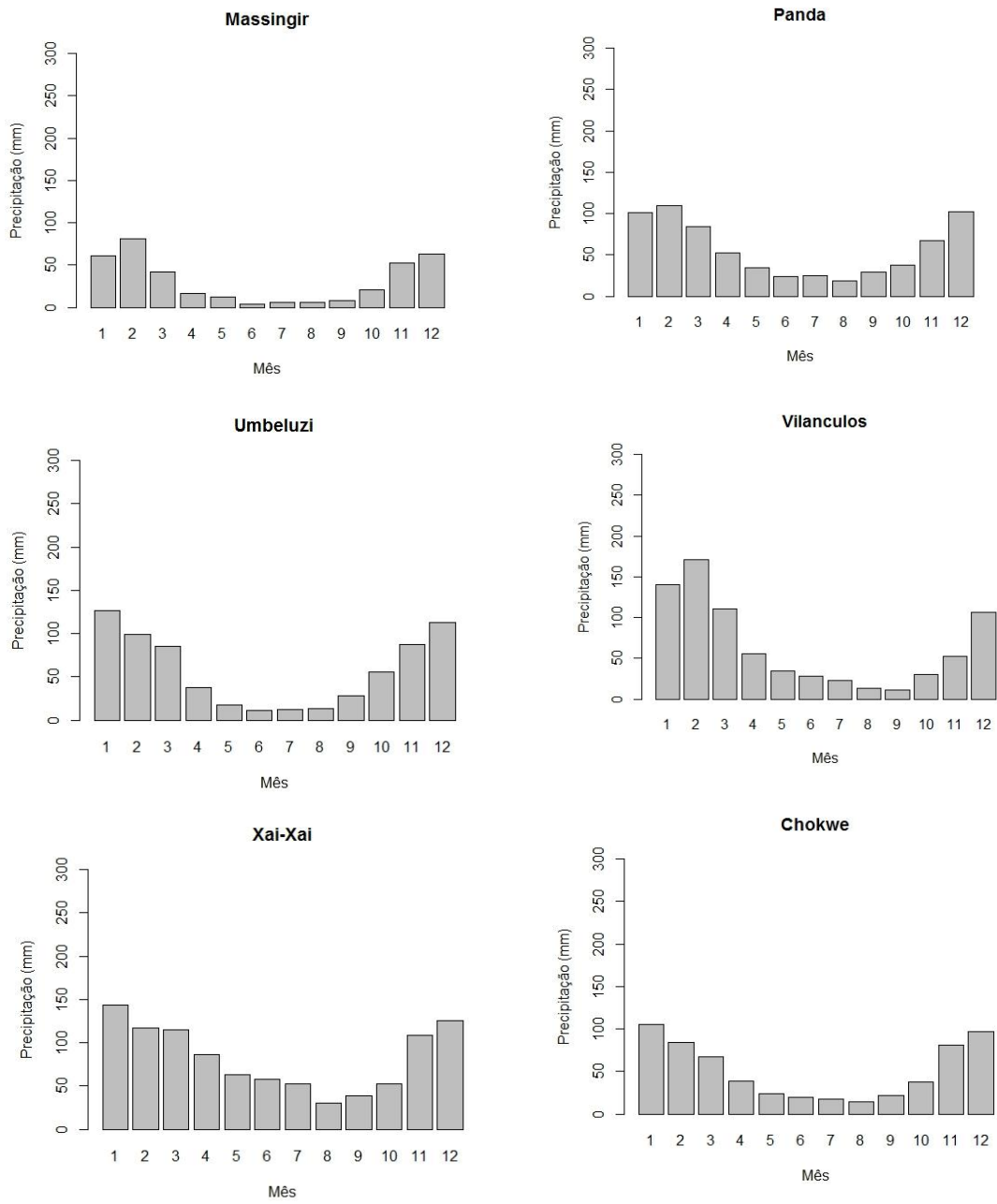


Figura F.1: Conclusão.

Anexo A: Média das datas de início (a) e fim (b) da estação chuvosa para África.

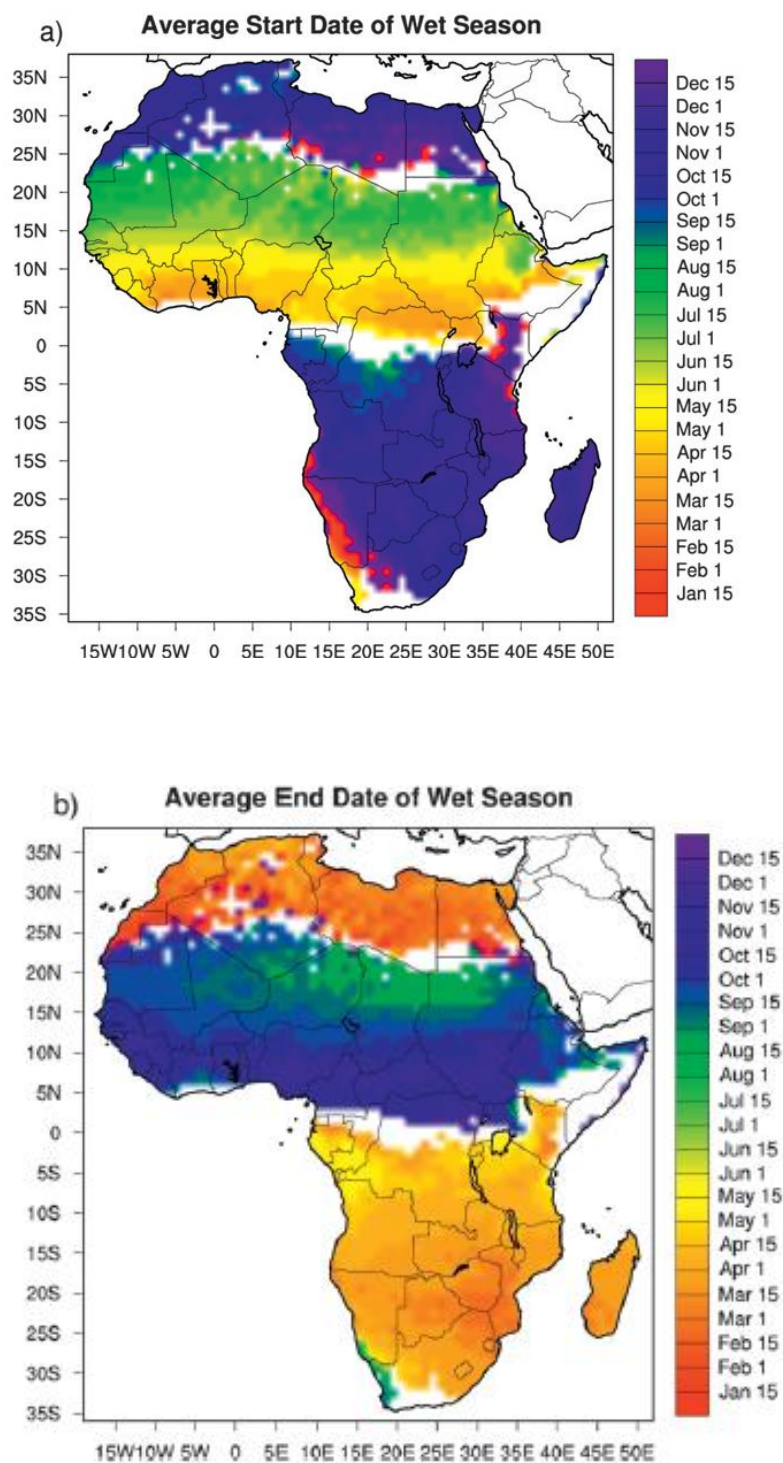


Figura A.1: média das datas do início (a) e fim (b) da estação chuvosa para África. Fonte: Liebmann et al. (2012)

Referências Bibliográficas

- ANGELO, A. T. *Determinação da probabilidade de ocorrência de períodos secos e condições atmosféricas associadas nas zonas produtoras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo*. 2011. 129f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2011.
- BARBOSA, S. E. DA S., BARBOSA JÚNIOR, A. R., SILVA, G., QUEIROZ, D.A., CAMPOS, E. N. B., RODRIGUES, V. DE C. *Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a Bacia do Carmo, Minas Gerais*. Engenharia sanitária e Ambiental, v.10, n.1, p. 64-71, 2005.
- BARRON, J., ROCKSTRÖM, J., GICHUKI, F., e HATIBU, N. *Dry spell analysis and maize yields for two semi-arid locations in east Africa*. Agricultural and Forest Meteorology v.117,p. 23–37, 2003.
- BENNETT, N. D., NEWHAM, L. T. H., CROKE B. F. W., JAKEMAN, A. J. Patching and Disaccumulation of rainfall data for hidrological modelling. *Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand*, p. 2520-2526, 2007.
- BROWNE, N. A. K. *Model Evaluation for Seasonal Forecasting over Southern Africa*. 2011. 118. Tese – Departamento de Meio Ambiente e Ciências geográficas, Universidade de Cape Town. 2011.
- D'ALMEIDA, C. *Oscilações intrasazonais de precipitação na estação chuvosa em são paulo e condições atmosféricas associadas*. 1997. 113f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1997.
- FABRÍCIO, G. M., VENIZANI JUNIOR, J. C. T., KAISER, I. M. *Análise dos dados pluviométricos da estação Hidrometeorológica da FATEC-Jau*. Anais – 4º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC-Jau, v. 5, p. 54-67, 2013.
- FREITAS, E. D. *Variabilidade sazonal e intrasazonal da precipitação no estado do Paraná*. Universidade da São Paulo.1998. 133f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1998.

- GÓMEZ, M. R. S. *Spatial and temporal rainfall gauge data analysis and comparison with TRMM microwave radiometer surface rainfall retrievals*. 2007. 95. Dissertation (MSc in Geosciences) – International Institute for Geo – information Science and Earth Observation Enschede, the Netherlands. ITC, 2007.
- HARRISON, M. S. J., *Comparison of rainfall time series over South Africa generated from real data and through principal component analysis*. Journal of Climatology, v. 4, p. 561-564, 1984.
- HOGUANE, A. M. 2000 - *Marine Sciences and Oceanography in Mozambique*. Science in Mozambique opportunity for US collaboration. At AAAS / International / Africa.
- HOGUANE, A. *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*. Revista Da Gestão Costeira Integrada. V. 7, n.1, p. 69–82, 2007.
- KOUSKY, V. E. *Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 3 n.1 p. 217–231, 1988.
- KRISTEN, I., FUHRMANN, A., THORPE, A., ROHL, U. OBERHANSLI, H. *Hydrological changes in southern Africa over the last 200 Ka as recorded in lake sediments from the Tswaing impact crater*. South African Journal of Geology, v. 110 p. 311-326, 2007.
- LIEBMANN, B., BLADÉ, I., KILADIS, G. N., CARVALHO, L. M. V., B. SENAY, G., ALLURED, D., FUNK, C. *Seasonality of African Precipitation from 1996 to 2009*. Journal of Climate, v. 25, n.12, p. 4304–4322, 2012.
- LINDEN, R. *Técnicas de Agrupamento*. Revista de Sistemas de Informação da FSMA. v. 4, p. 18–36, 2009.
- LINDESAY, J. A., HARRISON, M. S. J., HAFFNER, M. P. *The Southern Oscillation and South African rainfall*. South African Journal of Science, v. 82, p. 196–198, 1986.
- LINDESAY, J. A. *South African rainfall, the Southern Oscillation and a Southern Hemisphere semi-annual cycle*. Journal of Climatology, v. 8, p. 17–30, 1988.
- MANHIQUE, A. J. *The south Indian convergence zone and relationship with rainfall variability in Mozambique*. 2008, 164. Tese (Doutorado em Meteorologia) –

- Universidade de Cape Town, Faculdade de ciências, Departamento de Oceanografia, Cape Town. 2008
- MARENGO, J. A., LIEBMANN, B., KOUSKY, V. E., FILIZOLA, N. P., WAINER, I. C. *Onset and end of the rainy season in the Brazilian amazon basin. Journal of Climate*, V. 14, n. 5, p. 833–852, 2001.
- MICOA. *Plano de acção Nacional de Combate à seca e à desertificação*. P. 88, 2002. Retrieved from <http://www.unccd.int/ActionProgrammes/mozambique-other2002.pdf>
- MICOA. *Avaliação da vulnerabilidade as mudanças climáticas e estratégias de adaptação*. P. 61, 2005. Disponível em : http://fsg.afre.msu.edu/mozambique/caadp/Avaliacao_vulnerab_mud_climat_estrateg_adapt.pdf
- MICOA. (2007). *Avaliação das Experiências de Moçambique na Gestão de Desastres Climáticos (1999 a 2005)*. Disponível em : <http://www.nlcap.net/fileadmin/NCAP/Countries/Mozambique/O3-032135.0407xx.MOZ.CON-01.Output3and8.v1.pdf>
- NICHOLSON, S. E., e KIM, J. *The relationship of the El Nino oscillation to African rainfall*. *International Journal of Climatology*, v.17, p.117–135, 1997.
- NICHOLSON, S. E., e SELATO, J. C. *The influence of La Nina on African rainfall*. *International Journal of Climatology*, v. 20 n.14, p. 1761–1776, 2000.
- PATRÍCIO, D. M., SAMO, G., e DEUS, N. D. *Formulação de um Programa para a implementação da Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação (UNCCD) nos países da CPLP: Relatório de Moçambique*, p.85, 2009.
- PERSSON, A., GRAZZINI, F. *User Guide to ECMWF forecast products*. *Meteorological bulletin M3.2-ECWMF*, v. 4, p. 161, 2007.
- REASON, C. J. C., LANDAMAN, W., Tennant, W. *Seasonal to decadal prediction of southern African climate and its links with variability of the Atlantic Ocean*. *Bolletín of American Meteorological Society*, v.87 n. 7 p. 941-955, 2006.

- REASON, C. J. C., KEIBEL, A. *Tropical Cyclone Eline and its unusual penetration and impacts over the southern African Mainland*. Weather and Forecasting, v. 19, p. 789-805, 2004.
- ROCHA, A. e SIMMONDS, I. *Interannual variability of south-eastern African summer rainfall. Part 1: relationships with air-sea interaction processes*. International Journal of Climatology, v. 17, p. 235–265, 1997.
- SAETRE, R. e SILVA, R. P. *The marine fish resources of Mozambique*. Serviços de Investigação Pesqueira. Maputo/Institute of Marine Research, Bergen. p. 179, 1979.
- SANSINGOLO, C. A. *Variabilidade interanual da estação chuvosa em São Paulo*. Climanálise, v. 4, n. 9, p. 40-43, 1989.
- SIVAKUMAR, M. V. K. *Empirical Analysis of Dry Spells for Agricultural Applications in West Africa*. Journal of Climate. v. 5, p. 532-539, 1992.
- SUGAHARA, S. *Flutuações interanuais, sazonais e intrasazonais de precipitação no estado de São Paulo*. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, SP, 1991.
- TYSON, P. e PRESTON-WHYTE, R. (2000). *The Weather and Climate of Southern Africa*. Oxford University Press Southern Africa.
- USMAN, M. T., e REASON, C. J. C. *Dry spell frequencies and their variability over southern Africa*. Climate Research, v. 26, n. 3, p. 199–211, 2004.
- WISSMANN, D. A., TAMPELINI, L. G., FEIL, A. C., SAMPAIO, S. C., SUSZEK, M. *Ferramenta computacional para análise de consistência de dados pluviométricos*. Varia Scientia, v. 6, n.11, p. 99–106, 2006.