

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Meteorologia



Dissertação

Variabilidade da precipitação em Mato Grosso do
Sul e a relação com Índices Oceânicos

Cátia Cristina Braga Rodrigues

Pelotas, 2012

Cátia Cristina Braga Rodrigues

Variabilidade da precipitação em Mato Grosso do Sul e a relação com Índices Oceânicos

Defesa apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Prof. Dr. Julio Renato Quevedo Marques, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, para obtenção do título de Mestre em Meteorologia (M. M.)

Orientador: Julio Renato Quevedo Marques

Pelotas, 2012

Dados de catalogação na fonte:
Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

R696v Rodrigues, Cátia Cristina Braga

Variabilidade da precipitação em Mato Grosso do Sul e a relação com índices oceânicos / Cátia Cristina Braga Rodrigues. – 76f. ; il color. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Meteorologia. Pelotas, 2012. – Orientador Julio Renato Quevedo Marques.

1.Meteorologia. 2.Precipitação. 3.Padrão de oscilação principal. 4.Temperatura da superfície do mar. 5.Mato Grosso do Sul. I.Marques, Julio Renato Quevedo. II.Título.

CDD: 551.577

Banca examinadora:

Julio Renato Marques (UFPeI)

Gilberto Barbosa Diniz (UFPeI)

Moacir Lacerda (UFMS)

*Dedico aos meus amores: Meus pais,
Regina e Francisco (in memoriam),
meu irmão Marco Aurélio e meus
filhos César e Gabriel.*

AGRADECIMENTO

Meu orientador Júlio Renato Quevedo Marques pela dedicação, interesse, confiança, compreensão e conhecimento. Pelo privilégio de tê-lo como meu amigo nas horas difíceis e pela pessoa especialíssima que demonstrou ser;

Ao Curso de Pós-graduação em Meteorologia da UFPel, pela oportunidade de estudos, ajuda e utilização de suas instalações;

Aos professores da pós-graduação pelo conhecimento compartilhado;

A amiga e funcionária Sônia e marido Xavier pelo apoio, bate papo enriquecedor e amizade;

Funcionária, Vânia pela disposição em ajudar e pelos momentos de descontração;

Funcionário Celaniro por estar sempre apto a ajudar e colaborar com destreza e atenção;

À professor Roseli Guedes, minha musa inspiradora, a qual admiro desde o tempo da graduação;

Aos membros da banca examinadora pelas críticas e sugestões. Gilberto Barbosa Diniz por ser o “culpado” de eu estar em Campo Grande (MS) e ao Moacir Lacerda por ser o “culpado” por minha paixão à pesquisa sul-mato-grossense. Meus sinceros agradecimentos, os admiro imensamente;

As pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial a minha amiga meteorologista Luciana Neta;

À Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, em nome do Sr. José Antônio Roldão, diretor-presidente da Agraer, pelo apoio;.

Ao Centro de Pesquisa e Extensão Rural (Cepaer) em nome da gerente de pesquisa e Coordenadora Geral Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima e dos

Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul, Cemtec-MS, Ana Karla Moulard de Mello. Obrigada pela compreensão para realizar essa pesquisa. Agradeço a todos os colegas da Cepaer pela força;

Ao Cemtec-MS, o qual sou Coordenadora Técnica e deposito toda minha energia e dedicação;

As famílias que me acolheram em Campo Grande: Barcellos, Benites e Xavier;

As amigas: Dilce e Néia pelo apoio nas alegrias e nas tristezas;

Ao meu ex-namorado Edilson que sempre será meu grande amigo. Obrigada por me ouvir, me entender e me ajudar nos momentos difíceis;

Aos meus eternos amigos desde a graduação: Angélica Durigon, Angélica Cardoso, Diego Fernandes, Daniel Caetano, Lucia Chipponelli, Luciane Ibichet, Rafael Delgado, Rose Freitas e Rubinei Machado;

Minhas manas do coração: Carlinha, Vanessinha e Vivi. Emily, sobrinha, filha da Carla;

Meu afilhado Elivelton Jordan, por ser meu amigo de sempre;

As minhas tias: Maria Helena, Maria Zélia e madrinha Neusa Maria;

Meus primos/cônjuges e seus filhos: Márcia, Letícia (Sofia), Paulo (Kim), Luciano (Cauana), Jonathan e Anderson (Bruna);

Meu irmão, cunhada: Marco Aurélio e Marlú, e meu sobrinho/afilhado Davi, pelo carinho e torcida;

Meu PAldraastro pelo carinho, dedicação, palavras de incentivo e amor;

Aos meus pais, Francisco e Regina pelo exemplo, educação, respeito, orientação e carinho;

Aos meus amores, meus filhos, César e Gabriel. Razão do meu viver;

Ao grande Pai Celestial e amigos espirituais por dar-me condições físicas, emocionais, espirituais e inspirações para realização desta pesquisa.

RESUMO

RODRIGUES, Cátia Cristina Braga. **VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO EM MATO GROSSO DO SUL E A RELAÇÃO COM ÍNDICES OCEÂNICOS**. 84f. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Os períodos de grandes variações da precipitação no Mato Grosso do Sul, em especial as grandes cheias ou grandes estiagens, trazem grandes prejuízos financeiros ao Estado. As estiagens de verão podem comprometer ainda mais o período de inverno, no qual já é normal ocorrer poucas chuvas. Esta pesquisa tem por proposta principal verificar as variações bimensais da precipitação no estado de Mato Grosso do Sul nos períodos de verão (variações máximas) e inverno (variações mínimas) e suas relações com as anomalias bimensais de TSM combinadas dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul. As anomalias combinadas foram representadas pelos Padrões de Oscilação Principal (POP), os quais representam os padrões predominantes de circulação oceânica. Foram usados dados de precipitação mensal de janeiro a dezembro, período de 1981 a 2009 e dados médios mensais de Temperatura na Superfície do Mar (TSM). A partir da climatologia da precipitação foi selecionado os bimestres dezembro/janeiro (mais chuvoso) e julho/agosto (menos chuvoso) e geradas pelo método *K-means* regiões homogêneas, sendo três para o bimestre dezembro/janeiro e duas para o bimestre julho/agosto. As precipitações acumuladas regionais não apresentaram tendência temporal significativas a 5% de probabilidade. As anomalias de precipitação acumulada regionais dos bimestres não apresentaram correlações significativas com as anomalias de TSM na região do Pacífico Central (Niño 3.4) ao longo do período estudado, mas durante o bimestre dezembro/janeiro, os maiores excessos de precipitação da região 1 ocorreram com forte predomínio de eventos El Niño fortes e a maiores estiagens em Eventos La Niña e Neutros. Nas regiões 2 e 3 não existem

um sinal predominante de alguns dos eventos. Durante o bimestre julho/agosto, os maiores excessos de precipitação ocorreram na região 1 com predomínio de eventos La Niña, com menor relação na região 2, mas ambas regiões com coerência do sinal (Neutro e La Niña). Nos casos de fortes estiagens, ambas as regiões apresentam baixa relação com os sinais dos eventos. Os ajustes das regressões múltiplas das precipitações acumuladas bimestrais nas regiões homogêneas com os escores dos seis primeiros padrões de TSM apresentaram aumento de significância em ambos bimestres estudados. O coeficiente de correlação entre as precipitações acumuladas regionais bimestrais observadas e estimadas foram significativas a 1% de probabilidade em todas as regiões, especialmente na região que representa o noroeste do Estado no bimestre dezembro/janeiro e a região que representa a maior parte do estado do Mato Grosso do Sul no bimestre julho/agosto.

Palavras-chave: Precipitação, Padrão de Oscilação Principal (POP), Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Mato Grosso do Sul (MS).

ABSTRACT

RODRIGUES, Cátia Cristina Braga. **VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO EM MATO GROSSO DO SUL E A RELAÇÃO COM ÍNDICES OCEÂNICOS**. 84f. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The periods of large variations in rainfall in the Mato Grosso do Sul State (central-west region, Brazil), in particular the great floods or droughts, generate large economic losses to the state. The summer drought may further compromise the winter period, which often short rains occur. The main objective of this research is to verify bimonthly rainfall variation in the state of Mato Grosso do Sul during the summer (maximum variation) and the winter (minor variations) and their relationships with the bimonthly SST anomalies combined of the South Pacific and South Atlantic oceans. The combined anomalies were represented by Principal Oscillation Patterns (POPs), which represent the predominant patterns of ocean circulation. Monthly precipitation data from January to December (from 1981 to 2009) and monthly data of Sea Surface Temperature (SST) were used. From the rainfall climatology of the marking periods were selected two periods: December/January (rainier) and July/August (dry season). Homogeneous regions were generated by the K-means Method, three for December/January period and two for the July/August period. The regional accumulated rainfall presented no significant trend at 5% probability. The regional accumulated precipitation anomalies of two-month periods showed no significant correlations with SST anomalies in the Central Pacific (Niño 3.4) along the studied period. During the two months December/January, the largest excess precipitation in the region occurred with a predominance of strong El Nino events and droughts in major events La Niña and neutral. In regions 2 and 3 there is not a predominant sign of some events. During the July/ August period, the greatest excesses of precipitation occurred in the region with a predominance of La Niña events, with less relation respect region 2, both regions in a coherent signal (Neutral and La Niña). In cases of severe dry period, both regions have low relation with the events signals. The settings of multiple regressions of bi-monthly precipitation accumulated in homogeneous regions with the scores of the first six patterns of SST showed significant increase in both studied marking periods. The correlation

coefficient between the bimonthly observed accumulated precipitation and regional estimates were significant at 1% probability in all regions. This occur especially in the region that represents the northwest quarter of the state in December/January and in the region that represents the major portion of Mato Grosso do Sul State in the July/August period.

Key-words: Precipitation, Principal Oscillation pattern, Sea Surface Temperature (SST), Mato Grosso do Sul (Brazil).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Variação da Precipitação anual média de Mato Grosso do Sul.....	15
Figura 2 Representação da grade regular na área de estudo (Mato Grosso do Sul).....	28
Figura 3 - Representação da área de TSM.....	28
Figura 4 Ciclo médio da precipitação e da evaporação em Campo Grande.....	30
Figura 5 Climatologia da precipitação do mês de janeiro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	41
Figura 6 Climatologia da precipitação do mês de fevereiro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	41
Figura 7 Climatologia da precipitação do mês de março em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	42
Figura 8 Climatologia da precipitação do mês de abril em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	42
Figura 9 Climatologia da precipitação do mês de maio em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	43
Figura 10 Climatologia da precipitação do mês de junho em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	43
Figura 11 Climatologia da precipitação do mês de julho em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	44
Figura 12 Climatologia da precipitação do mês de agosto em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	44
Figura 13 Climatologia da precipitação mês de setembro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	45
Figura 14 Climatologia da precipitação do mês de outubro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	45

Figura 15 Climatologia da precipitação do mês de outubro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	46
Figura 16 Climatologia da precipitação do mês de novembro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.....	46
Figura 17 Regiões homogêneas de precipitação acumulada do bimestre dezembro/janeiro para Mato Grosso do Sul, gerada no período de 1981 a 2009, representadas na figura pelas regiões 1, 2 e 3.....	48
Figura 18 Distribuição da precipitação acumulada nas regiões homogêneas em Mato Grosso do Sul, no período de 1981 a 2009, técnica Box-Plot, para o bimestre dezembro/janeiro.....	48
Figura 19 Regiões homogêneas de precipitação acumulada do bimestre julho/agosto, para Mato Grosso do Sul, gerada no período de 1981 a 2009, representadas na figura pelas regiões 1 e 2.....	49
Figura 20 Distribuição da precipitação acumulada nas regiões homogêneas em Mato Grosso do Sul, no período de 1981 a 2009, técnica Box-Plot, para o bimestre julho/agosto.	49
Figura 21 Precipitação acumulada média regional no bimestre dezembro/janeiro, e curva de tendência no período de 1981 a 2009, para as regiões: a) Região 1; b) Região 2; c) Região 3.....	51
Figura 22 Precipitação acumulada média regional no bimestre julho/agosto e tendência no período de 1981 a 2009, para as regiões:a) Região 1 b) Região 2.....	52
Figura 23 Anomalia média de TSM na região do Niño 3.4, período de 1981 a 2009, para o bimestre dezembro/janeiro.....	53
Figura 24 Anomalia média de TSM na região do Niño 3.4, período de 1981 a 2009, para o bimestre julho/agosto.....	54
Figura 25 Percentuais acumulados de explicação da variação da TSM dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul, bimestre dezembro/janeiro, período de 1981 a 2009....	57
Figura 26 Percentuais acumulados de explicação da variação da TSM dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul, bimestre julho/agosto, período de 1981 a 2009.....	58

Figura 27 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 1; b) Escore 1.....	60
Figura 28 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 2; b) Escore 2.....	61
Figura 29 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 3; a) Escore 3.....	62
Figura 30 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 4; a) Escore 4.....	63
Figura 31 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 5; a) Escore 5.....	64
Figura 32 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 6; a) Escore 6	65
Figura 33 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 1; a) Escore 1	67
Figura 34 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 2; a) Escore 2	68
Figura 35 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 3; a) Escore 3	69
Figura 36 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 4; a) Escore 4	70
Figura 37 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 5; a) Escore 5	71
Figura 38 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 6; a) Escore 6	72
Figura 39 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre dezembro/janeiro na Região 1.....	75
Figura 40 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre dezembro/janeiro na Região 2.....	75
Figura 41 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre dezembro/janeiro na Região 3.....	76
Figura 42 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre julho/agosto na Região 1.....	77
Figura 43 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre julho/agosto na Região 2.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Períodos Extremos de precipitação acumulada média regional, bimestre dezembro/janeiro, selecionados pelo limite superior ao percentil 0,85 (excessos) e inferior ao percentil 0,15 (estiagens).....	56
Tabela 2 - Períodos Extremos de precipitação acumulada média regional, bimestre julho/agosto, selecionados pelo limite superior ao percentil 0,85 (excessos) e inferior ao percentil 0,15 (estiagens).....	56
Tabela 3 - Coeficiente de correlação entre as precipitações regionais e os Escores dos Componentes Principais.....	74

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

QBO	Quase-Biennial Oscillation
AAO	Antarctic Oscillation Index
ACP	Análise de Componentes Principais
AS	América do Sul
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EOF	Função Ortogonal Empírica
HS	Hemisfério Sul
IOS	Índice de Oscilação Sul
JBN	Jato de Baixos Níveis
JST	Jato Subtropical
MEI	Multivariate Enso Index
NetCDF	Network Common Data Form
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PDO	Pacific Decadal Oscillation
POP	Padrões de Oscilação Principal
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SOI	Southern Oscillation Index
SQE	Soma dos Quadrados dos Erros
SQR	Soma dos Desvios Quadrados
SQT	Soma dos Quadrados Total
SST	Sea Surface Temperature
TNA	Tropical Northern Atlantic Index

TSA	Tropical Southern Atlantic Index
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCPS	Zona de Convergência do Pacífico Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Material	28
3.1.1 Precipitação mensal em Mato Grosso do Sul.....	28
3.1.2 Temperatura da Superfície do Mar (TSM).....	29
3.2 Metodologia.....	29
3.2.1 Climatologia da precipitação em Mato Grosso do Sul	29
3.2.2 Agrupamento em regiões homogêneas de precipitação em Mato Grosso do Sul.....	30
3.2.3 Padrões de Oscilação Principal das TSM	32
3.2.4 Relação entre as precipitações regionais bimestrais de dezembro/janeiro e julho/agosto e os Padrões de Oscilação Principal da TSM.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Climatologia da precipitação em Mato Grosso do Sul.....	40
4.2 Regiões homogêneas de precipitação acumulada do bimestre dezembro/janeiro e julho/agosto em Mato Grosso do Sul.....	47
4.3 Variabilidade temporal de precipitação acumulada dos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto em Mato Grosso do Sul e a correlação com a TSM do Niño 3.4	50
4.4 Padrões de Oscilação Principais da TSM no bimestre dezembro/janeiro e julho/agosto	57
4.5 Correlação entre as precipitações regionais e os Padrões de Oscilação Principal da TSM no bimestre dezembro/janeiro e julho/agosto.....	73
5 CONCLUSÕES	78
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO

O estado de Mato Grosso do Sul localiza-se na região centro-oeste e engloba uma área de 357.124,962 Km² (IBGE, 2002) para uma população de 2.360.498 habitantes (IBGE, 2009). Conforme a classificação de Köppen, a maior parte do Estado se enquadra como de Aw, ou seja, clima tropical o qual tem por características principais fortes chuvas durante os meses de verão e inverno seco. (VIANELLO, 2000). As médias de temperatura dos meses são maiores que 20°C e no mês mais frio do ano as mínimas são menores que 18°C.

As principais fontes econômicas de Mato Grosso do Sul (MS) são agricultura e pecuária. A economia de Mato Grosso do Sul, durante o período de 1980/2004, teve seu crescimento impulsionado principalmente pelos setores agropecuário e agroindustrial. (PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL, 2010). A agricultura se baseia nos cultivos de arroz, café, trigo, milho, feijão, mandioca, algodão, amendoim, cana-de-açúcar e, principalmente, soja, produto do qual Mato Grosso do Sul é um dos maiores produtores do Brasil. Na pecuária, Mato Grosso do Sul detém um dos maiores rebanhos bovino do país. Atualmente, o Estado é o segundo maior exportador de carne bovina do Brasil. Todas essas atividades são bastante suscetíveis às variabilidades climáticas, um dos principais fatores de risco que interferem na produtividade. Cerca de 95% das indenizações pagas pelos instrumentos de seguridade agrícola, estão relacionadas ao excesso de chuva ou estiagem (ROSSETI, 2001).

As condições climáticas influenciam praticamente todas as atividades humanas. Na agricultura, pode-se avaliar a aptidão de um cultivo, a necessidade de irrigação e a melhor época de semeadura, conhecendo-se o clima da região. O clima também afeta a formação e a dinâmica dos diferentes ecossistemas do Brasil, sendo uma ferramenta importante para o estudo, o planejamento e a gestão ambiental.

(PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL, 2010)

De novembro a março, o Pantanal vive o período das cheias, as depressões são inundadas, formando extensos lagos, reconhecidos como Baías. Nas enchentes ocorre uma interligação entre rios, braços, baías na vazante, a terra enriquecida pelo húmus, se transforma na mais rica fonte de alimentos para sua flora e fauna. Na estação da vazante (de abril a outubro), os rios começam a baixar seus leitos.

A régua instalada em Ladário, no Pantanal, mostra que as cheias se intensificaram a partir de 1974 após período de estiagem de 1963 a 1973. (PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL, 2010)

A climatologia de Mato Grosso do Sul apresenta durante o verão precipitação bastante superior à evaporação, especialmente entre dezembro e fevereiro, sendo os maiores valores ao norte do Estado. No entanto, durante o período de inverno, a demanda evaporativa da atmosfera é extremamente grande nesta região, ou seja, a evaporação é muito superior à precipitação.

Os períodos de grandes variações climáticas da precipitação, em especial as grandes cheias de verão ou as fortes estiagens de inverno, trazem grandes prejuízos financeiros a todos. As estiagens de verão podem comprometer ainda mais o período de inverno, no qual já é normal ocorrer poucas chuvas.

Em um estudo elaborado para o Plano Estadual de Recursos Hídrico de Mato Grosso do Sul, 2010, -PERH-MS- é possível observar a variação espacial da precipitação anual média no Estado (Figura 1). Os maiores valores anuais ocorrem nas sub-bacias do Sucuriú, Amambai, Iguatemi e nas nascentes do rio Pardo e do rio Ivinhema, enquanto os menores valores ocorrem na sub-bacia do Taquari, Miranda e Negro, região do Pantanal. O estudo fez uma análise da precipitação nas duas regiões hidrográficas em Mato Grosso do Sul considerando as 15 Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPGs). As UPGs correspondem a cada uma das sub-bacias hidrográficas de Mato Grosso do Sul. Na Região Hidrográfica do Paraná ocorre maior homogeneidade das precipitações, variando entre 1.073,0 mm na UPG Pardo, próximo ao rio Paraná e 1.829,7 mm na UPG Sucuriú, próximo à nascente do rio Sucuriú, na região do Planalto. Estas duas UPGs junto com a UPG Ivinhema apresentam a maior variabilidade espacial das precipitações anuais médias. Sazonalidade acentuada é observada em todos os postos, apresentando

precipitações em todos os meses do ano, mas com grande redução nos meses de abril a outubro. As precipitações das UPGs Amambai, Iguatemi e Ivinhema apresentam variação sazonal diferentes das outras UPGs do Paraná, com distribuição mais regular.

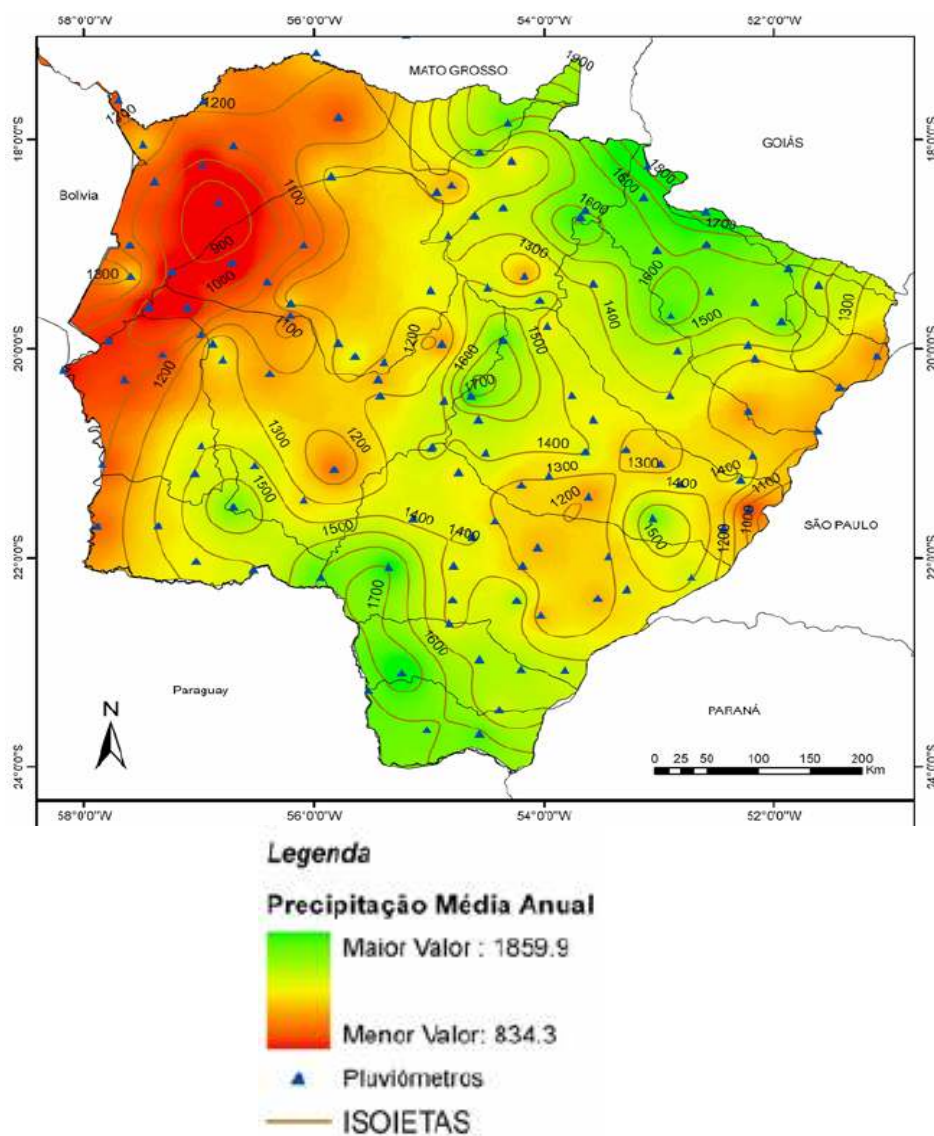


Figura 1 – Variação da Precipitação anual média de Mato Grosso do Sul Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2010.

Vários estudos fornecem evidências de que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas, como as que ocorrem na região Sul do Brasil (ROPELEWSKI & HALPERT, 1988, DIAZ et al, 1998; GRIMM et al, 2000; MARQUES, 2007, MARENGO, 2008). As relações mais claras das interações entre oceano e atmosfera aparecem nos grandes eventos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). No entanto, existem diversos padrões de oscilação, tantos atmosféricos como oceânicos que variam em diferentes escalas de tempo, contribuindo também de forma diferente nas variações climáticas. No sentido de identificar as possíveis relações das grandes oscilações, muitos índices climáticos têm sido propostos. Estes índices são gerados a partir de observações de oceano, de atmosfera ou ainda da combinação destes. Entre estes índices atmosféricos, destaca-se Quase-Biennial Oscillation (QBO) e Southern Oscillation Index (SOI), Antarctic Oscillation Index (AAO). Entre os índices oceânicos, Sea Surface Temperature (SST) no Pacífico equatorial, Pacific Decadal Oscillation (PDO), Tropical Northern Atlantic Index (TNA) e Tropical Southern Atlantic Index (TSA). Entre os índices combinados destaca-se o Multivariate Enso Index (MEI). Pesquisas têm mostrado que entre estes, os mais importantes são os derivados da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Estes principais índices fazem uso de informações tropicais, no entanto, com o avanço das observações nas regiões subtropicais, outras áreas têm sido investigadas, especialmente as oceânicas subtropicais do Atlântico Sul.

Esta pesquisa tem por proposta principal verificar as variações bimensais da precipitação no estado de Mato Grosso do Sul nos períodos de verão (variações máximas) e inverno (variações mínimas) e suas relações com as anomalias bimensais de TSM combinadas dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul. As anomalias combinadas serão representadas pelos Padrões de Oscilação Principal (POP), os quais representam melhores os padrões predominantes de circulação oceânica. A correlação entre as séries temporais dos padrões oceânicos e as de precipitação na região de Mato Grosso do Sul pode servir de parâmetro para futuras inferências estatísticas.

Para alcançar o objetivo principal, foram definidas algumas metas específicas, tais como:

- Definir a resolução espacial e temporal (grade regular) dos dados mensais de precipitação usados sobre Mato Grosso do Sul;
- Gerar as séries mensais de precipitação e calcular a climatologia mensal para o período de estudo;
- Identificar os bimestres mais e menos chuvosos e verificar as tendências temporais da precipitação;
- Calcular as anomalias da precipitação para os bimestres escolhidos;
- Classificar em regiões homogêneas de precipitação para os bimestres escolhidos;
- Correlacionar as anomalias regionais da precipitação de cada região encontrada com as TSM na região do Niño 3.4 e medir o grau de significância das correlações;
- Definir a resolução espacial dos dados mensais de TSM e gerar as séries temporais de anomalia de TSM para os bimestres escolhido anteriormente;
- Gerar os Padrões Principais de Oscilação oceânicos e identificar as áreas mais significativas de cada padrão;
- Correlacionar os Padrões Principais de Oscilação das TSM com as anomalias regionais de precipitação nos bimestres escolhidos de forma simples e múltipla;
- Por fim, testar o nível de significância destas relações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Muitas pesquisas têm fornecido evidências de que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas, como as que ocorrem na região Sul do Brasil. Muitas das referências aqui citadas fazem afirmações mais claras para o sul do Brasil, onde as evidências são maiores, no entanto, acredita-se que o sinal possa também existir em Mato Grosso do Sul, pelo menos nos períodos de grande variação.

Fontana e Almeida (2002), concluíram que a distribuição da precipitação pluvial no sul do Brasil, em determinados anos, apresenta relação com anomalias da TSM, a influência é mostrada pelo fenômeno ENOS. Este fenômeno é caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do oceano Pacífico Tropical que ocorrem de forma simultânea com anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (Austrália) e de Taiti (Indonésia). Este fenômeno afeta a circulação atmosférica determinando anomalias de temperatura do ar, e principalmente de precipitação pluvial em diversas regiões do mundo.

Cavalcanti (1985), verificou que outros sistemas também atuam na região Sul do Brasil, como os vórtices ciclônicos ou cavados de altos níveis. Acredita que os eventos de El Niño são associados com grandes variações na configuração do escoamento troposférico; correntes de jato são intensas e as situações de bloqueios são mais frequentes. Durante o evento El Niño 1982-1983 observou-se alto índice de precipitação acompanhada de enchentes em várias regiões do sul do Brasil. Ainda verificaram que a elevada quantidade de precipitação ocorrida no sul do Brasil em 1983 esteve associada a sistemas frontais que permaneceram durante longo tempo e com muita atividade sobre a região. Segundo os autores Kousky e Cavalcanti (1984) normalmente no inverno as frentes frias avançam rapidamente

para norte e leste, porém os meses de outono e inverno de 1983, estes sistemas frontais avançaram para norte até atingir a latitude de 30°S, onde se encontra a corrente de Jato Subtropical (JST) a qual é intensificada durante os anos de El Niño. As frentes tiveram uma tendência a permanecer quase estacionária.

Diaz (1998), estudou as influências dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre a precipitação no Uruguai e Rio Grande do Sul (RS). O autor verificou a necessidade de incluir os dois oceanos em todos os períodos considerados para uma melhor previsão das anomalias de precipitação.

Fontana e Berlato (1997), estudaram a climatologia do fenômeno ENOS do período de 1913 a 1995 para o Rio Grande do Sul. A precipitação pluvial na fase quente (El Niño) é superior a média climatológica na maioria dos meses do ano, havendo dois períodos bem destacados. O período principal é na primavera do ano do início do fenômeno especialmente outubro e novembro, com um repique no final de outubro do ano seguinte (final de abril, maio, junho). Na fase fria (La Niña), a precipitação pluvial é menor que a média climatológica, também na maioria dos meses do ano, ocorrendo novamente dois períodos que se destacam e são mais ou menos coincidentes com os da fase quente.

Fontana e Almeida (2002), analisaram a variabilidade anual do número de dias de precipitação no estado do Rio Grande do Sul, concluindo que o número de dias com precipitação é semelhante em todas as estações do ano, sendo maior na primavera e no verão que são favoráveis a agricultura. Visto que nesses períodos, ocorrem as maiores probabilidades de deficiência hídrica no Estado.

Em 2005, as anomalias positivas de temperatura no oceano Atlântico Norte foram o principal motivo da diminuição da precipitação ao norte da América do Sul, onde ocasionou a seca na Amazônia, segundo Marengo (2008). Os níveis da água ficaram tão baixos que trechos do Rio Amazonas e Madeira tiveram a nevação interrompida.

Gan e Rao (1991), verificaram que os sistemas que se organizam na própria região são resultantes de ciclogênese e frontogênese. Utilizando cartas de superfície, descobriram que no período de janeiro de 1979 a dezembro de 1988, as variações sazonais e interanuais de ciclogênese sobre a América do Sul (AS), eles

encontraram uma maior ocorrência de ciclogênese durante os anos de El Niño e que está relacionada com o acúmulo de precipitação na região Sul do Brasil.

Grimm et al (1996), encontraram correlações positivas e significativas para o RS e Santa Catarina (SC) no mês de janeiro, indicando uma possível influência local, independente do El Niño nestas regiões, já que não há anomalias significativas de precipitação em janeiro associadas ao El Niño. Em novembro eles encontraram uma forte correlação devido às anomalias significativas de precipitação e ao padrão de TSM associado El Niño, também estudaram a variabilidade espacial e temporal da precipitação sobre o sul da América do Sul associados com os eventos de El Niño e La Niña. Dentre as variáveis exploratórias mais utilizadas destaca-se a TSM. A interação entre os oceanos e a atmosfera tem estimulado pesquisas no sentido de buscar as possíveis relações com os impactos das variações climáticas no meio ambiente. Entender qual o papel relativo dos oceanos no clima global ainda encontra-se em fase de estudo. As relações mais claras das interações entre o oceano e a atmosfera aparecem nos grandes eventos do fenômeno ENOS. O El Niño é um fenômeno atmosférico oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas no oceano Pacífico Tropical e que pode afetar o clima regional e global. Foram também estudadas correlações positivas para os estados do RS e SC no mês de janeiro, indicando uma possível influência local, independente do El Niño nestas regiões, já que não há anomalias significativas de precipitação pluvial em janeiro associados ao El Niño. Grimm e Pscheidt (2001) verificaram para a região sul do Brasil que durante El Niño a frequência destes eventos aumenta muito em relação aos anos normais e que diminuem consideravelmente em anos de La Niña. Vários trabalhos mostram que além da variabilidade inter-anual, a variabilidade climática em escala de tempo inter-decadal também causa impactos em todo o globo afetando a ocorrência das chuvas.

Vários Grimm e Feuser (1996), concluíram que, além do El Niño e La Niña, outro fator de grande influência na precipitação pluvial do RS é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sendo caracterizada durante o verão pela forte banda de nebulosidade que se forma desde a Amazônia até o oceano Atlântico Subtropical, observações indicam evidentes associações entre períodos de enchentes de verão no sudeste e veranicos na região sul. A modulação da ZCAS pelo ENOS também foi evidenciada por Drumond (2005) e Tomaziello (2010).

Drumond (2005), concluiu que a circulação do Sistema de Monção da América do Sul (MAS) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) influenciam na distribuição das chuvas sobre o Brasil, através de um estudo observacional e numérico dos padrões anômalos oceânicos e atmosféricos associados à variabilidade de baixa frequência da MAS, procurando por possíveis forçantes de TSM observadas em regiões equatoriais e austrais que possam ser relacionadas à modulação da monção. Foram encontradas forçantes de TSM em diferentes regiões oceânicas equatoriais ou subtropicais com alguma relação com a MAS, seja favorecendo a ocorrência da ZCAS ou a inibindo. O autor apontou que embora na maioria dos eventos a fase quente (fria) do ENOS esteja associada a anomalias positivas (negativas) de precipitação no Sudeste e negativa (positiva) nos trópicos, há alguns casos que ocorre o oposto. Já Nóbile (2010) elaborou um estudo através de simulações com o modelo regional BRAMS (Regional Atmospheric Modeling System with Brazilian Developments), para dois casos de ZCAS, ocorridos em 1998 e 1999, períodos, respectivamente, com TSMs do Pacífico leste e central anormalmente quentes (El Niño) e anormalmente frias (La Niña) e concluiu que a fase quente (fria) do ENOS favorece a subsidência (ascendência) na região amazônica, podendo ter contribuído para enfraquecer (intensificar) o movimento vertical nessa região em 1998 (1999).

Marques et al (2004), verificaram que a variabilidade espacial da precipitação pluvial no RS é maior durante os eventos de La Niña do que nos eventos de El Niño. Durante a fase fria, os meses de abril e novembro são os de maior variação espacial, enquanto que durante os eventos de El Niño, os meses de maior variação são de outubro, novembro e dezembro.

Nimer (1989) verificou que as precipitações na região Sul do Brasil são bem distribuídas, possuindo altos totais anuais, que variam entre 1250 mm e 2000 mm. Oliveira (1986) estudou que a grande influência de sistemas de latitudes médias, sendo os sistemas frontais os mais frequentes causadores de chuva durante o ano todo.

Pezzi (1998), usando um modelo estatístico de previsão das precipitações na região Sul, tendo como preditores as TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico, obteve bons resultados, principalmente durante a primavera.

Para Ropelewsk e Halpert (1987), pequenas sub-regiões dentro dessas áreas grandes podem-se, com certa simplicidade, obter estimativas da tendência mensal ou sazonal da precipitação pluvial com aproximações aceitáveis para determinados períodos. Analisaram a distribuição das probabilidades de ocorrência de precipitações associadas ao fenômeno ENOS em diversas regiões do globo, utilizando o Índice de Oscilação Sul (IOS) como indicador do fenômeno. Este índice é um indicativo da intensidade com que a fase do fenômeno se manifesta, sendo calculado utilizando as anomalias das previsões atmosféricas em Darwin e Taiti.

Conforme já demonstraram alguns pesquisadores, Rao e Hada (1990); Studzinski (1995); Fontana e Berlato (1997); Grimm et al (1996) na região Sul do Brasil a fase quente do ENOS (El Niño), determina em geral ocorrência de precipitação pluvial acima da média climatológica e a fase fria (La Niña) precipitação pluvial abaixo da média climatológica.

Segundo Ropelewski e Jones (1987) a fase quente é caracterizada sempre que ocorrem cinco meses consecutivos de IOS com valores inferiores a -0,5 (fase negativa) e a fase fria é caracterizada pelo mesmo critério, porém com valores de IOS superiores a 0,5 (fase positiva). Estes autores observaram que para o sul da América do Sul a época de influência da fase quente do ENOS sobre a precipitação que ocorre de novembro do ano de início do fenômeno a fevereiro do ano seguinte para a fase fria as alterações na precipitação ocorrem de junho a outubro ano de ocorrência do mesmo.

Rao e Hada (1990) correlacionaram as precipitações no Brasil com o IOS e obtiveram valores negativos significativos para a região Sul do Brasil, no outono e primavera, sabendo que a América do Sul é uma das regiões em que se observa uma dependência entre a ocorrência de anomalias de precipitação, em associação aos padrões oceânicos e atmosféricos. Sendo que também há relações com a ZCAS e a oscilação 30-60 dias.

Silveira e Teixeira (2011) estudaram o ambiente sinótico associado a um Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) que provocou chuvas intensas sobre o leste do Mato Grosso do Sul no dia 15 de dezembro de 2006. Concluíram que os campos de advecção de temperatura em baixos níveis, CAPE e LI não apresentaram características importantes relacionadas ao SCM e sim à

convergência do fluxo de umidade em baixos níveis (850 hPa), associado a um fluxo intenso de ar provindo da região amazônica. E em altos níveis, apenas no estágio de maturação, quando o sistema já estava bem definido, foi possível identificar uma mudança importante na atmosfera, o que os autores atribuíram ao pequeno tempo de duração do SCM.

Studzinski (1995), relacionou as precipitações no sul do Brasil com as temperaturas da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico Sul, concluindo que o ENOS, desempenha um papel importante na variabilidade inter-anual das precipitações dessa região. Diaz e Studzinski (1994) estudaram a influência das TSM no Atlântico Sul e no pacífico Equatorial nas precipitações pluviais da região Sul do Brasil encontrando uma boa coerência espacial entre as anomalias de TSM, principalmente para o período de outubro a dezembro com uma maior homogeneidade na região mais ao sul. Marques (2005) mostrou que, durante o período da primavera a precipitação pluvial no RS apresenta maior relação com a TSM do oceano Pacífico Equatorial, mas durante o verão, é a TSM do Atlântico Subtropical que apresenta maior relação com a precipitação pluvial no Estado.

Gong e Wang (1999), sugeriram que a variabilidade do escoamento básico no Hemisfério Sul (HS) também pode ser modulada por uma flutuação barométrica média zonal, entre médias e altas latitudes, conhecida como a Oscilação Antártica (*Antarctic Oscillation*, ou AAO). A fase e amplitude da AAO podem ser descritas por um índice correspondente à diferença de pressão ao nível médio do mar entre as latitudes de 40S e 65S, conhecido por Índice de Oscilação Antártica. Recentemente, alguns autores (RAO et al, 2003; CARVALHO et al, 2005) estudaram a influência da AAO na variabilidade da circulação atmosférica e sua influência no comportamento dos ciclones extratropicais sobre o HS.

Segundo Julie e Jones (2005), Martin Widmann (2003), a AAO sofreu, durante o século 20 a influência de alguns fenômenos naturais como as alterações nos padrões de insolação da terra ou de atividades vulcânicas. O problema científico agora é saber até que ponto esses efeitos naturais estão sendo importantes para os fenômenos atuais. A Oscilação Antártica representa as flutuações na força do vórtice circumpolar e tem mostrado uma tendência para um índice positivo no verão austral

nas ultimas décadas que tem sido ligada à destruição do ozônio estratosférico e ao aumento do efeito estufa na atmosfera.

Segundo Silvestri e Vera (2003), as análises da influência da variabilidade do Índice de Oscilação Antártica sobre a anomalia de precipitação mostra um forte sinal significativo ambos durante a primavera e mais tarde no inverno, embora com sinal oposto, os valores das correlações mais significativas são na primavera e, o Índice de Oscilação Antártica está ligado as variações climáticas, incluindo as precipitações. No entanto, os mecanismos de correlação entre o AAO e o clima não são bem compreendidos, devido às investigações estarem focadas em climas regionais de média e alta latitude, sendo que há poucos estudos focados sobre os trópicos. Contudo as investigações da resposta do clima em latitudes mais baixas para o AAO é dificultada pela pouca disponibilidade de meteorologia, observadas nos oceanos tropicais. Observações por satélites obtidos durante curtos períodos de tempo indicam que o AAO pode ser detectado em regiões de baixa latitude.

Salio et al (2007), fizeram um estudo dos SCM que ocorreram na região sul da América do Sul durante o período de 2000-2003. No Sul do Brasil existe uma predominância de maior ocorrência destes SCM durante o dia. Foi identificado que o Jato de Baixos Níveis (JBN) tem uma grande influência na formação dos SCM, devido ao transporte de umidade da Bacia Amazônica para a região Sul da América do Sul. O JBN é um escoamento orientado de norte para o sul, localizado a leste da Cordilheira dos Andes, responsável pelo transporte de umidade da região tropical da América do Sul para a sua região subtropical (NICOLINI e SAULO, 2000; MARENGO et al, 2002).

Berbery e Barros (2002), concluíram que o JBN localizado a leste dos Andes, transporta umidade dos trópicos para o sul da América do Sul o ano inteiro em baixas latitudes sua intensidade aumenta no verão, porem ao sul de 15° ele muda de fase tendo um grande fluxo de umidade durante a primavera e inverno. Uma característica incomum não vista em outras regiões como, por exemplo, nas grandes planícies dos Estados Unidos, onde o jato se desenvolve apenas durante o verão.

Salio et al (2002), mostraram que os dias com ocorrência do JBN na América do Sul representam apenas 17% dos dias de verão. Scaglione et al (2007)

identificaram que quando os padrões de circulação atmosférica de grande escala dos sistemas de alta pressão subtropical localizados no oceano Atlântico esta posicionado mais próximo à costa da Sudeste da América do Sul se tem um aumento no número de SCM que atingem esta região.

Saulo et al (2007) viram que o acoplamento entre o JBN e o Jato de Altos Níveis (JAN) cria uma região de grande convecção causadora de SCM. Estudos mostraram que o JBN é uma característica do ambiente durante os períodos de início e maturação dos sistemas convectivos de mesoescala, na região das grandes planícies nos Estados Unidos (MADDOX 1983, COTTON et al, 1989).

Noglés-Paegle e Mo (1997), identificaram uma variação na precipitação da América do Sul devido à ZCAS e o JBN, quando se tem uma ZCAS muito intensa há uma diminuição na intensidade do JBN e diminuição da chuva no sul da América do Sul (SAS) , com o enfraquecimento da ZCAS o JBN se intensifica e há um aumento na precipitação na SAS. Santos (2007) analisou os padrões sinóticos de circulação atmosférica associados ao JBN a leste da Cordilheira dos Andes. Observou que o jato está associado a um padrão do tipo onda que se desloca para leste e penetra na América do Sul, acelerando geostroficamente os ventos de norte em baixos níveis. Além disso, foi verificado que estes padrões de ondas afetam o verão e o inverno de maneira diferente. Durante o inverno o posicionamento da alta subtropical do Atlântico Sul, sobre o continente e sua intensificação, gera uma forte confluência sobre o Paraguai. A entrada frequente de sistemas frontais contribui para a formação de uma baixa pressão em superfície no norte da Argentina. Esses fatores forçam a canalização do escoamento de norte criando o JBN.

Gong e Wang (1999), sugeriram que a variabilidade do escoamento básico no HS também pode ser modulada por uma flutuação barométrica média zonal, entre médias e altas latitudes, conhecida como a AAO. A fase e amplitude da AAO podem ser descritas por um índice correspondente à diferença de pressão ao nível médio do mar entre as latitudes de 40°S e 65°S, conhecido por Índice de Oscilação Antártico. Alguns autores (RAO et al, 2003; CARVALHO et al, 2005) estudaram a influência da AAO na variabilidade da circulação atmosférica e sua influência no comportamento dos ciclones extratropicais sobre o HS. Pode-se verificar a presença de ciclones extratropicais casuais nos meses de verão que podem ter uma

duração superior a 14 dias. Esses sistemas, entretanto, se originados sobre o continente, podem ter interagido com outros sistemas de escala sinótica (frentes frias) ou alimentados pelo transporte de vapor d'água em níveis baixos (sistemas de brisa/alta subtropical). No verão, estudos observacionais mostraram que os fluxos de umidade e calor, oriundos da região Amazônica tendem a alimentar sistemas meteorológicos e organizar a atividade convectiva situada sobre o Centro-Sul do Brasil.

Em estudo recente publicado para o nordeste do estado de Pernambuco, Silva et al (2011), verificaram que a região do nordeste possui uma forte correlação positiva com a Bacia do Atlântico Sul, e uma correlação negativa com a Bacia do Pacífico Equatorial e concluíram que o aquecimento anômalo da temperatura nas águas superficiais da região do Atlântico, por estar adjacente a área analisada, pode causar eventos extremos de chuva na costa leste do Nordeste e para Zin et al. (2010) os fenômenos atmosféricos mais perturbadores são aqueles que possuem chuvas extremas e longos períodos de dias secos.

Cataldi et al (2010) em um estudo sob as influências remotas que as anomalias positivas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região da Confluência das Correntes do Brasil e das Malvinas (CBM) exercem no regime hidrometeorológico das regiões Sul e Sudeste do Brasil observaram alterações significativas no padrão ondulatório da circulação vertical da atmosfera em parte da América do Sul, o que acarretou condições mais favoráveis para a configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sobre o norte da Região Sudeste do Brasil e que tais padrões se assemelharam aos observados durante o verão de 2005.

Minuzzi et al (2007), analisaram a influência do fenômeno La Niña, no comportamento trimestral da precipitação durante a estação chuvosa no sudeste do Brasil correlacionada com o Índice de Oscilação Sul (IOS) e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) de quatro regiões do Pacífico Equatorial e concluíram que durante o La Niña a estação chuvosa tende a se prolongar na Serra da Mantiqueira, entretanto, no contexto geral, o fenômeno climático não influenciou o início da estação chuvosa da região Sudeste do Brasil, enquanto, as anomalias expressivas de precipitação, observadas principalmente a partir do trimestre novembro-janeiro,

pouco estiveram correlacionadas com o comportamento da TSM do Pacífico Equatorial e, ou, o IOS.

O impacto do El Niño e La Niña na precipitação do centro-oeste não é muito coerente em toda região e períodos com anomalias consistentes não são em geral persistentes, segundo estudo de Grimm et al (1998). Avaliaram também, que a tendência a mais chuva na parte sul, que compreende o estado de Mato Grosso do Sul, poderia ser explicada pelos mesmos mecanismos que produzem mais chuva na região Sul, ou seja o aumento de frequência e a intensificação de complexos convectivos de mesoescala na região do Paraguai e maior persistência de frentes na região, devido a intensificação do jato subtropical e sua curvatura ciclônica sobre o sul da América do Sul que o impacto não é muito coerente em toda a região e períodos com anomalias. Razões opostas poderiam ser invocadas para explicar as anomalias durante La Niña.

O fenômeno El Niño não tem uma influência direta sobre o regime de precipitação na região Centro-Oeste e a precipitação não é homogênea, segundo Melo (2000). Este analisou dois períodos distintos quanto ao regime de precipitação: El Niño (1997/1998) por ser considerado histórico e o período entre 1984 e 1985, no qual não observou a ocorrência do fenômeno. Melo acredita que outros fenômenos meteorológicos de grande escala, por exemplo a Alta da Bolívia e as frentes frias, poderiam exercer maior influência no regime de precipitação sobre a região.

Esta revisão bibliográfica foi direcionada a fim de conhecer um pouco mais as variações climáticas no Sudeste da América do Sul, especialmente a precipitação, e suas relações com os grandes indicadores atmosféricos e oceânicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1 - Precipitação mensal em Mato Grosso do Sul

Foram usados dados de precipitação mensal de janeiro a dezembro, período de 1981 a 2009 extraídos para a área de estudo em uma grade regular de $1^\circ \times 1^\circ$ (resolução espacial), conforme Fig. 2. Os dados originais foram obtidos na NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory), com grade global de 1° latitude x 1° longitude no formato Network Common Data Form (NetCDF), disponíveis em http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/db_search/DBSearch.pl

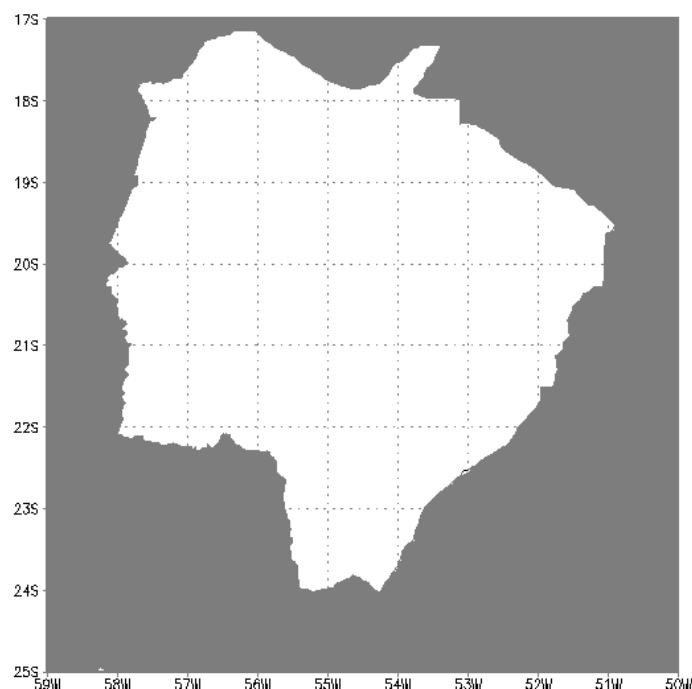


Figura 2 - Representação da grade regular na área de estudo (Mato Grosso do Sul).

3.1.2. Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Foram utilizados dados médios mensais de TSM de 1981 a 2009 (Optimum Interpolation Sea Surface Temperature, Version 2), obtidos junto ao NCEP-NCAR (National Center for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research Reanalysis), disponibilizados em grade global de 1° latitude x 1° longitude (Figura 3), no formato Network Common Data Form (NetCDF), disponíveis em http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/db_search/DBSearch.pl

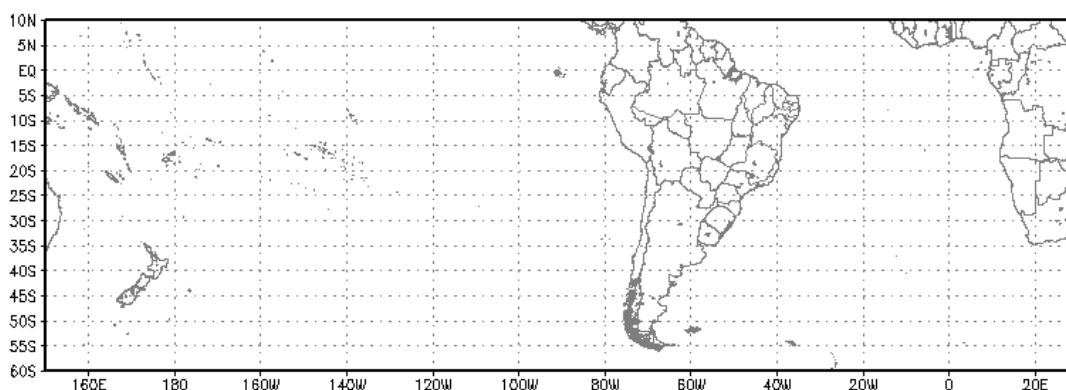


Figura 3 - Representação da área de TSM (1° latitude x 1° longitude).

3.2 Metodologia

3.2.1. Climatologia da precipitação em Mato Grosso do Sul

Inicialmente foram calculadas as médias climatológicas mensais para análise da variabilidade inter-anual, sendo usadas a média mensais aritméticas simples de cada ponto de grade do período de 1981 a 2009. Pela climatologia mensal foi escolhido o período de verão e de inverno para verificar as relações com as TSM. Foram escolhidos os bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto, por apresentar os maiores e menores volumes de precipitação, respectivamente. Estes dois bimestres representam as oscilações máximas e mínimas, tanto da precipitação quanto da evaporação, conforme Figura 4.

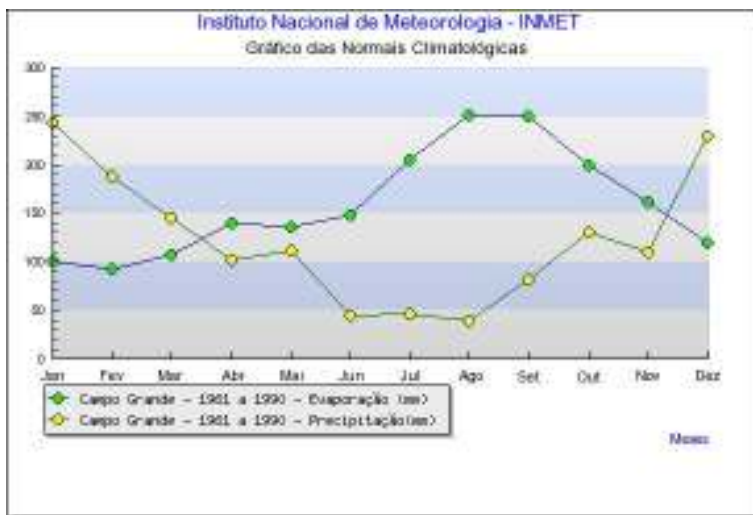


Figura 4 - Ciclo médio da precipitação e da evaporação em Campo Grande (MS).

3.2.2. Agrupamento em regiões homogêneas de precipitação em Mato Grosso do Sul

Para melhor estudar as variações espaciais (regionais) da precipitação foi aplicada a técnica simples de K-means cluster (agrupamento K-médias). Desta forma, pode-se gerar pequeno grupo de regiões as quais representam melhor as variações temporais. A técnica fundamenta-se em escolher k grupos de um banco de dados, sendo observando similaridades interna nos grupos e dissimilaridades entre eles. O método é baseado na distância euclidiana, tendo como critério de agregação das precipitações acumuladas bimestral de dezembro/janeiro e julho/agosto. Este método de análise é um método de agrupamento não-hierárquico por repartição, consiste de um procedimento onde, dado um número de *clusters* previamente determinado, calcula pontos que representam os “centros” destes *clusters* e que são espalhados homogeneamente no conjunto de precipitações. O procedimento inicia-se usando os valores dos primeiros k casos como estimativas temporárias das médias dos *clusters*. Os centróides iniciais são formados através da designação de cada caso ao *cluster* de centro mais próximo. Com a inclusão de cada caso, a média altera-se, alterando assim o centróide. Um processo iterativo é usado para achar os centróides finais de cada *cluster*. A cada passo, os casos são agrupados ao *cluster* de centro mais próximo, e novamente as médias são recalculadas. Este processo continua até que não haja mais alterações nas médias ou que um número pré-

determinado de iterações aconteça, encerrando-se o processo. O objetivo do *K-means* é minimizar a distância entre cada ponto e o seu respectivo centróide. Ao aplicar um critério de otimização que divida uma amostra em 'k' grupos homogêneos, pretende-se que, dentro de cada grupo, os elementos sejam os mais semelhantes possíveis entre si, ao passo que as semelhanças entre os elementos de grupos distintos sejam as menores possíveis (LOURENÇO; MATIAS, 2000).

Por meio do Box-Plot, foi realizada a distribuição gráfica para melhor representar diferenças entre as regiões formadas com séries de precipitações e mapa com a representação da área espacial de cada região. Segundo Triola (2005), o Box-Plot pode ser usado para descrever as características mais proeminentes de conjuntos de dados. Essas características incluem (1) centro, (2) dispersão, (3) a extensão e a natureza de qualquer desvio em relação à simetria e (4) a identificação de *outliers*.

O gráfico do tipo Box-Plot é uma forma de verificar a distribuição dos dados coletados de uma população, no caso, as precipitações. Para a sua construção, é preciso calcular 1º e 3º quartis, que correspondem, respectivamente, aos valores referentes a 25% e 75% da amostra e, a mediana, que corresponde ao valor referente a 50% da amostra.

A representação do Box-Plot é feita mediante a colocação dos valores máximos e mínimos ligados por uma caixa constituída dos valores referentes aos quartis (1º, 3º e mediana). O Box-Plot pode ser construído com ou sem a presença de observações discrepantes (*outliers*). Segundo Triola (2005), um outlier ou ponto discrepante, ou ainda, valor extremo, é um valor que se localiza distante de quase todos os outros pontos da distribuição. Se a distribuição dos dados é simétrica, as distâncias entre os valores mínimos e 1º. quartil, 1º. quartil e mediana, mediana e 3º. quartil e 3º. quartil e o máximo deve ter distâncias próximas. A simetria é importante para o caso de aplicações de testes paramétricos aos parâmetros envolvidos na população. Caso não haja simetria, o teste paramétrico é menos poderoso e deve-se optar por um similar não paramétrico.

Foram gerados alguns gráficos pela técnica de Box-Plot (mostra a distribuição de cada região) para representar as claras diferenças entre as regiões

formadas com séries de precipitações e mapa com a representação da área espacial de cada região.

3.2.3. Padrões de Oscilação Principal das TSM

A técnica definida como função Ortogonal Empírica (EOF), também conhecida por Componentes Principais foi aplicado às anomalias médias de TSM do bimestre dezembro/janeiro e julho/agosto. Conforme Mingoti (2007) a técnica chamada de Análise de Componentes Principais (ACP) tem como objetivo principal explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Essas combinações lineares são denominadas de CP e são correlacionadas entre si. Quando há p -variável original é possível se obter p CP. Entretanto, em geral se deseja obter “redução do número de variáveis a serem analisadas e interpretação das combinações lineares construídas”, ou seja, a informação contida nas p -variável original é substituída pela informação contida em k ($k < p$) CP não correlacionadas. Dessa maneira, o sistema de variabilidade do vetor aleatório composto das p -variáveis originais é aproximado pelo sistema de variabilidade do vetor aleatório que contém as k CP. A qualidade da aproximação depende do número de componentes mantidas no sistema e pode ser medida através da avaliação da proporção de variância total explicada por essas.

O autor esclarece que quando a distribuição de probabilidades do vetor aleatório em estudo é normal p -variada, as CP, além de não correlacionadas, são independentes e têm distribuição normal. No entanto, a suposição de normalidade não é requisito necessário para que a técnica possa ser utilizada. A obtenção das CP envolve a decomposição da matriz de covariâncias do vetor aleatório de interesse. Caso seja feita alguma transformação desse vetor, as componentes deverão ser determinadas se utilizando a matriz de covariâncias relativa ao vetor transformado. Uma transformação muito usual é a padronização das variáveis do vetor pelas respectivas médias e desvios padrões, gerando-se novas variáveis centradas em zero e com variâncias iguais a 1. Nesse caso, as CP são determinadas a partir da matriz de covariâncias das variáveis originais padronizadas,

o que é equivalente a se extrair as componentes se utilizando a matriz de correlação das variáveis originais.

Assim, uma vez determinadas as CP, os seus valores numéricos, chamados de escores, podem ser calculados para cada elemento amostral. Desse modo, os valores de cada componente podem ser analisados, usando-se técnicas estatísticas usuais como análise de variância e análise de regressão, dentre outras. Abaixo segue a descrição pormenorizada da técnica nos termos de Storch e Zwiers (2000) (adaptada).

A técnica é fundamentada na relação de que uma matriz quadrática simétrica pode ser decomposta em outras matrizes que preservam a variabilidade dos dados.

A transformação dos dados originais em um novo conjunto faz uso da matriz variância-covariância ou da matriz correlação dos dados originais. A matriz variância-covariância representa a influência que uma variável tem sobre a variação de outra. Nesta oportunidade será utilizada a matriz correlação, a qual mostra o grau de associação entre duas variáveis aleatórias X e Y , sendo expressa pelo coeficiente de correlação, que é uma medida definida a partir da covariância entre duas variáveis aleatórias:

$$\text{Cor}_{(X,Y)} = \frac{\text{Cov}_{(X,Y)}}{\sqrt{\text{Var}_{(X)} \text{Var}_{(Y)}}} \quad (1)$$

onde:

$\text{Cov}_{(X,Y)}$ é a covariância de X e Y , definida por:

$$\text{Cov}_{(X,Y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{n - 1} \quad (2)$$

$\text{Var}_{(X)}$ é a variância de X e $\text{Var}_{(Y)}$ é a variância de Y , definidas, respectivamente, por:

$$Var_{(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (3)$$

$$Var_{(y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (4)$$

De maneira simplificada, pode-se dizer que os autovetores representam os pesos individuais de cada amostra dentro da equação e os autovalores representam o percentual de explicação de cada equação. Para o Índice AAO foi usada a matriz variância-covariância. Desse modo, os autovalores λ da matriz M (matriz correlação ou variância-covariância) são definidos por:

$$\det[M - \lambda I] = 0 \quad (5)$$

onde:

M é a matriz de correlação ou variância-covariância (matriz simétrica $p \times p$);

λ são as raízes ou autovalores da equação linear;

I é a matriz identidade (matriz com diagonal principal igual a 1).

Para cada autovalor λ_i da matriz M corresponde um conjunto de p autovetores. O conjunto de p autovetores associados à matriz M é obtido pela solução do sistema de equações lineares, definido por:

$$[M - \lambda I]\underline{V} = 0 \quad (6)$$

sendo:

$\underline{V}$ é a matriz com p autovetores.

Separando os termos da equação (6):

$$M\underline{V} = \underline{V}\lambda I \quad (6a)$$

onde:

$\lambda I = \Lambda$ representa a matriz diagonal com os autovalores [$\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p)$]

tem-se:

$$M\underline{V} = \underline{V}\Lambda \quad (6b)$$

Multiplicando-se os lados da equação (6b) pela transposta de $\underline{V}$, tem-se:

$$\underline{M}\underline{V}\underline{V}^T = \underline{V}\underline{\Lambda}\underline{V}^T \quad (6c)$$

Sendo $\underline{V}$ uma matriz ortogonal e os vetores normalizados de comprimento unitário, o produto de $\underline{V}\underline{V}^T$ é uma matriz identidade I , portanto:

$$\underline{M} = \underline{V}\underline{\Lambda}\underline{V}^T \quad (6d)$$

onde:

$\underline{M}$ é a matriz correlação ou variância-covariância dos dados originais $p \times p$.

$\underline{V}$ é a matriz com os autovetores $p \times p$, definida por:

$$\underline{V}_{(p,p)} = \begin{vmatrix} \mathbf{e}_{1,1} & \cdots & \cdots & \cdots & \mathbf{e}_{1,p} \\ \vdots & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ \mathbf{e}_{p,1} & \cdots & \cdots & \cdots & \mathbf{e}_{p,p} \end{vmatrix} \quad (7)$$

$\underline{\Lambda}$ é a matriz diagonal com os autovalores $p \times p$, definida por:

$$\underline{\Lambda}_{(p,p)} = \begin{vmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \lambda_p \end{vmatrix} \quad (8)$$

Assim, qualquer matriz quadrática simétrica pode ser decomposta nas matrizes com autovalores e autovetores com valores reais, sendo que, a matriz dos autovetores $\underline{V}$ representa a mudança de base para um novo sistema de referência, os quais são definidos pelos autovetores normalizados da matriz $\underline{M}$.

Os autovetores normalizados (pesos individuais da variação em cada posição) associados a cada autovalor (peso coletivo de todas as posições) são

definidos de padrão de oscilação principal, cuja função é identificar áreas de maior importância na explicação parcial de cada autovalor.

O percentual de explicação individual de cada autovalor é definido pela relação do valor da raiz característica da solução i comparado ao somatório das p possíveis soluções das equações que descrevem a matriz M , sendo $i \leq p$ e por definição $\lambda_1 \geq \lambda_2 \dots \geq \lambda_p$. Para cada autovalor λ_i da matriz M , corresponde um conjunto de p autovetores.

$$\text{Porção}_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{a=1}^p \lambda_a} \quad \% \text{ de contribuição de } \lambda_i \text{ na variação total} \quad (9)$$

Dessa forma, pode-se escolher o percentual relativo da variação total na qual se deseja ajustar, no caso do AAO foi apenas o modo de maior explicação da variância (primeiro modo).

A combinação dos autovetores $\underline{V}$ derivados da matriz M (covariância) e os dados originais padronizados $\underline{Y}$ produzem novas variáveis, definidas como escores das CP. Os escores representam apenas valores numéricos, obtidos pela multiplicação de um componente principal com a matriz original dos dados, que para o índice AAO é composto apenas pelo modo principal 1 (Escore 1).

$$\underline{Z} = \underline{V}^T \underline{Y} \quad (10)$$

A maior variabilidade presente na matriz padronizada $\underline{Y}$ dos dados originais é preservada na transformação dos escores $\underline{Z}$, ao longo dos eixos referenciais dos autovetores $\underline{V}$, onde os escores representam a dispersão dos dados originais.

3.2.4. Relação entre as precipitações regionais bimestrais de dezembro/janeiro e julho/agosto e os Padrões de Oscilação Principal da TSM.

Com objetivo de verificar individualmente cada padrão, foram analisados os coeficientes de correlação simples entre as precipitações bimestrais de cada região homogênea e os escores das TSM. Através da técnica do percentil, foram identificados os períodos (anos) de eventos extremos, tanto abaixo quanto acima (abaixo do percentil 0,15 e acima do percentil 0,85). Um determinado percentil é um número que tem as mesmas unidades dos dados, que excede aquela proporção dos dados dada pela subscrição p , com $0 \leq p \leq 1$. Em resumo o percentil 0 (zero) representa o menor valor da série enquanto que o percentil 1 representa o maior valor. Desta forma podem-se verificar os períodos em que ocorreram precipitações abaixo ou acima de determinados valores.

Por fim, foi verificado o poder de previsibilidade das anomalias regionais através da regressão múltipla combinado de todos os principais padrões oceânicos. Segundo Hair et al (2005) a análise de regressão linear é uma técnica estatística que pode ser usada para analisar a relação entre uma única variável dependente (critério ou preditante) e uma variável independente (preditoras) ou várias. O objetivo da análise de regressão é utilizar variáveis independentes (padrões de oceanos) cujos valores são conhecidos para prever os valores da variável dependente selecionada (precipitações regionais).

O modelo de regressão linear no formato matricial é descrito por Storch e Zwiers (2000), conforme segue (adaptado):

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} \mathbf{A} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (11)$$

onde:

$\mathbf{X}$ é a matriz de delineamento, onde a variável independente é conhecida (padrões da CGMA);

$\mathbf{A}$ é a matriz diagonal dos parâmetros fixos, definidos com coeficientes de regressão linear (coeficientes de ajuste);

$\mathbf{Y}$ é a matriz diagonal das observações da variável dependente Y (precipitação mensal);

ε é vetor dos erros aleatórios na estimativa.

A variação total existente sobre uma variável Y é representada pela soma dos quadrados total (SQT):

$$SQT = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (12)$$

Em geral, a tentativa de ajustar a variação total da variável Y através da relação linear da variação de outras variáveis $X_1 \dots X_p$ não é totalmente contemplada, já que a parcela complementar representa o erro da regressão. A variação total do erro da regressão é representada pela soma dos quadrados dos erros (SQE) individuais:

$$SQE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (13)$$

A diferença entre o somatório dos desvios quadráticos total de Y e o somatório dos desvios quadrados não explicados deste total, define a soma dos desvios quadrados explicado pelo modelo de regressão (SQR):

$$SQR = SQT - SQE \quad (14)$$

A relação entre a soma dos desvios quadrados da regressão e a soma dos desvios quadrados total determina o coeficiente de determinação, o qual representa o percentual de variação explicado pelo modelo de regressão de Y ajustados pelas variáveis $X_1 \dots X_p$.

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} \quad (15)$$

O poder do modelo ajustado pode ser testado através da correlação entre os dados previstos pelo modelo e os dados observados pela reanálise, os quais podem ser avaliados quanto ao grau de significância.

Segundo Mingoti (2007) quando as variáveis X e Y têm distribuição normal univariada, é possível testar a significância do coeficiente de correlação (R) através de um teste de hipótese. Assim, se ρ representa a correlação teórica entre X e Y , as

hipóteses: $H_0 : R = 0$ contra $H_1 : R \neq 0$ podem ser testadas por meio do cálculo da estatística:

$$t = R \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (16)$$

Onde: R é a correlação amostral observada entre X e Y . Sob a hipótese nula, a estatística tem uma distribuição t de *Student* com $(n - 2)$ graus de liberdade, denotada por t_{n-2} , em que n é a amostra de dados (anos). Assim, para um nível de significância α fixo, $0 < \alpha < 1$, encontra-se na tabela t de *Student* o correspondente valor crítico t^c tal que:

$$\text{Prob} [t_{n-2} > t^c] = \alpha/2 \quad (17)$$

Se o valor observado da estatística t em valor absoluto exceder ao valor crítico t^c , a hipótese nula deve ser rejeitada. Desse modo, supondo-se que a distribuição normal seja válida para as variáveis, pode-se fazer o teste t de *Student* para verificar se as correlações entre a variável precipitação mensal e os Padrões de Oscilação das TSM são significativas ou não.

04 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Climatologia Mensal da precipitação em Mato Grosso do Sul

A climatologia mensal do período de 1981 a 2009 comprova a já conhecida classificação climática do Estado de que a precipitação é intensa nos meses de verão e bastante reduzida no período de inverno. Nas Figuras de número 5 a 16 mostram as distribuições média da precipitação no Estado para os meses de janeiro a dezembro.

Pelas Figuras percebe-se o aumento gradativo das precipitações, com os máximos médios nos meses de dezembro e janeiro e mínimos entre julho e agosto. Nota-se que no período de maior intensidade, apresenta gradiente quase que sul-norte, com menores valores no sul e maiores no norte-nordeste. No extremo norte do Estado, durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, os valores médios mensais de precipitação são superiores a 250 mm. Entre os meses de abril a outubro ocorre uma inversão no gradiente, passando a ser de norte-sul. Entre os meses de julho e agosto a climatologia mostra redução de precipitação em todo o Estado, com valores próximos a 60 mm. A climatologia anual apresenta valores normais acumulado bastante próximos em todo Estado (de 1400 a 1600 mm), no entanto, com alta variabilidade espacial ao longo do ano.

A partir da climatologia mensal foram agrupadas as precipitações acumuladas dos meses de dezembro e janeiro (dezembro/janeiro) e dos meses de julho e agosto (julho/agosto), os quais representam os períodos mais e menos chuvosos.

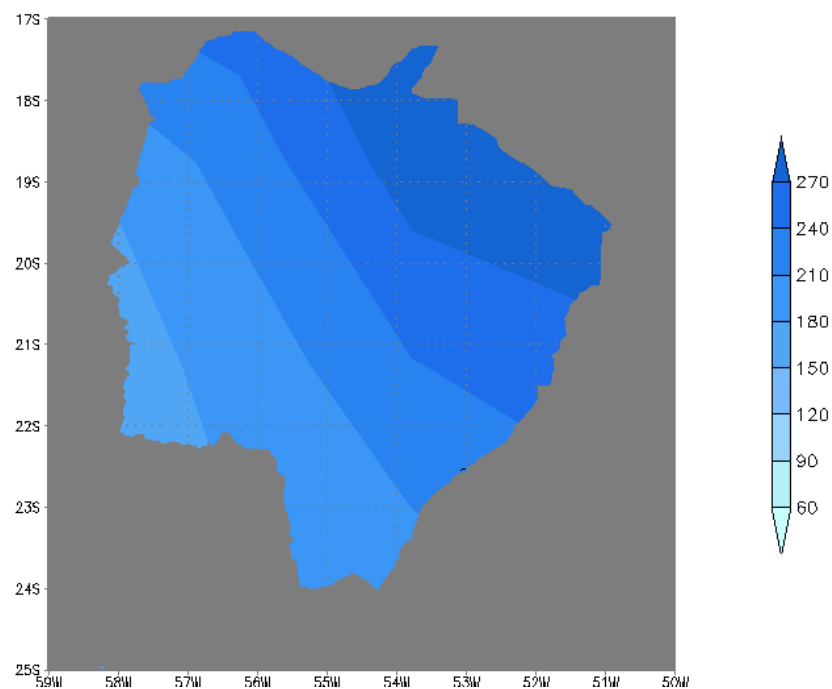


Figura 5 - Climatologia da precipitação do mês de janeiro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

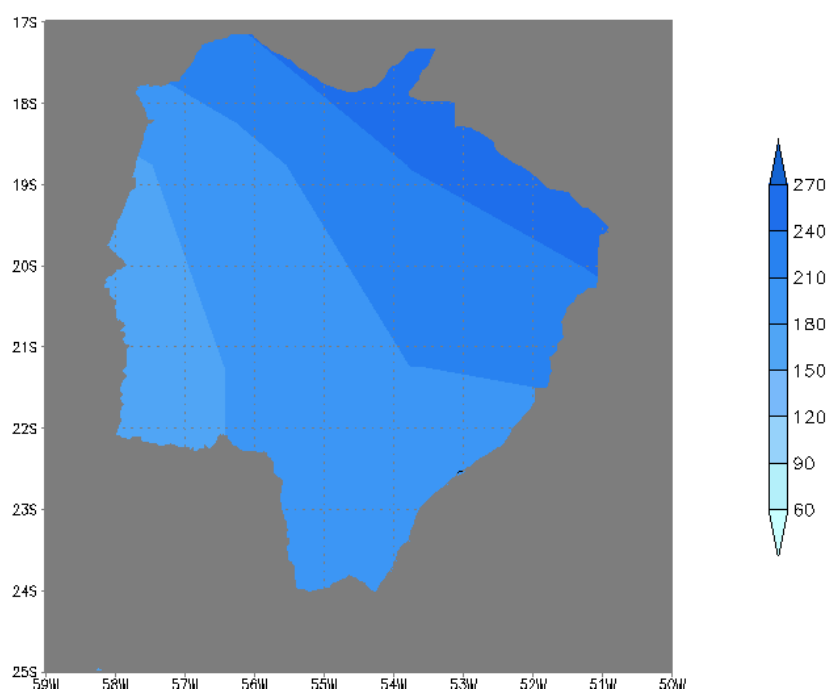


Figura 6 - Climatologia da precipitação do mês de fevereiro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

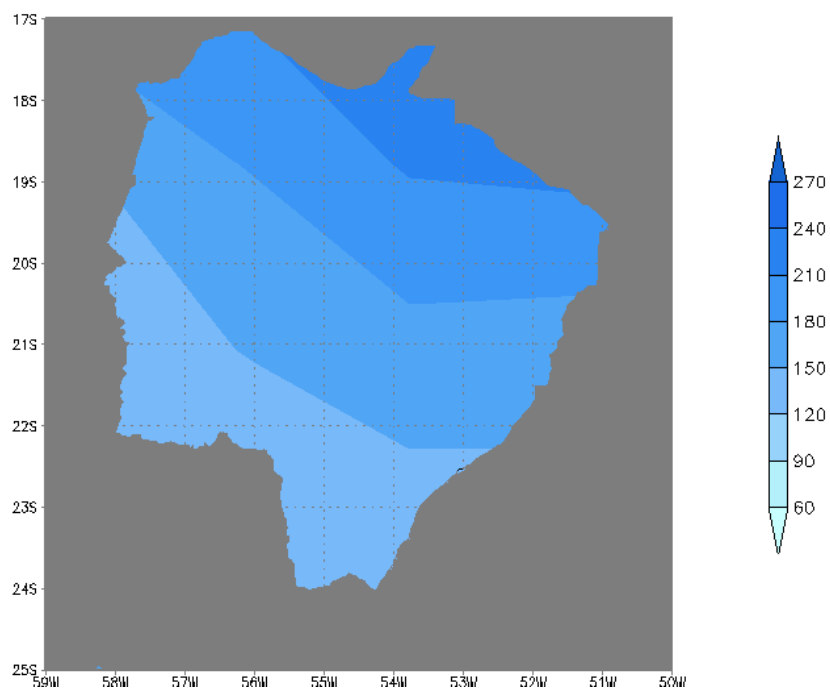


Figura 7 - Climatologia da precipitação do mês de março em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

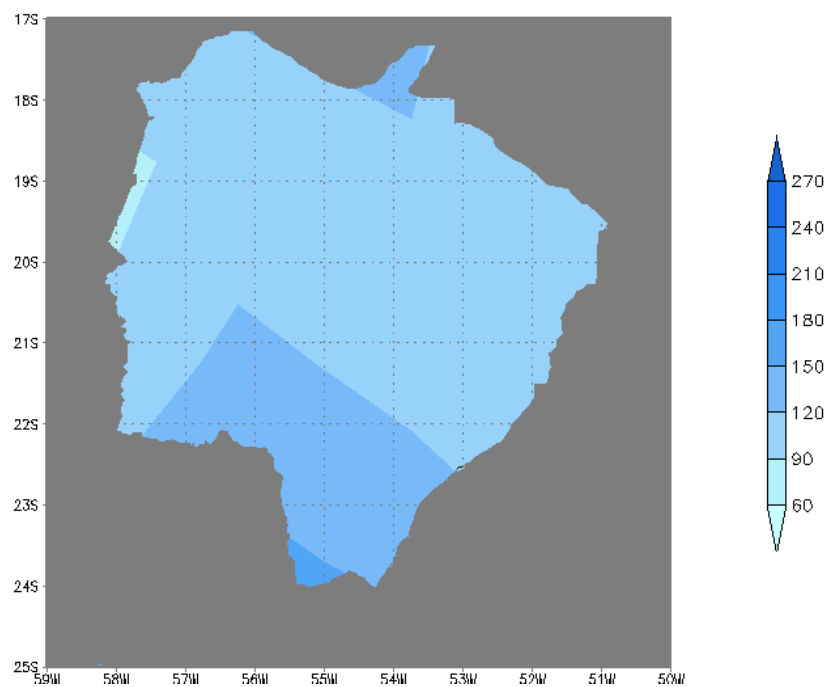


Figura 8 - Climatologia da precipitação do mês de abril em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

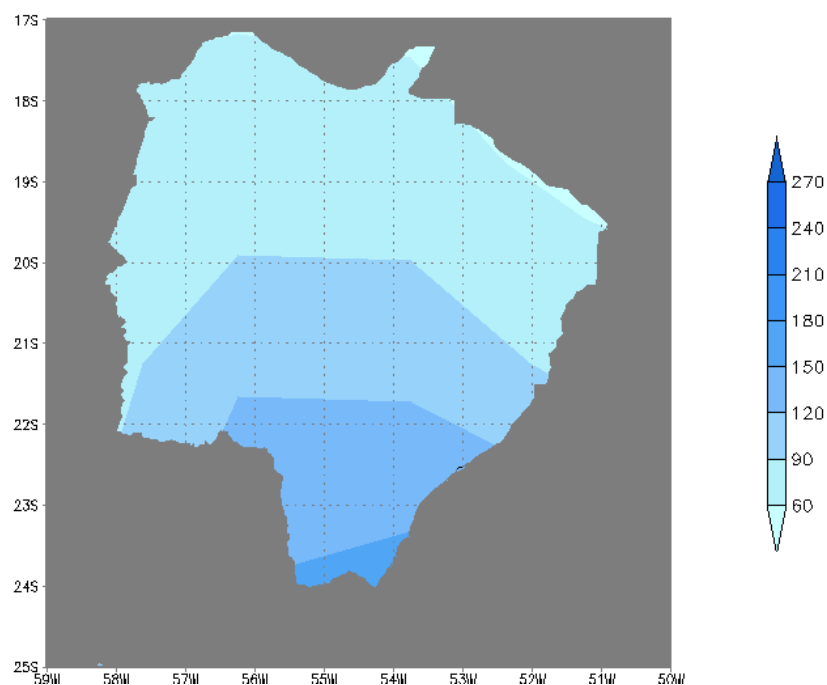


Figura 9 - Climatologia da precipitação do mês de maio em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

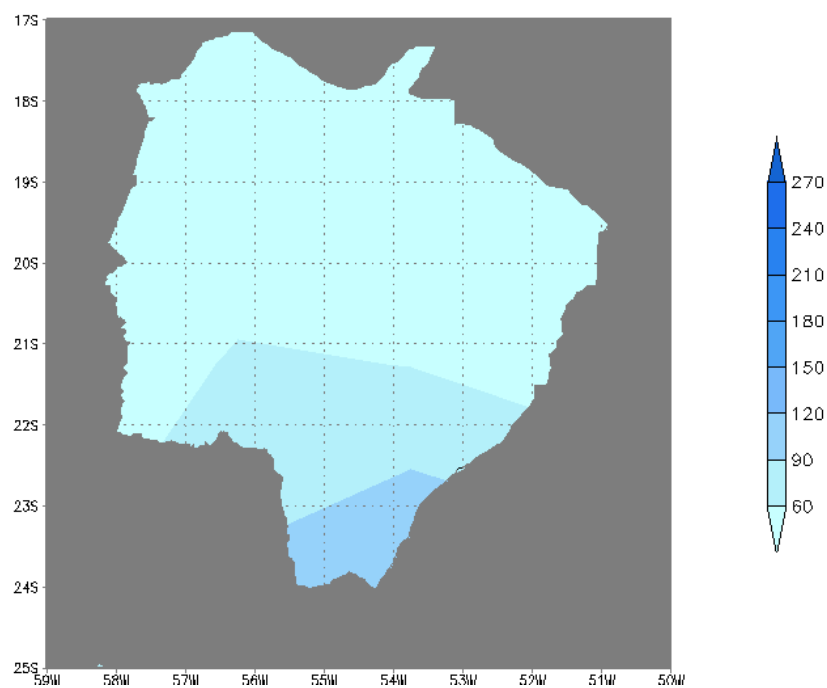


Figura 10 - Climatologia da precipitação do mês de junho em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

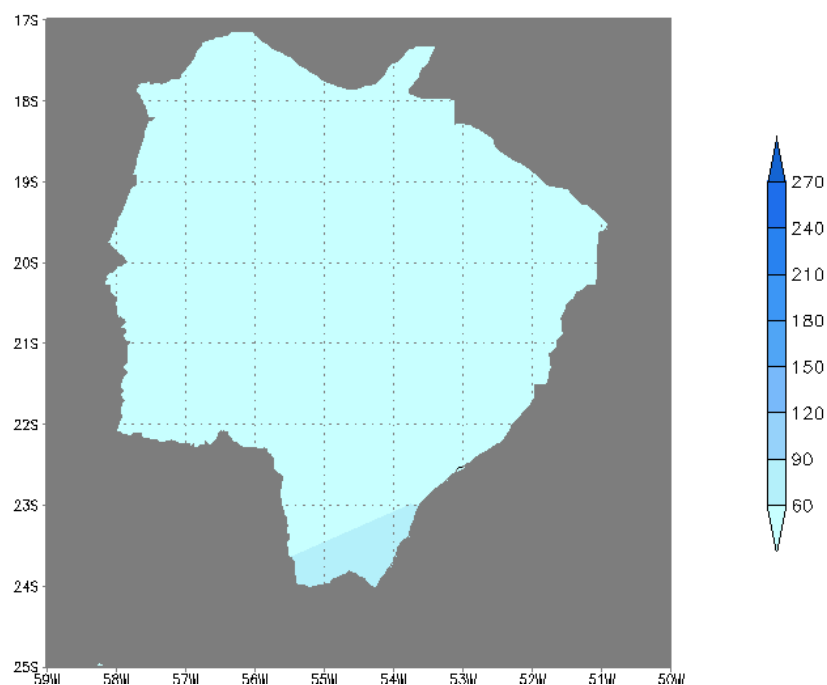


Figura 11- Climatologia da precipitação do mês de julho em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

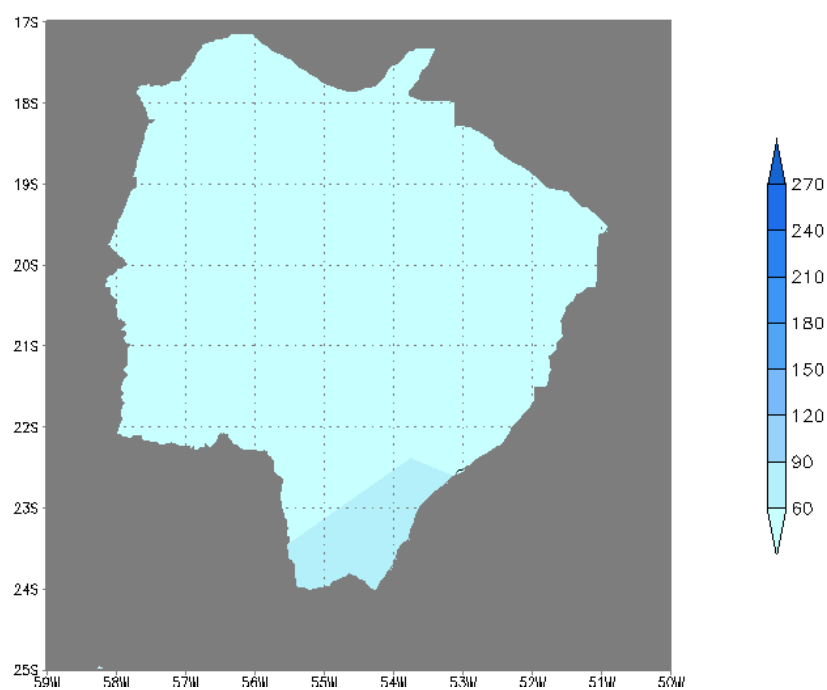


Figura 12 - Climatologia da precipitação do mês de agosto em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

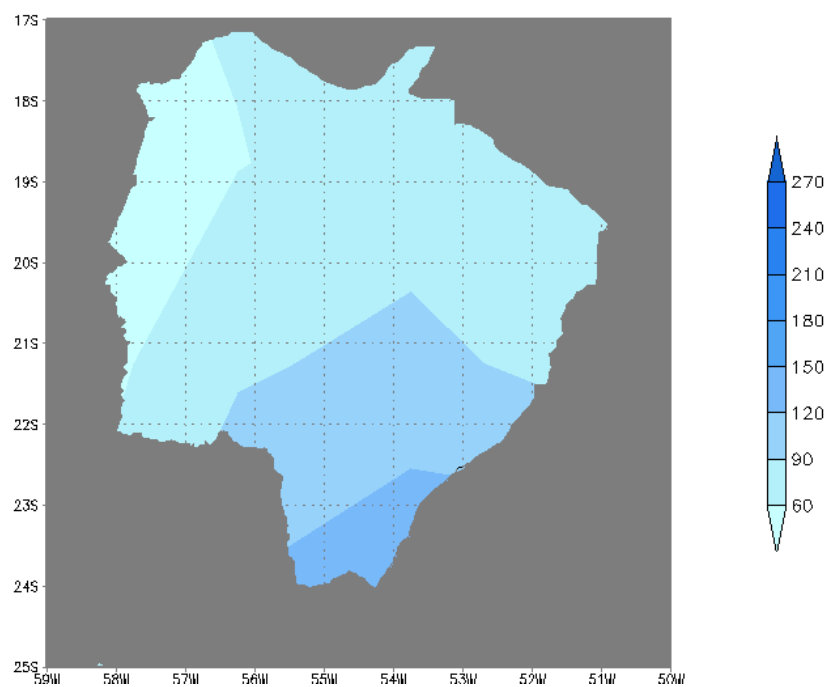


Figura 13 - Climatologia da precipitação do mês de setembro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

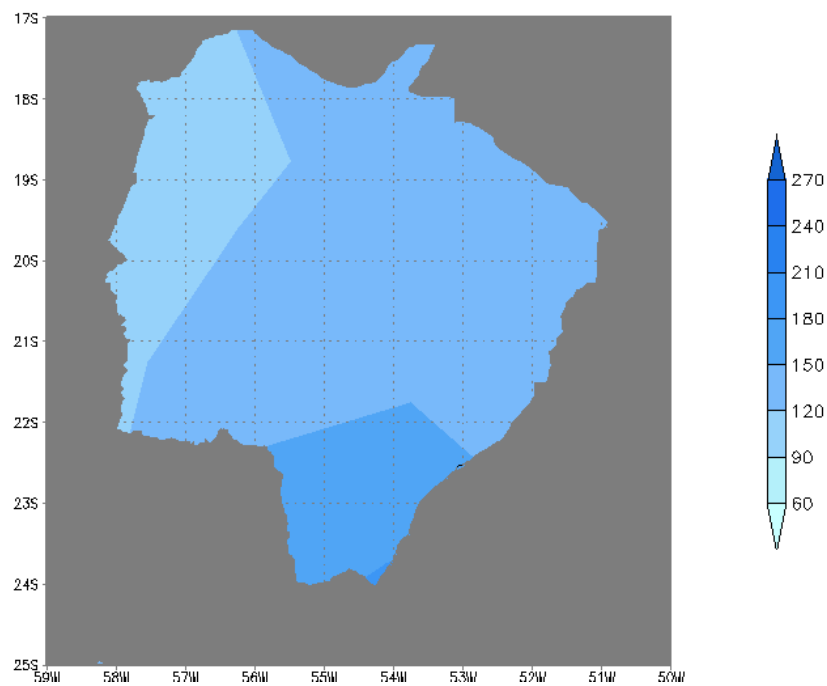


Figura 14 - Climatologia da precipitação do mês de outubro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

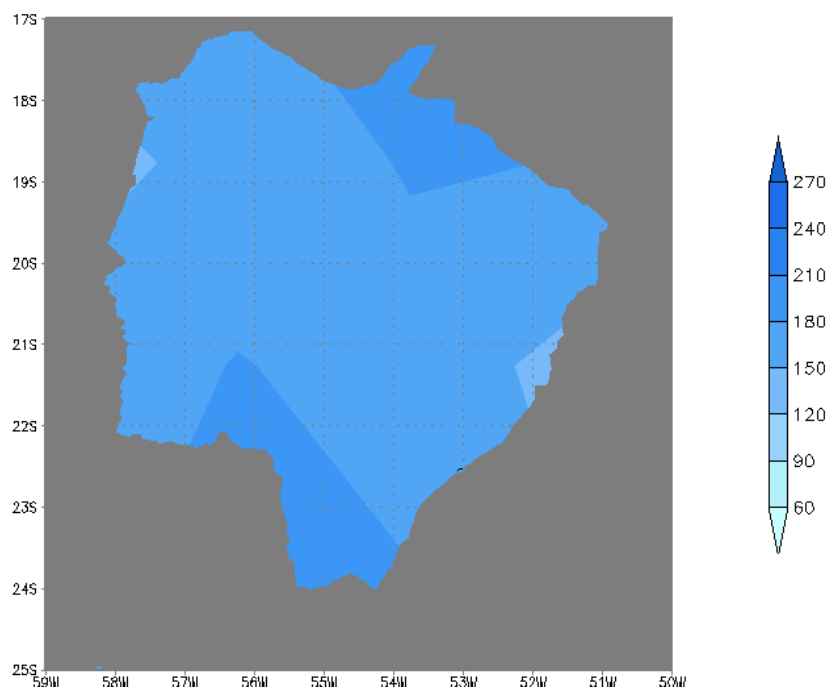


Figura 15 - Climatologia da precipitação do mês de novembro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

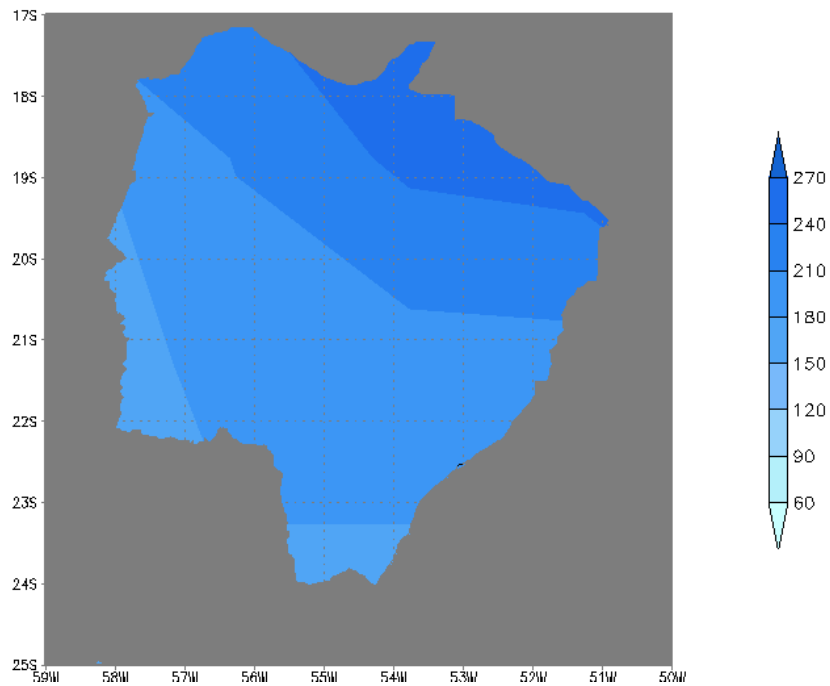


Figura 16 - Climatologia da precipitação do mês de dezembro em Mato Grosso do Sul, período de 1981 a 2009.

4.2. Regiões homogêneas de precipitação acumulada dos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto em Mato Grosso do Sul.

Na Figura 17 e 18 mostra os resultados da aplicação da técnica de agrupamento, segundo o método *k-means*, nos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto, respectivamente. Foram testados agrupamentos com várias classes (vários *k*), no entanto, fez-se a opção por trabalhar com três (3) grupos para o bimestre dezembro/janeiro e dois (2) grupos para o bimestre julho/agosto. Desta forma podem-se verificar claramente as diferenças das intensidades das precipitações sobre Mato Grosso do Sul. A partir da classificação são calculadas as precipitações acumuladas médias de cada região para cada ano, gerando assim as variações regionais.

Nas Figuras 17 e 19 estão identificadas as áreas com regiões homogêneas encontradas para os dois períodos especiais.

As Figuras 18 e 20 representam as variações através do gráfico *Box Plot* para os dois períodos, onde fica evidente a grande diferença na distribuição da precipitação destes bimestres especiais. Para o bimestre dezembro/janeiro, a região 1 apresenta mediana muito menor, enquanto que a região 3 apresentam valores muito superiores as demais. Pode-se verificar que a probabilidade de ocorrer estiagens é extremamente alta no sudoeste (região 1) e de ocorrer grandes volumes no nordeste do Estado (região 3).

Na Figura 20, que representa o bimestre julho/agosto, observa-se uma maior variância na precipitação na região 2, com mediana é de aproximadamente 100 mm e com valores extremos de próximos de 300 mm. Já na região 1, a mediana é de aproximadamente 50 mm e variância muito pequena, com valores extremos abaixo de 150 mm.

O sul do Estado do Mato Grosso do Sul apresenta ao longo dos períodos extremos uma menor amplitude sazonal entre o verão e inverno, enquanto que o noroeste apresenta grande amplitude sazonal de precipitação.

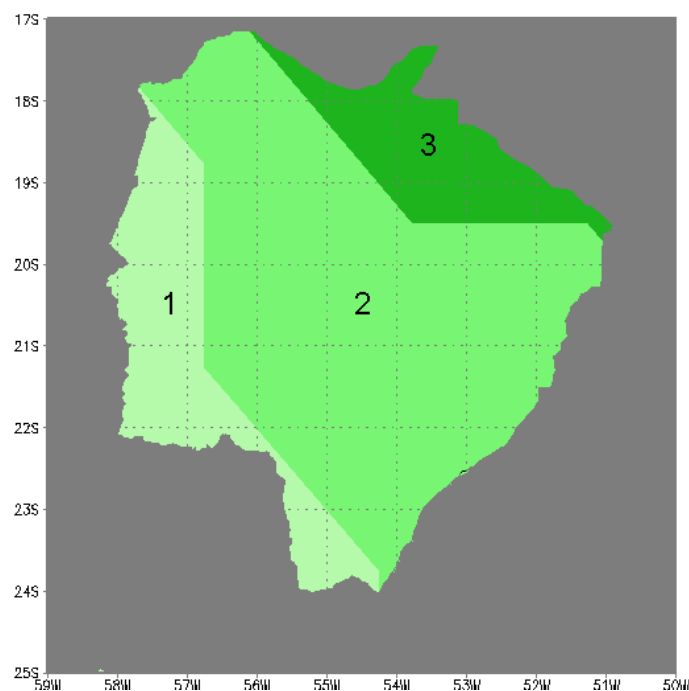


Figura 17 - Regiões homogêneas de precipitação acumulada do bimestre dezembro/janeiro para Mato Grosso do Sul, gerada no período de 1981 a 2009, representadas na figura pelas regiões 1, 2 e 3.

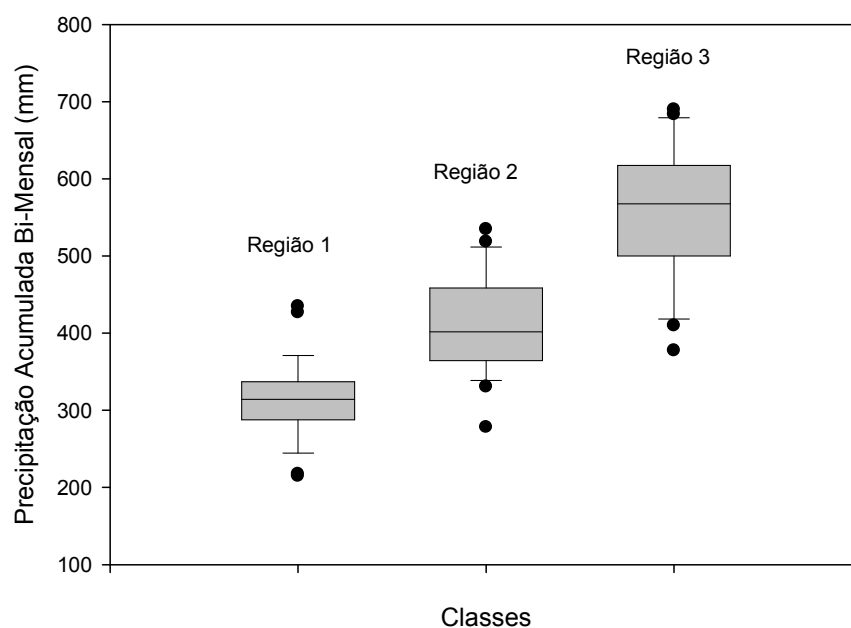


Figura 18 - Distribuição da precipitação acumulada nas regiões homogêneas em Mato Grosso do Sul, no período de 1981 a 2009, técnica Box-Plot, para o bimestre dezembro/janeiro.

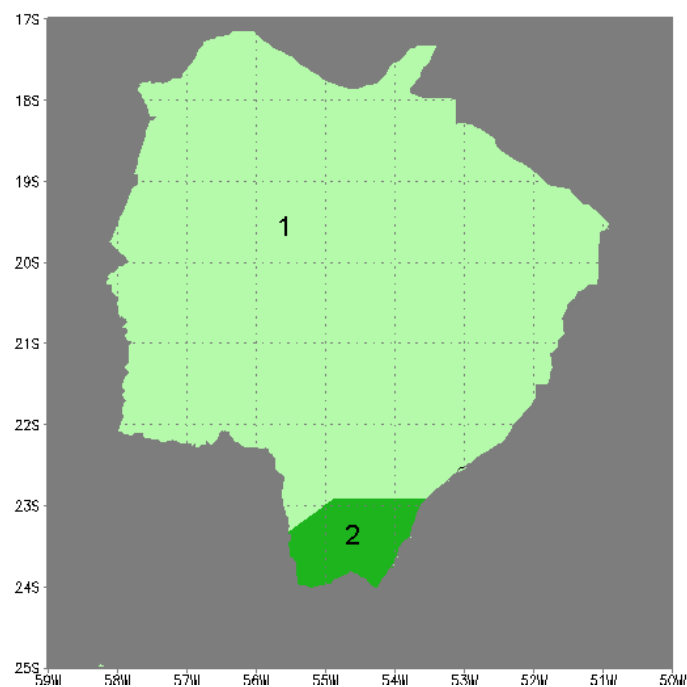


Figura 19 - Regiões homogêneas de precipitação acumulada do bimestre julho/agosto, para Mato Grosso do Sul, gerada no período de 1981 a 2009, representadas na figura pelas regiões 1 e 2.

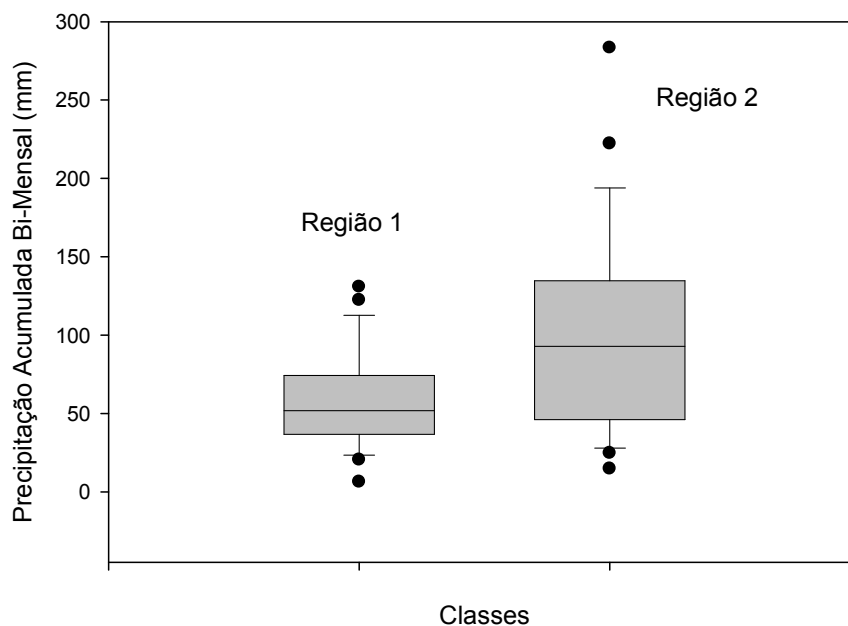
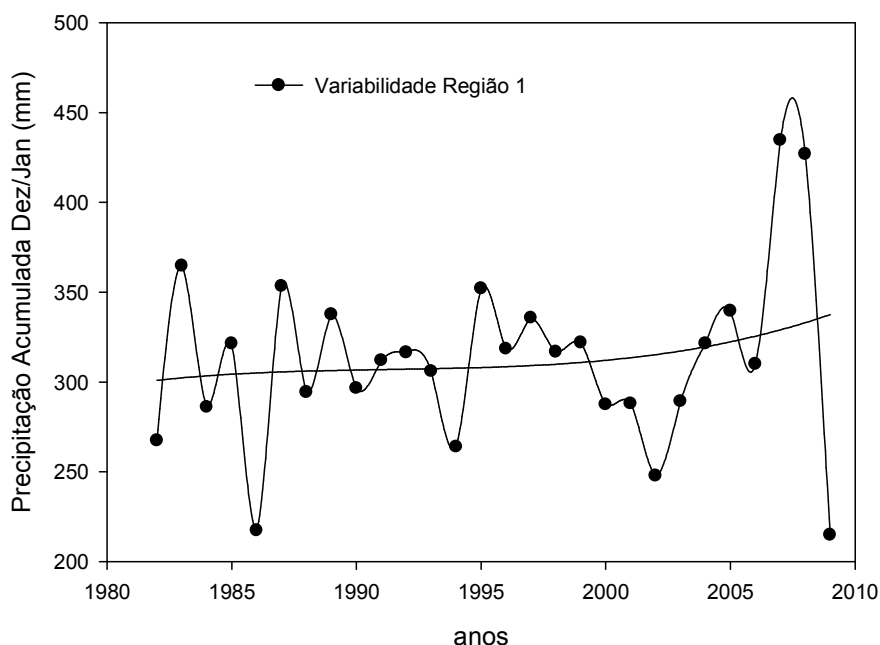


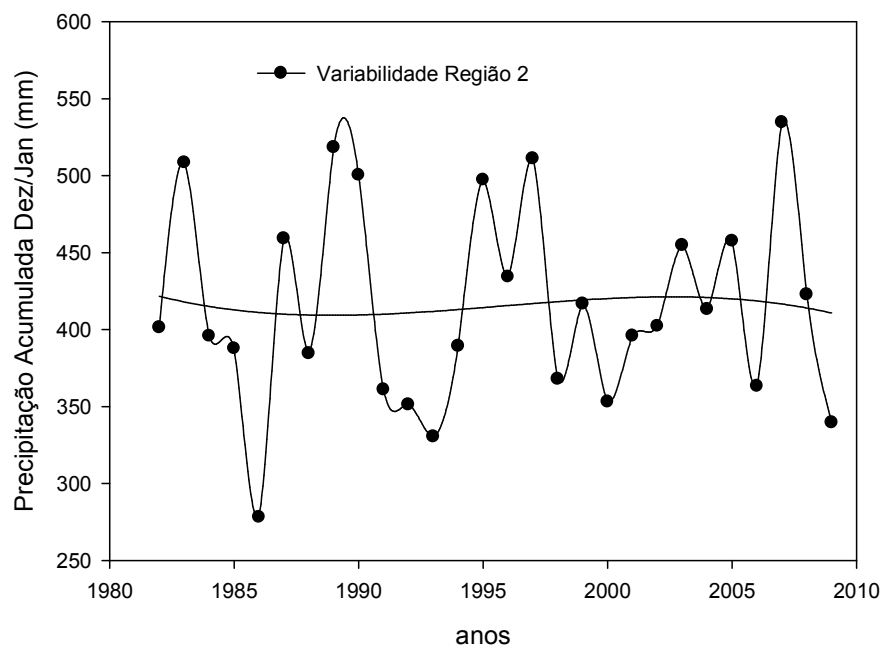
Figura 20 - Distribuição da precipitação acumulada nas regiões homogêneas em Mato Grosso do Sul, no período de 1981 a 2009, técnica Box-Plot, para o bimestre julho/agosto.

4.3. Variabilidade temporal de precipitação acumulada dos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto em Mato Grosso do Sul e a correlação com a TSM do Niño 3.4.

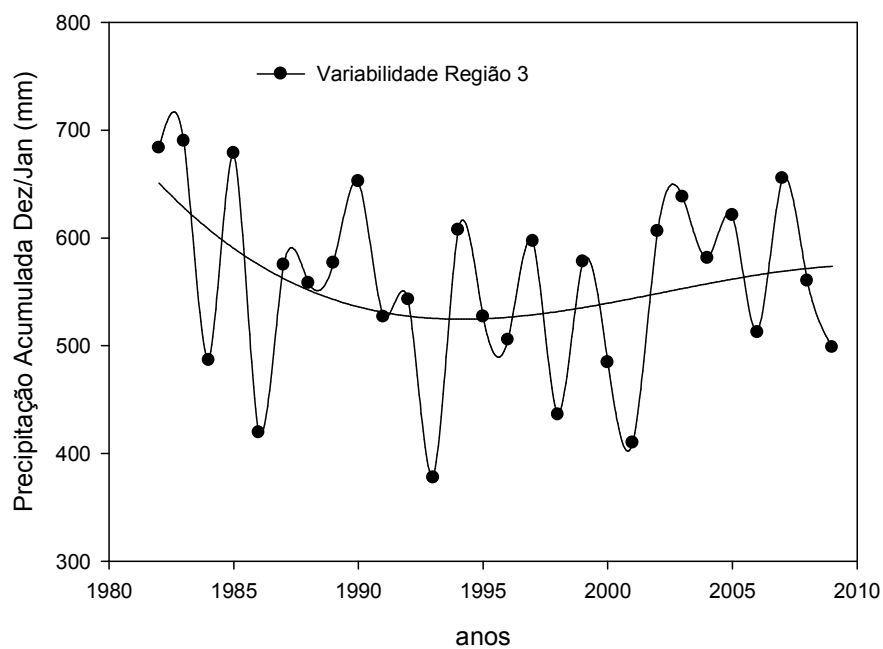
Antes de correlacionar as anomalias precipitações regionais com os padrões de oceano, faz-se necessário a verificação da tendência temporal (Figuras 21 e 22). Frente às possíveis mudanças climáticas já identificadas em algumas regiões do globo, torna-se importante à identificação ou não de alterações temporais significativas que possam estar ocorrendo nesta região de estudo. Pelas figuras nota-se que a região 1 apresenta um pequena tendência de aumento, muito influenciada pela forte anomalias positivas que ocorreram no começo 2007 e 2008. Na região 2 não apresenta sinal de nenhuma tendência. Para a região 3, a tendência aponta uma pequena redução em função do forte excesso que ocorrem no começo da série (1982 e 1983). Nota-se que os ajustes realizados nas precipitações regionais são não lineares, isto foi realizado no sentido de melhor representar as oscilações. Mesmo tentando aumentar o ajuste da função as oscilações nenhuma destas tendências são significativas a 5% e 1% de probabilidade. Podendo claramente ser tratado como uma série sem tendência e, portanto, sem evidências de mudanças, pelo menos neste período de estudo.



(a)



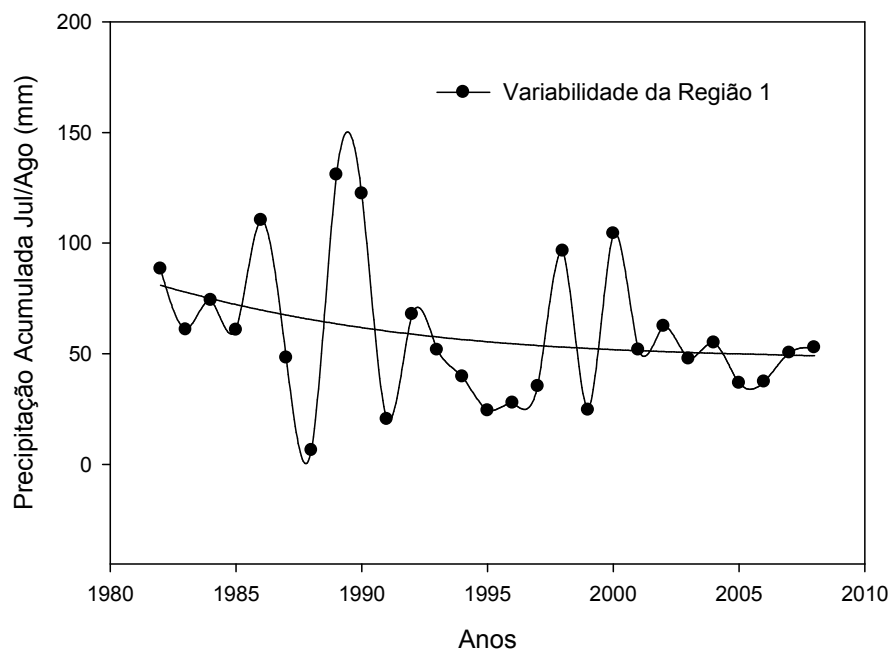
(b)



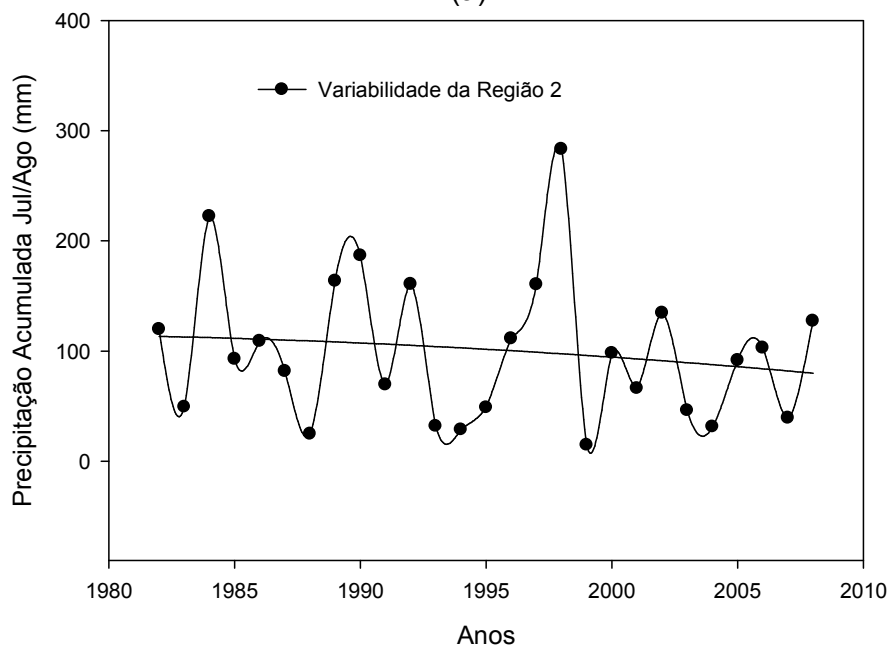
(c)

Figura 21 - Precipitação acumulada média regional no bimestre dezembro/janeiro, e curva de tendência no período de 1981 a 2009, para as regiões: a) Região 1; b) Região 2; c) Região 3.

Na figura 22 são apresentadas as variações regionais da precipitação do bimestre julho/agosto para as regiões 1 e 2. Observa-se que nas séries não há tendências significativas. Os maiores excessos observados em 1989 e 1990 região 1 e em 1998 na região 2, não influenciaram fortemente as tendências.



(a)



(b)

Figura 22 - Precipitação acumulada média regional no bimestre julho/agosto, e curva de tendência no período de 1981 a 2009, para as regiões: a) Região 1; b) Região 2.

As Figuras 23 e 24 mostram a variabilidade das anomalias de TSM na região central do Pacífico Equatorial (Niño 3.4) nos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto. Nesta região há forte efeito no deslocamento da precipitação do Pacífico Oeste e tem sido considerado como referência na obtenção de índices de anomalia da TSM, frente as sua alta correlação com o Índice de Oscilação Sul.

Pela Figura 23, nota-se que as maiores anomalias positivas foram nos eventos de El Niño de 1982/1983 e 1997/1998, enquanto que as maiores anomalias negativas foram no La Niña de 1988/1989, todos com anomalias superiores em módulo a 2°C. As definições dos eventos El Niño e La Niña, foram a partir das definições estabelecidas por Trenberth (1997).

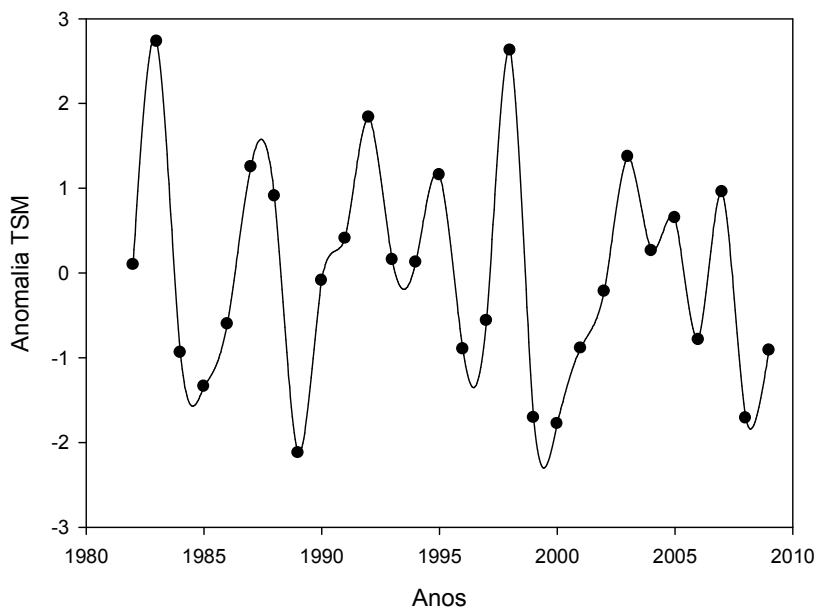


Figura 23 - Anomalia média de TSM na região do Niño 3.4 (latitudes 5S-5N e longitudes 170W-120W), período de 1981 a 2009, para os bimestres dezembro/janeiro.

Na Figura 24, as maiores anomalias positivas de TSM na região do Niño 3.4 foram nos eventos de El Niño de 1987 e 1997, enquanto que as maiores anomalias negativas foram no La Niña de 1988 e 1998. Observa-se que as maiores anomalias negativas (La Niña) neste período de estudo, ocorreram em anos seguintes as maiores anomalias positivas.

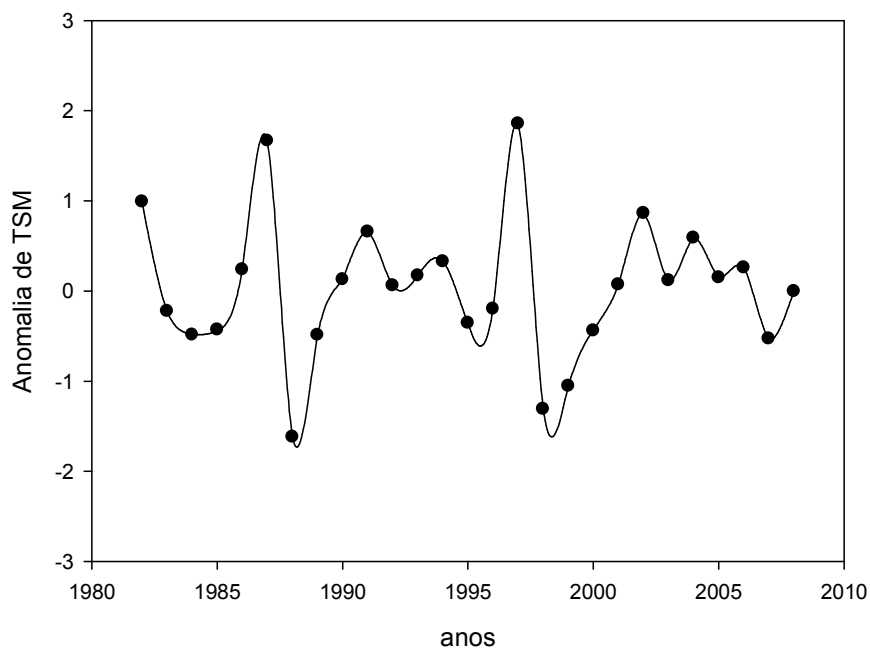


Figura 24 - Anomalia média de TSM na região do Niño 3.4 (latitudes 5S-5N e longitudes 170W-120W), período de 1981 a 2009, para os bimestres julho/agosto.

O coeficiente de correlação entre as anomalias de TSM da região central do Pacífico Equatorial (Niño3.4) mostra valores pouco significativos com as variações regionais de precipitação no bimestre dezembro/janeiro. Os valores encontrados para o período de 1981 a 2009, foram de 0,17 com as precipitações da região 1, correlação de 0,16 com a região 2 e de também 0,17 com a região 3. Todos estes valores não são significativos a 5% de probabilidade, mostrando a baixa relação quando comparadas individualmente.

O coeficiente de correlação entre as anomalias de TSM da região central do Pacífico equatorial e as precipitações no bimestre julho/agosto também não foram significativos no período de 1981 a 2009. Os coeficientes foram de 0,06 com as precipitações da região 1 e de 0,04 com a região 2.

Os valores mínimos do coeficiente de correlação (em módulo) necessário para que o teste t seja significativo a 5% e 1% de probabilidade neste trabalho (considerando $n=28$ pares de dados) foram de 0,31 e 0,43, respectivamente. A

correlação entre a precipitação regional e as variações de TSM no Pacífico Equatorial (todo o período entre 1981 e 2009) não apresentaram relação significativa, no entanto, para os eventos extremos de precipitação a relação fica um pouco mais evidente.

Os valores mínimos para que os coeficientes de correlação sejam significativos aos níveis de 5% e 1% são os mesmos para que as tendências temporais, calculadas anteriormente.

A tabela 1 representa os períodos em que ocorreram as anomalias absolutas de precipitação durante o bimestre dezembro/janeiro, representados por cores vermelha para os eventos El Niño, azul para os eventos La Niña e preta para eventos Neutros. Os maiores excessos de precipitação na região 1 ocorreram fortemente associados a ocorrência de eventos El Niño, nas demais regiões esta relação não apresenta predomínio deste evento. Entre os 5 períodos mais significativos de excessos de precipitação, 4 destes ocorreram na presença de El Niño na região 1, 2 na região 2 e também 2 na região 3. Nota-se que nas regiões 2 e 3 ocorreram fortes excessos até mesmo na presença de eventos La Niña.

Para os períodos de fortes estiagens no bimestre dezembro/janeiro, representados por também 5 casos na tabela 1 para a região 1 estiveram sob influência do La Niña 2 destes, 3 para a região 2 e também 3 para a região 3. Nota-se que mesmo tendo um número menor de eventos La Niña associados as fortes estiagens, a região 1 apresentou maior coerência com o sinal do evento, pois não apresentou nenhuma inversão entre eles.

Pode-se afirmar que a região 1, durante os eventos El Niño fortes pode esperar forte aumento da precipitação no bimestre dezembro/janeiro, da mesma forma, pode-se esperar forte redução da precipitação em Eventos La Niña. Nas regiões 2 e 3, existem uma maior tendência de redução da precipitação nos eventos La Niña, do que aumento nos eventos El Niño.

Na tabela 2 estão representados os períodos em que ocorreram anomalias absolutas de precipitação durante o bimestre julho/agosto, representados da mesma forma pelas cores vermelha para os eventos El Niño, azul para os eventos La Niña.e preta os eventos Neutros. Os maiores excessos de precipitação na região 1

ocorreram com predomínio de eventos La Niña, com menor relação na região 2, mas ambas regiões com coerência do sinal (neutro e La Niña). Nos casos de fortes estiagens o sinal apresenta baixa relação, visto que ocorreram eventos opostos. Nota-se que tanto na região 1 como na região 2, os excessos de precipitação são mais persistente durante os eventos La Niña, o que não é evidente nos períodos de fortes estiagens.

Tabela 1 - Períodos Extremos de precipitação acumulada média regional, bimestre dezembro/janeiro, selecionados pelo limite superior ao percentil 0,85 (excessos) e inferior ao percentil 0,15 (estiagens).

Períodos extremos de excessos			Períodos extremos de estiagens		
Região 1	Região 2	Região 3	Região 1	Região 2	Região 3
1982/1983	1982/1983	1981/1982	1981/1982	1985/1986	1985/1986
1986/1987	1988/1989	1982/1983	1985/1986	1991/1992	1992/1993
1994/1995	1989/1990	1984/1985	1993/1994	1992/1993	1997/1998
2006/2007	1996/1997	1989/1990	2001/2002	1999/2000	1999/2000
2007/2008	2006/2007	2006/2007	2008/2009	2008/2009	2000/2001

Tabela 2 - Períodos Extremos de precipitação acumulada média regional, bimestre julho/agosto, selecionados pelo limite superior ao percentil 0,85 (excessos) e inferior ao percentil 0,15 (estiagens).

Períodos extremos de excessos		Períodos extremos de estiagens	
Região 1	Região 2	Região 1	Região 2
1986	1984	1988	1988
1989	1989	1991	1993
1990	1990	1995	1994
1998	1992	1996	1999
2000	1998	1999	2004

4.4. Padrões de Oscilação Principal da TSM no bimestre dezembro/janeiro e julho/agosto.

Frente às baixas correlações encontradas entre as variações de precipitação regional as TSM do Niño 3.4, fez-se uma análise incluindo uma área oceânica maior, definida na Figura 2. A técnica da decomposição (componente principais) espectral foi aplicada às anomalias de TSM nos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto. Foram calculados os 10 principais padrões de oscilação para cada bimestre, no entanto, foram discutidos e usados os seis primeiros de cada bimestre, visto que as maiores variações de TSM sempre ocorrem entre os primeiros. Os percentuais relativos de explicação de cada componente estão representados nas Figuras 25 e 26.

Pela Figura 25, observa-se que o primeiro componente de maior peso na explicação total da variação dos oceanos explica 20,8%, o segundo próximo de 8,1%, o terceiro 7,5%, o quarto 5,9%, o quinto 4,8%, o sexto 4,5% e outros menores. O percentual acumulado da explicação da variação total chega a 51,6% com a combinação dos seis primeiros padrões.

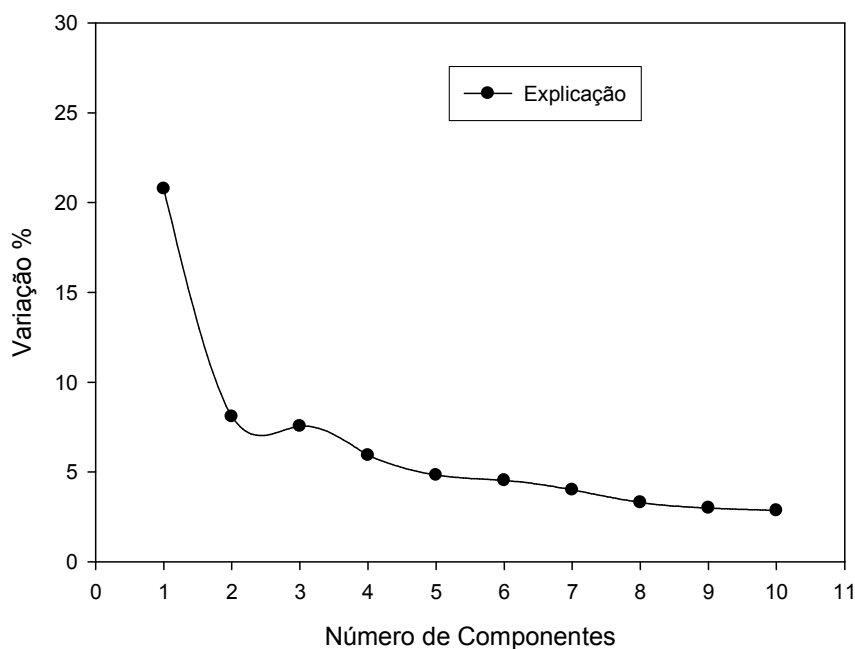


Figura 25 - Percentuais acumulados de explicação da variação da TSM dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul, para o bimestre dezembro/janeiro, período de 1981 a 2009.

Observam-se na Figura 26 os percentuais de explicação da variação referente às variações de TSM para o bimestre julho/agosto. Estão representados os 10 primeiros componentes, pois são os mais representativos. O primeiro componente explica 17,3%, componente de maior peso na explicação total, o segundo próximo de 9,3 %, o terceiro 7,8 %, o quarto 7,5 %, o quinto 5,3%, o sexto 4,6 % e outros menores. O percentual acumulado da explicação da variação total chega a 51,8% com a combinação dos seis primeiros padrões.

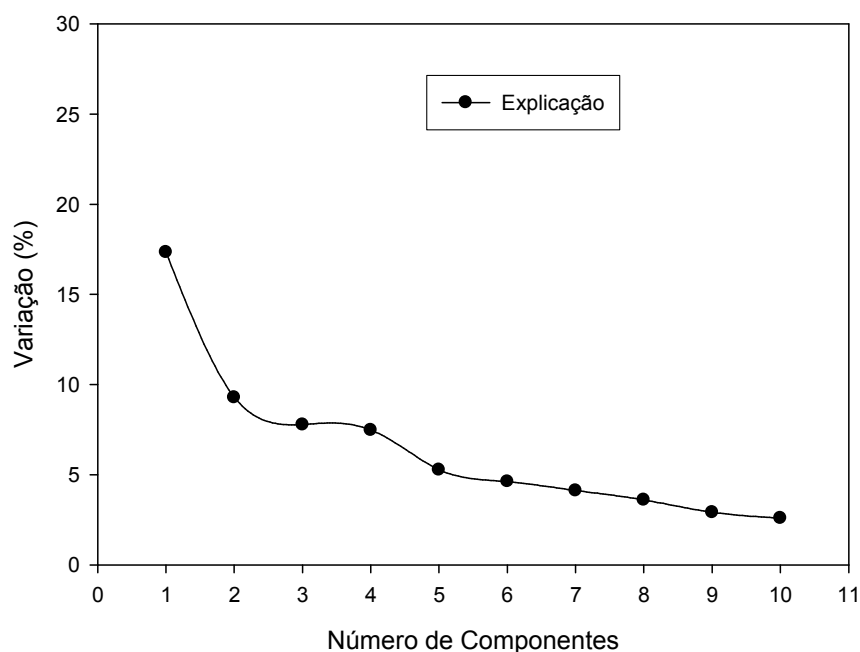


Figura 26 - Percentuais acumulados de explicação da variação da TSM dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul, para o bimestre julho/agosto, período de 1981 a 2009.

Os seis principais padrões de oscilação combinados dos oceanos para o bimestre dezembro/janeiro estão apresentados nas Figuras 26 a 31. Convém salientar que nem sempre o principal padrão de oscilação dos oceanos é o de maior correlação com as precipitações, muitas vezes eventos extremos estão associados a padrões de baixa frequência de TSM, como por exemplo, as anomalias na região dos eventos ENOS, os quais apresentaram pouca correlação, mas são bem marcantes quando presente.

Os padrões de oscilação dos oceanos são representados pela magnitude dos autovetores de cada componente, onde o sinal é apenas a forma de organizar os vetores (vetores são ortogonais entre si).

O primeiro padrão de oscilação das anomalias de TSM (Figura 27) destaca a área do Pacífico Central, região predominante dos eventos ENOS, as quais apresentam extremos positivos (El Niño) e negativos (La Niña), gerando as maiores variações temporais da série quando estes eventos estão ativos.

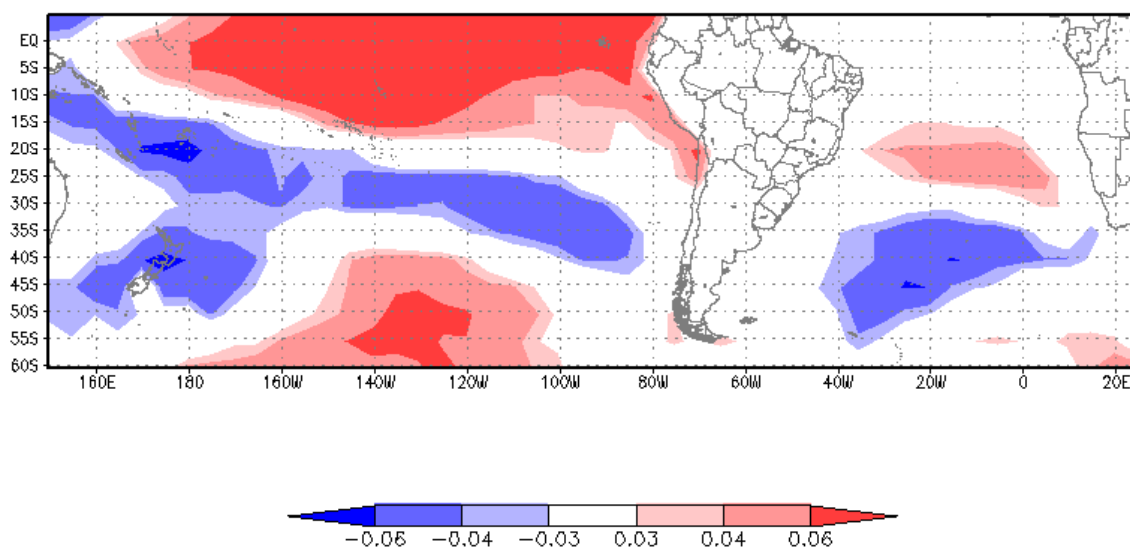
O segundo padrão de oscilação (Figura 28) tem por destaque os contrastes opostos de sinais de anomalias nas áreas do Atlântico Sul e Atlântico Equatorial, anomalias associadas à intensificação ou enfraquecimento da corrente das Malvinas (litoral sul da Argentina) e a intensificação ou enfraquecimento da corrente do Brasil (litoral do Brasil).

O terceiro padrão de oscilação dos oceanos (Figura 29) representa principalmente as oscilações de TSM na região definida de Zona de Convergência do Pacífico Sul, (ZCPS) que em muitos trabalhos relacionam estas anomalias às Oscilações Madden-Julian (OMJ), conhecida como uma oscilação de 30-60 dias, dominante nos trópicos e está associada com uma célula de circulação zonal, de escala global que se propaga para leste.

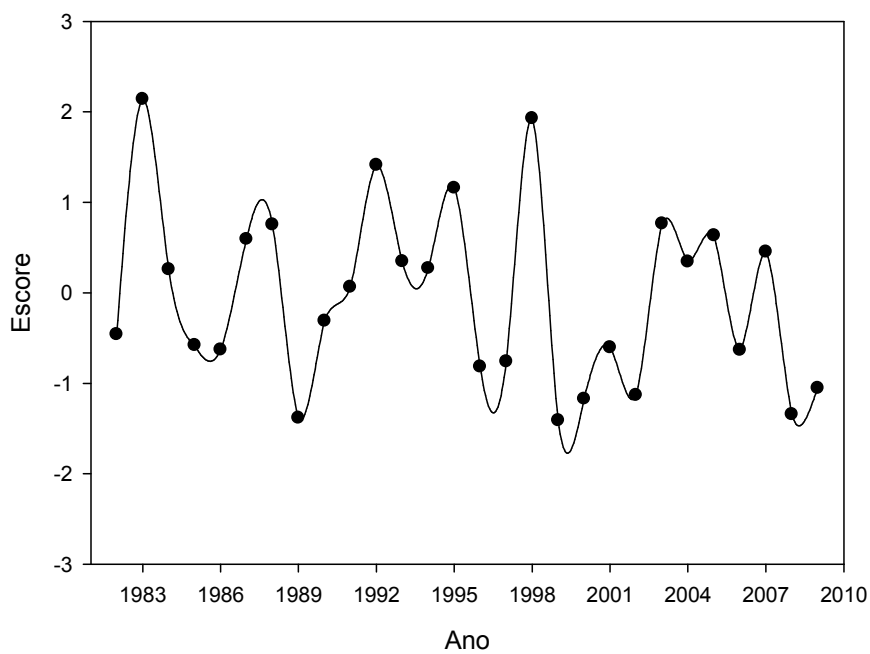
O quarto padrão (Figura 30) representa os períodos com forte formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Vários trabalhos apontam que a formação de ZCAS em geral produz muita chuva no Centro-Oeste do Brasil e estiagens no Sul.

Já o quinto padrão (Figura 31) representa as anomalias de TSM de mesmo sinal entre o Pacífico Equatorial Leste e o Atlântico Equatorial. Enquanto o sexto padrão está associado às anomalias em áreas Subtropicais do Pacífico e Subtropicais do Atlântico.

Os padrões, em geral são bastante complexos para serem analisados isoladamente, no entanto, os escores destes seis primeiros combinados foram usados para ajustar as precipitações regionais pela regressão múltipla.

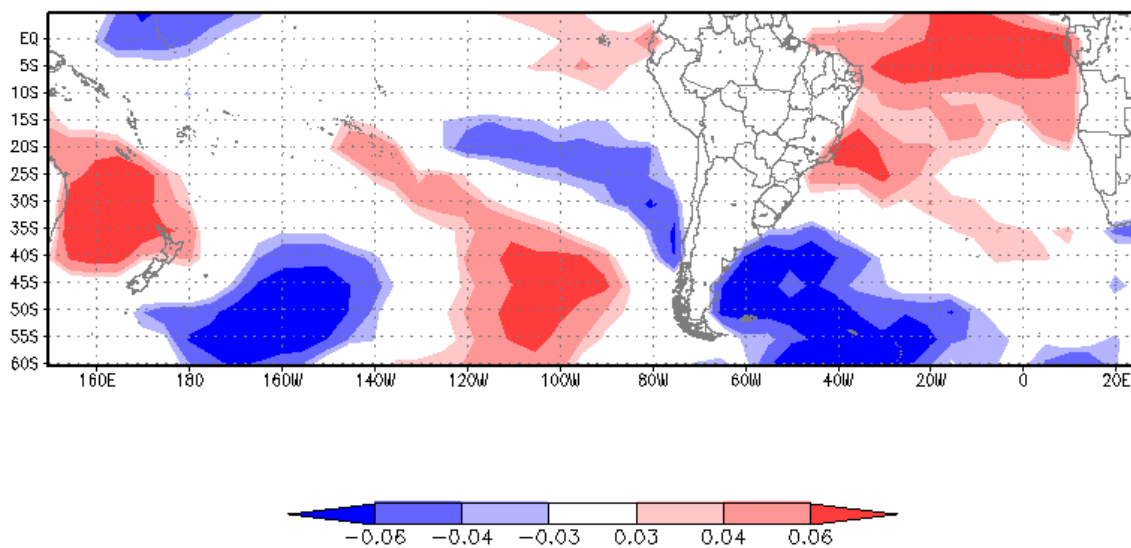


(a)

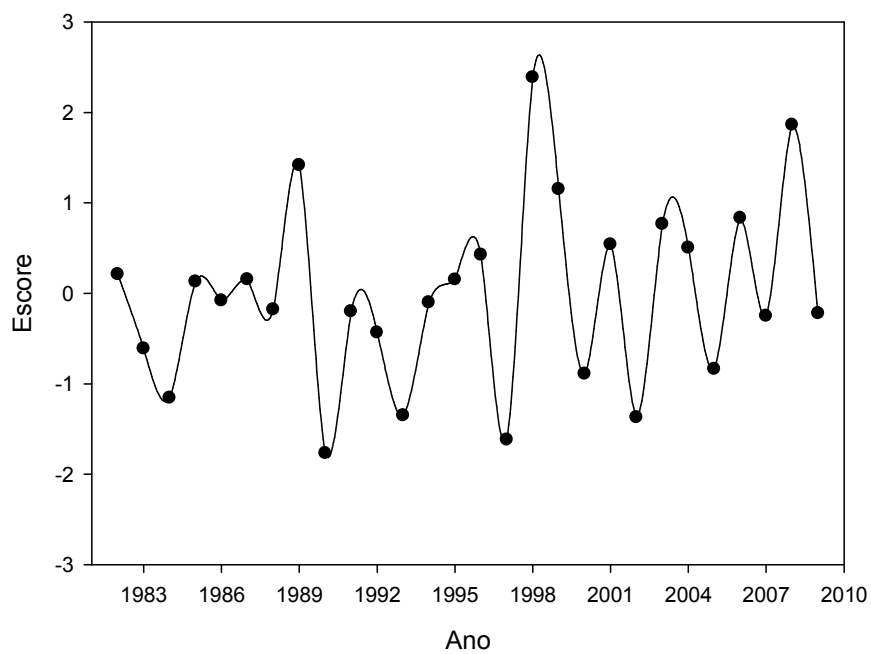


(b)

Figura 27 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 1; b) Escore 1

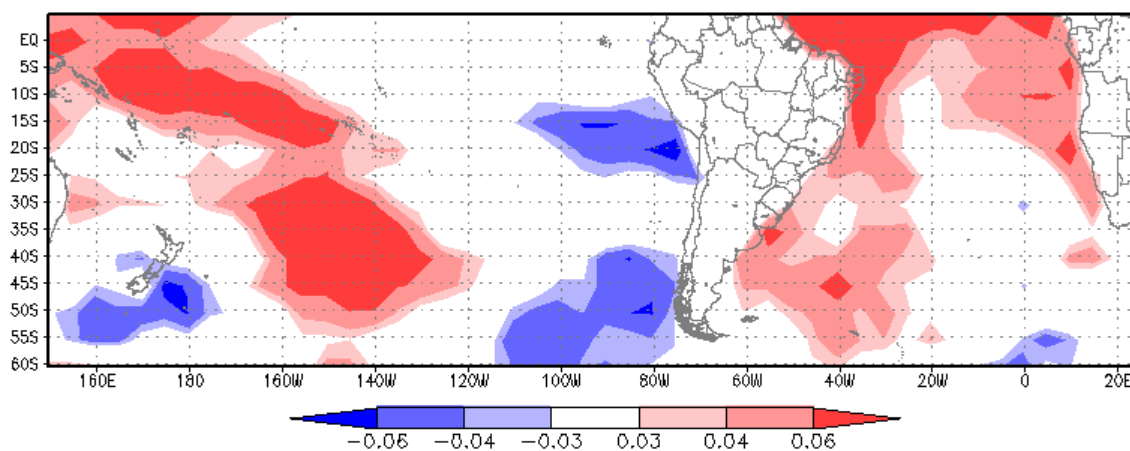


(a)

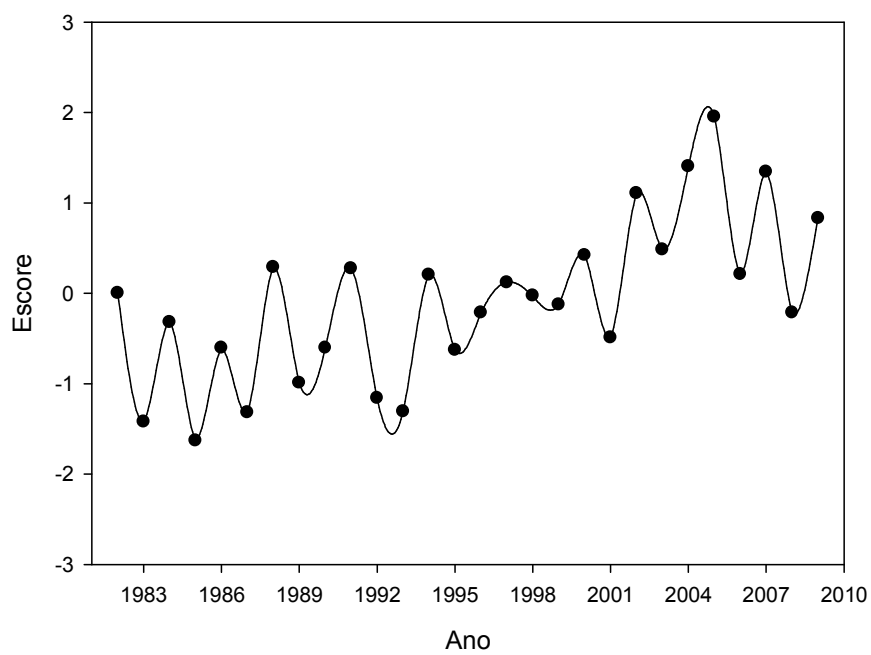


(b)

Figura 28 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 2; b) Escore 2

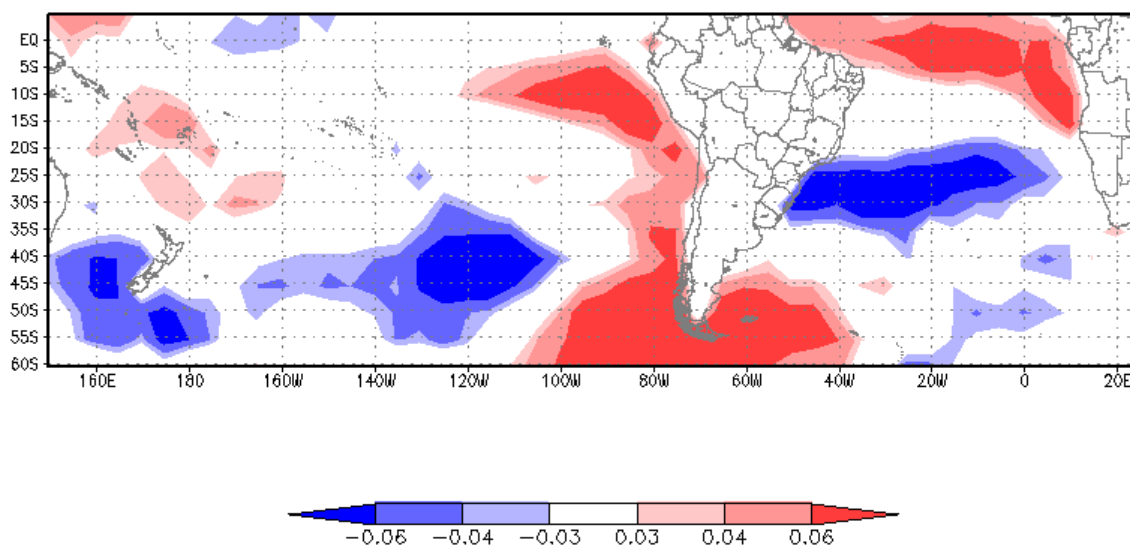


(a)

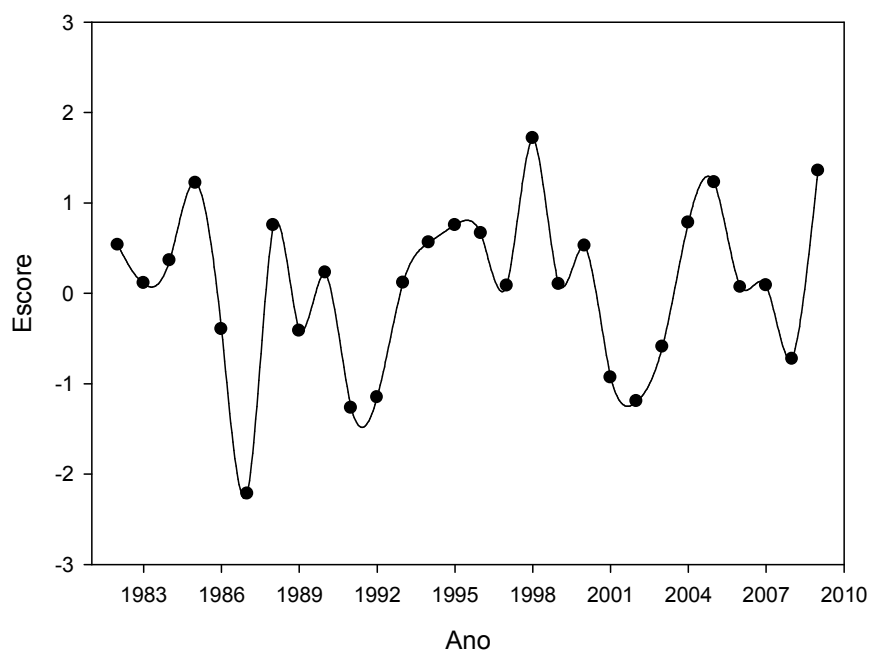


(b)

Figura 29 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 3; b) Escore 3

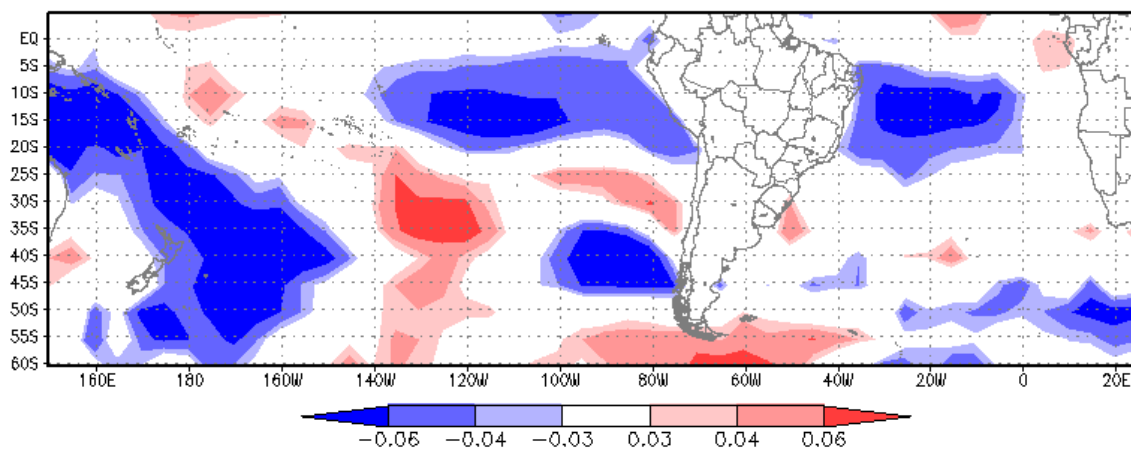


(a)

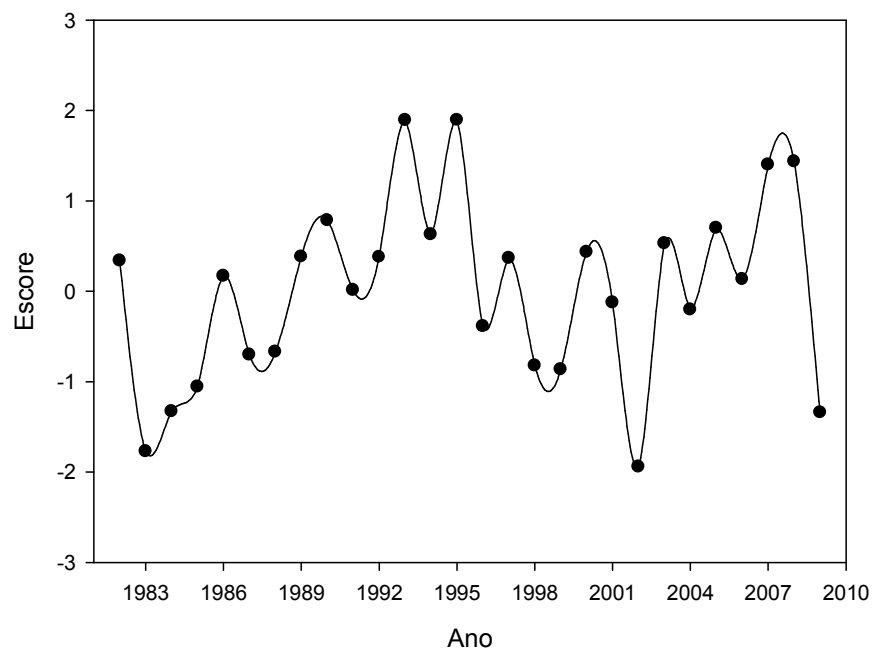


(b)

Figura 30 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 4; b) Escore 4

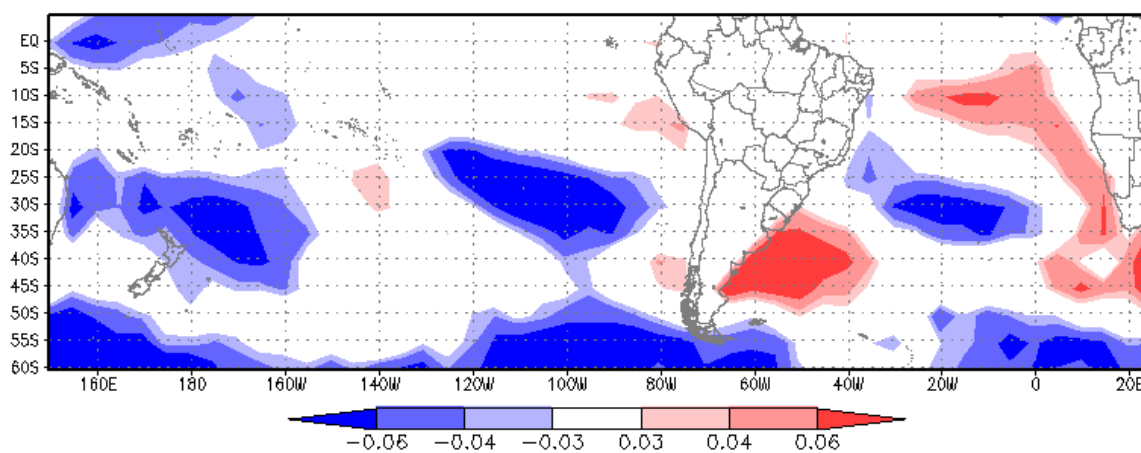


(a)

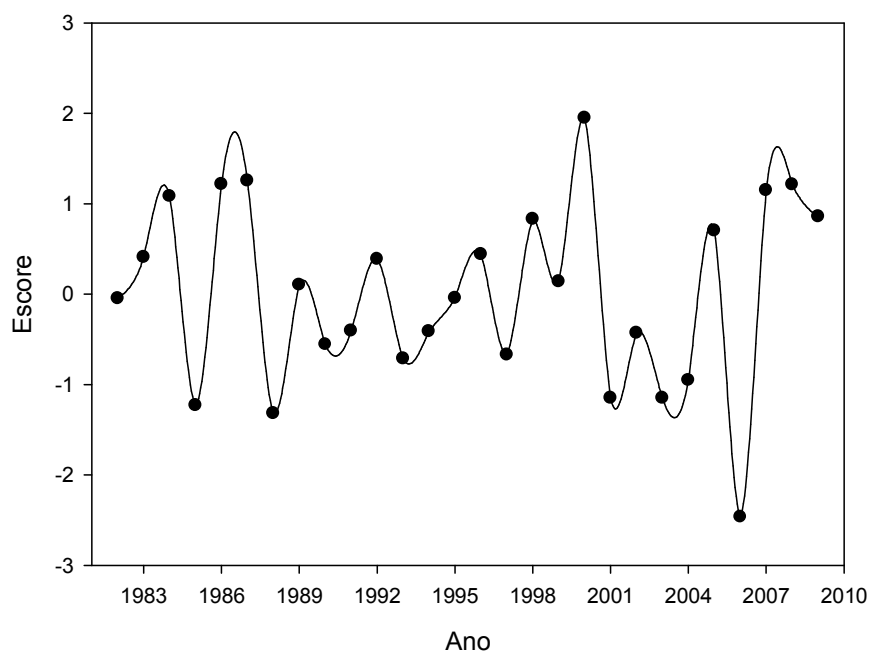


(b)

Figura 31 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 5; b) Escore 5



(a)

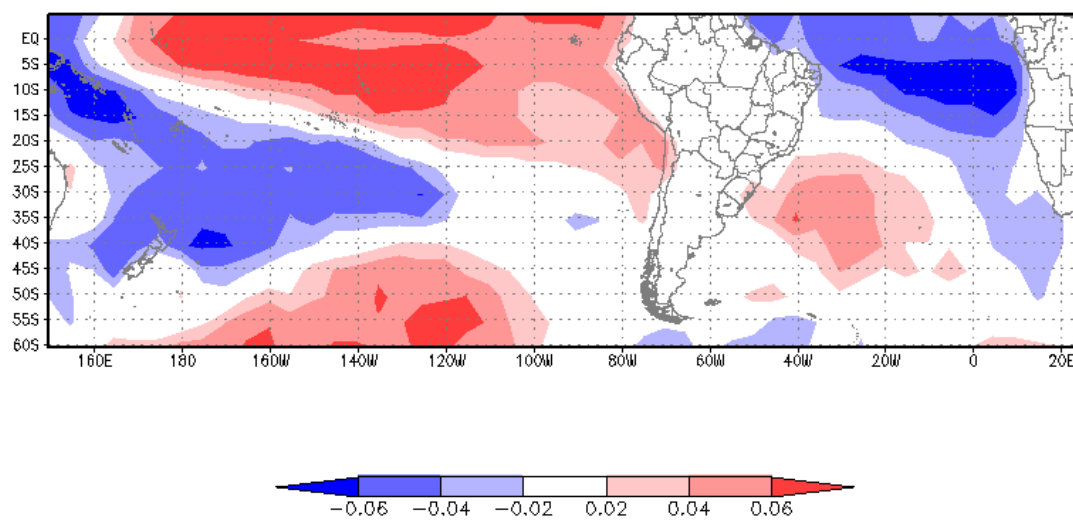


(b)

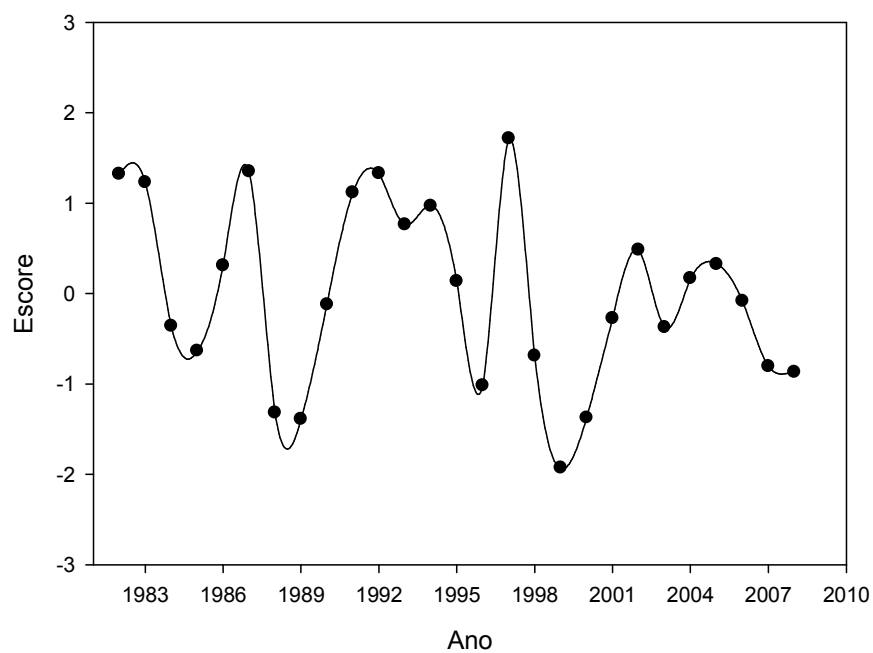
Figura 32 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre dezembro/janeiro; a) autovetores 6; b) Escore 6

Semelhante ao bimestre anterior, os seis principais padrões de oscilação combinados dos oceanos para o bimestre julho/agosto estão representados nas Figuras 33 a 38.

O primeiro padrão de oscilação das anomalias de TSM (Figura 33) destaca também a área do Pacífico Central, região predominante dos eventos ENOS, mas com sinal contrário no Atlântico Equatorial. O segundo padrão de oscilação (Figura 34) tem por destaque as anomalias que ocorrem próximas à costa da América do Sul, especialmente no Pacífico. O terceiro (Figura 35) está associado a anomalias que ocorrem nas TSM, especialmente no Pacífico Sul. O quarto e quinto padrões de oscilação dos oceanos (Figuras 36 e 37) representam principalmente as oscilações de TSM na região subtropical dos dois oceanos, sendo inversos entre si no Pacífico e semelhantes no Atlântico. Já o sexto padrão (Figura 38) representa as anomalias de TSM de sinal contrário entre o Pacífico Equatorial Leste e o Atlântico Equatorial.

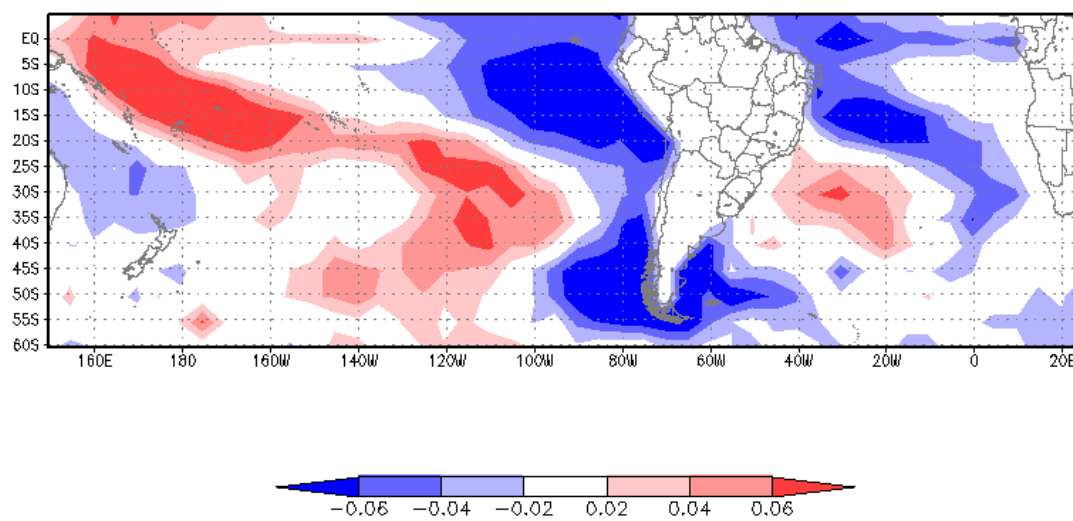


(a)

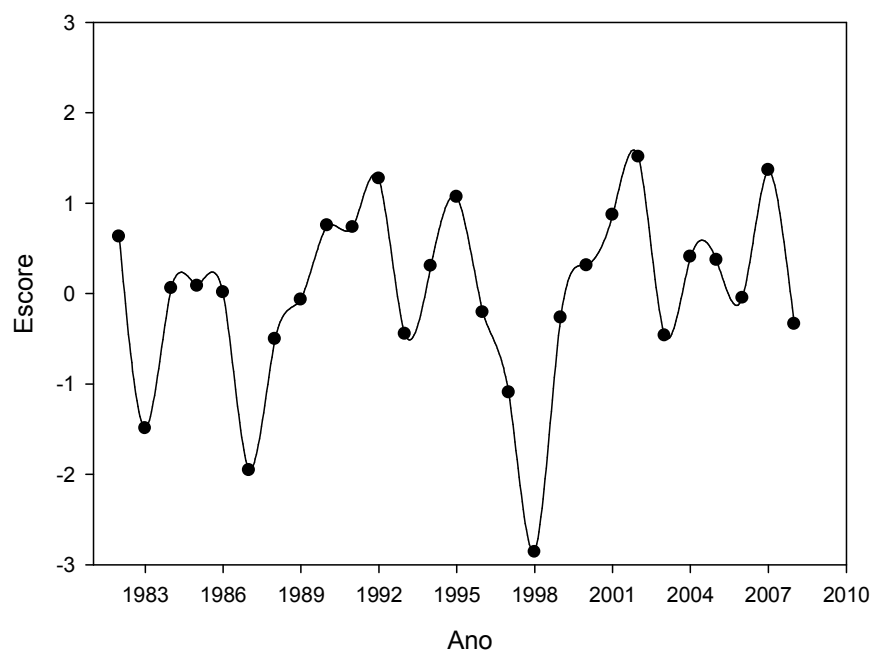


(b)

Figura 33 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 1; b) Escore 1.

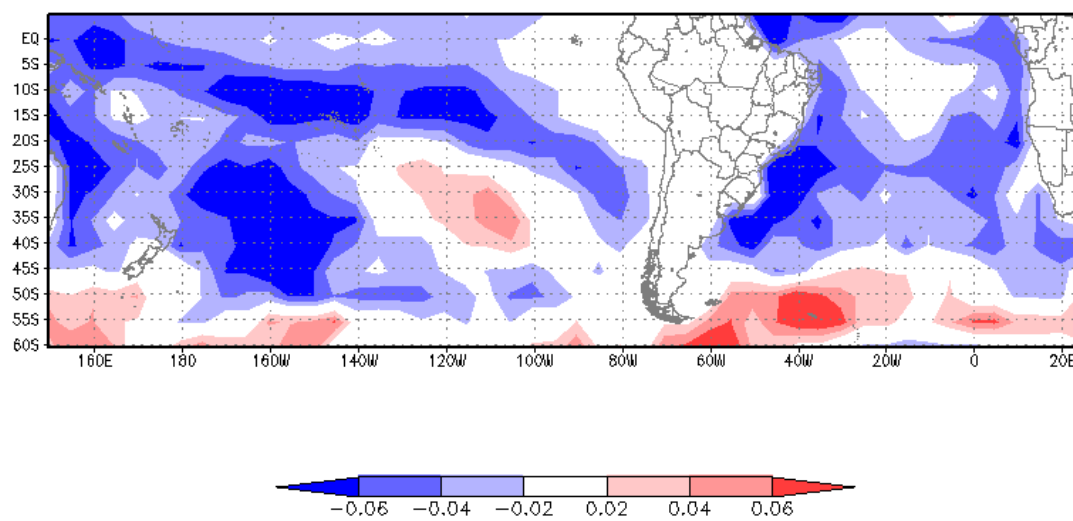


(a)

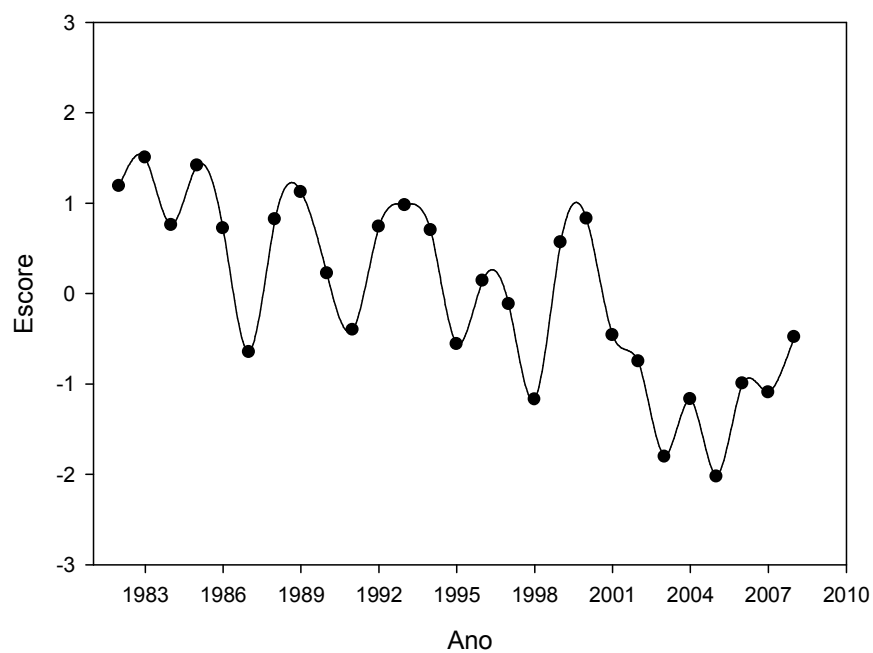


(b)

Figura 34 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 2; b) Escore 2.

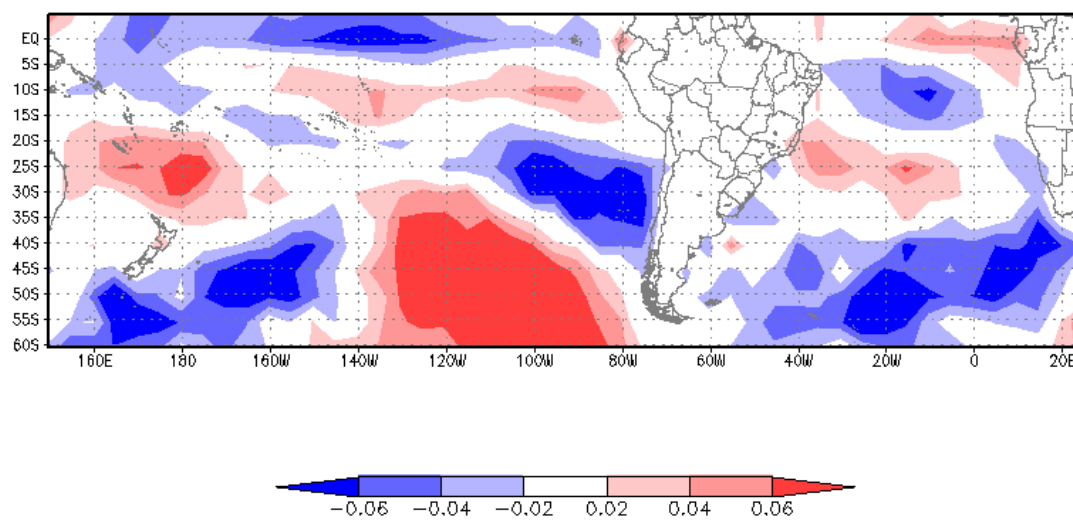


(a)

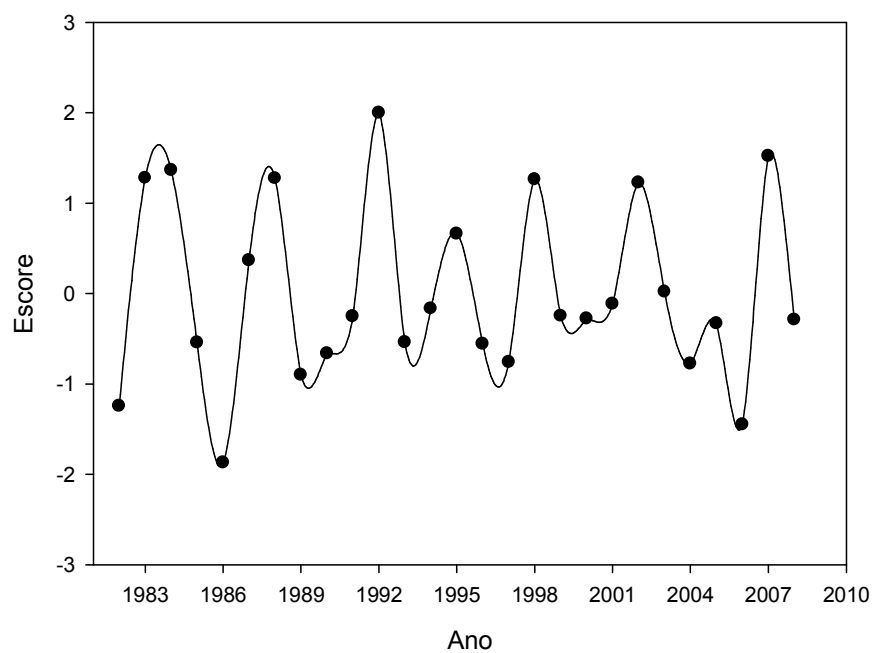


(b)

Figura 35 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 3; b) Escore 3.

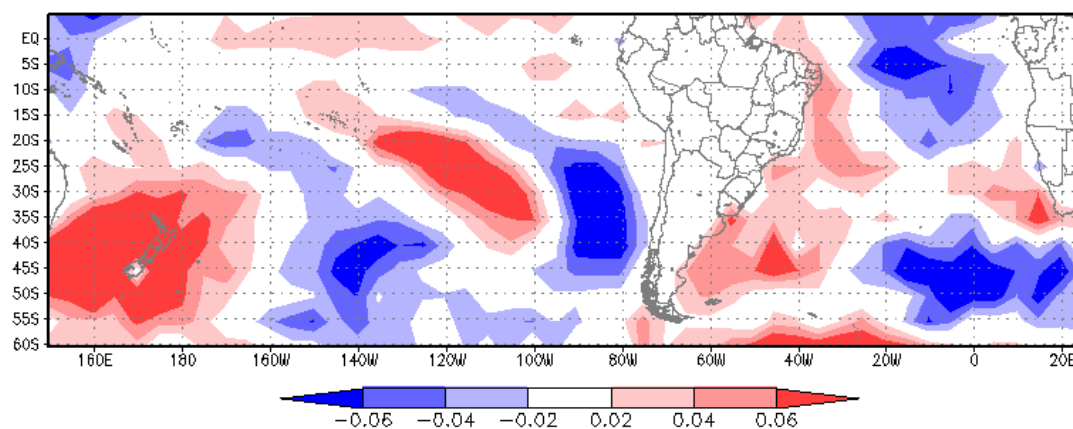


(a)

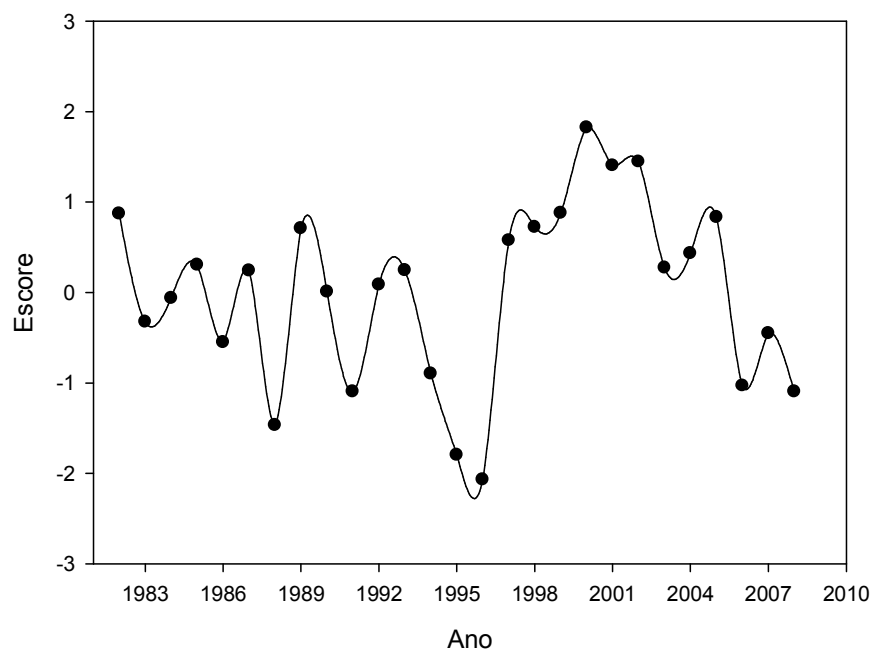


(b)

Figura 36 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 4; b) Escore 4.

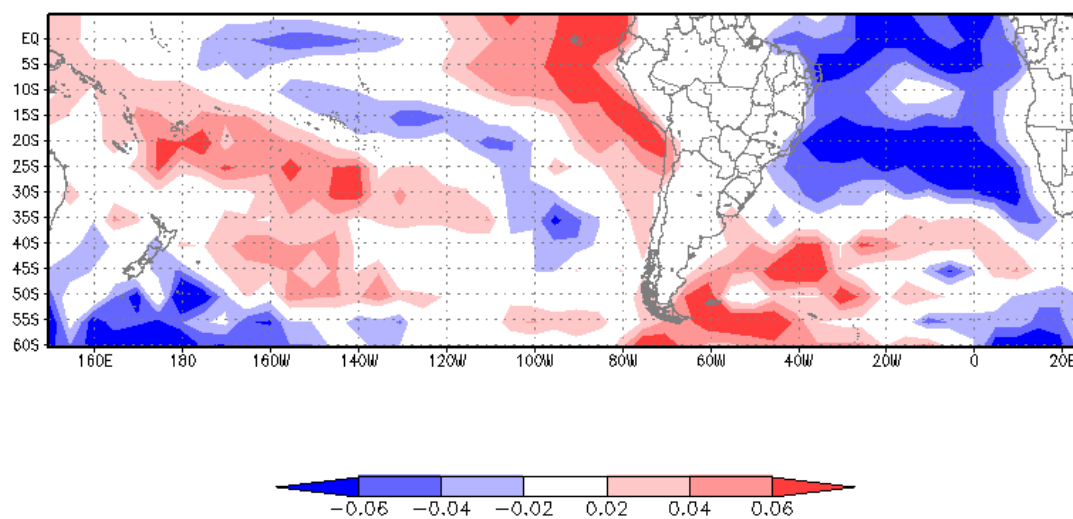


(a)

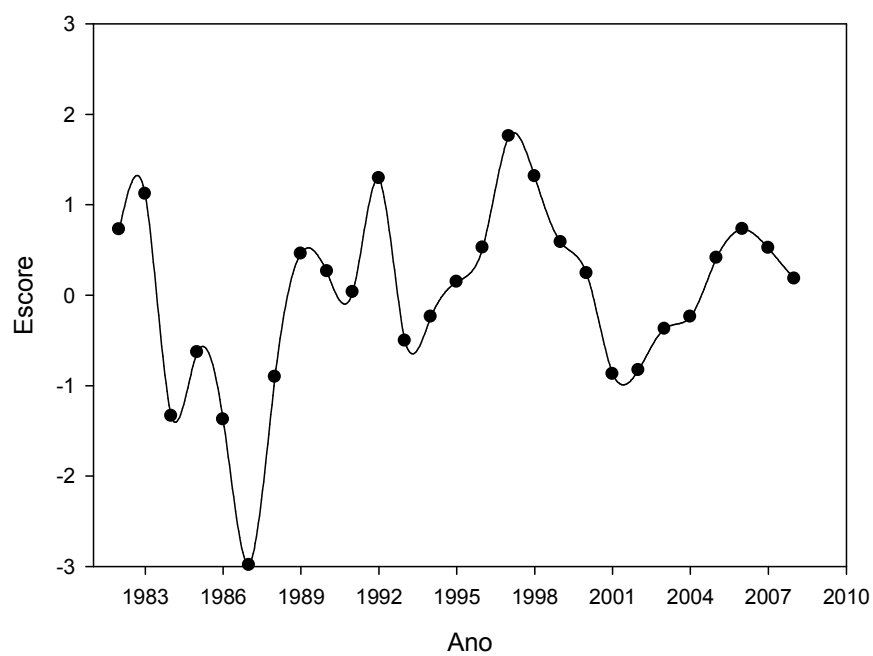


(b)

Figura 37 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 5; b) Escore 5.



(a)



(b)

Figura 38 - Padrões de Oscilação Principal da anomalia da TSM do bimestre julho/agosto; a) autovetores 6; b) Escore 6.

4.5. Correlação entre as precipitações regionais e os Padrões de Oscilação Principal da TSM no bimestre dezembro/janeiro e julho/agosto.

Citado anteriormente, os valores mínimos do coeficiente de correlação (em módulo) necessário para que o teste t seja significativo a 5% e 1% de probabilidade neste trabalho foram de 0,31 e 0,43, respectivamente.

A tabela 3 mostra as correlações simples entre as precipitações das regiões 1, 2 e 3 e os padrões principais das TSM durante o bimestre dezembro/janeiro. Observa-se valor significativo a 5% de probabilidade somente para a região 1 quando associado ao padrão de número 5. O quinto padrão representa as anomalias de TSM de mesmo sinal que ocorre entre o Pacífico Equatorial Leste e o Atlântico Equatorial. Nota-se também valores um pouco menor de correlação entre os padrões de números 1 (0,22) e 2 (0,25).

Entre as correlações simples das precipitações das regiões 1 e 2 e os padrões principais das TSM durante o bimestre julho/agosto foi encontrado valor significativo a 1% de probabilidade para a região 1, quando também associado ao padrão de número 5. Este padrão está associado às anomalias que ocorrem nas TSM de áreas subtropicais do Pacífico e Atlântico. Outros padrões de menores significâncias também podem contribuir na explicação das variações da precipitação, especialmente o terceiro (correlação de 0,30) e quarto (correlação de -0,20) na região 1. Nota-se na tabela 3 que para a região 2, apesar de não significativos a 5%, também foram encontrados valores de correlação que podem contribuir, como os com o segundo padrão (-0,24), quinto (0,21) e sexto (0,23).

Entre os padrões mais significativos para os dois bimestres estudados foi o quinto, no entanto contém salientar que estes padrões são bastante diferentes entre si, pois foram gerados sobre as variações de TSM de períodos distintos.

Pode-se verificar que as correlações das precipitações regionais no Mato Grosso do Sul, apesar de ainda pouco significativas, foram maiores que as relações as encontradas com as anomalias de TSM no Niño3.4.

Acredita-se as anomalias de TSM de outras áreas combinadas a região do Pacífico Central possam melhor representar as oscilações climáticas de grande escala. Neste sentido, foram aplicadas regressões múltiplas, tendo como preditores os seis primeiros padrões de TSM e como preditante as precipitações regionais, para os bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação entre as precipitações regionais e os Escores dos Componentes Principais.

Escores	Bimestre Dezembro/Janeiro			Bimestre Julho/Agosto	
	Região 1	Região 2	Região 3	Região 1	Região 2
Escores 1	0,22	0,13	0,08	-0,09	0,01
Escores 2	0,25	-0,06	-0,13	-0,02	-0,24
Escores 3	-0,07	0,04	0,13	0,30	0,01
Escores 4	-0,12	-0,05	0,03	-0,20	0,11
Escores 5	*0,37	0,17	-0,11	**0,46	0,21
Escores 6	0,16	0,01	-0,13	0,04	0,23

* Significativo a 5% de probabilidade

** Significativo a 1% de probabilidade

Nas Figuras 39, 40 e 41 estão representadas as precipitações regionais acumuladas observadas no bimestre dezembro/janeiro e as precipitações regionais acumuladas estimadas pela regressão múltipla. Para facilitar a comparação foram calculados os coeficientes de correlação entre a observada e a prevista. No período de dezembro/janeiro, novamente foi a região 1 que apresentou maior poder de ajuste da precipitação com os padrões de anomalias de TSM. Foram encontrados coeficientes de correlação de 0,68 para a região 1 (Figura 39), 0,36 para a região 2 (Figura 40) e 0,48 para a região 3 (Figura 41).

As três regiões apresentam coeficientes de variação bastante semelhantes ($CV = \text{desvio padrão} / \text{média} * 100$), sendo $CV = 15,9$, $CV = 15,2$ e $CV = 15,6$ para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente. Mesmo com variações relativas semelhantes, as oscilações temporais não são muito similares entre as regiões, especialmente entre as regiões 1 e 3.

Os valores dos coeficientes de correlação no bimestre dezembro/janeiro indicam um grande aumento no ajuste com as precipitações regionais, especialmente na região 1, mas mesmo assim, as grandes anomalias regionais não são explicadas somente com as variações de TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico.

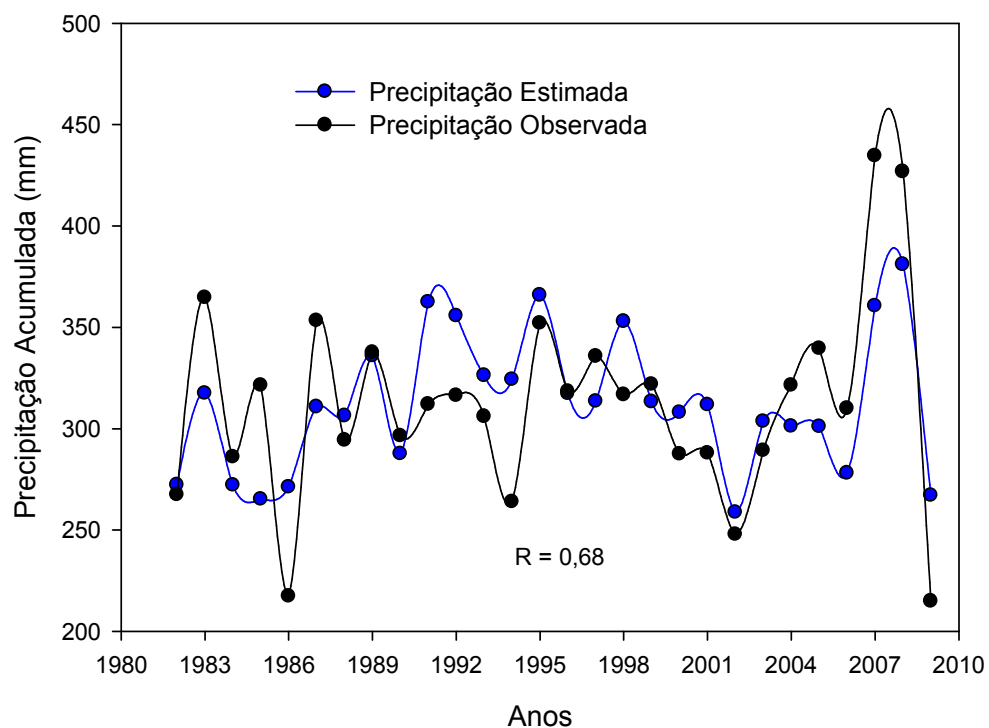


Figura 39 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre dezembro/janeiro na Região 1.

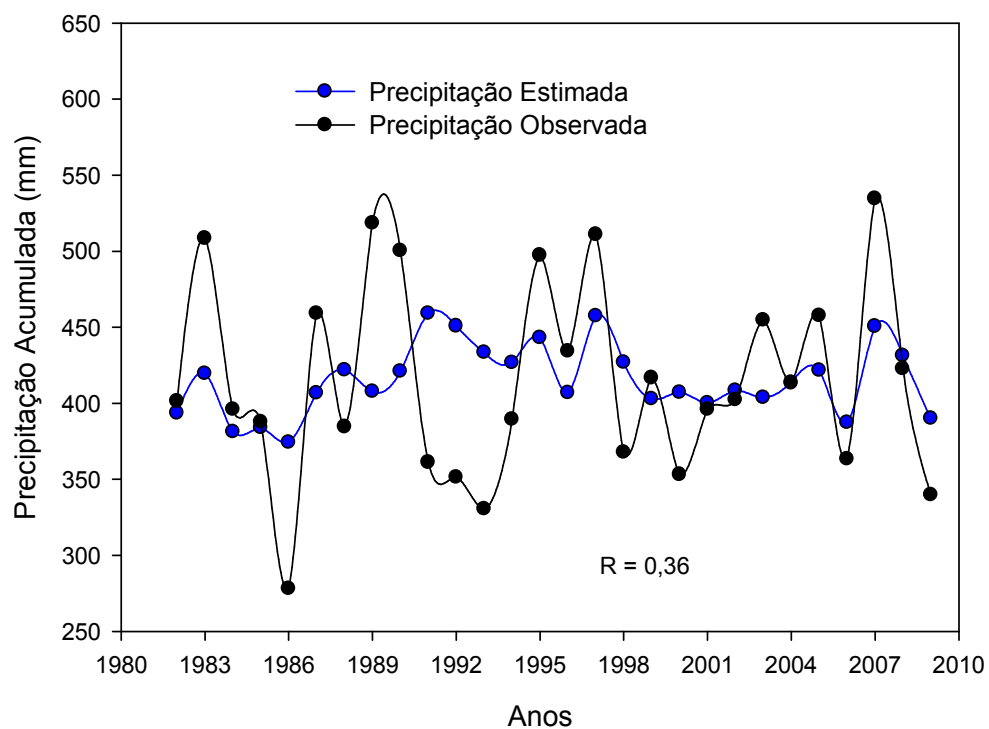


Figura 40 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre dezembro/janeiro na Região 2.

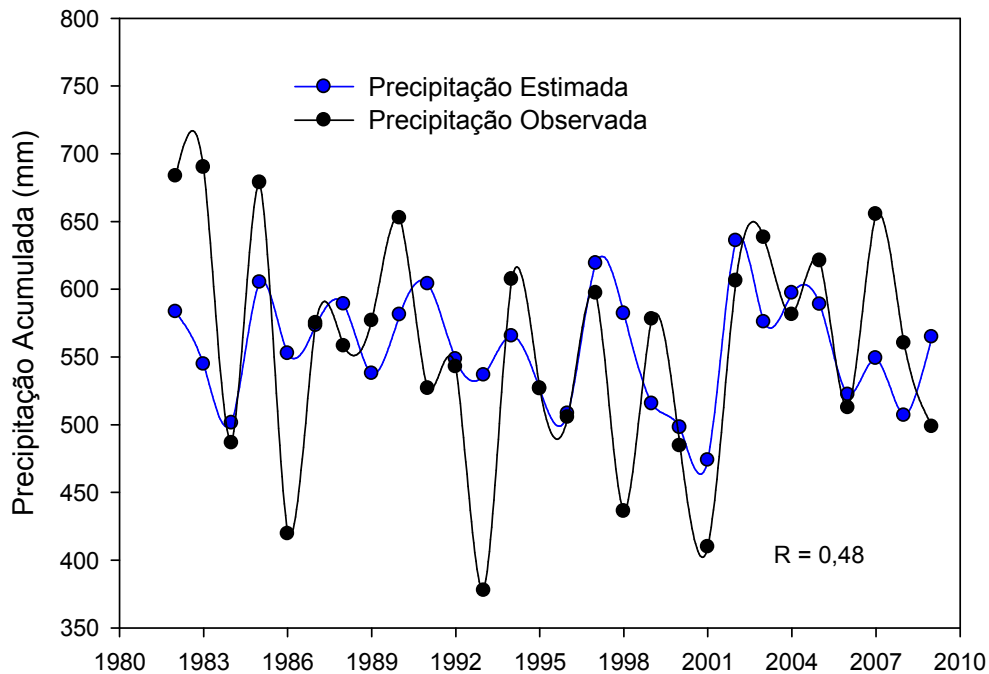


Figura 41 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre dezembro/janeiro na Região 3.

Nas Figuras 42 e 43 estão representadas as precipitações regionais acumuladas observadas no bimestre julho/agosto e as precipitações regionais acumuladas estimadas pela regressão múltipla. Neste bimestre, a região 1 apresentou maior poder de ajuste da precipitação com os padrões de anomalias de TSM. Foram encontrados coeficientes de correlação de 0,73 para a região 1 (Figura 42), e 0,49 para a região 2 (Figura 43). As duas regiões apresentaram coeficientes de variação muito superiores ao bimestre anterior, sendo $CV=54,2$ e $CV=65,6$ para as regiões 1 e 2, respectivamente.

O aumento da variação somente não significa maiores ajustes, mas mostra que grande parte das variações de precipitação estão associados as variações de oceanos. Em trabalhos futuros poderão ser introduzidas outras variáveis globais juntamente com a TSM, como vento superior, e concentrações de gelo Marinho. As análises dos ajustes entre as variações regionais e os padrões de TSM foram feitas de forma simultâneas, ou seja, dentro do mesmo bimestre. Para maior aplicabilidade em previsão climática, podem-se fazer ajustes defasados no tempo. Existe também

a necessidade de mais testes estatísticos, visto que, foi medido apenas o poder de ajuste, não foi usado período independente para aplicação das regressões.

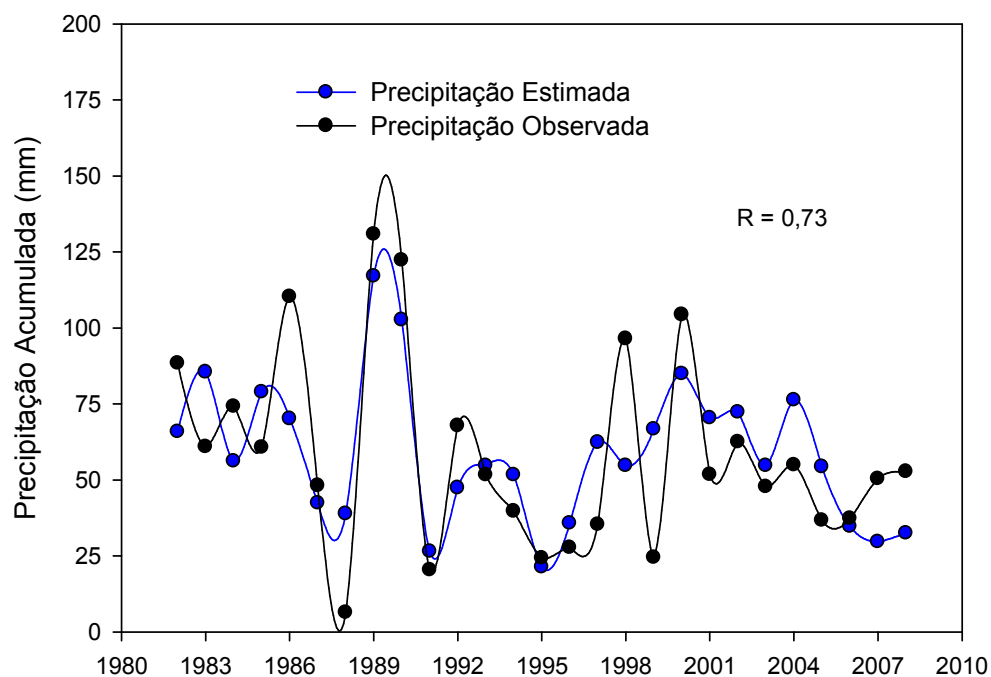


Figura 42 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre julho/agosto na Região 1.

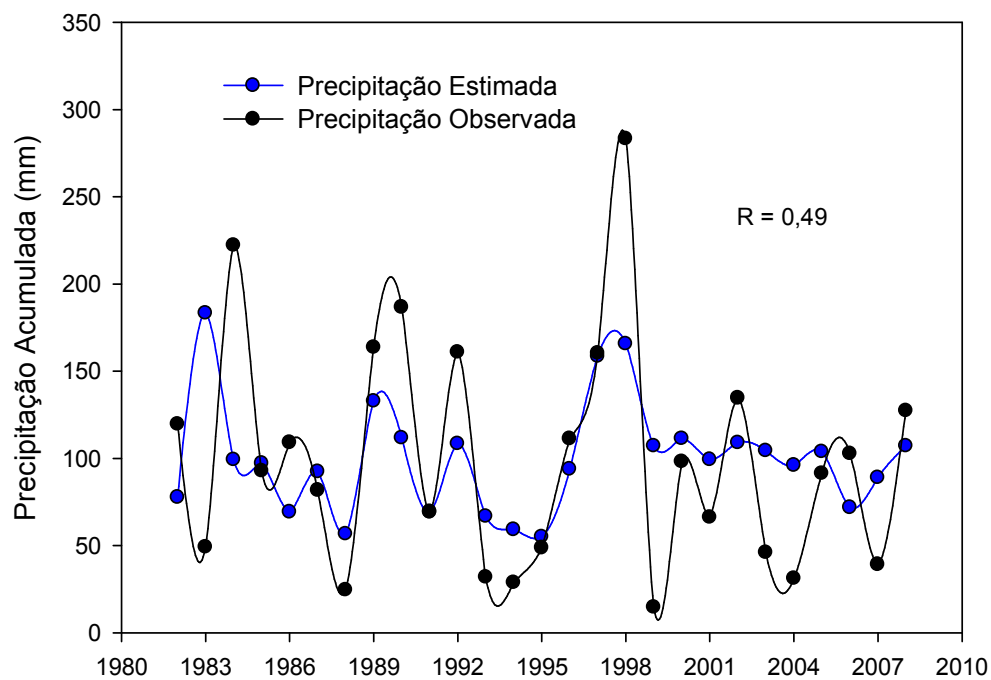


Figura 43 – Precipitação acumulada observada e estimada no bimestre julho/agosto na Região 1.

5 CONCLUSÕES

- A Climatologia da precipitação em Mato Grosso do Sul apresentou padrões bem distintos, tanto na distribuição espacial quanto na distribuição temporal. As variações mensais apontaram os maiores volumes no período de dezembro a fevereiro e os menores de junho a agosto. A direção do gradiente mensal da precipitação apresentou inversões ao longo do ano, com direção noroeste/nordeste no verão, passando para norte/sul durante o inverno.
- A técnica de agrupamento K-Means usando como critério de similaridade a distância quadrática foi eficiente para separar a variabilidade espacial da precipitação acumulada do bimestre dezembro/janeiro em três regiões homogêneas e no bimestre julho/agosto em duas regiões. As regiões homogêneas do bimestre dezembro/janeiro representam as áreas noroeste, central e nordeste do Estado, enquanto que no bimestre julho/agosto, as regiões homogêneas representam o extremo sul e o restante do Estado.
- As precipitações acumuladas dos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto das regiões homogêneas apresentaram pequena tendência temporal, no entanto não significativas ao nível de 5% de probabilidade.
- As anomalias de precipitação acumulada regionais dos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto não apresentaram correlações significativas com as anomalias de TSM na região do Pacífico Central (Niño 3.4) ao longo do período estudado., mas durante o bimestre dezembro/janeiro, os maiores excessos de precipitação da região 1 ocorreram com forte predomínio de eventos El Niño fortes e a maiores estiagens em Eventos La Niña e Neutros. Nas regiões 2 e 3 não existem um sinal predominante de alguns dos eventos. Durante o bimestre julho/agosto, os maiores

excessos de precipitação ocorreram na região 1 com predomínio de eventos La Niña, com menor relação na região 2, mas ambas regiões com coerência do sinal (Neutro e La Niña). Nos casos de fortes estiagens, ambas as regiões apresentam baixa relação com os sinais dos eventos.

- A decomposição das TSM média dos bimestres dezembro/janeiro e julho/agosto em Padrão de Oscilação Principal facilitou a identificação das principais variações espaciais que ocorreram no período de estudo. Foram selecionados os seis primeiros Padrões Principais, os quais explicam aproximadamente 50% da variação total de todas as TSM do Pacífico Sul e Atlântico Sul. Os principais padrões identificaram áreas oceânicas de grande variação, sendo as principais no Pacífico Equatorial, Pacífico Sub-Tropical, Atlântico Sub-tropical, Atlântico Equatorial e as variações combinadas entre áreas principalmente do Pacífico Equatorial e Atlântico Equatorial.

- Os coeficientes de correlação simples entre as precipitações acumuladas regionais e os escores dos padrões principais do bimestre dezembro/janeiro mostraram significância a 5% de probabilidade somente entre a região 1 e o quinto padrão. O quinto padrão representa as anomalias de TSM de mesmo sinal que ocorrem entre o Pacífico Equatorial Leste e o Atlântico Equatorial.

- Os coeficientes de correlação simples entre as precipitações acumuladas regionais e os escores dos padrões principais do bimestre julho/agosto mostraram significância a 1% de probabilidade entre a região 1 e o quinto padrão, sendo este padrão está associado às anomalias de TSM que ocorrem em áreas sub-tropicais do Pacífico Sul e sub-tropicais do Atlântico Sul.

- Os ajustes das regressões múltiplas das precipitações acumuladas bimestrais nas regiões homogêneas com os escores dos seis primeiros padrões de TSM apresentaram aumento de significância em ambos bimestres estudados. O coeficiente de correlação entre as precipitações acumuladas regionais bimestrais observadas e estimadas foram significativas a 1% de probabilidade em todas as regiões, especialmente na região que representa o noroeste no bimestre dezembro/janeiro e a região que representa a maior parte do Estado no bimestre julho/agosto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATALDI, Marcio; ASSAD, Luiz Paulo de Freitas; TORRES JUNIOR, Audalio Rebelo and ALVES, José Luis Drummond. Estudo da influência das anomalias da TSM do Atlântico Sul extratropical na região da Confluência Brasil-Malvinas no regime hidrometeorológico de verão do Sul e Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol.25, n.4, pp. 513-524, 2010

CARVALHO, L. M. V., JONES, C., AMBRIZZI, T. Opposite Phases of the Antarctic Oscillation and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity in the Tropics during the Austral Summer. **Journal of Climate**, 18, p.702-718, 2005.

CAVALCANTI, I. F. A. Algumas características importantes na circulação atmosférica relacionadas com sistemas sinóticos que afetam a América do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 3, 1984, Belo Horizonte, 1984. p. 200-211.

CAVALCANTI, I. F. A. Casos de intensa precipitação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil no período de inverno de 1979 a 1983. São José dos Campos: INPE, 1985. p.47 (INPE –3743 – RPE/489).

COTTON, W. R.; LINS, M.S; MCANELLY, R.L.; TREMBACK, C. J., A composite model of mesoscale convective complexes. **Monthly Weather Review**, v.117, p 765-789, 1989.

DIAZ A. F.; STUDZINSKI, C. D. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in Pacific and Atlantic oceans using canonical correlation analysis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 8., e Congresso Latino - Americano de Meteorologia, 2., Belo Horizonte, 1994. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1994. v.1, p.498-501.

DIAZ, A. E.; STUDZINSKI, C.D.; MECHOSO, C.R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, Boston, v.11, n.2, p.251-271, 1998.

DRUMMOND, A. R. M. Anomalias de TSM no Hemisfério Sul e seu impacto na Monção Sul Americana. 2005. 99f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FONTANA D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997.

FONTANA, D.C; ALMEIDA, T.S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.135-145, 2002.

GAN, A. M.; RAO, V. B. Surface Cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1293-1302, 1991.

GONG, D.; WANG, S. Definition of Antarctic oscillation index. **Geophysical Research Letters**, v. 26, n. 4, p.459-462, Feb. 1999.

GRIMM, A.M., C. H. PATSKO E V. R. FEUSER, 1996: Identificação de anomalias de temperatura da superfície do mar no meio do Pacífico relacionadas com anomalias de precipitação na Região Sul do Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia 9**. Campos do Jordão, 1996. Anais São José dos Campos: INPE, 1996. v.1,p.328-333.

GRIMM, A. M. ; CARDOSO, A. O. ; FERRAZ, S. E. T. ; SORIANO, B. . Há impacto significativo de eventos El Niño e La Niña no Centro-Oeste do Brasil?. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia 10 e Congresso da FLISMET 8**, 1998, Brasília. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET. Brasília, DF : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. v. em CD.

GRIMM, A. M. et al. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v.13, n.1, p.35-58, 2000.

GRIMM, A. M. e I. PSCHIEDT, 2001: Padrões atmosféricos associados a eventos severos de chuva na primavera durante El Niño, La Niña e anos neutros. **Anais do IX Congresso Da Federação Latino- Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia e VIII Congresso Argentino de Meteorologia** (CD, n. 269), Buenos Aires, maio de 2001, Centro Argentino de Meteorólogos e Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia.

BERBERY, E.H.; V. R. BARROS: The Hydrologic Cycle of the La Plata Basin in South America. **Journal of Hydrometeorology**, v. 3, p.630–645. 2002

HAIR, J.F.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. p.593

IBGE. **Área do Estado de Mato Grosso do Sul**, Campo Grande, 2002.

IBGE. **População do Estado de Mato Grosso do Sul e seus municípios, segundo a estimativa 2009**, 2009.

JULIE M.; JONES, J. K. S. S.: **Research Centre**, Geesthacht. Variabilidade da Oscilação durante o século XX (Cambridge), 2005.

KOUSKY, V. E. ; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p.1888_1889, 1984.

LOURENÇO, ALEXANDRE; MATIAS, RUI P. **Estatística Multivariada**. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2000.

MADDOX, R. A.: Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. **Monthly Weather Review**, 111, p.1475-1493, 1983.

MELO, M. L. Impacto do fenômeno El Niño sobre a região centro-oeste do Brasil In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 11, 2000, Rio de Janeiro. Anais Rio de Janeiro: SBMet, 2000.

MARENGO, J. A., M. W. DOUGLAS, P. L. SILVA DIAS: The South American low level jet east of the Andes during the 1999 LBATRMM and LBA-WET AMC campaign. **Journal of Geophysical**, v. 107, 2002.

MARENGO, J. A., NOBRE, P., TOMASELLA, J., The Drought of Amazonia in 2005, **Journal of Climate**, v. 21, p. 495-516, issue 3, February, 2008.

MARQUES, J. R.; et al. Significância empírica da precipitação pluvial durante o trimestre outubro-dezembro no Rio Grande do Sul em eventos El Niño – Oscilação Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 13, 2004, Fortaleza. Anais... Rio de Janeiro: **SBMet**, 2004. CPC-0363. 1 CD-ROM.

MARQUES, J. R. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e sua relação com indicadores oceânicos. 2005. 209 f. Tese (Doutorado - Agrometeorologia) – Programa de Pós - graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. p.95

MINUZZI, R. B. ; Sedyama, G.C. ; VIANELLO, R. L. ; Costa, J.M.N.da . Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da região Sudeste do Brasil. In: **II Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia**, 2007, Florianópolis. Anais do II Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 2007.

NOAA Extended Reconstructed SST data provided by the NOAA-CIRES **Climate Diagnostics Center**, Boulder, Colorado, USA, <http://www.cdc.noaa.gov>, acesso em: 31/08/2010.

NÓBILE TOMAZIELLO, A.C. Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à ZCAS. 2010. 166f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NICOLINI, M., A. C. SAULO: ETA characterization of the 1997-98 warm season Chaco jet cases. Preprints, Sixth Int. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago, Chile, **American Meteorology Society**, p.330-331, 2000

NIMER, E. Climatologia do Brasil Secretária de planejamento da Presidência da República. **Fundação instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. IBGE, Rio de Janeiro, 1989.

NÓGLES - PAEGLE, J., K.C. MO: Alternating Wet and Dry Conditions over South America during Summer. **Monthly Weather Review**, v.125, Fevereiro, p.279-291, 1997.

OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia. São José dos Campos, 1986, p.134. Dissertação de Mestrado - **Instituto de Pesquisas Espaciais**.

PEZZI; L.P Previsões Regionais Sazonais e comparações com observação para o sul do Brasil durante o episódio de EL NIÑO oscilação sul 97\98. In: **Congresso Brasileiro de meteorologia**. Brasília, 1998. Anais, São José dos Campos INPE, 1998.

Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010. 194p.

QUADRO, Mário Francisco Leal. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos.

RAO, V. B., HADA, S K.: Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theor. Appl. Climatol.**, 42: 81-91, 1990.

RAO, V. B, DO CARMO, A., FRANCHITO, S. H. Interannual variations of storm track in the Southern Hemisphere and their connections with the Antarctic Oscillation. **Int. J. Climatol.**, 23, 1537-1545, 2003.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Boston, v.115, n.8, p.1606-1626, 1987.

ROPELEWSKI, C.F.; JONES, P.D. An extension of the Thaiti drawin oscillation index. **Monthly Weather Review** , v.115, p.2161-2165, 1987.

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v 9, n 3, p. 386-399, 2001. Número Especial – Zoneamento agrícola.

SALIO P, NICOLINI M & SAULO AC. 2002. Chaco Low Level Jet Events Characterization during the Austral Summer Season. **Journal Geophysical Research**, 107, D24, 4816-4832

SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, E.J. Mesoscale Convective Systems over Southeastern South American and their relationship with the South American Low-Level Jet. **Monthly Weather Review**, volume 135, p.1290-1309, 2007.

SAULO, C.; RUIZ, J; SKABAR, Y.G. 2007. Synergism between the Low-Lew Jet and Organized Convection at Its Exit Region. **Monthly Weather Review**, v. 135 p. 1310-1326

SCAGLIONI, T. P. ; GOMES, R. G. ; MARQUES, J. R. Q. 2007. Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, p. 31 - 44, 20 dez.

SILVESTRI, G. E.; VERA, C.S.: Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. **Geophys. Res. Lett**, volume 30, n. 21, p. 2115, 2003.

SILVEIRA, V. C. ; TEIXEIRA, M. S. . Análise Sinótica de um Sistema Convectivo de Mesoescala formado sobre a região centro-oeste do Brasil In: Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia, 4, 2011, Pelotas. Anais do IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia, 2011.

STORCH, H. V.; ZWIERS, F. W. **Statistical analysis in climate research**. New York: Cambridge University Press, 2000, p.484.

STUDZINSKI, C. 1995. “Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e a sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul”. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos campos.

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

TRIOLA, M. F. Introdução à estatística. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R.A. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa-MG, UFV, 385p., 2000.

ZIN, W. Z. W., JAMALUDIN, S., DENI, S. M., JEMAIN, A. A. Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971 – 2005. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 99, p. 303-314, 2010.