

## **Impacto do Modo Anular Sul na América do Sul**

### **RELATÓRIO DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)**

Renan Martins Pizzochero (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: [renan18martins@gmail.com](mailto:renan18martins@gmail.com)

Dra. Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti (CPTEC/INPE, Orientadora)

E-mail: [iracema.cavalcanti@gmail.com](mailto:iracema.cavalcanti@gmail.com)

#### **COLABORADORES**

Dra. Fernanda Cerqueira Vasconcellos (IGEO/UFRJ)

E-mail: [fecvasconcellos@gmail.com](mailto:fecvasconcellos@gmail.com)

Junho de 2016

## LISTA DE FIGURAS

3.1 Compostos de anomalias de altura geopotencial 250 hPa fase negativa	7
3.2 Compostos de anomalias de altura geopotencial 500 hPa fase negativa	8
3.3 Compostos de anomalias de altura geopotencial 850 hPa fase negativa	9
3.4 Compostos de anomalias de altura geopotencial 250 hPa fase positiva	10
3.5 Compostos de anomalias de altura geopotencial 500 hPa fase positiva	11
3.6 Compostos de anomalias de altura geopotencial 850 hPa fase positiva	12
3.7 Compostos de anomalias de temperatura a 2 metros fase negativa	13
3.8 Compostos de anomalias de temperatura a 2 metros fase positiva	14
3.9 Compostos de anomalias de precipitação fase negativa	15
3.10 Compostos de anomalias de precipitação fase positiva	16
3.11 Compostos de anomalias de TSM fase negativa	17
3.12 Compostos de anomalias de TSM fase positiva	18
3.13 Compostos de anomalias de ROLE fase negativa	19
3.14 Compostos de anomalias de ROLE fase positiva	20
3.15 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de altura geopotencial em 250 hPa	21
3.16 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de altura geopotencial em 500 hPa	22

3.17 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de altura geopotencial em 850 hPa	23
3.18 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de temperatura 2 metros	24
3.19 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de TSM	25
3.20 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de Precipitação	26
3.21 Correlação entre o índice SAM e as anomalias de ROLE	27

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. DADOS E METODOLOGIA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 COMPOSTOS.....</b>	<b>7</b>
3.1.1 ALTURA GEOPOTENCIAL .....	7
3.1.2 TEMPERATURA 2 METROS.....	13
3.1.3 PRECIPITAÇÃO ACUMULADA.....	14
3.1.4 TSM.....	16
3.1.5 ROLE.....	18
<b>3.2 CORRELAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
3.2.1 ALTURA GEOPOTENCIAL.....	23
3.2.2 TEMPERATURA 2 METROS.....	24
3.2.3 TSM.....	24
3.2.4 PRECIPITAÇÃO.....	25
3.2.5 ROLE.....	26
<b>4.DISSCUSSÃO E CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5. ETAPAS FUTURAS.....</b>	<b>31</b>
<b>6.BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A América do Sul (AS) é afetada por teleconexões, tanto leste-oeste, quanto sul-norte as quais têm um impacto no clima deste continente (CAVALCANTI; AMBRIZZI, 2009). A Oscilação Antártica (*Antarctic Oscillation*, AAO) ou Modo Anular do Sul (SAM) é uma importante teleconexão que tem influências na AS (SILVESTRI; VERA, 2003; GILLET et al., 2006, VASCONCELLOS, 2012). Os Modos Anulares são os principais modos de variabilidade climática da região extratropical, atuando em ambos os hemisférios. Eles descrevem uma anomalia no fluxo atmosférico, existente nos Hemisférios Norte e Sul, sendo no Hemisfério Sul (HS) conhecido como SAM ou AAO e no Hemisfério Norte (HN) como Modo Anular Norte, ou Oscilação Ártica. No campo de pressão, o Modo Anular é caracterizado por uma mudança Norte – Sul (N-S) na massa atmosférica entre as regiões polares e de latitudes médias. No campo de vento, é descrito um balanço N-S no vento zonal extratropical com centros localizados entre 55-60° e 30-35° de latitude (THOMPSON; WALLACE, 2000a). A fase positiva do Modo Anular é definida quando se tem pressões inferiores às normais sobre as regiões polares e superiores às normais sobre latitudes médias. Na fase negativa, ocorre o oposto.

O SAM influencia diversas componentes do sistema climático em todo o hemisfério, incluindo a AS. Gillett et al. (2006), por exemplo, demonstraram que a fase positiva do SAM é associada a um aquecimento significativo sobre a Argentina e a condições de seca sobre o sul da AS. Vasconcellos (2012) mostrou que, em novembro, a fase positiva do SAM apresenta um dipolo de anomalia de precipitação sobre a AS, com anomalias negativas sobre o sul do Brasil/Bacia do Prata e anomalias positivas ao norte. Este dipolo inverte de sinal na fase negativa. Apesar de diversos trabalhos mostrarem uma relação entre o SAM e o clima na AS, a análise do SAM ainda é pouco utilizada nas previsões climáticas. Desta forma, conhecer os impactos das duas fases do SAM, em cada mês, no clima da AS pode trazer uma melhoria nas previsões de tempo e clima.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados os seguintes dados mensais: Reanálise ERA-Interim (DEE ET AL., 2011), com resolução de 0,5° x 0,5°; dados de precipitação do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), com resolução de 2,5° x 2,5° (ADLER ET AL, 2003); dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), com resolução de 5,0° x 5,0° (KAPLAN ET AL.,

1998); e dados de Radiação de Onda Longa Emergente (ROLE), com resolução de  $1,0^\circ \times 1,0^\circ$  (LEE ET AL., 2014). O período utilizado para esses dados foi de 1981 a 2010.

Após a obtenção dos dados, foi calculado, primeiramente, o índice SAM a partir da Função Ortogonal Empírica (*Empirical Orthogonal Function - EOF*), da anomalia de altura geopotencial em 700 hPa, no intervalo de latitude de  $30^\circ$ - $90^\circ$ S, com a finalidade de capturar o principal modo de variabilidade da região extratropical e minimizar a influência de fenômenos da região tropical. O conceito de EOF foi introduzido por Lorenz (1986) como metodologia ao realizar um estudo com a finalidade de encontrar uma maneira eficaz de extrair uma representação simplificada ou compacta de um conjunto de dados. O objetivo era uma representação otimizada do estado da atmosfera, em função do tempo e do espaço, ou seja, uma sequência temporal de campos meteorológicos. Através do método de EOF, pode-se obter padrões espaciais de variabilidade e a variação temporal de um único campo escalar (BJÖRNSSON; VENEGAS, 1997). A série temporal do índice SAM foi obtida através da Componente Principal (CP) do primeiro EOF. Os valores positivos (negativos) do índice SAM representam anomalias positivas (negativas) de altura geopotencial nas latitudes médias e anomalias negativas (positivas) em altas latitudes, ou seja, a fase positiva (negativa) do SAM.

Seguindo o desenvolvimento do trabalho, foram confeccionados e analisados, mês a mês, mapas de correlações entre o índice SAM e variáveis atmosféricas como temperatura a 2 metros, precipitação, ROLE, TSM, e altura geopotencial para os níveis de 250, 500 e 850 hPa. Também foram confeccionados para cada mês compostos de diversas variáveis para ambas as fases do SAM. Para a realização dos compostos, retirou-se da série temporal do índice SAM os anos onde houveram ocorrências de El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Este procedimento teve como objetivo filtrar uma possível influência do ENOS nos resultados. Os anos de ENOS foram determinados através do índice ENOS 3.4 gerado pelo Climate Prediction Center - National Centers for Environmental Prediction - National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NCEP/NOAA). Feito isto, foram selecionados os quatro anos mais positivos e os mais negativos de cada mês para gerar os compostos.

Tanto nos mapas de correlação, quanto nos compostos, aplicou-se o teste t-student (WILKS, 2006), com nível de confiança de 90%.

### **3. RESULTADOS**

Nesta Seção são apresentados os resultados obtidos para cada variável.

### 3.1 Compostos

Para a confecção desses produtos foram retirados do índice SAM os anos de ENOS; tanto a fase positiva, El Niño, quanto a negativa, La Niña. Após esse passo, por ter diminuído o número de anos que podiam ser trabalhados, foram selecionados para cada mês, os 4 anos mais positivos e os 4 mais negativos, de acordo com o índice SAM. A única exceção foi o mês de dezembro onde restaram apenas 3 anos onde poderia ser aplicado o método. A Tabela 1 mostra os anos que foram utilizados.

Tabela 1: Anos utilizados para a confecção dos compostos.

Mês	Positivo				Negativo			
Janeiro	1991	1994	2002	2004	1982	1986	1990	1993
Fevereiro	1990	1994	2002	2005	1986	1991	2001	2004
Março	1982	1994	1997	2004	1981	1986	2002	2007
Abril	1982	2003	2005	2010	1981	1990	1991	2007
Maio	1995	1996	2006	2010	1984	1986	1990	2002
Junho	1989	2004	2008	2010	1991	1994	2005	2007
Julho	1983	1985	1993	2006	1995	1990	2007	2009
Agosto	1993	1994	2001	2003	1981	1996	2006	2009
Setembro	1985	1990	1992	1993	1981	1991	1996	2000
Outubro	1993	1996	2001	2008	1981	1990	1992	2003
Novembro	1981	1985	1992	2008	1990	1996	2003	2005
Dezembro	1985	1981	2001	*****	1989	1990	2003	*****

O objetivo dessa etapa foi analisar o comportamento do SAM nos três níveis da atmosfera em cada mês e em cada fase do SAM.

A configuração do modo anular está presente tanto nos compostos de anomalia de altura geopotencial (Figuras 3.1 a 3.6), quanto nas correlações do índice SAM com a altura geopotencial (Figuras 3.15 a 3.17). Nota-se que o padrão é melhor definido e tem maior intensidade nos níveis mais altos (250 hPa – Figuras 3.1, 3.4 e 3.15). Os compostos também mostram que, na fase negativa (Figuras 3.1 – 3.3), o padrão encontra-se menos anular nos meses de outubro e dezembro. Enquanto que na fase positiva, o padrão encontra-se menos anular nos meses de agosto a outubro e também no mês de dezembro (Figuras 3.4-3.6).

Os compostos apresentaram boa significância entre a temperatura a 2 metros e o padrão de teleconexão (Figura 3.7 e 3.8). Observa-se durante o mês de janeiro que, na fase negativa do SAM (Figura 3.7), há anomalias negativas de temperatura a 2 metros em grande parte do Brasil. A exceção ocorre no litoral da Bahia até Santa Catarina e nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Para a fase positiva do SAM (Figura 3.8), no mesmo mês,

notam-se anomalias positivas, representando a oposição entre as fases. Nos meses de fevereiro e dezembro, apresenta-se um dipolo com anomalias negativas (positivas) no sul do Brasil e positivas (negativas) ao norte durante a fase positiva (negativa) do SAM. Em março, pode-se observar uma inversão de sinais das anomalias entre as fases do SAM, onde na fase positiva (negativa) do SAM, há uma predominância de anomalias negativas (positivas) na região centro-sul brasileira. Para abril, não é observado esse impacto característico de inversão dos sinais das anomalias, mostrando apenas anomalias positivas em grande parte do Brasil e da AS em ambas as fases. Apenas no norte e nordeste brasileiros é que há uma oposição, com anomalias positivas (negativas) na fase positiva (negativa) do SAM. Assim como em março, o mês de maio apresenta a relação oposta no centro-sul do Brasil, com anomalias positivas (negativas) na fase negativa (positiva) do SAM. Este mês também mostra anomalias positivas (negativas) no norte e nordeste brasileiro durante a fase positiva (negativa) do SAM.

Os resultados para o mês de junho, em geral, não possuem significância estatística. Julho, agosto e novembro apresentam anomalias negativas (positivas) em boa parte do país na fase positiva (negativa) do SAM. Nota-se que os sinais nesses três meses comportaram-se de forma oposta a janeiro. Estes resultados mostram a típica alternância de sinais nas anomalias com as fases do SAM. Entretanto, o mês de novembro apresenta a mais significativa oposição entre as fases.

Setembro mostra um dipolo de temperatura entre o sul da Argentina e Sudeste da América do Sul (SEAS). Esse dipolo inverte de sinal com as fases do SAM, com anomalias positivas (negativas) ao sul da Argentina e negativas (positivas) no SEAS, para a fase positiva (negativa) do SAM. Durante o mês de outubro, a fase positiva do SAM não apresenta muitas regiões significativas e as anomalias possuem o mesmo sinal que na fase negativa do SAM. A exceção ocorre no nordeste brasileiro, com anomalias positivas (negativas) aparecendo na fase positiva (negativa) do SAM.

A TSM (Figuras 3.11 e 3.12) apresenta uma predominância de anomalias positivas para a maioria dos meses e as fases não se alternam de forma marcante em nenhum oceano, o que sugere que o SAM não afeta a TSM de forma impactante. Existem algumas exceções, como a oposição que ocorre em janeiro no Atlântico norte, com anomalias negativas na fase negativa do SAM (Figura 3.11) e o oposto na fase positiva (Figura 3.12).

As variáveis ROLE (Figuras 3.13 e 3.14) e precipitação (Figuras 3.9 e 3.10) apresentam características bem marcantes e relacionadas entre si. Onde há anomalias positivas (negativas) de precipitação, há anomalias negativas (positivas) de ROLE, na maioria

dos casos. Este resultado era esperado uma vez que, para a região tropical, anomalias negativas de ROLE representam uma maior convecção, que está relacionada a uma maior precipitação.

No mês de janeiro, o noroeste da AS apresenta anomalias positivas de precipitação para a fase negativa do SAM (Figura 3.9) e o oposto na fase positiva (Figura 3.10). As Regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil apresentam anomalias positivas (negativas) para a fase positiva (negativa) do SAM. No norte da Argentina não acontece a alteração de sinal na anomalia com as fases do SAM, mantendo-se com valores negativo para as duas fases.

Em fevereiro, o norte da AS, próximo ao equador, e o nordeste brasileiro apresentam configurações opostas entre si, com alternância nas fases do SAM. O norte da AS possui anomalias positivas (negativas) e a costa norte do nordeste brasileiro apresenta anomalias negativas (positivas) na fase positiva (negativa) do SAM.

Março e dezembro apresentam um dipolo bem caracterizado e oposto entre as fases, sendo anomalias positivas (negativas) no SEAS e anomalias negativas (positivas) em uma banda com orientação noroeste-sudeste desde a Amazônia até o sudeste do Brasil na fase negativa (positiva) do SAM. Esta alternância no sinal dessa banda pode estar relacionada variação na ocorrência e/ou intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em março, no nordeste do Brasil também é observada uma relação oposta entre as fases, com anomalias positivas (negativas) na fase negativa (positiva).

Em abril, não há grande diferença entre a fase negativa e positiva do SAM, mantendo basicamente o mesmo padrão. A exceção acontece na região da Argentina, onde há anomalia negativa (positiva) na fase positiva (negativa) do SAM. Maio apresenta anomalias negativas (positivas) para a fase positiva (negativa) do SAM desde o SEAS até a Bolívia. A região do Atlântico Sul, próximo a costa do Brasil, em torno de 20°-25°S, também mostra uma oposição de sinal, sendo positivo (negativo) na fase positiva (negativa) do SAM. Assim como maio, o mês de junho também apresenta oposição de sinal das anomalias no SEAS entre as fases, porém a fase negativa não é significativa. Em julho anomalias positivas persistem para as duas fases na Região Sul do Brasil. No Oceano Pacífico tropical norte há inversão de sinal, sendo negativa (positiva) na fase negativa (positiva) do SAM.

Agosto e setembro possuem pouca influência do SAM, não apresentando inversão de sinais entre as fases. Na fase positiva, há anomalias negativas significativas na Região Sul do Brasil em agosto, e em setembro, há anomalias positivas desde o sudeste brasileiro até a Colômbia. Outubro apresenta ligeira alternância de sinais durante as fases, com dipolo de

anomalias positivas (negativas) no SEAS e negativas (positivas) no sudeste do Brasil na fase positiva (negativa) do SAM. No extremo norte da AS, há troca de sinais com anomalias positivas (negativas) na fase positiva (negativa) do SAM.

Na fase positiva do SAM, no mês de novembro, existe um dipolo entre o SEAS e uma banda ao norte com orientação noroeste-sudeste, sendo anomalias negativas no sul e positivas ao norte. Porém na fase negativa esse dipolo não é bem caracterizado. Na região amazônica, para o mesmo mês, ocorre alteração dos sinais entre as fases, com anomalias positivas (negativas) na fase positiva (negativa) do SAM. Vasconcellos (2012) também encontrou esse dipolo em novembro na fase positiva, porém esse dipolo alternava de sinal na fase negativa do SAM, o que não ocorreu nos resultados apresentados nesse trabalho. Ressalta-se que Vasconcellos (2012) calculou o índice SAM com anomalias de altura geopotencial em 700 hPa, entre 20° e 90°S - neste trabalho, usou-se 30°-90°S - e não retirou dos seus compostos os anos com ENOS.

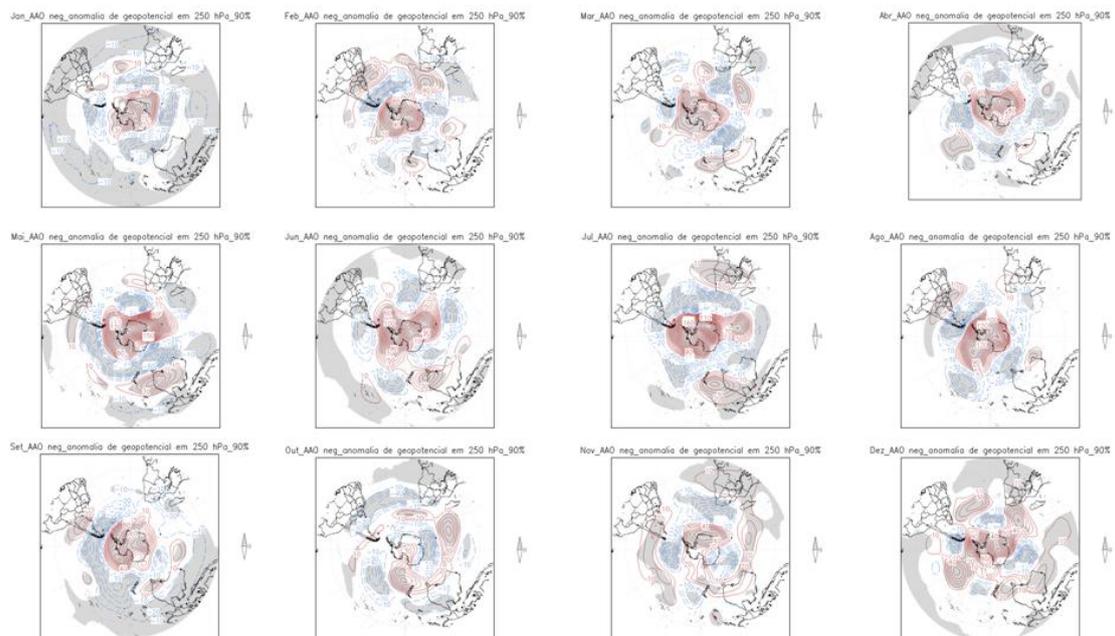


Figura 3.1: Compostos de anomalias de altura geopotencial (m) em 250 hPa, para a fase negativa do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 10 m.

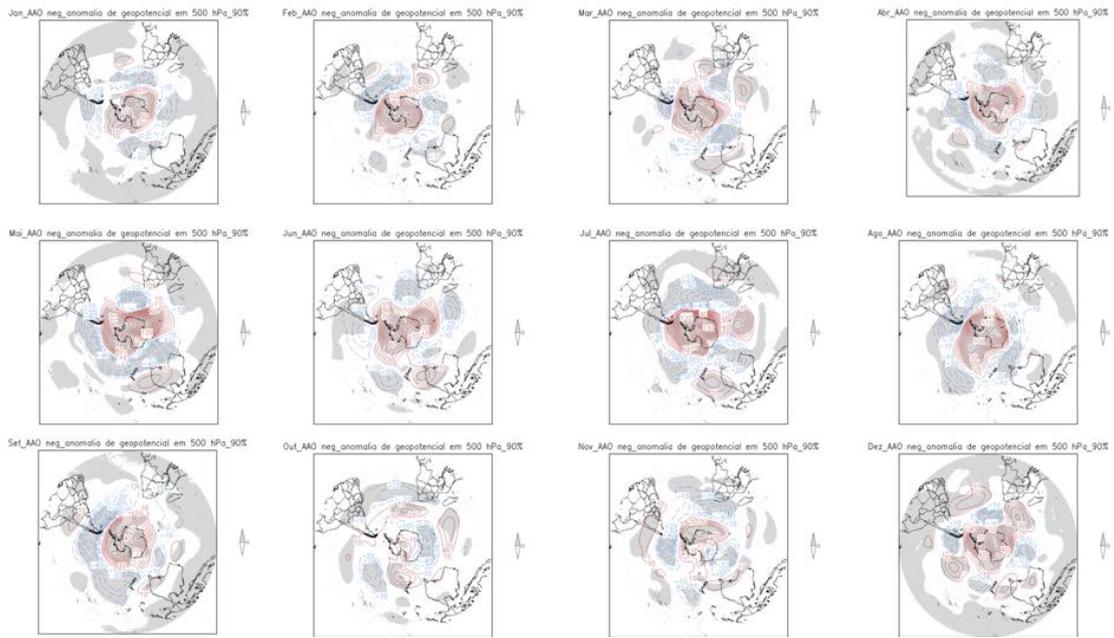


Figura 3.2: Compostos de anomalias de altura geopotencial (m) em 500 hPa, para a fase negativa do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 10 m.

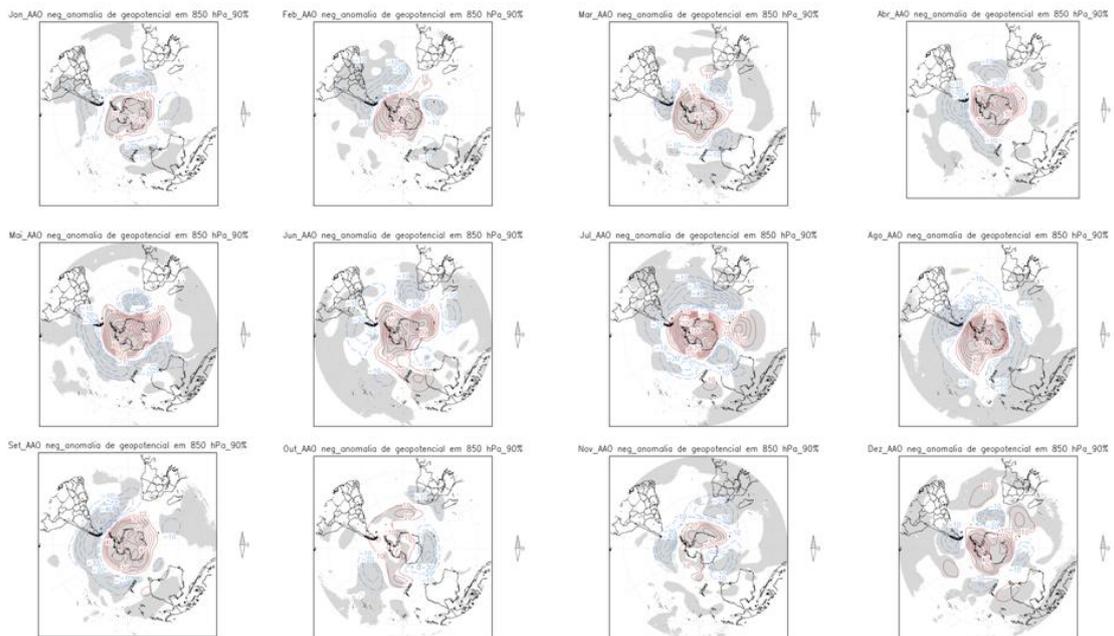


Figura 3.3: Compostos de anomalias de altura geopotencial (m) em 850 hPa, para a fase negativa do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 10 m.

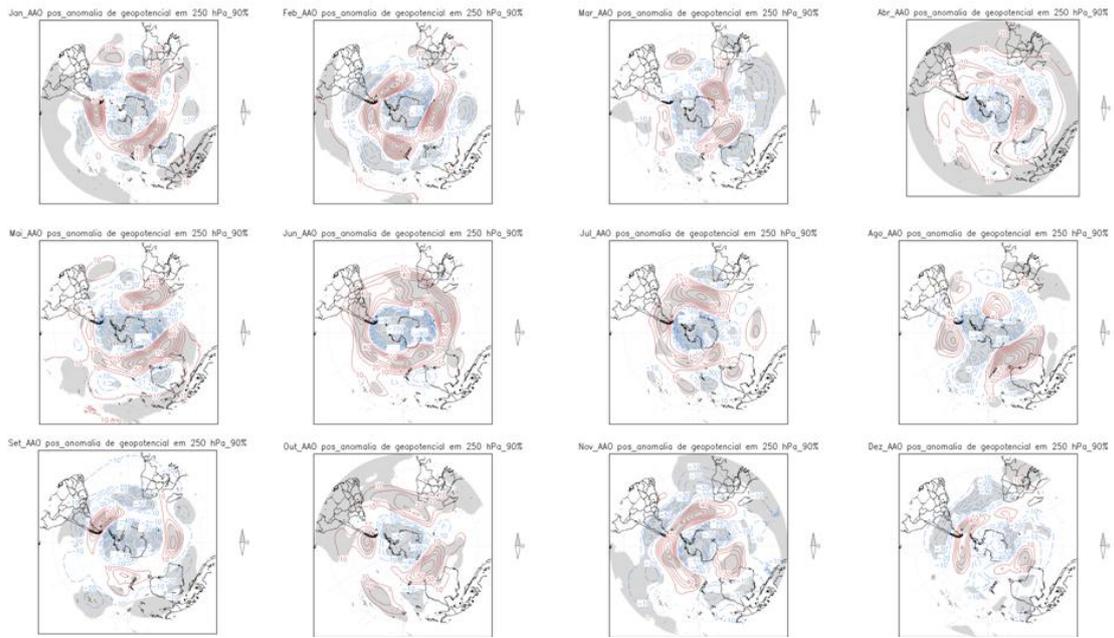


Figura 3.4: Compostos de anomalias de altura geopotencial (m) em 250 hPa, para a fase positiva do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 10 m.

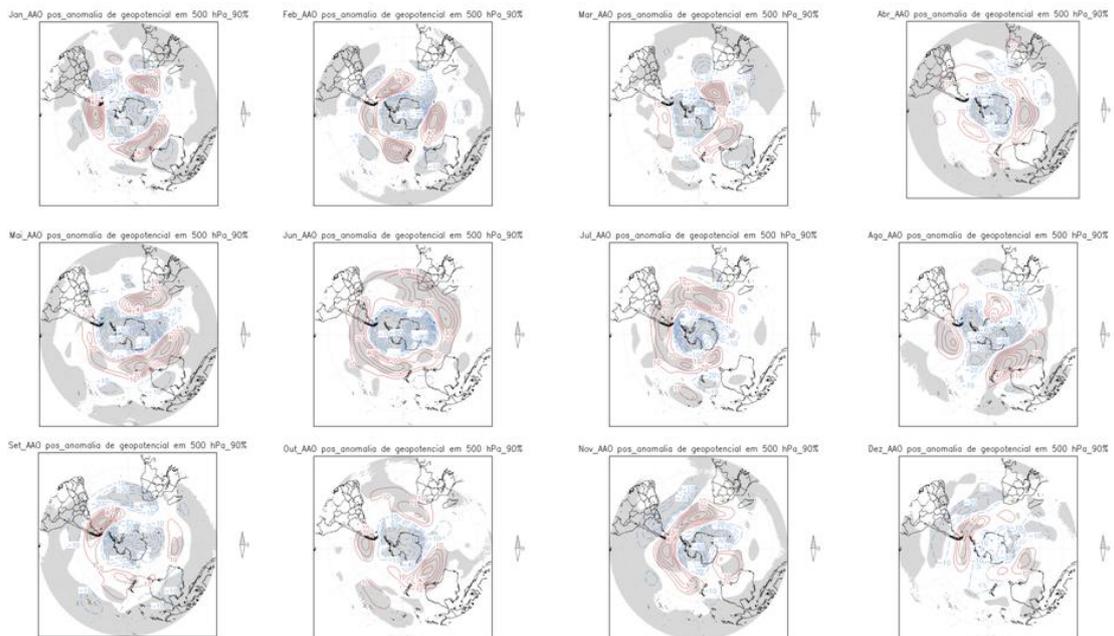


Figura 3.5: Compostos de anomalias de altura geopotencial (m) em 500 hPa, para a fase positiva do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 10 m.

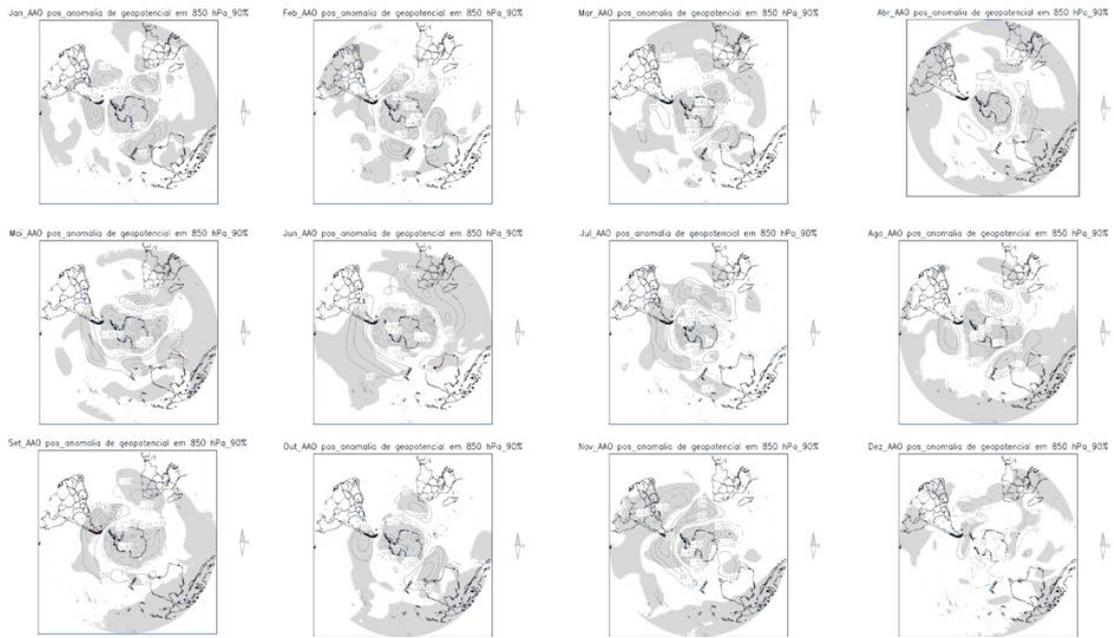


Figura 3.6: Compostos de anomalias de altura geopotencial (m) em 850 hPa, para a fase positiva do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 10 m.

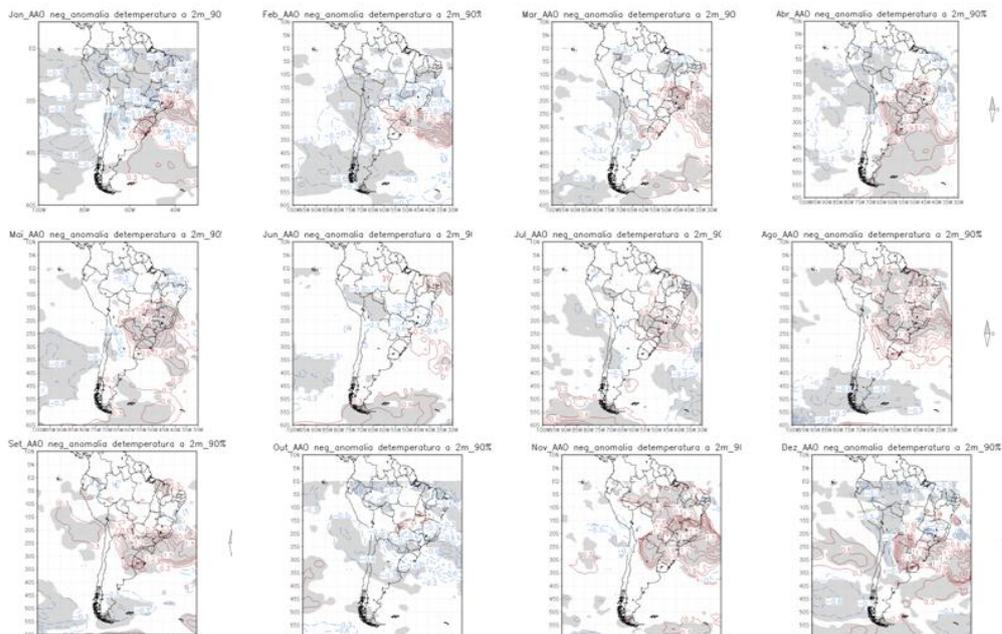


Figura 3.7: Compostos de anomalias de temperatura a 2 metros ( $^{\circ}\text{C}$ ), para a fase negativa do SAM, dos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

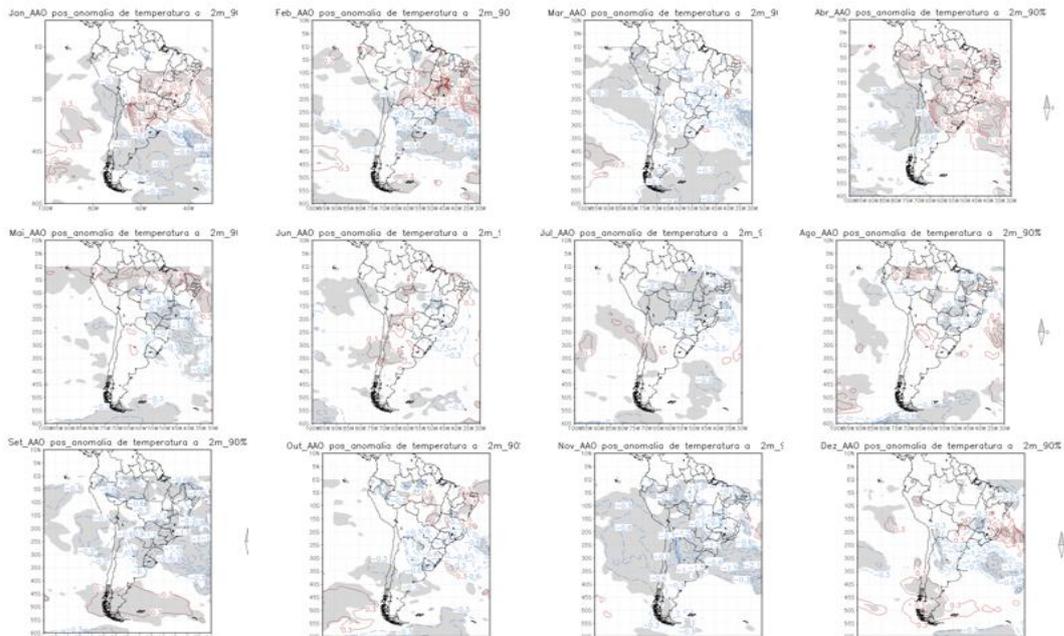


Figura 3.8: Compostos de anomalias de temperatura a 2 metros ( $^{\circ}\text{C}$ ), para a fase positiva do SAM, dos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

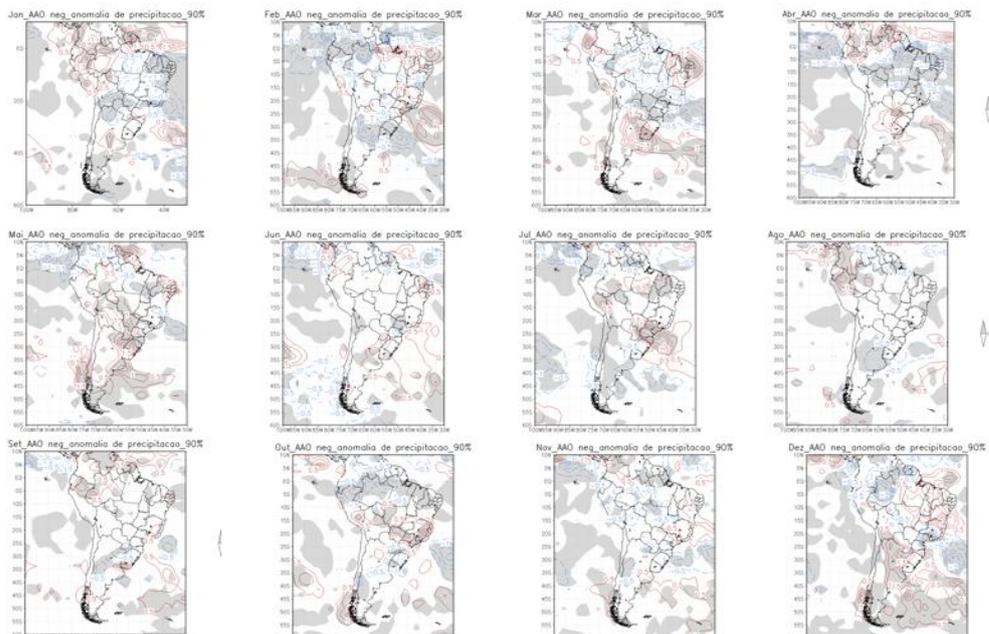


Figura 3.9: Compostos de anomalias de precipitação (mm/dia), para a fase negativa do SAM, dos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de  $0,5\text{ mm/dia}$ .

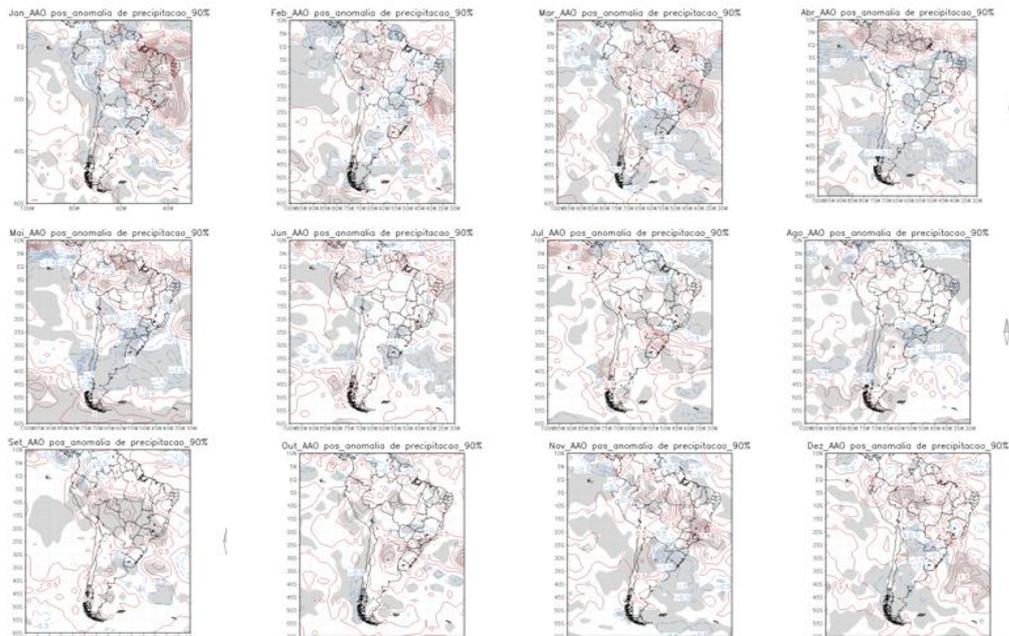


Figura 3.10: Compostos de anomalias de precipitação (mm/dia), para a fase positiva do SAM, dos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 0,5 mm/dia.

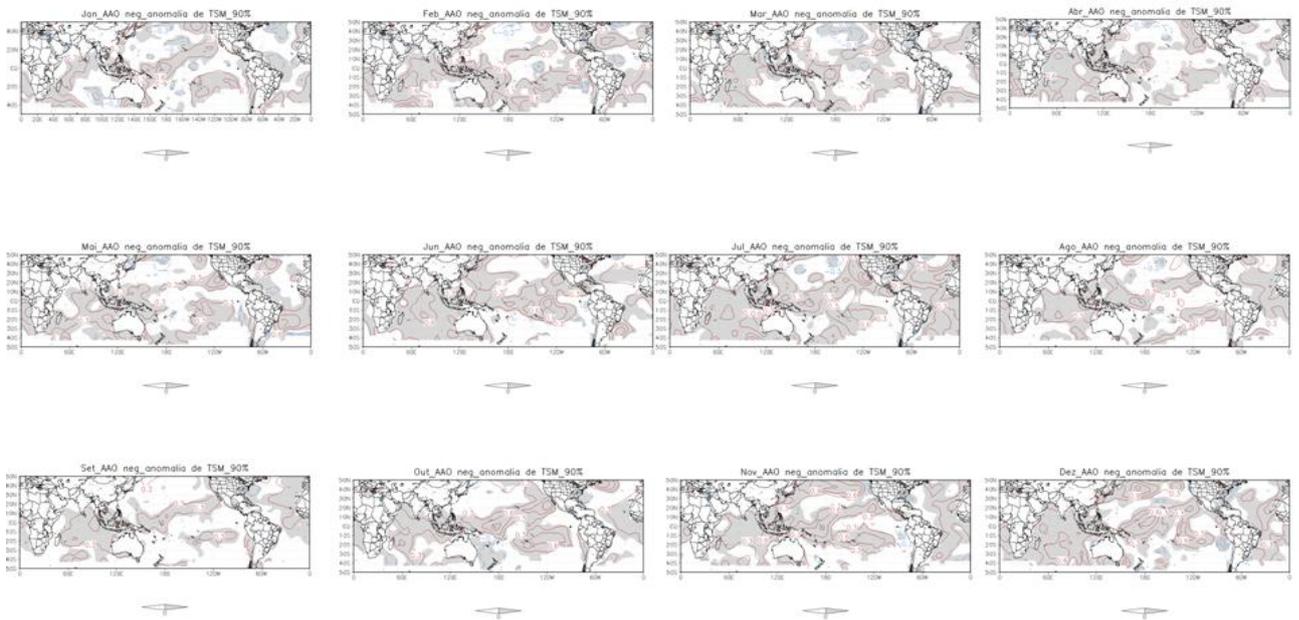


Figura 3.11: Compostos de anomalias de TSM, para a fase negativa do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de 0,3°C.

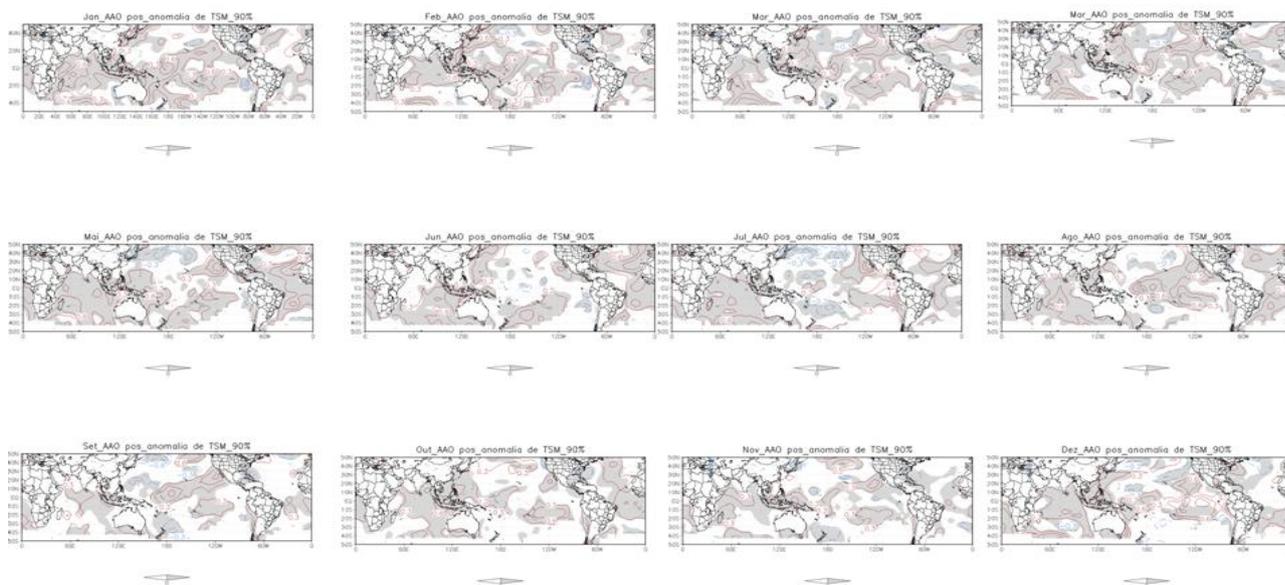


Figura 3.12: Compostos de anomalias de TSM, para a fase positiva do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

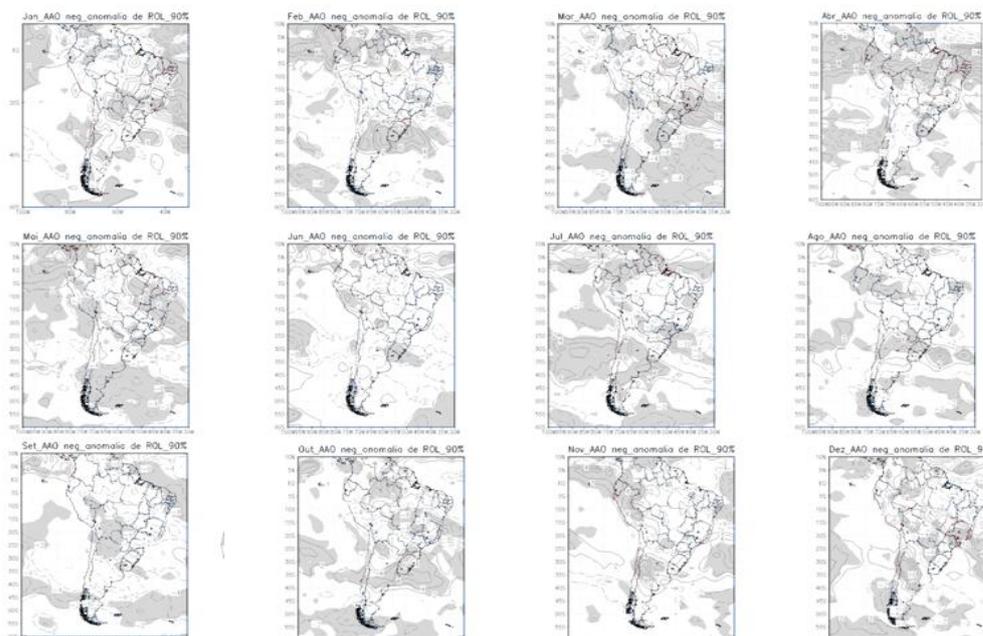


Figura 3.13: Compostos de anomalias de ROLE ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ), para a fase negativa do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de  $2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

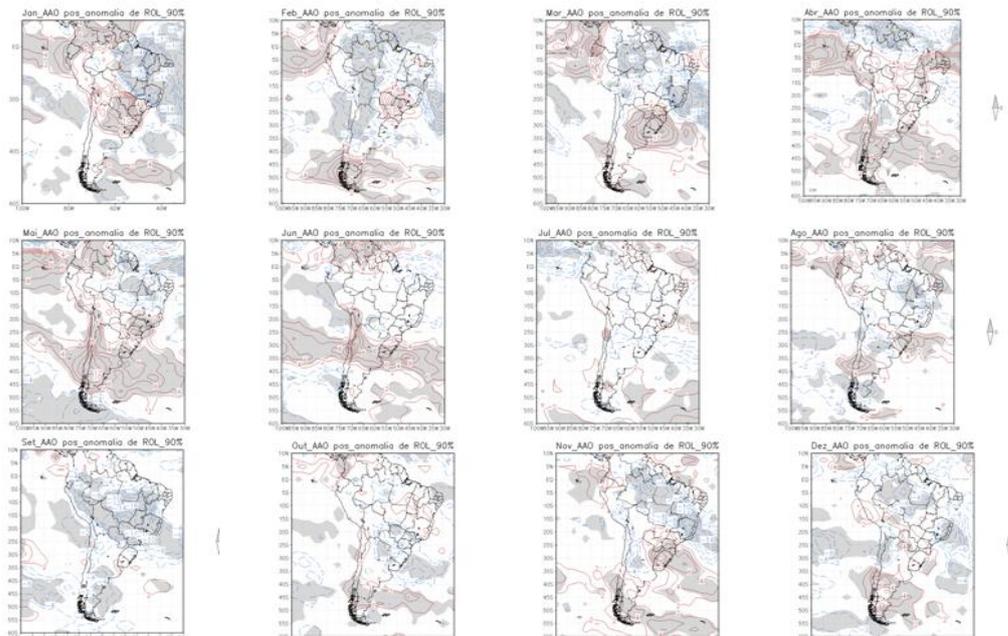


Figura 3.14: Compostos de anomalias de ROLE ( $W.m^{-2}$ ), para a fase positiva do SAM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Contorno: linha vermelha - valores positivos; linha azul – valores negativos. Áreas com 90% de significância estão sombreadas (teste t-student). Os contornos são de  $2 W.m^{-2}$ .

## 3.2. Correlação

### 3.2.1 Altura Geopotencial.

As Figuras 3.15 a 3.17 mostram os mapas de correlação significativa (90% de confiança – teste t-student) do índice SAM com anomalia de altura geopotencial para os níveis de 250, 500 e 850 hPa, respectivamente.

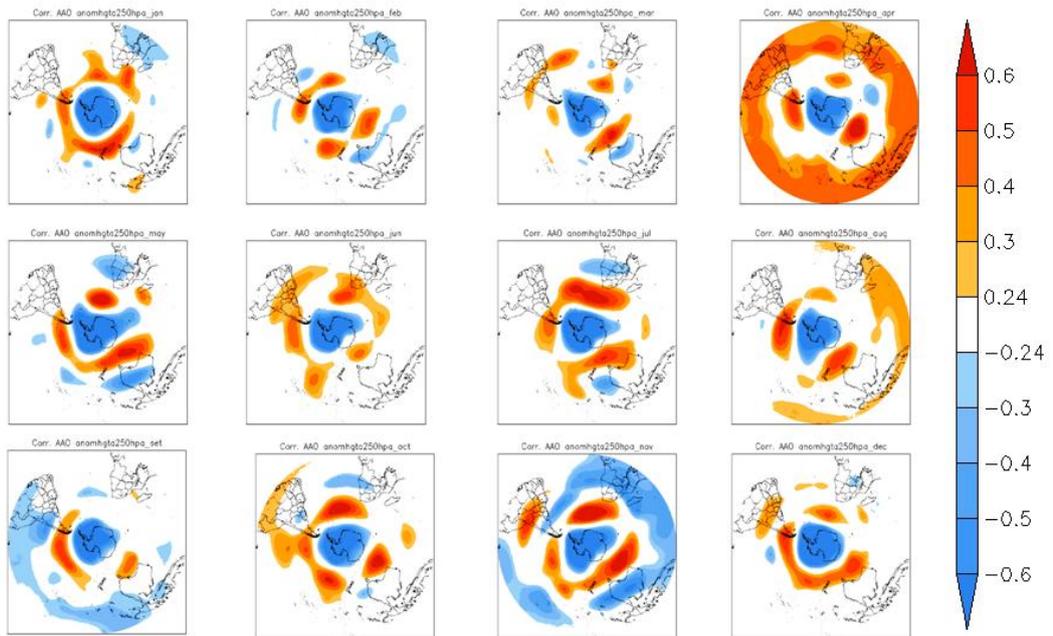


Figura 3.15: Correlação entre o índice SAM e as anomalias de altura geopotencial em 250 hPa, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

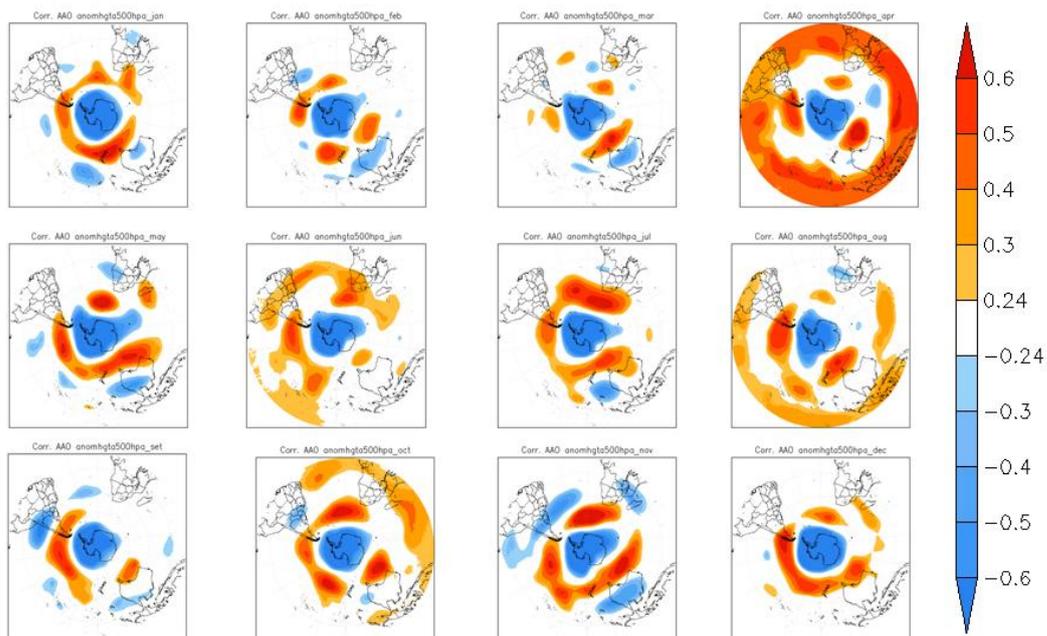


Figura 3.16: Correlação entre o índice SAM e as anomalias de altura geopotencial em 500 hPa, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

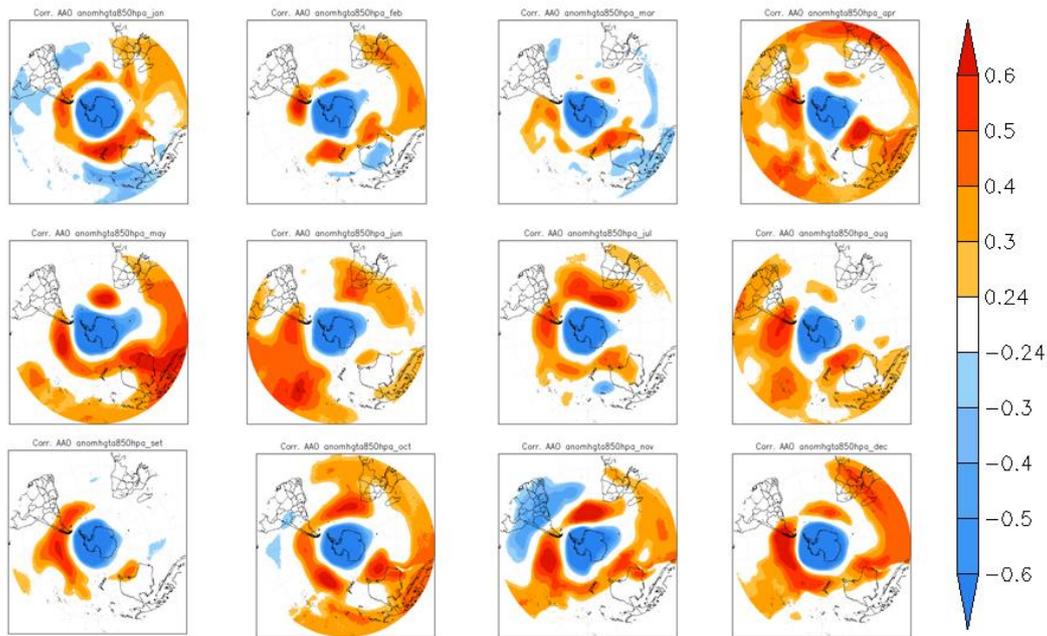


Figura 3.17: Correlação entre o índice SAM e as anomalias de altura geopotencial em 850 hPa, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

### 3.2.2 Temperatura a 2 metros

Da mesma forma que o Item anterior, a Figura 3.18 mostra mapas de correlação entre o índice SAM e essa variável, buscando analisar a influência do SAM na temperatura próxima à superfície.

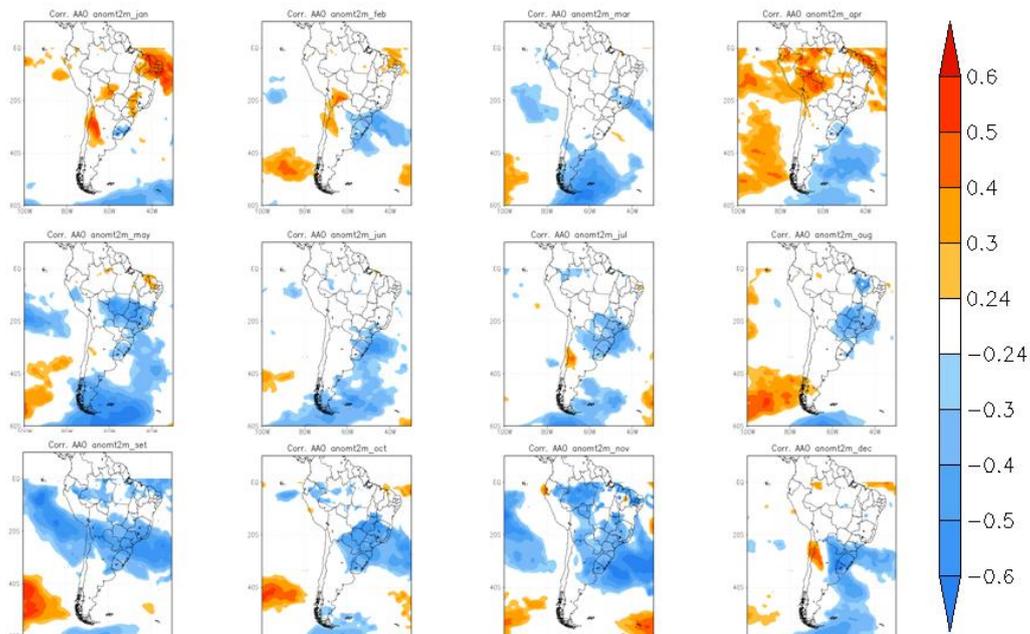


Figura 3.18: Correlação entre o índice SAM e anomalias de temperatura a 2 metros, dos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

### 3.2.3 TSM

Mantendo a metodologia citada dos Itens anteriores, nesta etapa foram gerados mapas de correlação entre o índice SAM e a TSM (Figura 3.19).

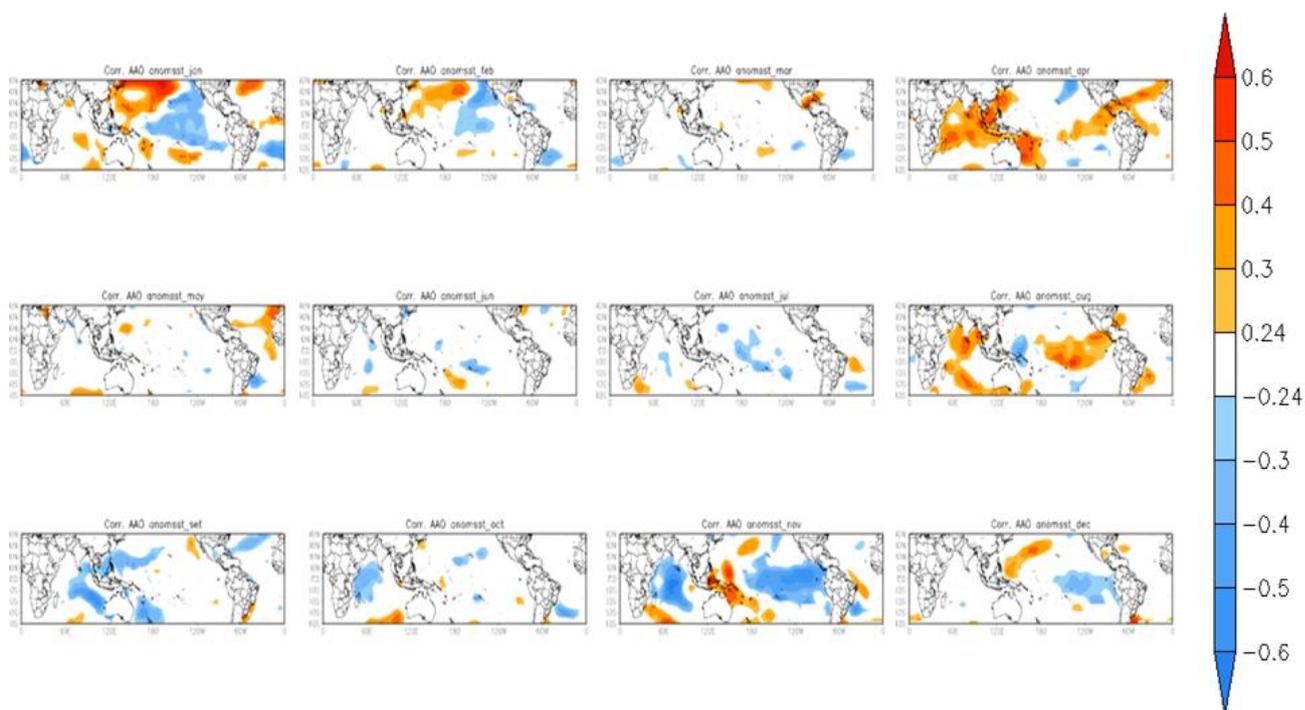


Figura 3.19: Correlação entre o índice SAM e anomalias de TSM, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

### 3.2.4 Precipitação

A Figura 3.20 mostra os mapas de correlação entre o índice SAM e a precipitação (GPCP).

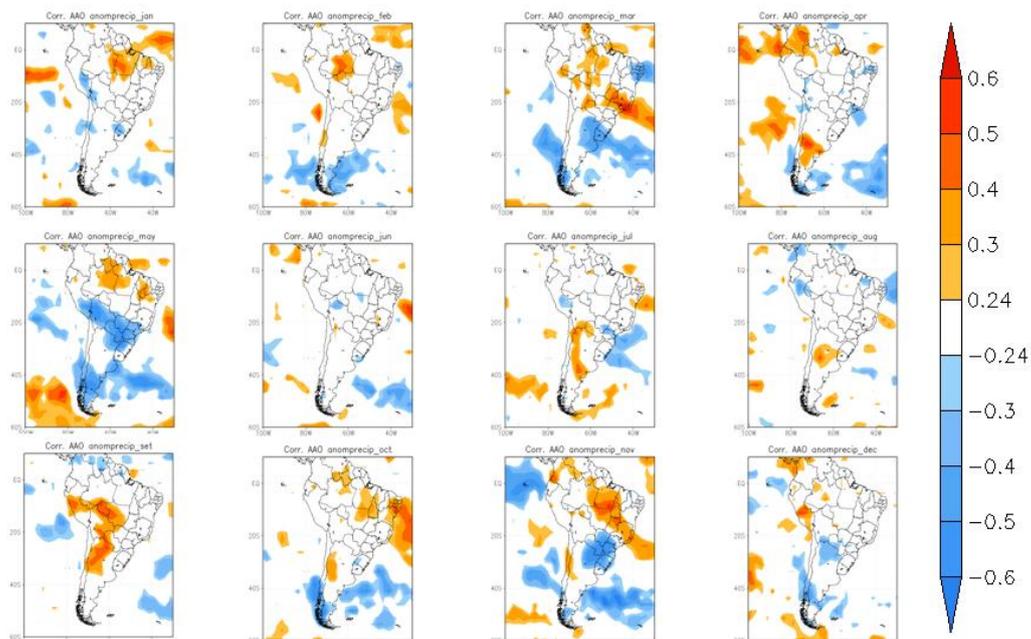


Figura 3.20: Correlação entre o índice SAM e anomalias de precipitação acumulada, dos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

### 3.2.5 ROLE

As anomalias de ROLE foram calculadas utilizando dados com resolução de  $1,0^\circ \times 1,0^\circ$  (LEE ET AL., 2014), em seguida, confeccionou-se os mapas de correlação entre o índice SAM e essa variável (Figura 3.21).

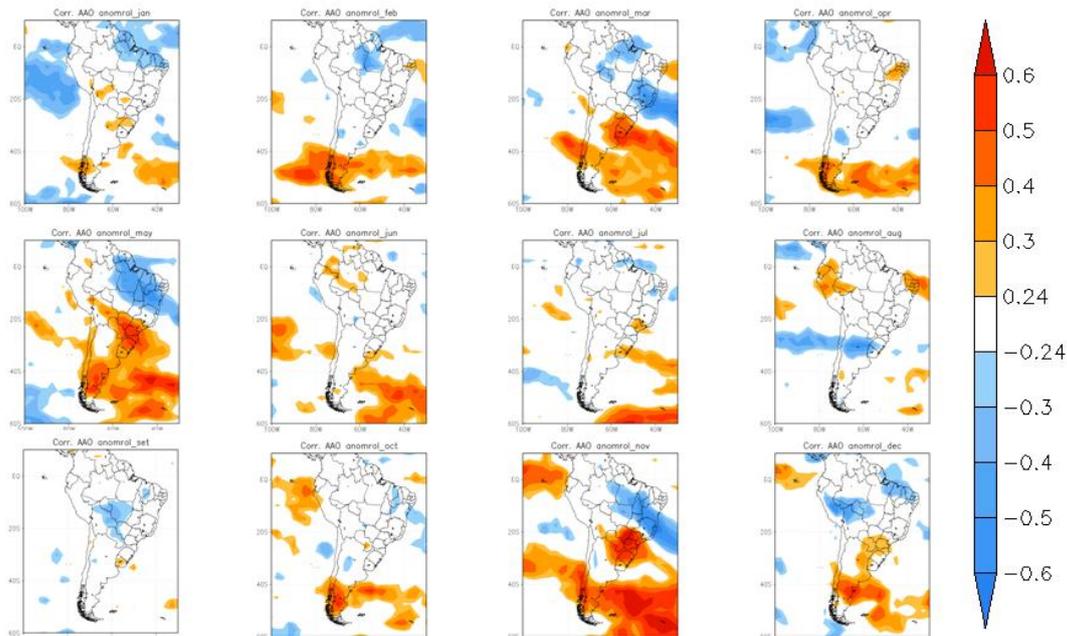


Figura 3.21: Correlação entre o índice SAM e anomalias de ROLE, nos meses de janeiro a dezembro (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Nível de confiança de 90% (t-student).

#### 4. Discussão e Conclusão

Com esses resultados, pudemos correlacionar a variabilidade climática dessas variáveis meteorológicas na AS com o SAM. Entre os resultados obtidos, destacam-se uma correlação positiva das anomalias de temperatura a 2 metros com o SAM no Nordeste brasileiro, durante o mês de janeiro e correlação negativa no Sudeste e Centro-Oeste nos meses de maio e de julho a novembro. O sul do Brasil apresenta correlação negativa em quase todos os meses (Figura 3.18). Através da correlação com a precipitação (Figura 3.20), é observado que a região da ZCIT e o SAM possuem correlação positiva nos meses de janeiro a maio, com exceção do mês de março, onde a correlação apresenta-se negativa próxima ao NEB. Ressalta-se que, climatologicamente, nesse mês a ZCIT no Atlântico encontra-se na sua posição mais ao sul. Os mapas também apresentam uma correlação negativa com a ZCIT em novembro (no Pacífico somente). Estes resultados são corroborados com os produtos de ROLE para os meses citados (Figura 3.21). Nos meses de abril e agosto, o SAM está correlacionado positivamente com a TSM do Oceano Pacífico Equatorial. Já nos meses de novembro a fevereiro, a correlação é negativa (Figura 3.19).

Os resultados em geral mostraram que o SAM possui relação com o clima na América do Sul, entretanto, seu impacto difere mês a mês e nem sempre há uma influência oposta entre as fases do SAM. O estudo detalhado apresentado neste relatório contribui para um melhor

entendimento do impacto do SAM no clima da América do Sul, podendo assim, servir de base para outros estudos e discussões em previsões climáticas.

## 5. Etapas Futuras

Para dar continuidade a este trabalho de iniciação científica estão planejadas as atividades de análise do impacto do SAM na intensidade e ocorrência de geadas na região centro-sul do Brasil, no período de maio a setembro.

## 6. Bibliografia

ADLER, R. F. ET AL.. The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present). *Journal of Hydrometeorology*, v. 4, p.1147-1167, 2003.

DEE, D. P. ET AL. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Soc.*, v. 137, p. 553–597, 2011.

KAPLAN, A. ET AL.,. Analyses of global sea surface temperature 1856-1991. *Journal of Geophysical Research*, 103, v. 18, p. 567-18,589, 1998.

LEE, H.-T.; SCHRECK, C. J.; KNAPP, K. R. Generation of the Daily OLR Climate Data Record. In: 2014 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 22-26 September 2014, Geneva, Switzerland, 2014.

RAO, V. B.; CARMO, A. M. C.; FRANCHITO, S. H. Interannual variations of storm tracks in the southern hemisphere and their connections with the antarctic oscillation. *International Journal of Climatology*, v. 23, n. 12, p. 1537–1545, 2003.

THOMPSON, D.W., WALLACE, J.M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: month-to-month variability. *Journal of Climate*, v. 13, p. 1000–1016, 2000.

VASCONCELLOS, F. C.; CAVALCANTI, I. F. A. Extreme precipitation over southeastern Brazil in the austral summer and relations with the southern hemisphere annular mode. *Atmospheric Science Letters*, v. 11, n. 1, p. 21–26, Jan.-Mar. 2010. 61, 63, 80

VASCONCELLOS, F. C. *A oscilação Antártica-mecanismos físicos e a relação com características atmosféricas sobre a América do Sul/oceanos adjacentes*. 2012. 192 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/10.09.19.33-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2012.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego,CA: Academic Press, 2006. 627 (International Geophysics Series 91) ISBN978-0-12-751966-1.