



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **INFLUÊNCIA DO PSA NO CLIMA DA AMÉRICA DO SUL**

Debora de Lima Santos

Relatório de iniciação científica do programa  
PIBIC, orientada por Dr. Gilvan Sampaio

INPE

Cachoeira Paulista

2020



## RESUMO

Este trabalho teve início em julho de 2019 com o objetivo de atribuir continuidade ao projeto sobre a teleconexão do modo *Pacific-South American* (PSA) influenciando o clima do Brasil. Agora com uma nova proposta, estendeu-se para a influência do mesmo padrão atmosférico, porém levando em consideração a América do Sul. As teleconexões no geral retratam dinâmicas de padrões atmosféricos. Seus estudos foram relativamente recentes, por volta de 1932, quando evidenciaram oscilações polares. O modo PSA, no entanto, veio décadas depois com Mo e Ghill em 1987, quando observaram ondas de Rossby cobrindo o Pacífico. O índice desse padrão atmosférico obedece a uma expressão matemática que leva em consideração anomalias de alturas geopotencial direcionadas à centros de ação, onde o PSA é mais intenso. Para computar este índice, foram utilizados os softwares *Climate Data Operators* (CDO) e o *Grid Analysis System* (GrADS) como forma de encontrar os anos de ocorrência de PSA+ e PSA- usando dados de reanálise extraído do ERA-INTERIM de 1981 a 2019. Logo, seccionou a série temporal para as estações austrais: março-abril-maio (MAM), junho-julho-agosto (JJA), setembro-outubro-novembro (SON), dezembro-janeiro-fevereiro (DJF). Os compostos de temperatura e precipitação tiveram influencia no norte e nordeste da América do Sul para o trimestre DJF, enquanto que anomalias de vento coincidiram com os centros de ação de Karoly (1998), baseando em um sistema barotrópico. A importância de estudar o PSA se deve ao fato de previsão da ocorrência da fase quente do *El Niño Southern Oscillation* (ENSO), pois influencia em aspectos econômicos e climáticos.



## LISTA DE FIGURAS

1	Índice do PSA entre 1981-2019.....	9
2	Média da anomalia de altura geopotencial durante o evento do PSA+ (primeira coluna) e PSA- (segunda coluna) para os trimestres de MAM, JJA, SON, DJF.....	10
3	Anomalias média do módulo da velocidade do vento durante a ocorrência do PSA+ (-) para os trimestres MAM, JJA, SON, DJF na primeira coluna (segunda coluna) .....	11
4	Média da anomalia do vento durante o evento do PSA+ (primeira coluna) e PSA- (segunda coluna) para as estações MAM, JJA, SON, DJF.....	13
5	Anomalias média da temperatura do ar durante o evento do PSA+ (primeira coluna) PSA- (segunda coluna) para os trimestres MAM, JJA, SON, DJF.....	14

## RESUMO

## LISTA DE FIGURAS

## SUMÁRIO

1.	Introdução	7
2.	Revisão bibliográfica	7
2.1	Teleconexões	7
2.2	O modo <i>Pacific-South American</i> (PSA)	7
2.3	Índice do PSA	8
3.	Dados	8
4.	Metodologia	8
5.	Resultados	9
5.1	Altura geopotencial	9
5.2	Precipitação	11
5.4	Vento	12
5.5	Temperatura	14
6.	Conclusões	15
7.	Referências bibliográficas	16

## **1. Introdução**

As teleconexões são padrões atmosféricos que remetem a uma determinada região de estudo, compreendendo circulações atmosféricas capazes de analisar eventos anômalos. Considerando o Hemisfério Sul (HS), o padrão Pacific-South American (PSA) é um modo que abrange a região leste da Indonésia indo em direção a América do Sul (AS). Seus primeiros estudos foram em 1987 feitos por Mo e Ghil quando encontraram similaridades com o modo *Pacific North American* (PNA) nos trens de ondas dos dois padrões. Por fim, o modo PSA é responsável pelo fenômeno *El Niño/Southern Oscillation* (ENSO) quando avaliado em uma escala interanual.

### **1.1 Objetivo**

O intuito do projeto é analisar de que forma as ocorrências do fenômeno do modo de PSA intervém nos aspectos climáticos da América do Sul, reportando os trimestres em que ocorreram valores elevados dessa teleconexões na região Pacífico-América do Sul.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 As Teleconexões**

As teleconexões são conexões a distância capazes de encontrar anomalias. Seus primeiros estudos foram feitos por Walker e Bliss em 1932 quando encontraram oscilações na região polar e nas regiões do Norte do Oceano Pacífico e ao Norte da Antártica (SACCO, M. L, 2010). Suas configurações, segundo Hoskins e Karoly (1981), são bem explicadas pela propagação de ondas de Rossby em resposta a forçantes térmicas.

### **2.2 O modo PSA**

O modo PSA é uma teleconexão intrasazonal (Mo e Paegle, 2001) oriunda da interação oceano-atmosfera. Possui aspectos semelhantes ao PNA no que diz respeito às ondas de Rossby (Berbery et al. (1992), Grimm e Silva-Dias (1995), Renwick e Revell (1999)), com número de onda 3 situada a uma altitude de 500 hPa e com alta amplitude (Mo, 2000). Dizemos que quando os parâmetros de análise do PSA está abaixo (acima) do desvio padrão analisado, é nomeado como PSA positivo (negativo) (Mo e Paegle, 2001).

É um padrão que atua junto com diferentes fenômenos quando avaliado sobre diferentes escalas temporais. Quando estudado em uma banda interanual, por exemplo, passa a existir uma conexão com as anomalias da temperatura da superfície do mar (ATSM) na região compreendida pelo PSA e a seca ocorrida no Nordeste (NE) no verão do HS durante a fase quente do ENSO (Mo e Peagle, 2001). Em um dos seus modos, passa a regular a precipitação e circulação da região central do continente quando ocorre a Zona de Convergência da Atlântico do Sul (ZCAS) (Mo e Peagle, 2001).

### **2.3 Índice do PSA**

Segundo Karoly (1998), o modo PSA é calculado levando em conta anomalias de alturas de geopotencial situada a 500 hPa, varrendo a área do Pacífico Central e América do Sul. Seu índice baseia-se em centros de ação, como na expressão a seguir:

$$IPSA = -h^*(35^{\circ}S, 150^{\circ}W) + h^*(60^{\circ}S, 120^{\circ}W) - h^*(45^{\circ}S, 60^{\circ}W)$$

Em que  $h^*$  remete a anomalias de altura de geopotencial em 500 hPa nesses pontos.

### **3. Dados**

Foram usados dados com saídas diárias de 1981 a 2019 do ERA-INTERIM, que é modelo mais recente de reanálise de atmosfera global (D. P. DEE S. M. UPPALA, et al, 2001). Com resolução  $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$  (latitude x longitude), obtive os parâmetros persistentes para análise do clima na América do Sul e também para o índice do padrão atmosférico. As medidas seguiram o sistema internacional de medida (SI), com exceção da temperatura do ar medida em Celsius. O arquivo de precipitação foi extraído do Global Precipitation Climatology Project (GPCP).

### **4. Metodologia**

A região compreendida para análise dos parâmetros estende a uma latitude de  $90^{\circ}S$  a  $20^{\circ}N$  e longitude de  $140^{\circ}E$  a  $30^{\circ}E$  com centros de ação definidas para a variável de altura geopotencial localizados  $(35^{\circ}S, 150^{\circ}W)$ ,  $(60^{\circ}S, 120^{\circ}W)$ ,  $(45^{\circ}S, 60^{\circ}W)$ , segundo Karoly (1998). Os arquivos foram operados usando as ferramentas CDO e GrADS. O cálculo das anomalias, teve como referência a climatologia (média temporal de variáveis) de 1980 a 2010, de acordo com a Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Usando o GrADS,

foi fixado as devidas dimensões dos centros de ações a uma altura de 500 hPa do parâmetro de altura geopotencial, para que pudesse extrair o índice do padrão e determinar os anos de ocorrência de eventos positivos (PSA+) e negativos (PSA-) do PSA. Após isso, determinou a série temporal sazonal (MAM, JJA, SON, DJF), selecionando as estações em que tiveram maior dispersão positiva (negativa) em relação à média positiva (negativa) para compor cada estação do evento do PSA+ (-). Por fim, foram plotados gráficos do restante dos parâmetros baseando-se nos trimestres mais dispersos.

## 5. Resultados

A metodologia usada afirma que houve a existência desse padrão conforme os centros de ação estudado por Karoly (1998), analisados a partir de índices anuais.

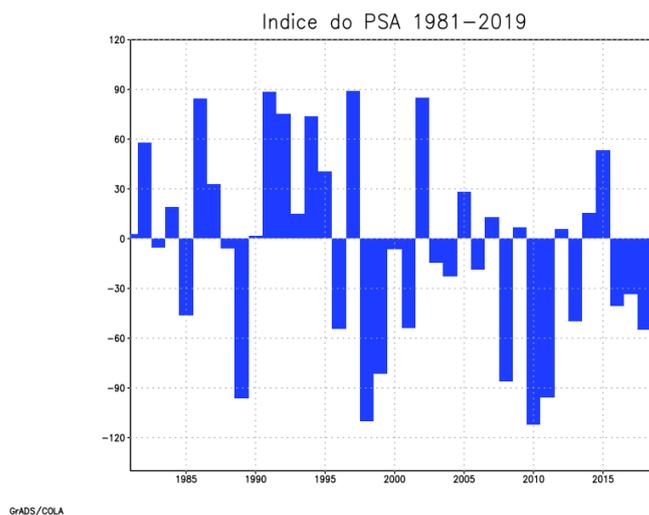


Figura 1 – Índice do PSA entre 1981-2019

### 5.1 Altura geopotencial

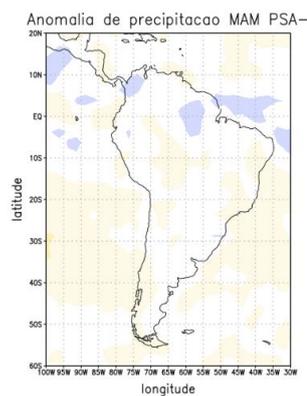
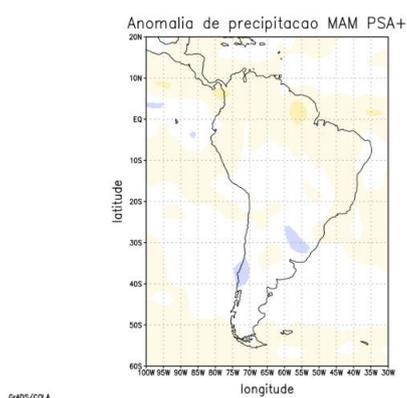
A variável de altura geopotencial é importante para definirmos as anomalias em cada centro de ação, o qual seu valor consiste na altura real de um ponto na atmosfera do trabalho feito pela massa de ar. As anomalias em 500 hPa fornecem o índice do modo PSA.



O modo PSA+ ressaltou anomalias negativas ( $35^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\text{W}$ ), positivas ( $60^{\circ}\text{S}$ ,  $120^{\circ}\text{W}$ ) e negativas ( $45^{\circ}\text{S}$ ,  $60^{\circ}\text{W}$ ), onde na latitude mais alta houve disposição de alta pressão atmosférica. Ao observar o PSA-, os centros de ação seguem a sequência positivo ( $35^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\text{W}$ ), negativo ( $60^{\circ}\text{S}$ ,  $120^{\circ}\text{W}$ ), positivo ( $45^{\circ}\text{S}$ ,  $60^{\circ}\text{W}$ ). Em altas latitudes, são apresentadas anomalias negativas, apontando região de baixa pressão atmosférica, enquanto que em latitudes médias resulta em pressão atmosférica alta. Essas diferenças de pressão atmosférica se dão devido ao escoamento barotrópico do Pacífico (Mo e Peagle, 2001), em que seu comportamento indica densidade de ar frio que desce a troposfera enquanto que o ar quente sobe, levando em consideração apenas a pressão.

## 5.2 Precipitação

As anomalias de precipitação durante a ocorrência do PSA mostraram ação na região norte do continente e em países como Argentina e sudeste do Brasil. Houve precipitação abaixo do normal durante PSA+ no trimestre DJF localizada na região norte/nordeste da América do Sul, o qual passa a ter relação com a seca na região devido a fase quente do ENSO. Em contrapartida, o PSA- indicou chuvas em excesso na região norte/nordeste durante o trimestre DJF e diminuição no sudeste do Brasil e Argentina em decorrência das diferentes latitudes, atuando junto a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).



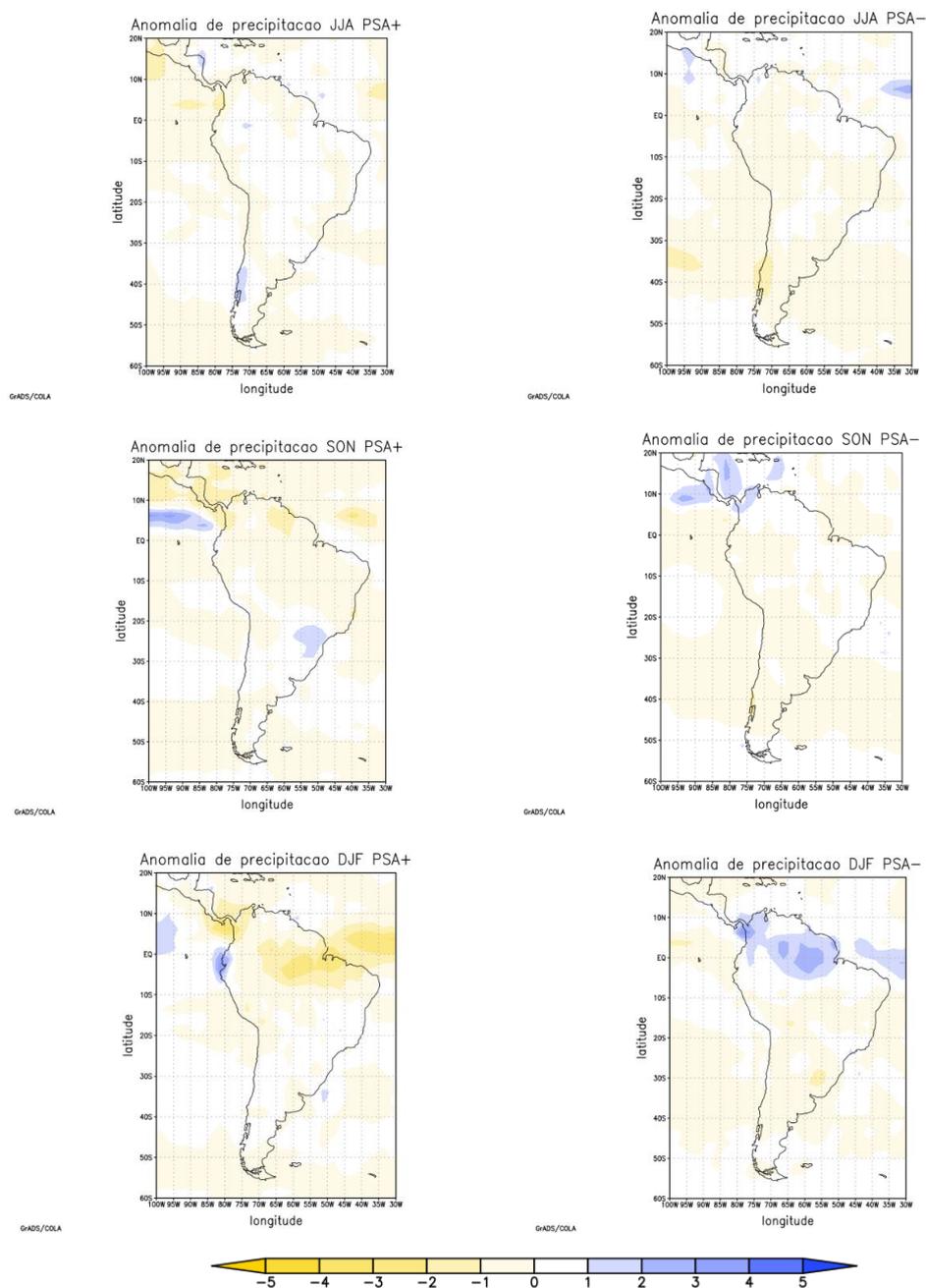
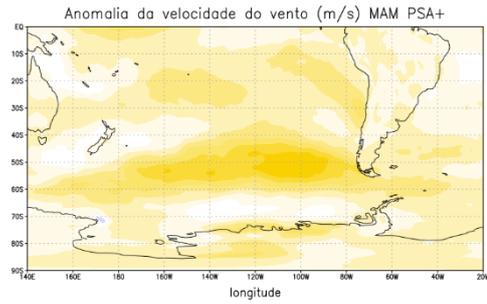


Figura 3 – Anomalias média do módulo da velocidade do vento durante a ocorrência do PSA+ (-) para os trimestres MAM, JJA, SON, DJF na primeira coluna (segunda coluna)

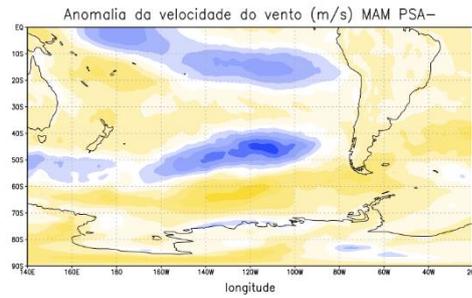
### 5.3 Vento

O composto do vento em módulo assume relação direta com os centros de ação de Karoly (1998). Dito isso, a região extratropical ao referir o PSA+ possuem anomalias negativas mais intensas durante o trimestre DJF, onde há alta pressão atmosférica e, portanto,

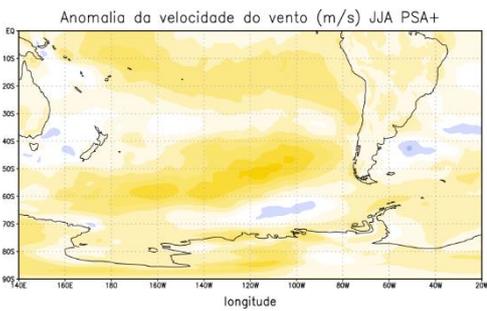
dissipação de vento para zonas mais quentes, sendo caracterizado como anticiclones. Entretanto durante a ocorrência do PSA-, vemos uma intensa anomalia positiva da velocidade do vento, indicando assim região de baixa pressão coincidindo com o centro de ação do PSA, sendo local de concentração de vento.



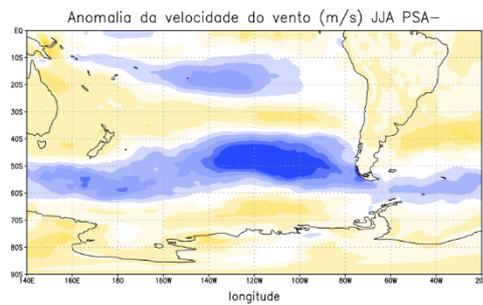
GHRS/COLA



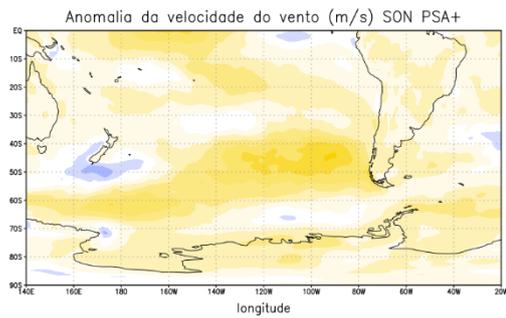
GHRS/COLA



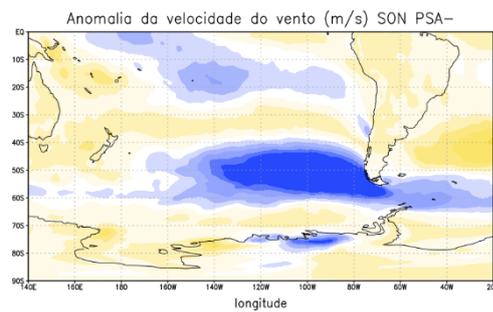
GHRS/COLA



GHRS/COLA



GHRS/COLA



GHRS/COLA

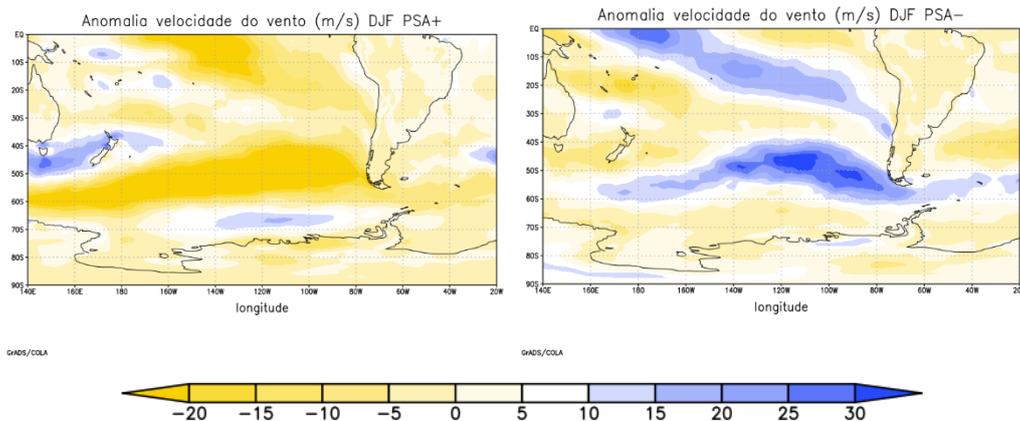
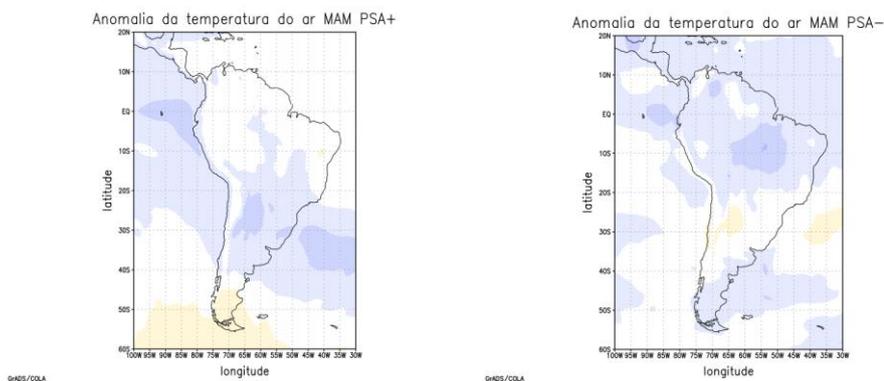


Figura 4 - Média da anomalia do vento durante o evento do PSA+ (primeira coluna) e PSA- (segunda coluna) para as estações MAM, JJA, SON, DJF.

## 5.4 Temperatura

A variável da temperatura mostra, em celsius, o valor da anomalia em uma altura de 850 hPa. A partir disso, PSA+ indicou anomalias excessivamente positivas durante o inverno austral no centro-oeste do Brasil. Houve também anomalia acima do normal no norte da América do Sul e ao leste do Pacífico durante o verão devido ao aquecimento anormal do oceano, semelhante ao fenômeno *El Niño*. A dinâmica atmosférica que fundamenta esse resultado se deve ao chamado Circulação Walker, que indica movimentos de massa de ar ascendente assim que o oceano é aquecido. O PSA- mostrou influência de temperatura abaixo da média na região central do continente no trimestre MAM, JJA e SON.



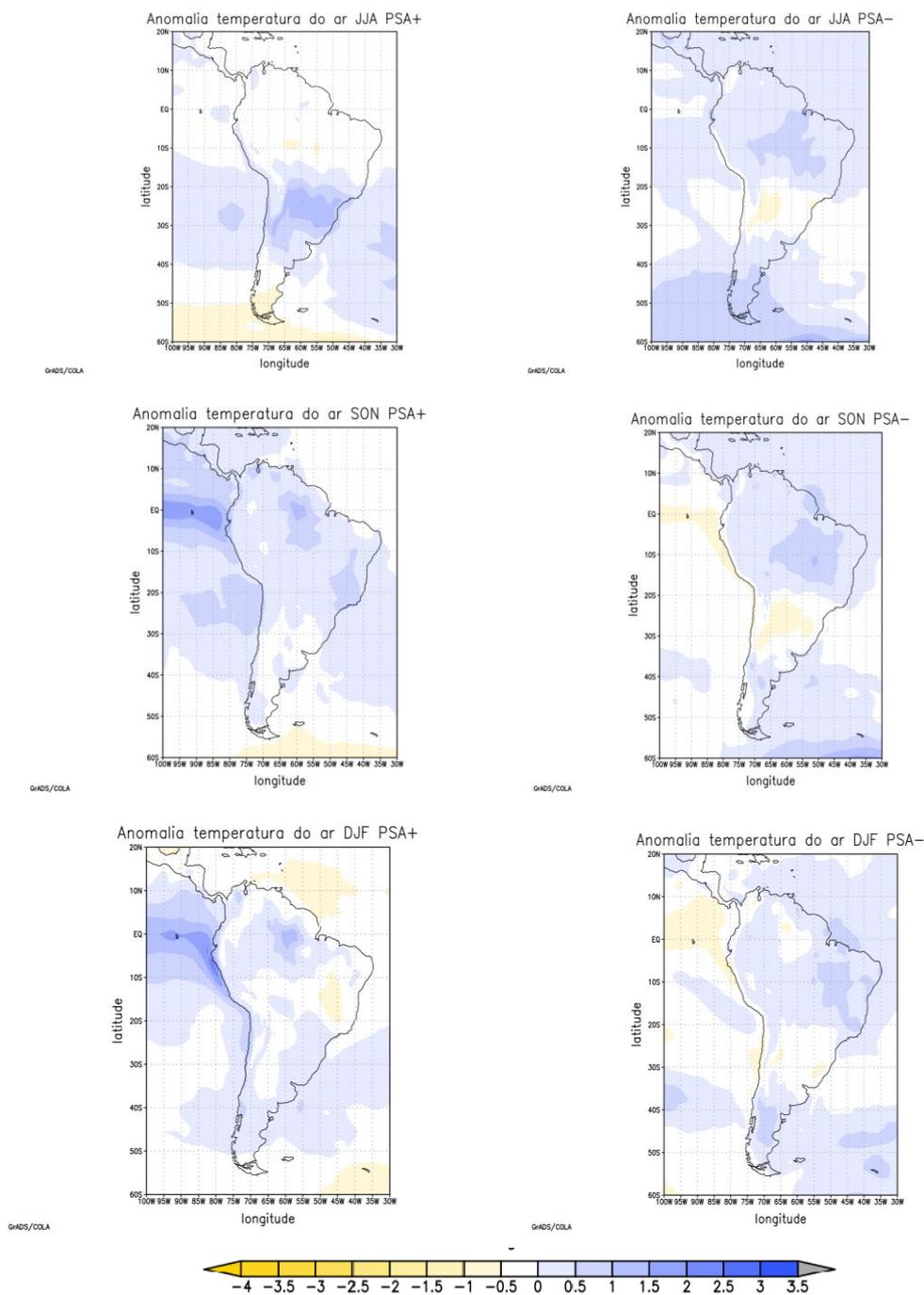


Figura 5 - Anomalias média da temperatura do ar durante o evento do PSA+ (primeira coluna) PSA- (segunda coluna) para os trimestres MAM, JJA, SON, DJF.

## 6. Conclusões

Usando o GrADS para plotar os gráficos com as informações de Karoly (1998), podemos observar que nos anos do evento do PSA disperso, houve anomalias resultante da fase

quente do ENSO, isto é, valores anormais de temperatura e precipitação no nordeste do Brasil e Sul e Sudeste do continente. Houve ainda atuação de outras oscilações que não foram focadas no trabalho, como a ZCAS e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) regulando a precipitação do continente que diversos artigos relatam.

O estudo da teleconexão PSA é significativo pois em termos de previsão, podemos alertar anos em que pode ocorrer El Niño, ao passo que este fenômeno influencia tanto em aspectos climáticos quanto econômicos.

## **7. Referências bibliográficas**

KINGTSE C. MO, JULIA N. PAEGLE The Pacific–South American modes and their Downstream effects, **International Journal of Climatology**, 2001.

KINGTSE C. MO AND R. WAYNE HIGGINS, The Pacific–South American Modes and Tropical Convection during the Southern Hemisphere Winter, **Climate Prediction Center**, NWS/NCEP/NOAA, Washington D.C. 1997.

GLAUCIA M. CARNEIRO, IRACEMA F. A. CAVALCANTI, Características da convecção associada à Variabilidade Intrasazonal: comparação entre resultados do MCGA CPTEC/COLA e observação, **Revista Brasileira Meteorologia**, 2010.

K. J. HILL, A. S. TASCHETTO, M. H., ENGLAND, South American rainfall impacts associated with inter-El Niño variations, **Geophysical Research Letters**, 2009.

IRACEMA F. A. CAVALCANTI, CHRISTOPHER C. CASTRO, Influências da variabilidade intrasazonal sobre a América do Sul em resultados de uma simulação climática com o mcga cptecc/cola, [sid.inpe.br/yolanda/2004/08.02.09.17](http://sid.inpe.br/yolanda/2004/08.02.09.17) v1, 2004.

D. P. DEE S. M. UPPALA, et al, The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 2001.

KAROLY, D. J, Southern Hemisphere Circulation Features Associated with El Niño-Southern Oscillation Events, **Journal Climate**, 1989.