



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

Influência da PSA na Precipitação e Temperatura do Brasil

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/INPE/CNPq)

João Pedro da C. Molina (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: joao.molina@inpe.com

Renata G. Tedeschi (CPTEC/DIDOP, Orientadora)
E-mail: renata.tedeschi@inpe.br

Gilvan Sampaio (CPTEC/DIDOP, Orientador)
E-mail: gilvan.sampaio@inpe.br

Julho 2018



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATSM	Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar
EA	<i>Eastern Atlantic</i>
ENSO	El Niño-Oscilação Sul
EU	<i>Eurasian</i>
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
NA	<i>North Atlantic</i>
NAO	Oscilação do Atlântico Norte
NP	<i>Pacific-North</i>
NPO	<i>North Pacific Oscillation</i>
OS	Oscilação Sul
PNA	<i>Pacific-North America</i>
PSA	<i>Pacific-South America</i>
WA	<i>Western Atlantic</i>
WP	<i>Western Pacific</i>
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul



RESUMO

Este trabalho, iniciado em Fevereiro de 2018, tem por objetivo identificar qual é o melhor índice para determinar o padrão de teleconexão *Pacific-South America* (PSA), além de analisar sua influência sobre os padrões climáticos de precipitação e de temperatura do Brasil, identificando quais regiões têm aumento ou diminuição dessas variáveis durante a ocorrência desse padrão. O padrão de teleconexão PSA é caracterizado por um trem de ondas que vai da Austrália em direção ao Pacífico Sul e posteriormente para o sudeste da América do Sul. Este padrão, está relacionado com anomalias de temperaturas sobre a superfície do mar e possui comportamento semelhante ao fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul), geralmente ocasionando períodos de seca no Nordeste brasileiro e excesso de precipitação sobre o Sudeste da América do Sul. O PSA foi discutido em diversos trabalhos, os quais mostraram a grande influência desse padrão na América do Sul. No entanto, pouco se sabe sobre suas influências diretas sobre o Brasil, motivando a realização deste projeto. Para tanto, foi realizado o levantamento de referências a respeito do padrão PSA. Devido a falta de um índice operacional desse padrão, foram realizados estudos sobre a metodologia utilizada no processo de determinação do padrão PNA (*Pacific-North America*), afim de se obter a base teórica e procedimental para adaptar o índice do padrão PNA para o padrão PSA. Após a identificação desse índice, com o auxílio de ferramentas computacionais específicas (Fortran, Grads), será calculado e plotado o padrão de precipitação e de temperatura, assim como as anomalias desse padrão, para os períodos em que houver a ocorrência desse fenômeno. Por fim, o índice identificado poderá ser aplicado pelo Grupo de Previsão Climática do CPTEC/INPE em uma página na internet que mostrará os padrões de teleconexão que afetam os padrões climáticos sobre o Brasil. Para realização deste projeto de Iniciação Científica estão previstas: Adaptação do índice do padrão PNA para o Hemisfério Sul afim de se identificar o padrão PSA; Análise da qualidade dos resultados obtidos da aplicação do índice adaptado; Calcular e plotar os compostos das anomalias de precipitação e de temperatura durante a ocorrência da PSA; Análise dos resultados obtidos.



SUMÁRIO

1. Introdução	5
1.1. Objetivo	5
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Teleconexões	5
2.2. Modo Pacífico-América do Sul (PSA)	6
2.3. Índice PSA	6
3. Dados	7
4. Metodologia e Conclusões	7
5. Atividades Futuras	7
6. Referências Bibliográficas	7



1. Introdução

É comum forçantes climáticas locais acarretarem alterações na circulação atmosférica em regiões remotas, e a este efeito dá-se o nome de Teleconexão. Os estudos de Teleconexão nos permitem compreender a ocorrência de eventos anômalos em diversas regiões do globo e identificar suas influências nas condições de tempo e clima das regiões afetadas. Os estudos de teleconexão surgiram inicialmente no Hemisfério Norte (HN), liderados pelos trabalhos de Walker e Bliss (1932) que identificaram a Oscilação Sul, e outras oscilações atmosféricas como a *Pacific-North* (NP) e *North Atlantic* (NA). Anos mais tarde, Wallace e Gutzler (1981), de agora em diante denominado WG81, fazendo análises de correlação de altura geopotencial em 500hPa e pressão ao nível do mar, identificaram cinco configurações com estrutura de caráter horizontal do tipo ondulatória e com múltiplos centros de ação. Identificando-as como os padrões *Eastern Atlantic* (EA), *Pacific-North America* (PNA), *Western Atlantic* (WA), *Western Pacific* (WP) e *Eurasian* (EU).

Aplicando o mesmo método utilizado por WG81, Mo e White (1985) identificaram no Hemisfério Sul (HS) uma estrutura horizontal de número de onda 3, persistente, e com grande influência sobre a circulação atmosférica da América do Sul. Essa configuração foi relatada em diversos outros trabalhos e, em 1987, Mo e Ghill, analisando anomalias persistentes no HS, identificaram um trem de ondas situado entre médias e altas latitudes. Esse trem de ondas partia da região tropical da Indonésia, passando a sul da Austrália em direção ao Oceano Pacífico central, e depois, seguia em direção a sudeste da América do Sul. Esse padrão de teleconexão foi identificado como *Pacific-South America* (PSA) e está relacionado às anomalias de temperatura sobre a superfície do mar (ATSM) e às anomalias de precipitação da América do Sul.

O padrão PSA foi discutido em diversos trabalhos, os quais mostraram a grande influência desse padrão na América do Sul. No entanto, é necessário aprofundar o conhecimento das influências do PSA sobre o Brasil. Identificar e compreender os impactos da PSA sobre o Brasil é compreender parte de sua dinâmica atmosférica para diferentes estações, sendo crucial para a previsibilidade climática de eventos anômalos sobre os regimes de precipitação e temperatura e para a antecipação de fenômenos climáticos extremos.

1.1. Objetivo

Este projeto tem por intuito o levantamento das características do padrão PSA e a determinação de um índice para que seja identificado as principais influências desse padrão sobre os regimes de precipitação e de temperatura do Brasil e disponibilizá-las na página de Clima do CPTEC/INPE.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Teleconexões

O termo Teleconexão se refere às respostas que uma forçante climática local acarreta em regiões remotas. Fenômenos climáticos ocorridos em determinada região resultam na propagação de ondas que transportam energia para regiões localizadas a quilômetros de distância. A identificação de teleconexões é útil para o aperfeiçoamento da previsibilidade climática e para a compreensão da ocorrência de eventos anômalos em diversas regiões do globo. Os primeiros estudos sobre os sistemas de teleconexão surgiram com Walker e Bliss em 1932, quando identificaram três oscilações atmosféricas para HN: Oscilação Sul (OS),



North Pacific Oscillation (NPO) e *North Atlantic Oscillation* (NAO). No ano de 1981, Wallace e Gutzler fazendo análises de correlação de altura geopotencial em 500hPa e da pressão ao nível do mar, identificaram cinco configurações com estrutura de caráter horizontal do tipo ondulatória e com múltiplos centros de ação. Identificando-as como os padrões *Eastern Atlantic* (EA), *Pacific-North America* (PNA), *Western Atlantic* (WA), *Western Pacific* (WP) e *Eurasian* (EU).

O padrão PNA é composto por quatro centros de ação, estando localizados próximos ao Hawaii (20°N, 160°W), ao Oceano Pacífico Norte (45°N, 165°W), a Alberta (55°N, 115°W), e a Costa do Golfo (30°N, 85°W). É caracterizado por um trem de ondas que parte do Oceano Pacífico Equatorial em direção ao leste dos Estados Unidos e influencia os padrões de circulação, de temperatura e de precipitação da América do Norte. Em contrapartida, para o HS, foi identificada uma configuração semelhante ao PNA que, por referência, foi nomeada por padrão Pacífico-América do Sul (PSA – Mo e Ghill, 1987).

2.2. Modo Pacífico-América do Sul (PSA)

O padrão Pacífico-América do Sul (PSA) foi identificado em 1987 por Mo e Ghill. O padrão PSA surge como um trem de ondas de largas amplitudes, localizado entre médias e altas latitudes, que partem da região tropical da Indonésia em direção ao Oceano Pacífico Central, e depois em direção ao sudeste da América do Sul. O PSA possui três centros de ação, e é caracterizado por uma configuração horizontal e persistente, possuindo duração entre escalas intrasazonal e decenal. Segundo Mo e Higgins (1998) o padrão PSA é dividido em dois modos, o PSA1 e o PSA2. O PSA2 está relacionado com a componente quase-bienal do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENSO) (22-28 meses) e é associado com o aumento da convecção no Oceano Pacífico Central. Sobre a América do Sul o padrão PSA2 é associado com aumento da precipitação que se estende da região central da América do Sul em direção ao Oceano Atlântico Subtropical (ligadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS). O PSA1 está relacionado com anomalias de temperaturas de longa duração sobre a superfície do mar entre a região oeste e central do Oceano Pacífico. Possui comportamento semelhante ao fenômeno ENOS geralmente ocasionando períodos de seca no Nordeste brasileiro e excesso de precipitação sobre o Sudeste da América do Sul.

2.3. Índice PSA

Com base nos estudos de Karoly (1998), calculando anomalias de altura geopotencial em 500hPa ao longo do trem de ondas que se estende do Oceano Pacífico Central em direção a América do Sul é possível encontrar três fortes centros de ação, um com anomalia negativa focalizada em 35°S, 150°W, outro com anomalia positiva focalizada em 60°S, 120°W e um terceiro centro de anomalia negativa focalizada em 45°S, 60°W. Dessa maneira, o índice é definido por:

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

Onde z^* representa anomalias de altura geopotencial em 500hPa normalizados para cada centro de ação do evento PSA.



3. Dados

Para a realização deste estudo serão utilizados dados mensais de altura geopotencial provenientes da primeira geração de reanálises do NCEP/NCAR (Kalnay *et al.*, 1996). Os dados possuem 17 níveis de pressão (mb) e estão dispostos em pontos de grade com resolução de 2,5° de latitude/longitude para os períodos de 1948 até o presente. Disponíveis em <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.pressure.html>

4. Metodologia e Conclusões

Para dar início ao projeto foi necessário o levantamento bibliográfico a fim de analisar a validade dos índices PSA já calculados, no entanto, devido à escassez dessas informações nos baseamos no trabalho de Karoly (1998) para encontrar os centros de ação do evento PSA e a magnitude das anomalias deste evento.

A área selecionada para este estudo compreende a região de ocorrência da PSA que vai da Austrália até o oeste do Oceano Atlântico (120°E a 20°W) entre médias e altas latitudes (de 0° a 90°S). Utilizando os dados de reanálise do NCEP/NCAR e as ferramentas computacionais necessárias (GrADS e Fortran) foi fixado a altura geopotencial em 500hPa onde a PSA é visualizada com maior clareza. Fixando os centros de ação em (35°S, 150°W), (60°S, 120°W) e (45°S, 60°W), conforme Karoly (1998), foi possível encontrar um índice puro para os anos de 1948 a 2017. No entanto, pouca informação pode ser retirada do índice encontrado já que a normalização dos resultados não foi, por hora, efetuada.

Pouco pode-se afirmar com os resultados encontrados até aqui, por isso, faz-se necessário o tratamento dos resultados obtidos afim de reduzir suas incertezas. Posteriormente, com a correção do índice encontrado, será possível avaliar com exatidão o comportamento do padrão PSA para as diferentes estações do ano e suas influências sobre a circulação atmosférica da América do Sul e, mais especificamente, sobre os padrões de precipitação e de temperatura do Brasil.

5. Atividades Futuras

Para a conclusão deste projeto faltam alguns passos a serem seguidos. Sendo eles:

- Normalizar os valores obtidos no índice PSA;
- Avaliar os demais índices existentes de PSA ou adaptar o índice de PNA operacional para o Hemisfério Sul;
- Avaliar as interferências do PSA sobre os padrões de precipitação do Brasil ao longo do ano;
- Avaliar as interferências do PSA sobre os padrões de temperatura do Brasil ao longo do ano;

6. Referências Bibliográficas

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP/NCAR 40-Year



Reanalysis Project, **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, p. 437–472, 1996.

KAROLY, D. J. Southern Hemisphere circulation features associated with El Niño-Southern Oscillation events, **Journal of Climate**, v. 2, p. 1239-1252, 1998.

MO, K. C.; GHIL, M. Statistics and dynamics of persistent anomalies, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 44, p. 877-901, 1987.

MO, K. C.; HIGGINS, R. W. The Pacific-South American modes and tropical convection during the Southern Hemisphere winter, **Monthly Weather Review**, v. 126, p. 1581-1596, 1998.

MO, K. C.; WHITE, G. H. Teleconnections in the Southern Hemisphere, **Monthly Weather Review**, v. 113, p. 22-37, 1985.

WALLACE, J. M.; GUTZLER, D. S. Teleconnections in the Geopotential Height Field during the Northern Hemisphere Winter, **Monthly Weather Review**, v. 109, p. 785-812, 1981.

WALKER, G. T.; BLISS, E. W. World Weather. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**, v. 4, p. 53-84, 1932.