

PADRÕES DE TELECONEXÃO ASSOCIADOS A ATIVIDADES CONVECTIVAS NA REGIÃO TROPICAL

Christopher Alexander Cunningham Castro
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE
castro@cptec.inpe.br
Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE
iracema@cptec.inpe.br

Resumo

Vários estudos mostram um padrão de trem de onda em forma de arco, na escala de tempo intrasazonal, conectando o Pacífico Subtropical Oeste e a América do Sul (PSA). O presente trabalho procura proporcionar um melhor entendimento dos mecanismos de interação remota, através do PSA ou não, entre a convecção na Indonésia e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Os campos de correlações entre Radiação de Onda Longa Emergente (ROLE) sugerem que existe um relação oposta entre a convecção na região da ZCAS e a convecção próxima à Indonésia. Os campos de correlações entre a ROLE e a componente meridional do vento mostram a presença de um trem de ondas conectando a região convectiva da Indonésia à região da ZCAS. A ZCAS mais próxima ao equador sofre influências remotas da oscilação de Madden-Julian, enquanto que a ZCAS das latitudes extratropicais sofre influências por trens de ondas de Rossby.

Introdução

As pesquisas em teleconexões atmosféricas procuram descobrir os mecanismos de atuação destas, de modo a identificar padrões que possam ser monitorados e previstos. Estas pesquisas podem ser levadas a cabo usando-se métodos observacionais, téóricos ou de modelagem. As fontes de calor podem servir como forçantes para os trens de ondas de Rossby propagando-se em latitudes médias e altas. Há que se levar em consideração entretanto, os papéis do escoamento básico e dos eddies transientes na propagação de ondas de Rossby (Hoskins e Valdes, 1990). A existência de teleconexões em certas regiões preferenciais está associada a certas características da atmosfera, que fornecem um guia de ondas (Hoskins e Ambrizzi, 1993). Além disso, hoje se sabe que uma contribuição muito importante para a convecção tropical provém de perturbações que se propagam a partir da região extra-tropical (Kiladis, 1999). A variabilidade intrasazonal dominante nos trópicos ocorre em períodos de 30 a 60 dias e está associada com uma célula de circulação zonal, de escala global que se propaga para leste (Madden e Julian, 1994). Sobre a América do Sul a Oscilação de Madden-Julian tem sido associada às variações na posição e intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Casarin e Kousky, 1986). Trens de onda da região equatorial em direção ao Pacífico Sul e sobre a América do Sul podem ser vistos em vários estudos (Mo e Higgins, 1998; Cavalcanti, 1992; entre outros).

Metodologia e Dados

Neste trabalho foram utilizados dados diários de Radiação de Onda Longa Emergente (ROL) e da componente meridional do vento em 200 hPa. Os dados de radiação de onda longa emergente (ROL) utilizados são um conjunto de valores diários medidos por satélite e obtidos da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), em grade regular de 2,5°, para o período de 1979 a 1999. Uma descrição detalhada deste conjunto foi feita por Liebmann e Smith (1996). Os dados diários da componente meridional do vento em 200 hPa pertencem ao conjunto das reanálises produzidas pelo *Climate Data Assimilation System (CDAS) Reanalysis Project* (Kalnay et al.,

1996). São dados em grade regular com resolução de 2,5° em latitude e longitude referentes ao período de 1979 a 1999.

Todas as análises foram feitas para o período de novembro a março. Este período foi considerado como um “verão estendido” no Hemisfério Sul (NDJFM), na verdade corresponde a uma época do ano em que a atmosfera apresenta condições propícias para a formação da ZCAS. Assim, foi analisado o comportamento da atmosfera, no que diz respeito a ligações entre a convecção na Indonésia e a ZCAS, durante 20 verões.

Após o cálculo das anomalias diárias de ROL, estas foram filtradas pelo método de Lanczos (Duchon, 1979). Este filtro possui uma excelente resposta com uma oscilação de Gibbs mínima. Foi aplicado um filtro com frequência de corte superior igual a 30 dias, que retém as variações com escala de tempo maior que 30 dias. Simultaneamente, a aplicação de uma frequência de corte inferior de 90 dias remove as frequências inferiores a 1/90 dias. Este procedimento procura ressaltar as variações na escala de tempo intrasazonal (figura 1.a).

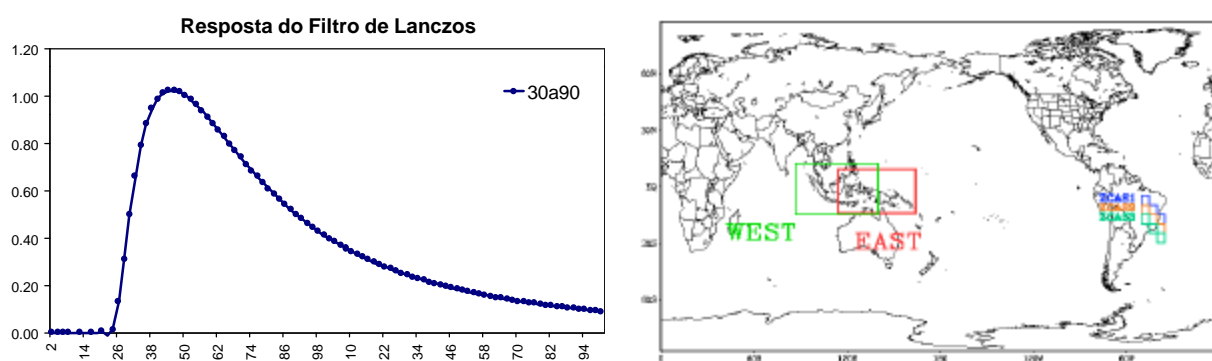


Figura 1 – a) Tipo de resposta da técnica de filtragem Lanczos utilizada neste trabalho. Nota-se que para períodos inferiores a 26 dias a resposta do filtro é nula. Para períodos superiores a 90 dias a resposta vai se aproximando de zero assintoticamente; b) Áreas utilizadas neste trabalho como representações específicas da convecção da ZCAS (América do Sul) e da Indonésia.

Foram escolhidas áreas sobre o Pacífico Tropical e Indonésia, e sobre a América do Sul tomadas como referência para a análise da influência sobre a América do Sul do trem de ondas de Rossby que se forma no Pacífico Sul. As áreas no Pacífico Tropical podem ser vistas na figura 1.b, e foram escolhidas a partir da climatologia (1979 a 1999) de emissão de ROL na região tropical durante os meses de novembro a março (NDJFM). Esta análise determina a(s) região(ões) que climatologicamente apresenta(m) a maior frequência de nebulosidade/chuvas. Sobre a América do Sul as áreas para análise foram aquelas definidas por Cavalcanti e Rowntree (1998, Tabela II) como sendo climatologicamente preferenciais para o posicionamento da ZCAS.

Tabela II – Regiões diagonalmente orientadas (NW/SE) representando as posições preferenciais da Zona de Convergência do Atlântico Sul, segundo Cavalcanti e Rowntree (1998).

	Sub-area 1	Sub-area 2	Sub-area 2
Área 1	50° a 45°W e 5° a 10°S	45° a 40°W e 10° a 15°S	40° a 35°W e 15° a 20°S
Área 2	55° a 50°W e 10° a 15°S	50° a 45°W e 15° a 20°S	45° a 40°W e 20° a 25°S
Área 3	55° a 50°W e 15° a 20°S	50° a 45°W e 20° a 25°S	45° a 40°W e 25° a 30°S

O método escolhido para procurar evidências do elo entre a convecção na Indonésia e a convecção na América do Sul foi o cálculo de correlações (coeficiente linear de Pearson), com e

sem defasagens, entre as áreas acima indicadas e toda a grade das variáveis ROL e vento meridional. A técnica empregada foi utilizar a média de ROL em cada uma das áreas acima citadas para correlacionar com a ROL e o vento meridional em toda a grade. As correlações foram calculadas sem e com defasagem de modo a permitir a investigação de elos não somente no espaço, como também no tempo.

Resultados

a) ROL versus ROL

O cálculo de correlações entre ROL média nas áreas e a ROL em toda a grade tem o propósito geral de mostrar possíveis relações entre a convecção nas áreas de interesse e a convecção em outras partes do globo. Além disso, tendo em vista o objetivo do presente trabalho, a aplicação desta técnica procura confirmar a existência (ou não) de relações específicas entre a convecção na Indonésia e a convecção na ZCAS.

A chave do entendimento destes padrões de correlação é que regiões com correlações positivas correspondem a uma convecção acentuada em relação a área que se está levando em consideração (*east*, *west*, ZCAS 1, 2 ou 3), enquanto que correlações negativas correspondem a convecção inibida em relação a área de interesse. As correlações com defasagens indicam a evolução dos padrões de ROL. No caso das áreas *west* e *east* foram analisadas somente as correlações positivas pois dentre os principais objetivos do trabalho está a investigação da influência da convecção na Indonésia na convecção da ZCAS. Assim, concentrou-se a atenção nos padrões que surgem posteriores aos eventos de convecção.

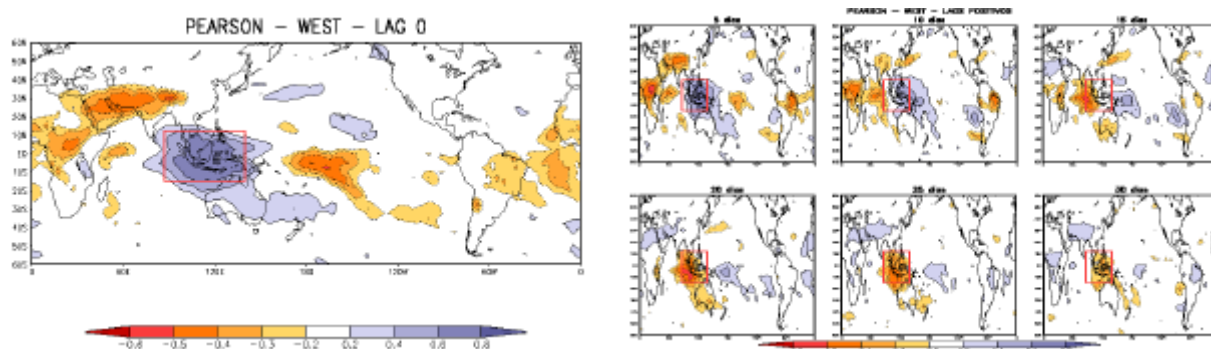


Figura 2 – Padrões de correlação entre a média de ROL na área *west* e ROL na grade; a) Sem defasagem; b) Com defasagens a cada 5 dias, até 30 dias após.

O padrão de correlações sem defasagem (figura 2.a), referente a área *west*, mostra que quando a convecção está intensa nesta área ela se encontra pouco intensa sobre o Pacífico Equatorial Central, incluindo uma extensão pela região da ZCPS, e sobre uma grande área no nordeste da América do Sul, incluindo boa parte da região de formação da ZCAS. Além destas regiões destacam-se correlações negativas significativas sobre a África Central e no Oriente Médio e Planalto do Tibet. A evolução temporal (defasagens) dos padrões de correlação mostra (figura 2.b) que são necessários aproximadamente 25 dias para que o padrão se inverta na área *west*, passando de correlações positivas (convecção acentuada) na defasagem 0 para correlações negativas (pouca convecção) na defasagem 20/25. A evolução obtida sugere uma oscilação tipo Madden-Julian (OMJ), o que é bastante coerente, uma vez que o filtro utilizado acentua as perturbações que tem períodos dentro da escala intrasazonal, como é o caso da OMJ. Outra feição relevante associada às correlações com defasagem é a presença até o décimo quinto dia de correlações negativas sobre o nordeste do Brasil/América do Sul. Estas correlações tornam-se positivas a partir do vigésimo

quinto dia à frente, concomitantemente com a “aproximação” de correlações negativas na área *west*.

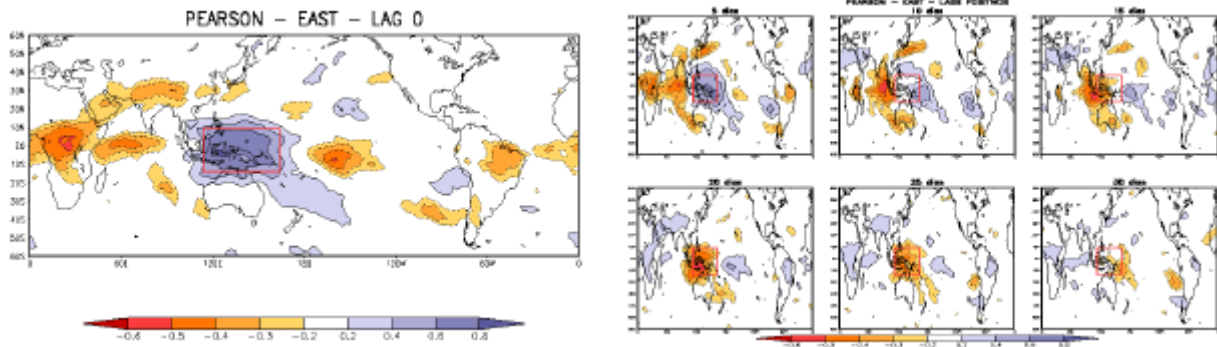
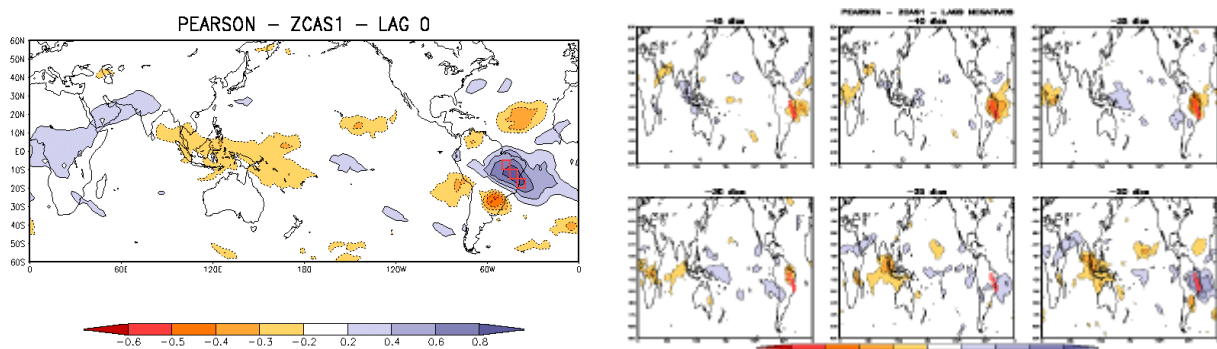


Figura 3 – Padrões de correlação entre a média de ROL na área *east* e ROL na grade; a) Sem defasagem; b) Com defasagens a cada 5 dias, até 30 dias após.

Os padrões de correlações sem defasagem da área *east* (figura 3.a) são muito parecidos aos padrões referentes à área *west*. Correlações positivas dentro dos limites que determinam a área, e correlações negativas no Pacífico Central, sobre o norte-nordeste do Brasil, na África Central e Oriente-Médio e Planalto do Tibet. Neste caso não se nota um prolongamento do padrão sobre o Pacífico Central, no sentido sudeste, para a região da ZCPS. A evolução dos padrões com defasagens positivas (eventos que sucedem a convecção na área *east*) mostra um deslocamento zonal para leste da região com correlações positivas, de modo que um semi-ciclo demora aproximadamente 20/25 dias. Analogamente, o padrão de correlações negativas sobre o norte-nordeste do Brasil se inverte no mesmo período.

A três áreas da ZCAS mostram comportamentos similares no que diz respeito à aparência dos padrões de correlação sem defasagem (figura 4). Elas apresentam um padrão de dipolo negativo-positivo. Nota-se também, nos três casos a presença de correlações negativas na região da Indonésia, e correlações positivas na África Central e Oriente Médio. Este padrão dipolo sobre a América do Sul tem sido associado muitas vezes à subsidência de compensação em virtude da convecção acentuada na região da ZCAS. As correlações com a região da Indonésia tornam-se menos robustas a medida que a ZCAS se forma mais ao sul (ZCAS 2 e 3). Parece que a ZCAS mais equatorial esta mais fortemente relacionada com a convecção da Indonésia. Além disso, os sinais opostos entre as regiões da ZCAS e da Indonésia sugerem que as convecções não se encontram simultaneamente acentuadas nestas duas regiões, formando uma “gangorra” convectiva. A análise das correlações com defasagens mostra que, para as três áreas, o sinal da correlação passa de negativo para positivo em aproximadamente 20 dias. Para ser mais exato, nas defasagens -30/-25 os valores de correlação são negativos na ZCAS, passando a positivos no tempo 0. Este comportamento é consistente com o que foi observado nas defasagens positivas das áreas *east* e *west*, reafirmando que a perturbação transpõe o Oceano Pacífico, ou seja, transmite-se da região da Indonésia à América do Sul em um período de 25 a 30 dias.



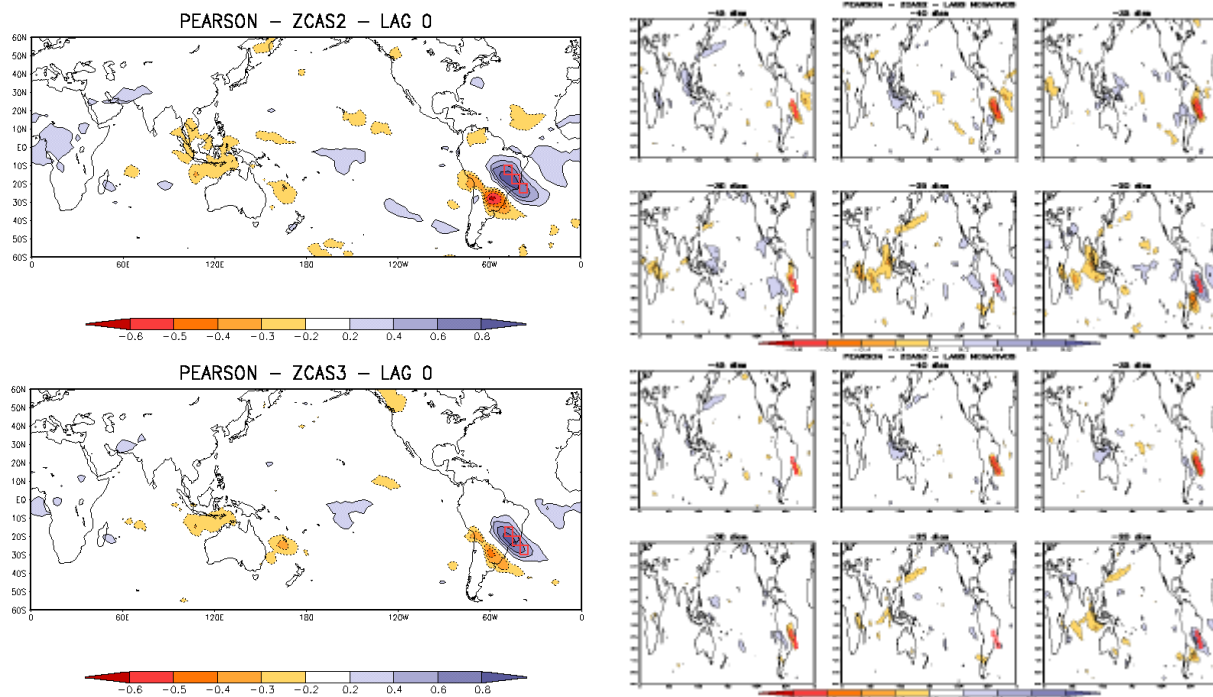


Figura 4 – Padrões de correlação entre a média de ROL na áreas ZCAS 1, 2 E 3 e ROL na grade; a) Sem defasagem; b) Com defasagens a cada 5 dias, até 30 dias após.

b) ROL versus Vento Meridional na análise da ZCAS

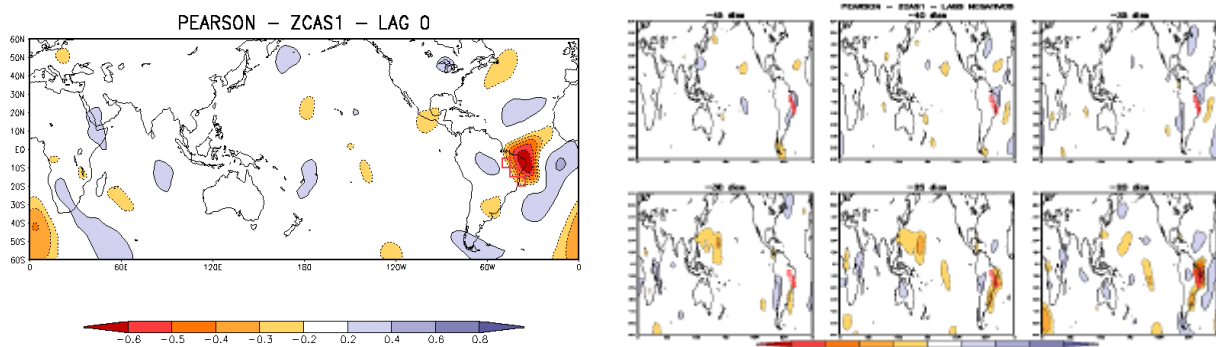
O cálculo de correlações entre ROLE média nas áreas e a componente meridional do vento em 200 hPa em toda a grade evidencia padrões alternados desta componente, de modo que possam ser estimados os campos de circulação associados à convecção acentuada, e até mesmo a existência de trens de onda de Rossby. As correlações com defasagens indicam a evolução dos padrões de circulação, e podem evidenciar o surgimento e decaimento de trens de onda de Rossby, em especial o padrão PSA que é o objetivo principal deste trabalho. Sem levar em consideração a significância estatística das correlações obtidas segue-se uma análise e descrição das principais características do campo de circulação associado a convecção intensa.

As correlações entre a componente meridional do vento e a ROLE nas áreas ZCAS 2 e 3 mostram um padrão do tipo PSA ligando a região da Indonésia a América do Sul, quase que persistente desde a correlação -25 dias até a correlação 0. (Fig.5). Este comportamento pode estar relacionado ao semi-ciclo de aproximadamente 25/30 dias para levar a cabo a inversão do sinal de correlação (ROL vs. ROL) na área *west*, pois nas áreas ZCAS 2 e 3, neste mesmo espaço de tempo, o tripólo positivo/negativo/positivo sobre a América do Sul também inverte o seu sinal. A área ZCAS1 não apresenta um padrão característico de trem de onda de Rossby do tipo PSA Outros padrões notáveis são:

- Trem de onda inter-hemisférico orientado noroeste-sudeste nas defasagens -15, -10 e -5 dias;
- Padrão tripólo orientado oeste-leste (correlações negativas/positivas/negativas) na altura do equador, nas defasagem -5 e 0;
- Padrão de trem de onda em forma de arco ligando o Oceano Atlântico ao Oceano Índico.

No caso da análise das áreas ZCAS 1, 2 e 3, vemos, no caso sem defasagem, que a área que corresponde a ZCAS mais equatorial (ZCAS1), apresenta um padrão de trem de onda de Rossby (PSA) menos característico que aquelas situadas em latitudes mais ao sul (ZCAS2 e 3). O comportamento das correlações com respeito as áreas de atuação da ZCAS, mostra que quanto mais ao sul for o posicionamento da ZCAS, mais característicos mostram-se os padrões de correlação que identificam trens de onda sobre o Pacífico Sul. Ao que parece a formação da ZCAS em latitudes mais ao norte recebe menor influência dos trens de ondas extra-tropicais do que a formação da ZCAS mais ao sul.

As correlações com defasagens negativas (acontecimentos que antecedem a convecção nas regiões da ZCAS) mostram/reforçam a distinção entre dois “regimes” de teleconexão: o equatorial-tropical e o tropical-extratropical. Em relação a ZCAS1, o padrão do tipo PSA sobre o Pacífico Sul aparece ligeiramente nítido somente nos quinto dia antecedente. Nos outros dias antecedentes não é percebido nenhum trem de onda. Em relação às áreas ZCAS2 e 3, o padrão em forma de arco atravessando o Pacífico Sul pode ser percebido a partir dos 30 dias antecedentes à convecção na região da ZCAS, embora ele se mostre mais nítido nos 25 e 5 dias antecedentes.



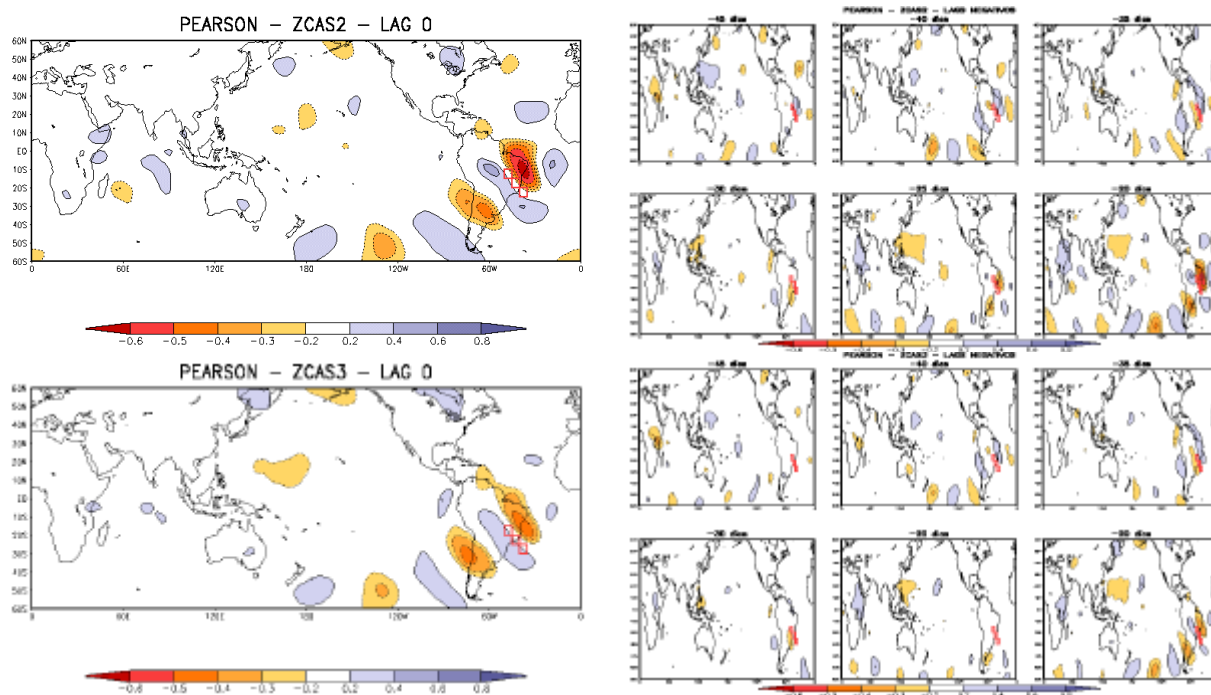


Figura 5 – Padrões de correlação entre a média de ROL nas áreas ZCAS1, 2 e 3 e o vento meridional na grade; a) Sem defasagem; b) Com defasagens a cada 5 dias, até 30 dias após.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casarin, D. P., and V. E. Kousky, 1986: *Precipitation anomalies in the southern part of Brazil and variations of the atmospheric circulation*, Rev. Bras. Meteor., **1**, 83-90.

Cavalcanti, I. F. A., 1992: *Teleconexões no Hemisfério Sul e suas Influências na Circulação da América do Sul*, VII Cong. Bras. Met., Anais, **Vol. 1**, 3-7.

Cavalcanti, I. F. A., and P. Rowntree, 1998: *A Zona de Convergência do Atlântico Sul no Modelo Climático do Hadley Center*, XIII Cong. Bras. Met., Brasília.

Duchon, C. E., 1981: *Lanczos filtering in one and two dimensions*, J. Appl. Meteor., **18**, 1016-1022.

Hoskins, B. J., and P. J. Valdes, 1990: *On the existence of storm tracks*, J. Atmos. Sci., **47**, 1854-1864.

Hoskins, B. J., and T. Ambrizzi, 1993: *Rossby wave propagation on a realistic longitudinally varying flow*, J. Atmos. Sci., **50**, 1661-1671.

Kalnay, E., et al., 1996: *The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project*, Bull. Amer. Meteor. Soc., **77**, 437-471.

Kiladis, G. N., 1999: *The Tropical-Extratropical Interaction between High-Frequency Transients and the Madden-Julian Oscillation*, Mon. Wea. Rev., **127**, 661-677.

Liebmann, B. and Smith, C. A., 1996: *Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset*, Bul. A. Met. Soc., **77**, 1275-1277.

Madden, A. R., Julian, P. R., 1972: *Observations of the 40-50-Day Tropical Oscillation – A Review*,

Mon. Wea. Rev., **122**, 814-837.

Mo, K. C., and R. W. Higgins, 1998: *The Pacific-South American Modes and Tropical Convection during the Southern Hemisphere Winter*, Mon. Wea. Rev., **126**, 1581-1596.