

ZCAS Amazônica

Samuel de Oliveira Vieira¹, Prakki Satyamurty, Rita V. Andreoli, Luiz Antônio Cândido

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Divisão de Clima e Ambiente, Manaus, AM, ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Centro de Previsão de tempo e Estudos Climáticos, São José dos Campos, SP; ³Universidade do Estado do Amazonas, ⁴ Escola Superior de Tecnologia, Manaus, AM.

samhuel.matematico@gmail.com

Resumo Esse estudo avalia a relação entre a circulação em baixos níveis sobre a América do Sul e a variabilidade de precipitação sobre a região sul da Amazônia, na escala temporal de 10-20 dias, para o período de novembro a março de 1998 a 2010. Os resultados mostram dois padrões distintos de variabilidade, sendo o primeiro associado ao padrão de ZCAS Amazônica (ZCAM) e o outro ao de ZCAS costeira. O padrão de ZCAM representa cerca de 50% dos episódios de ZCAS, que atuaram na região sul da Amazônia, enquanto que o padrão de ZCAS costeira representa 30% dos eventos. Os 20% restantes de eventos apresentaram características mistas. O modo de ZCAM não apresenta variações térmicas significativas no sul da Amazônia. O filtro da banda de 10-20 dias foi eficiente em representar todos os episódios de ZCAS que atuaram no sul da Amazônia no período estudado.

Palavras chave: ZCAS Amazônica, precipitação, Variabilidade Intrasazonal

1. Introdução

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é uma banda de nebulosidade convectiva que se estende de noroeste a sudeste (NW/SE) sobre a América do Sul (AS), desde o sul da Amazônia até o oceano Atlântico Sul, e é considerada uma interação entre sistemas meteorológicos tropicais e extratropicais. Caracteriza-se principalmente pela estacionariedade da banda de nebulosidade por períodos de quatro dias ou mais, afetando o regime de chuvas da América do Sul (Kodama, 1992a e 1992b; Quadro, 1994; Satyamurty et al., 1998; Carvalho et al., 2002 e 2004; Vieira et al., 2012 e 2014).

A ZCAS apresenta variabilidade em diferentes escalas de tempo: na escala sinótica, as entradas de frentes frias sobre a Argentina e o Brasil atingem latitudes mais baixas acompanhadas de atividade convectiva no oeste e sudeste da Amazônia sobre a ZCAS. Na escala 30-60 dias essa variabilidade está associada ao deslocamento para leste da Oscilação de Madden-Julian (OMJ), que é a variabilidade tropical mais importante na escala intrasazonal. A escala temporal de 10-100 dias possui máxima variância sobre a região da ZCAS e região central da América do Sul, e menor sobre a Amazônia (Liebmann et al., 1999; Nogués-Paegle et al., 2002; Muza et al., 2009). Por outro lado, na escala temporal da ZCAS de 10 a 20 dias a variabilidade de precipitação no sul da Amazônia é significativa (Vieira et al., 2012).

A fim de buscarmos o entendimento da variabilidade a qual estão inseridos os diferentes tipos de ZCAS que afetam a Amazônia, o presente estudo avalia a relação entre a circulação em baixos níveis (925 hPa) sobre a América do Sul e a precipitação sobre a região sul da Amazônia na escala de 10-20 dias, para o período de novembro a março de 1999 a 2010. A escolha da área de estudo sobre o sul da Amazônia foi feita com base no trabalho de Carvalho et al. (2002), enquanto que a escala de 10-20 dias é a mesma encontrada por Vieira et al. (2012), através de análise espectral da série de precipitação sobre o sul da Amazônia. Sabe-se que a convergência de umidade em baixos níveis contribui para aproximadamente 70% da chuva na região amazônica. Por esta razão, aqui consideramos o nível de 925 hPa representativo da baixa troposfera. A seguir serão apresentados os dados e metodologias utilizados neste estudo, seguido dos resultados encontrados e conclusões.

2. Dados e Metodologia

2.1. Dados

Os dados utilizados neste estudo consistem de precipitações diárias, componentes zonal e meridional do vento e temperatura do ar em 925 hPa referente ao período de 1999 a 2010. Os dados de precipitação foram obtidos do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) com resolução de 0.25×0.25 graus e estão disponíveis no endereço <http://disc2nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/>. Os dados diários dos ventos (u, v) e temperatura são provenientes da reanálise NCEP/NCAR 1 (Kalnay et al., 1996) e estão disponíveis em uma resolução espacial de 2.5×2.5 graus de latitude e longitude e em 17 níveis verticais, inclusive o nível de 925 hPa.

2.2. Metodologia

Inicialmente, focalizou-se na escala de tempo de 10-20 dias, com análise das séries temporais de anomalias das variáveis selecionadas, que foram calculadas a partir da média (climatologia) do período total de dados. Estas foram filtradas usando o filtro “passa-banda” de Lanczos (Duchon, 1979) com frequências de corte de 1/10 e 1/20 dias. Em seguida, a análise de Funções Ortogonais Empíricas (FOE) foi aplicada à série filtrada de anomalias diárias de precipitação sobre a região sul da Amazônia (área retangular nas figuras 1-3) para o período de NDJFM de 1999 a 2010. Para obter o padrão espacial das demais variáveis e garantir a consistência física entre tais padrões, a componente principal associada aos primeiro e segundo modos de variabilidade (CP01 e CP02, respectivamente) foram correlacionados com os campos de anomalias diárias filtradas de precipitação, componentes zonal e meridional do vento e temperatura, em cada ponto de grade sobre a AS. Para assegurar a significância estatística da correlação, foi aplicado o teste t-Student a um nível de significância estatística de 95%.

3. Resultados

A Figura 1 mostra os padrões de correlação entre as CP01 e CP02 e as anomalias de precipitação filtradas na escala de 10-20 dias sobre a AS, os quais representam variâncias totais de 12% e 6%, respectivamente. Para o primeiro modo (Figura 1a), correlações positivas significativas abrangem a região sul da Amazônia, estendendo-se em direção ao sudeste até o Atlântico sudoeste. Correlações negativas são observadas na região sul do Brasil e extremo norte da AS e nordeste do Brasil. A região de correlações positivas é conhecida como região de atuação das ZCAS, a qual apresenta máxima precipitação sobre o sul da Amazônia. Esse padrão de correlação sobre a AS em relação às chuvas de verão austral caracteriza uma gangorra entre as regiões da ZCAS e sul do país, semelhante ao observado em estudos anteriores (Paegle et al., 2000; Vieira et al., 2012; Marton, 2000).

O padrão de correlação mostrada na Figura 1b apresenta valores positivos significativos a leste do sul da Amazônia e uma grande parte do nordeste brasileiro adjacente. Por outro lado, correlações negativas são observadas a oeste da região da ZCAS, propiciando uma gangorra sobre o sul da Amazônia. Esse padrão é semelhante ao padrão de chuvas que ocorrem no outono austral durante os meses de março até maio no semiárido nordestino (Souza, 2004). Ainda, tal padrão assemelha-se ao tipo de ZCAS costeira, encontrados em trabalhos anteriores (Carvalho et al., 2004; Vieira et al., 2014). Isto é, o padrão de chuvas que afeta o Nordeste na escala de 10-20 dias afeta, ocasionalmente, ao leste da região sul da Amazônia.

Os dois padrões, por serem ortogonais um ao outro, são mutuamente exclusivos. Isto é, ocorre um ou outro padrão por vez. Pelos valores de variância explicada pelos padrões, conclui-se que aproximadamente 6% a 12% dos dias, da estação estudada (novembro-março), são afetadas pelos CP01 e CP02, respectivamente.

Os padrões de vento em 925 hPa, referentes aos primeiros dois modos, são apresentados na Figura 2. Os dois painéis mostram os dois padrões de escoamento distintos em baixos níveis. Os ventos anômalos apresentados na Figura 2a mostram uma circulação ciclônica sobre a região alvo (sul da Amazônia), acompanhada por ventos de norte que adentram sobre a região sul da Amazônia. Os ventos de norte, na fronteira norte da região, contribuem de forma significativa para o transporte de umidade para a região sul da Amazônia. Ao mesmo tempo o posicionamento do centro ciclônico anômalo sobre a América do Sul, proporciona condições favoráveis para confluência dos ventos nessa região, que conseqüentemente ocasiona convergência de umidade em baixos níveis, como mostrado por Vieira et al. (2012).

O segundo padrão (Figura 2b) mostra o centro ciclônico mais intenso, porém deslocado para leste, e assim os ventos sobre toda a região sul da Amazônia vêm do sul. Este padrão desfavorece chuvas nas partes oeste e central da área alvo. Considerando que o eixo do cavado em 925 hPa fique na ZCAS, o CP02 afeta somente o extremo leste da região sul da Amazônia.

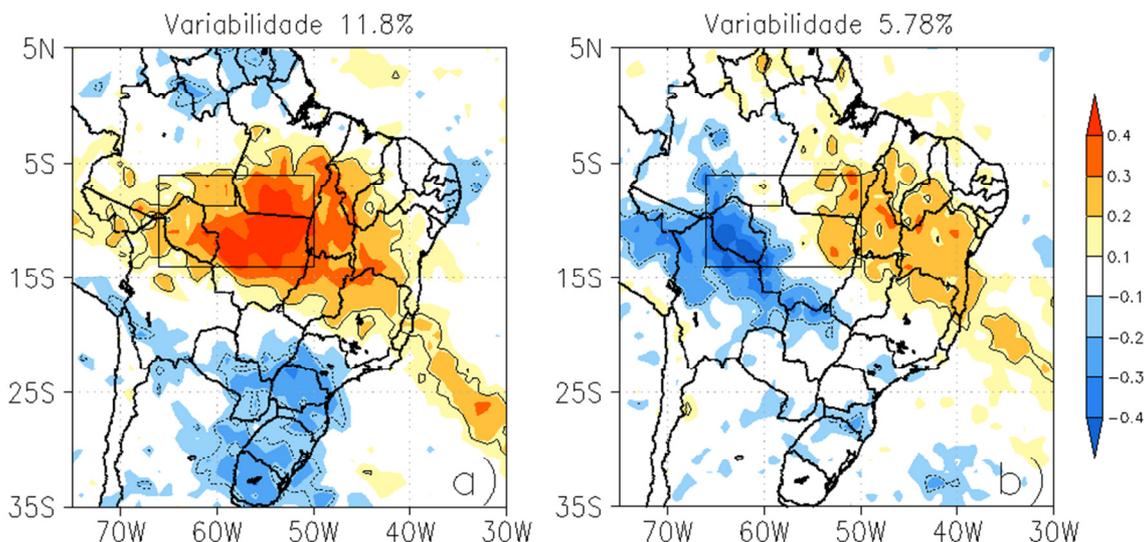


Figura 1: Padrões espaciais de correlação entre a CPs e o campo anômalo da precipitação sobre a AS. (a) primeiro modo e (b) segundo modo. O retângulo na figura representa região sul da Amazônia. Os contornos em preto delimitam as regiões onde a correlação é significativa no nível de confiança de 95%.

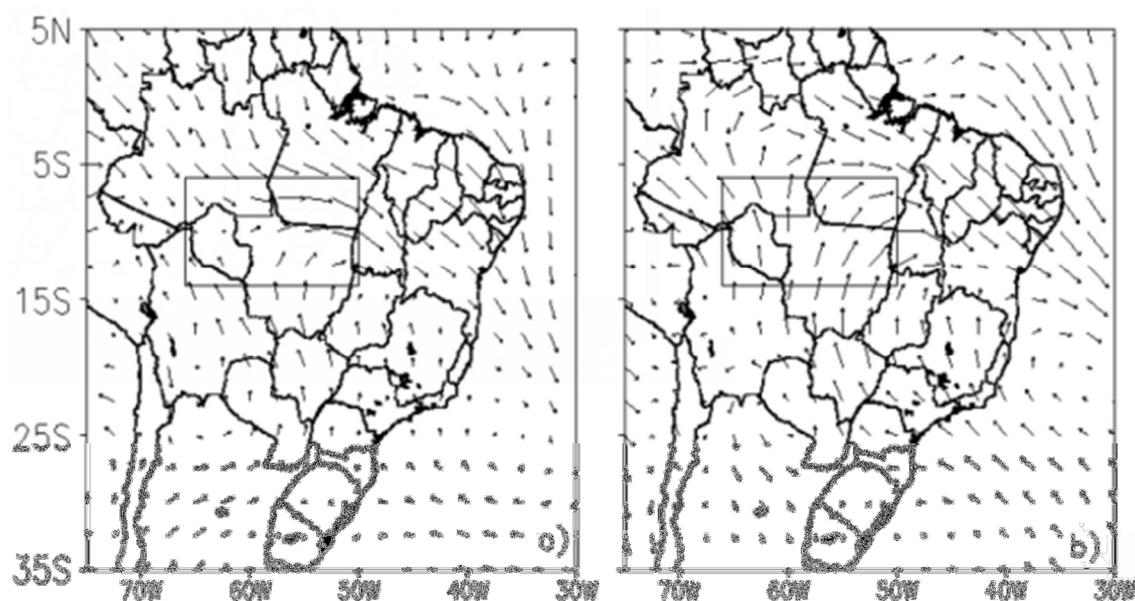


Figura 2: Padrões espaciais de correlação entre CPs e o campo anômalo da circulação em 925 hPa, sobre a AS correspondentes ao (a) primeiro modo e (b) segundo modo. O retângulo na figura representa região sul da Amazônia.

A Figura 3 mostra padrões de correlação entre as CPs e anomalia da temperatura do ar em 925 hPa, para AS na banda de variabilidade de 10 a 20 dias. Observa-se na Figura 3a sinal negativo e não significativo desde o sul da Amazônia ao sul do país e adjacências, também com o mesmo sinal na Argentina. Isso mostra que a situação de ZCAS correspondente a CP01, a ZCAM, apresenta massa do ar frio sobre o centro-sul do país. O segundo modo (Figura 3b) apresenta uma região com sinal negativo cobrindo grande parte da América do Sul e oceano Atlântico na direção NW/SE, porém uma correlação significativa destaca-se no Sudeste brasileiro e adjacências. Esta é uma situação de frente fria que atinge o NEB (Cavalcanti et al., 2009). Isso indica que a ZCAS costeira que afeta a variabilidade da chuva na região sul da Amazônia está associada à penetração para norte da frente fria sobre o sul do Nordeste.

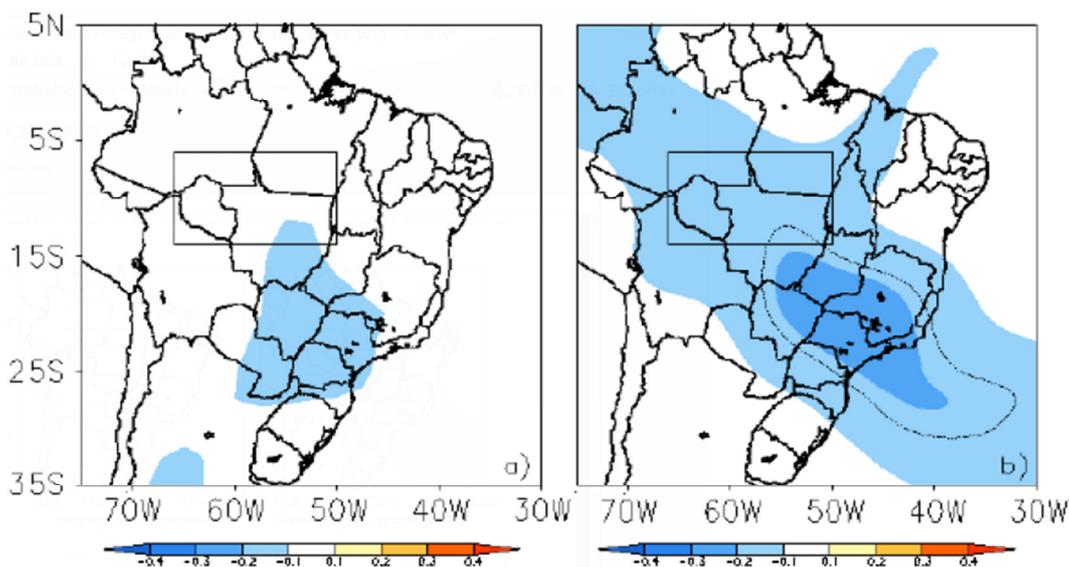


Figura 3: Padrões espaciais de correlação entre a CPs e o campo de temperatura do ar sobre a AS. (a) primeiro modo e (b) segundo modo. O retângulo na figura representa a região sul da Amazônia. Os contornos em preto delimitam as regiões onde a correlação é significativa ao nível de confiança de 95%.

Como mencionado anteriormente, a variância máxima explicada pelos dois modos é de aproximadamente 18%, destacando a importância dessa banda em representar padrões distintos dos episódios de ZCAS sobre o sul da Amazônia e ZCAS costeira, que contribuem para a variabilidade na escala de 10-20 dias. Assim, a fim de verificar a consistência da variabilidade, entre padrões, obtida nesta análise, confirmou-se a ocorrência dos padrões individuais associados aos 28 eventos de ZCAM classificados por Vieira et al. (2014). Do total de eventos selecionados observou-se que, aproximadamente 50% dos episódios foram capturados pelo primeiro padrão. Isto é, a variabilidade da CP01 mostrou-se mais representativa de episódios de ZCAS Amazônica (ZCAM). O segundo padrão (CP02), representou 32% dos episódios, o qual está mais relacionado com ZCAS costeiras, segundo a classificação dada por Vieira et al. (2014).

4. Conclusões

O presente estudo mostrou dois padrões (CP01 e CP02) distintos de escoamento na baixa atmosfera associados à variabilidade de precipitação sobre a região sul da Amazônia, na escala de 10-20 dias durante a estação novembro-março (verão austral e meses adjacentes). Os padrões CP01 e CP02 (Figura 1), assemelham-se às ZCAM e ZCAS costeira, respectivamente, (Vieira et al., 2014). O padrão de precipitação para o primeiro modo é caracterizado por uma faixa que se estende do sul da Amazônia até o oceano Atlântico, passando pelo Centro-Oeste do Brasil, assim caracterizando um padrão de ZCAM. Ressalta-se ainda que, o padrão de ZCAM representa em torno de 50% dos episódios de ZCAS selecionados anteriormente por Vieira et al. (2014). O segundo padrão (CP02) assemelha-se ao tipo de ZCAS costeira, e corresponde à aproximadamente 32% dos eventos selecionados por Vieira et al. (2014). Análise de dados de temperatura indica que a ocorrência do CP02 é consequência do avanço da frente fria para a Região Nordeste do Brasil. Estes dois modos juntos representam 80% de episódios de ZCAS que afetam a região sul da Amazônia. Para aprofundar o entendimento de ZCAS, é necessário obter padrões de outras variáveis, inclusive em outros níveis verticais, para um período de 30 anos ou maior.

Agradecimentos: Agradecemos ao Laboratório de Modelagem Climática-INPA pelo suporte técnico.

5. Referências

- Carvalho LMV, Jones C, Liebmann B. 2002: Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate* 15: 2377-2394.
- Carvalho LMV, Jones C, Liebmann B. 2004: The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of Climate* 17: 88-108.
- Cavalcanti IFA, Kousky, VE. 2009. Frentes frias sobre o Brasil. In: Cavalcanti IFA, Ferreira NJ, Dias MAFS, Silva MGAJ. 2009: Tempo e Clima do Brasil, Oficina de texto, São Paulo: 135-147
- Duchon CE. 1979: Lanczos filter in one and two dimensions. *Journal of Applied Meteorology* 18: 1016-1022.
- Kalnay EM, Kanamitsu R, Kistler W, Collins D, Deaven L, Gandin M, Iredell S, Saha G, White J, Woollen Y, Zhu A, Leetmaa and Reynolds R. 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. American Meteorological Society* 77: 437-471.
- Kodama Y. 1992a: Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristic of Subtropical Frontal Zones. *Journal Meteorological Society of Japan* 70: 813-835.
- Kodama Y. 1992b: Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. *Journal Meteorological Society of Japan* 71: 581-610.
- Liebmann B et al. 1999: Submonthly Convective Variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate* 12: 1877-1891.
- Marton e Silva Dias PL. 2000: Variabilidade Intrasazonal na Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: Annals of the IX CONGRESSO LATINO-AMERICANO e IBÉRICO DE METEOROLOGIA, v 1, Buenos Aires.
- Muza MN, Carvalho LMV, Liebmann B. 2009: Intraseasonal and Interannual Variability of Extreme Dry and Wet Events over Southeastern South America and the Subtropical Atlantic during Austral Summer. *Journal of Climate* 22: 1682-1699.
- Noegues-Paegle J et al. 2002: Progress in Pan American clivar Research: Understanding the South American monsoon. *Meteorologica* 27: 3-30.
- Paegle JN and Byerle LA. 2000: Intraseasonal Modulation of South American Summer precipitation. *Monthly Weather Review* 128: 837-850.
- Quadro MFL. 1994: Estudos de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - (INPE-6341-TDI/593). São José dos Campos, SP.
- Satyamurty P, Nobre CA, Silva Dias PL. 1998: Tropics South América. In *Meteorology and Hydrology of the Southern Hemisphere. American Meteorological Society (Monograph) 49: 21, Boston.*
- Souza EB, Kayano MT, Ambrizzi T. 2004: The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. *Revista Brasileira de Meteorologia* 19: 113-122.
- Vieira SO, Satyamurty P, Andreoli RV. 2012: On the South Atlantic Convergence Zone affecting southern Amazonia in austral summer. *Atmospheric Sciences Letters* 14: 1-6.
- Vieira SO, Vieira NO, Satyamurty P, Andreoli RV. 2014: Application of Fuzzy Method in the classification of the South Atlantic Convergence Zone in the Amazon region. *Revista Brasileira de Meteorologia* 29 (4): 315-330.
- Wilks DS. 2006: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. *International Geophysics Series*. ed. 2, San Diego, 649 pp.