

CLIMATOLOGIA SAZONAL DAS ONDAS DE LESTE NO ATLÂNTICO TROPICAL USANDO A TÉCNICA DE *TRACKING*

José Guilherme Martins dos Santos¹, Kellen Carla Lima

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Rod. Presidente Dutra, Km 39, 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil.

¹Grupo de Modelagem da Atmosfera e Interfaces

guilherme.martins@cptec.inpe.br; kellen.lima@cptec.inpe.br

RESUMO: A análise da climatologia sazonal das Ondas de Leste (OL) no nível de 600 hPa no Oceano Atlântico tropical mostrou que os resultados mais significativos ocorrem nos períodos de [Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON)]. As análises foram feitas utilizando-se os dados do ECMWF (ERA – INTERIM de 1989 a 2008) e um algoritmo de *tracking*. Para a identificação destas ondas, assumiu-se que os centros de vorticidade relativa das OL devem ser maior ou igual a $0.5 \times 10^{-5} s^{-1}$; o tempo de vida superior a dois dias; e os sistemas devem possuir um deslocamento superior a 1000 km. Os resultados evidenciam que as OL são mais intensas no trimestre JJA e SON confinadas na região entre 6°N-16°N. Os maiores picos são observados sobre o Oceano Atlântico Tropical norte. O pico observado na costa da África pode ser justificado pelo fato de que muitas Ondas de Leste não alcançam amplitude suficiente para serem detectadas até que elas alcancem à costa, como também pelo fato do esquema de *tracking* excluir as ondas mais fracas e sistemas mais desorganizados.

ABSTRACT: Analysis of the seasonal climatology of Easterly Waves (EW) in the 600 hPa in the equatorial Atlantic Ocean showed that the most significant results occurs during the [June, July and August (JJA) and September, October and November (SON)] periods. The analysis was done using the ECMWF (ERA - INTERIM 1989 to 2008) data and a tracking algorithm. To identify these waves it was assumed that the EW centers of relative vorticity are greater than or equal to $0.5 \times 10^{-5} s^{-1}$, their time life are more than two days, and the systems should have a displacement exceeding 1000 km. The results show that the EW are more intense during JJA and SON in the confined region between 6°N-16°N. The highest peaks are observed on the Tropical Atlantic Ocean. Another peak observed on the coast of Africa can be explained by the fact that many of the Easterly Waves don't reach amplitude enough to be detected until they reach the coast, and also because the scheme of tracking waves exclude weaker and more disorganized systems.

Palavras-Chave: Ondas de Leste, algoritmo *tracking*, ECMWF.

1. INTRODUÇÃO

As propagações para oeste dos Distúrbios Ondulatórios nos ventos de leste ou simplesmente, Ondas de Lestes (OL), são a fonte para muitos ciclones tropicais. A maior parte das ondas no Atlântico e Caribe tem sua origem na África. Estas ondas são disparadas por pequenos vórtices que se deslocam com os alísios, algumas vezes por longas distâncias. Thorncroft e Hodges (2001) usaram a técnica de rastreamento automático para identificar as estruturas coerentes de vorticidade sobre o Oeste da África e Atlântico Tropical. Estes estudos indicaram que existem duas regiões de fontes dominantes, a primeira está localizada próximo de 15°N (Oeste da África), onde apresenta um máximo de densidade de trajetória. O segundo foi localizado ao norte de 15°N próximo ao Saara. No Hemisfério Sul, as OL ocorrem no Pacífico e costa leste da América do Sul. Dependendo da época do ano e da região do globo estes distúrbios apresentam um determinado tamanho e intensidade. Em termos de características gerais, as OL são basicamente os sistemas de escala sinótica que apresentam considerável extensão latitudinal, cerca de 10 a 15 graus. Possuem um comprimento de onda de 1500 a 3000 km, e geralmente movem-se para oeste com velocidade entre 5 e 10 m.s⁻¹. Podem ser identificadas nos níveis de 850, 700 e 600 hPa, as quais inclinam-se para leste com a altura.

Sendo assim, tem-se como objetivo analisar a climatologia sazonal das OL no nível de 600 hPa desde 1989 até 2008, por meio do algoritmo de *tracking*. O nível de 600 hPa é usado pelo fato que as OL apresentam sua máxima amplitude e intensidade. A técnica de *tracking* serve para identificar e rastrear

sistemas de tempo, a qual está se tornando uma ferramenta popular de diagnóstico podendo ser aplicada em simulações numéricas, análises operacionais e imagens de satélite.

2. METODOLOGIA

Foram analisadas as climatologias sazonais das trajetórias e das regiões preferenciais de formação das OL, contudo serão apresentados apenas os trimestres Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON) por terem mostrado resultados mais significativos. Para identificar as trajetórias das OL são utilizados os dados do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) Interim Reanalysis (ERA-Interim; Simmons et al. 2007a, b; Uppala et al. 2008) para o período de 1989 a 2008. Estes dados têm resolução espacial de 1.5° lat. x 1.5° lon., 37 níveis na vertical e variação temporal disponível quatro vezes ao dia. Optou-se pelo uso da vortacidade no nível de 600 hPa por ter sido utilizado satisfatoriamente em outros artigos (Thorncroft e Hodges, 2001; Grist, 2002) sobre as atividades das OL. A técnica para identificar as trajetórias das OL usadas, aqui, é a mesma de Hodges (1995) a qual requer que a vortacidade relativa (positiva e negativa) satisfaça certos requisitos com relação ao tempo de vida e propagação. A vortacidade relativa não filtrada no nível de 600 hPa do ERA-Interim é inicialmente suavizada para a resolução de T42 (~ 280 km de espaçamento de grade no Equador) por meio de um filtro espacial Gaussiano. Para identificar as OL utiliza-se um limiar de vortacidade de $0.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. A fim de satisfazer estes critérios, as ondas identificadas têm que apresentar pelo menos 1000 km de comprimento e tempo de vida de pelo menos dois dias, sendo este critério também analisado por Thorncroft e Hodges (2001).

3. RESULTADOS

As Figuras 1a (JJA) e 1b (SON) mostram a densidade da trajetória das OL no nível de 600 hPa. Nesta pode-se notar uma região bem definida em torno de 6°N - 16°N . Nos trimestres JJA e SON são nos quais ocorrem as maiores atividades dessas ondas. Para JJA observam-se mais de 20 ocorrências de OL na costa oeste da África, enquanto que SON, apenas 10 ondas são encontradas na mesma região. Ainda, com relação as Figuras 1a e 1b visualiza-se atividade dessas ondas sobre o centro da África que propagam-se em direção à oeste deste continente alcançando o Atlântico. Nota-se um pico considerável em aproximadamente 20°W (próximo à costa da África) enquanto que, pequena atividade é observada sobre o continente africano. Thorncroft e Hodges (2001) mostraram que esta situação é consistente com ondas mais fracas no início do ciclo de vida e análises anteriores como de Albignat e Reed (1980) usando dados de radiossondagens encontraram pequena atividade dessas ondas à leste de 10°E . É importante lembrar que a técnica aqui analisada para identificar a trajetória das OL considera que estes sistemas devem apresentar valores de vortacidade maior ou igual a $0.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ significando que as OL mais fracas que foram capturadas no início do seu ciclo de vida não são detectadas pelo esquema de *tracking*, dessa forma, mostrando pequena atividade sobre o continente.

Na literatura sobre OL existem inúmeras teorias a cerca da região onde estas ondas são formadas, porém não existem análises conclusivas sobre sua gênese. Dentre umas das possíveis teorias está o mecanismo de instabilidade baroclínica-barotrópica. A densidade de formação ou gênese (regiões onde os sistemas são inicialmente identificados) das OL são mostradas nas Figuras 2a e 2b no nível de 600 hPa. Como foi observado na Figura 1, as regiões de gênese coincidem, o que já era esperado, apenas com uma pequena diferença de que nesta figura existem vários picos. Nas Figuras 1b e 1c observa-se um pico em aproximadamente 10°N e 35°E , próximo da região oeste da Etiópia, sugerindo que algumas ondas são aí formadas. Uma diminuição no número de gêneses é observada à oeste desta região, e então novamente outro pico é observado em aproximadamente 0° . Albignat e Reed (1980) encontraram um resultado similar e sugeriram que isto foi consistente com o aumento da intensidade do Jato de Leste Africano (JLA). Também foi mostrado por Pytharoulis e Thorncroft (1999) que as OL podem apresentar vários núcleos com máximo na vortacidade próximo do JLA em torno de 600-700 hPa, como também no nível de 850 hPa. A região de gênese mais pronunciada está localizada na costa oeste da África, com um pico sobre o Atlântico. Pela literatura, este resultado está em discordância, pois pelo modelo conceitual as OL formam-se sobre o continente, se desenvolvem e se deslocam ao longo da região do JLA. Uma possível resposta para este resultado é que os picos identificados sobre a costa poderiam estar relacionados com o fato de que o critério de *tracking* atua para filtrar ou excluir as ondas mais fracas e os sistemas mais desorganizados. O pico observado na costa da África poderia ser justificado pelo fato de que muitas OL não alcançam amplitude suficiente para serem detectadas até que elas alcancem à costa.

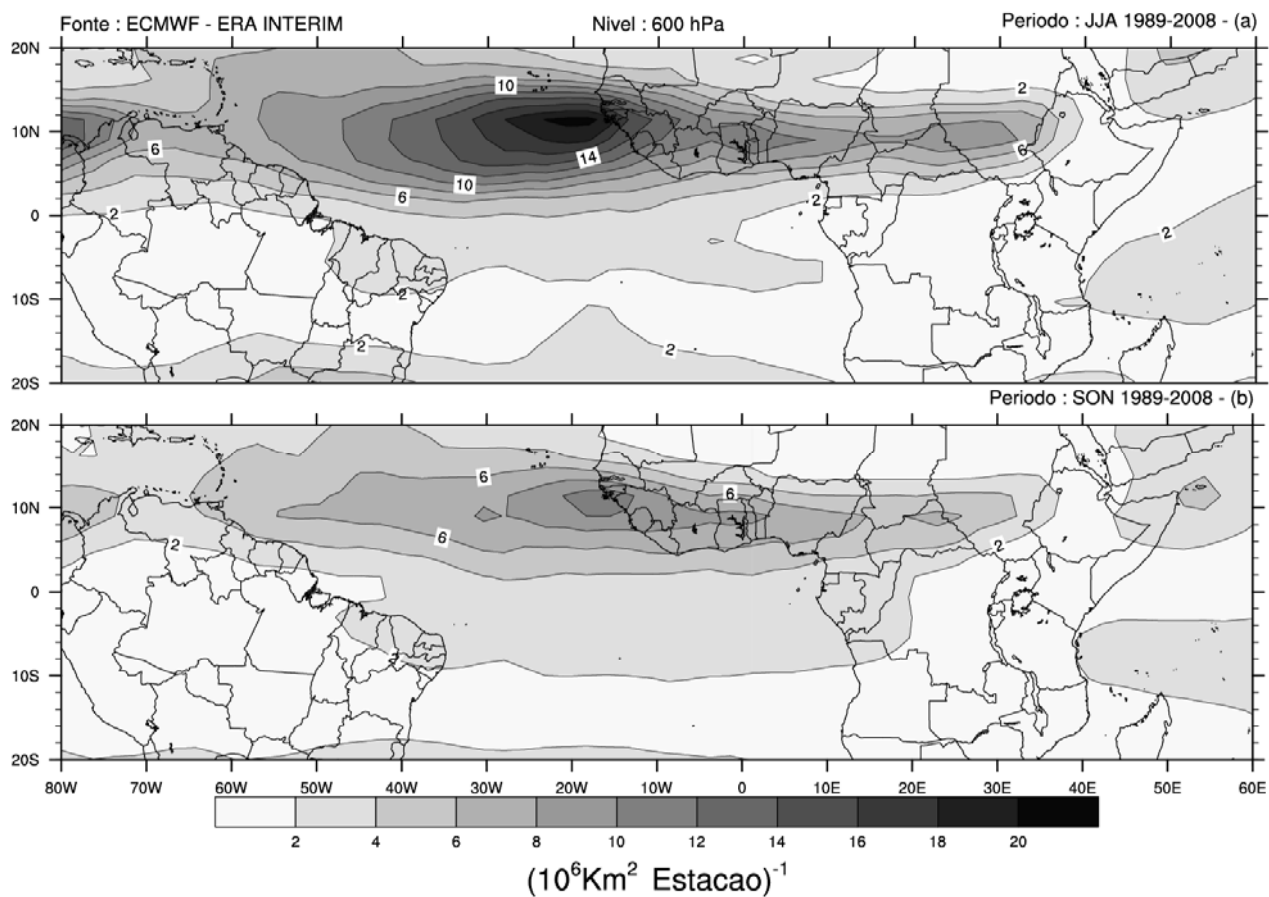


Figura 1 – Climatologia da trajetória das OL (1989-2008) para o nível de 600 hPa. (a) JJA e (b) SON.

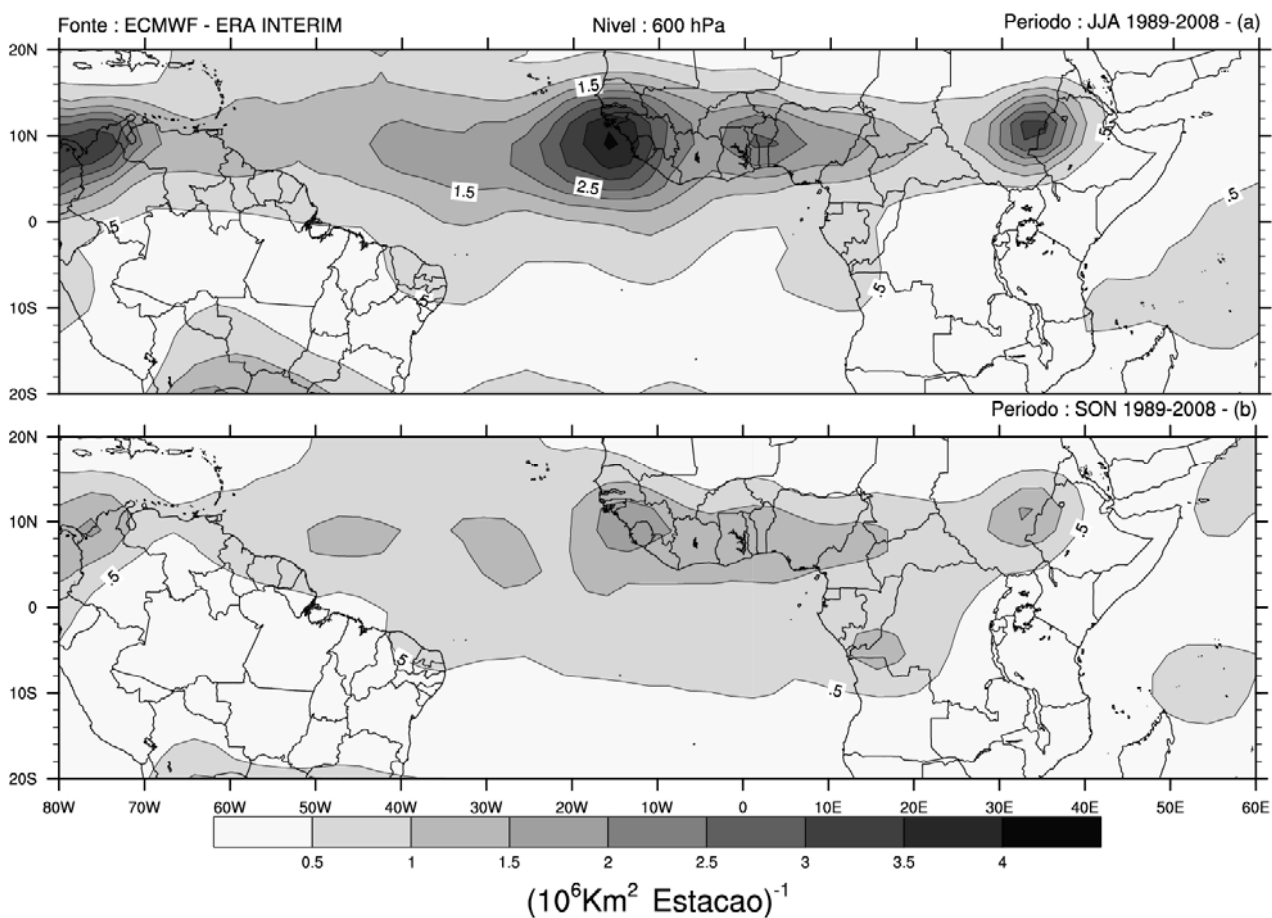


Figura 2 – Climatologia da região de formação das OL (1989-2008). (a) JJA e (b) SON.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Um algoritmo para analisar a climatologia sazonal (trajetórias e gêneses) das OL no nível de 600 hPa a partir dos dados do ECMWF (ERA – INTERIM, 1989 a 2008) foi utilizado. Os centros de vorticidade considerados para identificar as OL pelo método de *tracking* possuem valores de no mínimo $0.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, tempo de vida de pelo menos 2 dias e deslocamento de aproximadamente 1000 km. As OL ficaram confinadas na região entre 6°N-16°N sendo mais evidentes no trimestre JJA e SON tanto para trajetória quanto para gêneses. Estas ondas foram observadas sobre o centro da África propagando-se em direção ao Atlântico. Um pico considerável foi observado sobre o Atlântico (20°W), enquanto houve pouca atividade sobre o continente africano, o que está consistente com ondas mais fracas no início do ciclo de vida, segundo alguns estudos. As regiões de gêneses mostraram alguns picos sobre o centro-leste da África, sugerindo que algumas ondas são formadas nesta região. Alguns autores mostraram que isso é consistente com o aumento da intensidade do JLA. Esta distribuição de núcleos máximos, também foi verificada por outros autores. O pico identificado sobre o Atlântico pode ser justificado pelo fato de que o esquema de *tracking* exclui as ondas mais fracas, como também os sistemas mais desorganizados.

5. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Dr. Kevin Hodges do *Environmental Systems Science Centre (University of Reading)* por ceder o código e pelo suporte computacional e ao Dr. Nelson Jesus Ferreira pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIGNAT, J. P.; REED, R. J. The origin of African wave disturbances during Phase III of GATE. *Monthly Weather Review*, 108, 1827–1839, 1980.
- GRIST, J. P. Easterly Waves over Africa. Part I: The Seasonal Cycle and Contrasts between Wet and Dry Years. *Monthly Weather Review*, 130, 197-211, 2002.
- HODGES, K. I. Feature tracking on the unit sphere. *Monthly Weather Review*, 123, 3458-3465, 1995.
- PYTHAROULIS, I.; THORNCROFT, C. D. The low-level structure of African easterly waves in 1995. *Monthly Weather Review*, 127, 2266-2280, 1999.
- SIMMONS, A.; UPPALA, S.; DEE, D.; KOBAYASHI, S. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. *ECMWF Newsletter No. 110*, 25-35, 2007a.
- SIMMONS, A., UPPALA, S.; DEE, D. Update on ERA-Interim. *ECMWF Newsletter No. 111*, 5, 2007b.
- THORNCROFT, C.; HODGES, K. I. African easterly wave variability and its relationship to Atlantic tropical cyclone activity. *Journal of Climate*, 14, 1166-1179, 2001.
- UPPALA, S.; DEE, D.; KOBAYASHI, S.; BERRISFORD, P.; SIMMONS, A. Towards a climate data assimilation system: Status update of ERA-Interim. *ECMWF Newsletter No. 115*, 12-18, 2008.