



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



## Contribuição dos fluxos de umidade em evento de precipitação intensa ocorrido no leste do Nordeste do Brasil em maio de 2017: Um estudo de caso

Rosária Rodrigues Ferreira<sup>1</sup>; Marcele de Jesus Correa<sup>2</sup>; Kellen Carla Lima<sup>3</sup>; Maytê Duarte Leal Coutinho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda e Mestranda<sup>2</sup> em Ciências climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP: 59078-970, Caixa postal 1524, Natal, RN, Brasil. Emails: <sup>1</sup>rosa.meteoro.ferreira@gmail.com; <sup>2</sup>marcelejc.marinho@gmail.com. <sup>3</sup>Professora Adjunta IV da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, RN, kellenarla@gmail.com. <sup>4</sup>Dra. Pesquisadora, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Avenida Rui Barbosa, 1246, CEP: 60.115-221, Aldeota, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: mayte.coutinho@funceme.br

Artigo recebido em 02/08/2018 e aceite em 15/02/2019

### RESUMO

A observação de distribuição espacial e temporal do regime de chuvas da região Nordeste do Brasil (NEB) torna-se um desafio devido sua grande variabilidade no tempo e no espaço. No período de 25 a 29 de maio de 2017 foram registrados casos de chuvas intensas na parte leste do NEB, principalmente entre os estados de Alagoas e de Pernambuco. Desta forma, objetivo deste trabalho consistiu em verificar a contribuição dos fluxos de umidade associada ao evento de precipitação severa ocorrido na região leste do NEB. Especificamente, pretende-se averiguar as características física e sinótica de referido evento. Para tanto, foram utilizados dados de estações pluviométricas automáticas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), imagens de satélite GOES-13 e reanálises pertencentes ao *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*, do conjunto de reanálise ERA-5. Os principais resultados mostraram que o transporte de umidade integrado na vertical, apresentou fortes núcleos de convergência de umidade no oceano Atlântico se deslocaram em direção à área do estudo, quando o sistema de precipitação esteve no estágio de maturação.

Palavras-chave: Transporte de umidade; Análise sinótica; Evento extremo; ERA-5.

## Contribution of moisture flows in heavy rainfall event occurred in eastern Northeast Brazil in May 2017: A case study

### ABSTRACT

The observation of spatial and temporal distribution of the rainfall regime of the Northeast of Brazil (NEB) becomes a challenge due to its great variability in time and space. In the period from May 25 to 29, 2017, heavy rains occurred in the eastern part of the NEB, mainly between the states of Alagoas and Pernambuco. Thus, the objective of this work was to verify the contribution of the moisture flow associated to the event of severe precipitation occurred in the eastern region of the NEB. Specifically, it is intended to ascertain the physical and synoptic characteristics of said event. In order to do so, we used data from automatic rain gauges of the National Center for Natural Disaster Monitoring and Alarms (CEMADEN), GOES-13 satellite images and reanalysis from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ERA-5. The main results showed that the vertical moisture transport presented strong nuclei of moisture convergence in the Atlantic Ocean towards the study area, when the precipitation system was in the maturation stage.

Keywords: Transport of moisture; Synoptic analysis; Extreme event; ERA-5.

## Introdução

A observação espacial e temporal do regime de chuvas da região Nordeste do Brasil (NEB) torna-se um desafio devido sua grande variabilidade no tempo e no espaço, contudo, há um grau de importância ao se estudar essa variável por conta de sua interferência nas diversas atividades humanas e na organização social. Essa heterogeneidade da precipitação sobre o NEB deve-se em grande parte ao fato de que alguns sistemas atmosféricos são responsáveis pela modulação do tempo e clima na região, a exemplo da costa leste do NEB ou faixa litorânea, que é a parte da região onde os meses mais chuvosos ocorrem entre abril e julho, cujos sistemas responsáveis teriam a convecção alimentada pela convergência dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), brisas marítima e terrestre associadas à topografia e à convergência de umidade do oceano Atlântico Tropical (Kousky, 1979; Moura e Shukla, 1981).

Ao se tratar de chuvas extremas no NEB, observa-se que os maiores acumulados são comumente verificados em regiões litorâneas, inclusive na maioria das capitais nordestinas. Esses eventos de forte chuva quando associados a cidades com infraestrutura precária (sistemas de saneamento básico e de drenagem ineficientes) combinada ao crescimento desordenado sem planejamento das cidades, muitas vezes culminam em alagamentos e inundações (Freire et al., 2011; Queiroz Rosendo et al., 2015; Filho et al., 2016). Aliado a isto, têm-se fatores como: a construção desordenada de edificações que ocupam áreas impróprias como margem de mananciais, vertentes íngremes, topos de morro, fundos de bacias com infraestrutura pública de drenagem precária, etc., que evidenciam a configuração de diferentes níveis de fragilidade espacial face às suscetibilidades de ocorrência de eventos climáticos extremos (Oliveira et al., 2011).

Durante o período de 25 a 29 de maio de 2017 foram registrados casos de chuvas intensas na parte leste do NEB, principalmente entre os estados de Alagoas e de Pernambuco. De acordo com o Centro de Monitoramento de Desastres Naturais (CEMADEN), as chuvas ocorreram de forma persistente e concentrada sobre algumas áreas, sendo registrados grandes acumulados de precipitação em diversos municípios, culminando em muitos transtornos à população, como: mortes, deslizamentos, enchentes, alagamentos e destruição de moradias, além de rompimento de açudes. Conforme a avaliação feita pelo CEMADEN, em Maceió, por exemplo, foram mais de 173 mm de chuva entre os dias 26 e 27 de maio, sendo este o maior volume de chuva em 24

horas já registrado na capital desde 1961. No estado de Pernambuco, segundo informações da Defesa Civil, na Zona da Mata Sul, as chuvas volumosas também causaram grandes inundações e quinze municípios decretaram estado de calamidade pública.

Desta forma, tendo em vista as condições da atmosfera durante a ocorrência desse evento de forte chuva, no que concerne à atuação dos sistemas atmosféricos, o objetivo deste trabalho consiste em verificar a contribuição dos fluxos de umidade à área afetada pelo extremo de chuva ocorrido na região leste do Nordeste do Brasil. Pretende-se averiguar as características físicas e sinóticas associadas a esse evento de precipitação intensa, que ocasionou diversos impactos socioambientais à população.

## Material e Métodos

### Área de estudo

A região Nordeste do Brasil (NEB) encontra-se situada entre as coordenadas de 1°02' a 18°20' de latitude sul e 32°23' a 48°45' de longitude oeste. Possui área de 1.554.291,744 km<sup>2</sup>, a qual é composta por nove estados: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (IBGE, 2016). Os sistemas meteorológicos que atuam na região e influenciam nas condições de tempo e clima são eles: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Vórtice Ciclônico de Altos Níveis; Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL); Linhas de Instabilidade; Sistemas Frontais; Zona de Convergência do Atlântico Sul; Alta Semipermanente do Atlântico Sul; El Niño Oscilação Sul; Gradiente Inter-hemisférico do Oceano Atlântico, e Oscilação Madden-Julian (Hastenrath e Heller, 1977; Coutinho et al., 2010; Polzin e Hastenrath, 2014; Oliveira et al., 2016; Reboita et al., 2017; Valadão et al., 2017).

No que concerne os estados que compõem o NEB, apenas dois são objetos de estudo do presente artigo: Pernambuco, com população estimada em 9.473.266 habitantes e Alagoas, com 3.375.823 habitantes (Figura 1), ambos apresentam extensão territorial de 98.076,109 km<sup>2</sup> e 27.848,003 km<sup>2</sup>, respectivamente (IBGE, 2018). Em maio de 2017, no período de 25 a 28, alguns municípios desses estados foram grandemente atingidos por um evento de precipitação intensa.

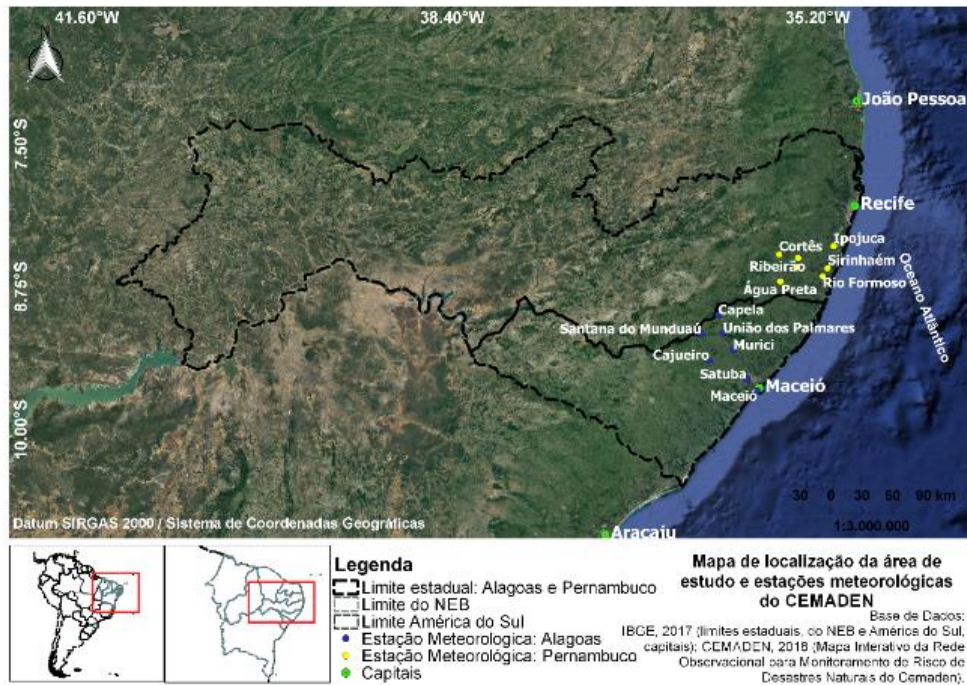


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e estações pluviométricas do CEMADEN.

#### Dados

Com intuito de verificar as condições de nebulosidade associadas à atuação do sistema precipitante na região de estudo, foram utilizados dados acumulados de precipitação para o período de 25 a 29 de maio de 2017, registrados pelas estações pluviométricas automáticas do CEMADEN, bem como imagens do satélite GOES-13 canal infravermelho realçado, setorizadas para região NEB. As imagens de satélite foram oriundas do acervo de imagens da Divisão de Satélites Ambientais, vinculada ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Também foram utilizados dados de reanálise de umidade específica, ventos meridional e zonal para os níveis normais de pressão (1000, 925, 850, 750, 700, 650, 600, 500, 400, 300, 200, 100 hPa) pertencentes ao *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*, sendo que estes dados foram oriundos do conjunto de reanálise ERA-5 com resolução espacial de 31 km. Este novo conjunto de dados de reanálise possui uma qualidade diferenciada em relação às demais reanálises que vêm sendo disponibilizadas por outros centros de meteorologia pelo mundo, devido às novas técnicas de assimilação de dados que são aplicadas em seu processo de armazenamento, em que as saídas de informações podem ser obtidas numa

frequência de, a cada 3 horas, dispostas em 137 níveis isobáricos. Ressalta-se que essas informações serviram para o cálculo do transporte de umidade integrado na vertical, com intuito de identificar a entrada e direção dos fluxos de umidade durante a atuação do evento.

#### Metodologia

Em conformidade com Rao et al. (1996), Marengo (2005, 2006) e Coutinho et al. (2016), o transporte de umidade para a costa leste da América do Sul é proveniente do Oceano Atlântico Tropical devido aos ventos alísios, e que, a umidade advinda do Atlântico Sul é modulada pela variabilidade espacial e temporal da Alta Semipermanente do Atlântico Sul. Sendo que esse transporte de umidade é de fundamental importância para o regime pluviométrico do NEB e tem sido estudado em deferentes regiões do mundo através da convergência dos fluxos de umidade verticalmente integrado.

Assim, tendo em vista a importância dos fluxos de umidade integrado verticalmente (FUIV) em direções distintas na região leste do NEB que viesse a contemplar as fases de atuação do sistema meteorológico que provocou intensa precipitação, no período anteriormente mencionado, delimitou-se uma área retangular entre 30°S até 4°N e 70°W até

20°E em que, o cálculo das integrações laterais dos valores de fluxo do vapor d'água foi realizado com base em Lima et al. (2010), Satyamurty et al. (2013) e Coutinho et al. (2016) seguindo as equações abaixo:

$$Q_v = \frac{1}{g} \int_{P_t}^{P_0} qvd p \quad (1)$$

$$Q_u = \frac{1}{g} \int_{P_t}^{P_0} qud p \quad (2)$$

em que,  $Q_v$  e  $Q_u$  são os fluxos de umidade meridional e zonal,  $g$  é a ação da força gravitacional ( $m.s^{-2}$ ),  $q$  é a umidade específica ( $kg.kg^{-1}$ ),  $u$  e  $v$  são os componentes zonal e meridional do vento ( $m.s^{-1}$ ), respectivamente.  $P_t$  representa a pressão na parte superior do domínio de integração (300hPa) e  $P_0$  é a pressão à superfície (1000hPa).

Ao longo das fronteiras leste-oeste e norte-sul, os fluxos de umidade foram calculados do seguinte modo:

$$Q_j = \int_{lat_1}^{lat_0} Qid y \quad (3)$$

$$Q_k = \int_{lon_1}^{lon_0} Qid x \quad (4)$$

Fez-se a integração fixando-se a latitude ou longitude entre os limites das fronteiras para a área estudada, segundo os subíndices presentes nas equações. Na equação (3), o subíndice  $j$  define a longitude para fixar as fronteiras leste ou oeste, cuja integração é feita na direção  $y$ ;  $lat_1$  é o valor da latitude na borda sul e  $lat_0$  é o valor na borda norte. Na equação (4) o subíndice  $k$  define a latitude para fixar as fronteiras norte ou sul, cuja integração é feita na direção  $x$ ;  $lon_1$  é o valor da longitude na borda oeste e  $lon_0$  é o valor da longitude na borda leste. O subíndice  $i$  em ambas as equações define os fluxos de umidade meridional, zonal ou total verticalmente integrado. Ou seja, a integração deu-se por meio da fixação da latitude ou longitude entre os limites de contorno do leste do NEB, área de interesse. Para o cálculo de convergência de umidade ao longo das fronteiras deve-se observar o balanço de sinais (Tabela 1).

Tabela 1 - Balanço de sinais para o cálculo de convergência dos fluxos de umidade.

	Norte e Leste	Sul e Oeste
(+)	Saída ou perda de fluxo (subtrai)	Entrada ou ganho de fluxo (soma)
(-)	Entrada ou ganho de fluxo (soma)	Saída ou perda de fluxo (subtrai)

## Resultados e discussão

### Análise observacional

O estágio de formação do sistema precipitante em questão foi definido nos dias 26 e 27 de maio em que, cada uma das variáveis mostradas no próximo item (análise sinótica), descrevem as características associadas a seu período inicial. As imagens de satélite vistas na Figura 2a são para o horário de 00:00 e 12:00 UTC do dia 27/05. Nota-se que há pequenos núcleos convectivos sobre a costa leste do NEB, com topo de temperatura em torno de  $-40$  °C. Estudos demonstraram que alguns casos de precipitação intensa podem estar associados a nuvens com topos mais frios, uma vez que temperaturas mais baixas denotam topos de nuvens mais altos e com maior probabilidade de produzirem chuva. (Adler e Negri, 1988).

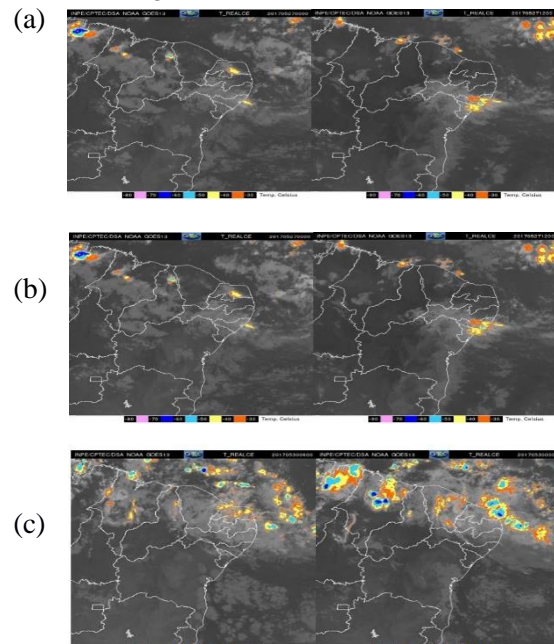


Figura 2. Imagens de Satélite GOES-13 canal infravermelho realçado durante o ciclo de vida do sistema precipitante. (a) 26/05 e 27/05; (b) 28/05 e 29/05; (c) 30/05. Fonte: Satélite GOES-13.

Durante o estágio em que houve a *maturação* do sistema precipitante, as nuvens convectivas evoluíram espacial e verticalmente, cujos núcleos mais intensos adentraram sobre a parte central de Pernambuco e leste de Alagoas (Figura 2b), de modo que isto pode ter favorecido a intensificação e aprofundamento das nuvens sobre a região, levando a ocorrência de precipitação intensa que se manteve de forma persistente durante os dias 28/05 e 29/05.

No estágio de *dissipação* do sistema (Figura 2c) houve a redução da nebulosidade convectiva sobre o litoral de Pernambuco e Alagoas, indicando um enfraquecimento da convecção sobre a região. As imagens de satélite para o dia 30/05 mostram a presença de nebulosidade convectiva sobre a parte norte do NEB e que provavelmente estava associada a pulsos da ZCIT. Enquanto que, sobre o litoral de Alagoas e Pernambuco a convecção não se mostrou tão ativa como nos dias anteriores. Deste modo, as condições de nebulosidade convectiva diminuíram por conta da dissipação do sistema.

Em Maceió, o boletim da Defesa Civil registrou grandes prejuízos à população por conta da intensificação das nuvens convectivas sobre a região. Dentre esses problemas foi documentado que houve cinco mortes por deslizamento de terra, quatro desaparecimentos e 152 famílias ficaram desabrigadas por conta das enchentes na cidade. O acumulado de precipitação na capital alagoana foi de 316 mm de chuva, o que equivale a 73% da média climatológica esperada para o mês de maio que é de 382 mm.

O desenvolvimento de nuvens profundas sobre a costa do NEB, geralmente estão associados a grande aglomerados convectivos, neste âmbito Palharini e Vila (2017) analisaram a classificação climatológica de nuvens precipitantes no NEB utilizando um radar a bordo do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, os autores conseguiram concluir que de modo geral, as nuvens estratiformes e convectivas rasas eram mais frequentes nesta região, mas a precipitação associada não era tão abundante como a precipitação causada por nuvens de convecção profunda.

A Figura 3 mostra que nos municípios alagoanos de Capela e Cajueiro o acumulado de precipitação no período foi de 362 mm e 344 mm, respectivamente.

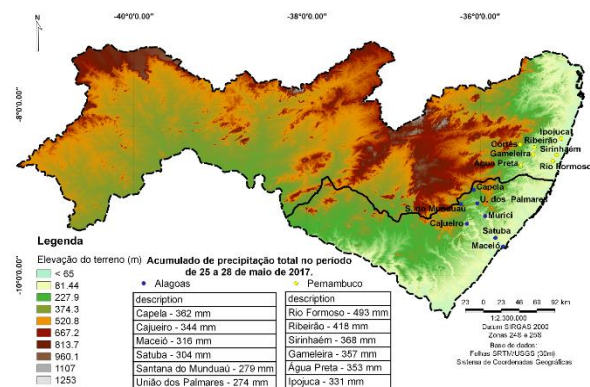


Figura 3. Mapa de elevação do terreno em relação ao nível médio do mar para o Estado de Alagoas e Pernambuco, juntamente com dados de acumulado de precipitação de 26/05/2017 a 30/05/2017.

Conforme a elevação do terreno em relação ao nível médio do mar para a região estudada, foi possível verificar que os grandes acumulados de chuvas foram registrados nas cidades onde a topografia é mais elevada, tanto em Pernambuco como em Alagoas, corroborando aos registros de deslizamentos que ocorreram.

### Análise sinótica

O campo de linha de corrente do vento e velocidade vertical em 500 hPa para o estágio de *formação* do sistema (Figura 4a) mostra que houve um estreitamento nas isolinhas de vento próximo ao litoral alagoano, juntamente com pequenos núcleos isolados de velocidade vertical negativa em torno de  $-1,8 \text{ Pa.s}^{-1}$ , que marcaram o início da atividade convectiva sobre a superfície e movimento ascendente.

A Figura 4b representa os fluxos de umidade integrado na vertical para o dia 26/05 em que houve a *formação* do evento de precipitação, com destaque para a área do retângulo vermelho, que representa a região de maior predominância de nebulosidade convectiva. Nota-se que nesse dia houve uma concentração no transporte de umidade vindo da direção sudeste do oceano em direção ao continente com valor acima de  $1320 \text{ Kg/s}$ , acompanhado de ventos intensos vindo de

sudeste, o que contribuiu para a convergência de umidade na costa leste do NEB e para o crescimento da instabilidade atmosférica sobre Pernambuco e Alagoas.

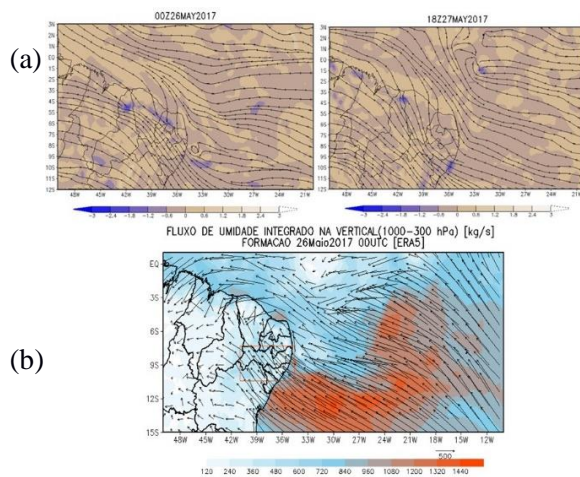


Figura 4. (a) Velocidade vertical ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ ), linha de corrente do vento ( $\text{m/s}$ ) em 500 hPa, (b) Fluxos de umidade integrado na vertical (1000 a 300 hPa) ( $\text{Kg/s}$ ) durante o ciclo de *formação* do sistema precipitante.

O aumento dos núcleos de velocidade vertical em 500 hPa no período de *maturação* indicam que houve intensificação no movimento ascendente e levantamento de

massa principalmente no dia 29/05 (Figura 5a), representados por núcleos de valor negativo espaçados em torno de  $-3,0 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ .

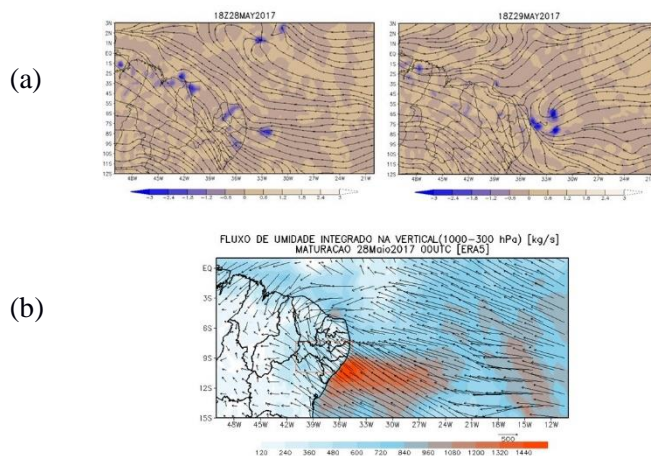


Figura 5. (a) Velocidade vertical ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ ), linha de corrente do vento ( $\text{m/s}$ ) em 500 hPa, (b) Fluxos de umidade integrado na vertical (1000 a 300 hPa) ( $\text{Kg/s}$ ) durante o ciclo de *maturação* do sistema precipitante.

A velocidade vertical é o componente vertical do movimento de uma parcela do ar, dessa forma pode-se perceber que houve uma intensificação da convecção na superfície no período de maturação.

No dia 28/05 (Figura 5b), os fluxos de umidade em direção à área de estudo intensificaram a instabilidade sobre a região, dessa forma as nuvens de chuva foram

realimentadas no continente pela umidade que vinha do oceano nos baixos níveis e transportadas para camadas mais altas da atmosfera.

Os campos de velocidade vertical e de fluxos de umidade integrado na vertical para o dia de *dissipação* (Figura 6) reafirmaram as evidências de que houve uma diminuição da convecção na área de estudo.

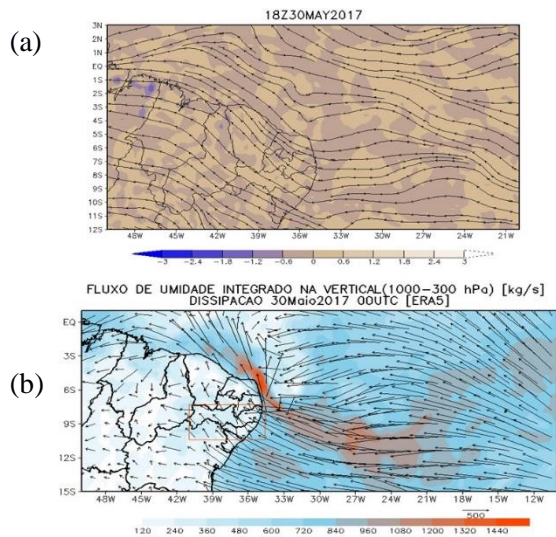


Figura 6. (a) Velocidade vertical (Pa.s<sup>-1</sup>), linha de corrente do vento (m/s) em 500 hPa, (b) Fluxos de umidade integrado na vertical (1000 a 300 hPa) (Kg/s) durante o ciclo de *dissipação* do sistema precipitante.

Os núcleos de velocidade vertical mostraram-se ausentes, e o transporte de umidade sobre a costa de Alagoas ficou abaixo de 840 Kg/s. Essas variações na análise sinótica sob o ponto de vista de intensificação no início, e perda de intensidade do sistema durante a sua fase final, foi demonstrada nos resultados de Neves et al. (2016), em que os autores avaliaram o ciclo de *vida de um DOL sobre a costa do NEB*, e documentaram a maior atividade convectiva no dia de maturação do sistema.

#### *Fluxo lateral de convergência de umidade*

A Figura 7 mostra os fluxos de umidade integrado na vertical desde 1000 até 300 hPa dado em Kg/s para a região que compreende os estados de Alagoas e parte de

Pernambuco. Observa-se que durante o período de maturação (Figura 7b) do sistema precipitante o fluxo de umidade vindo do oceano representado pela borda leste foi de  $2,00 \times 10^7$  Kg/s, desse modo tal movimento de umidade pode ter contribuído para a intensificação do sistema sobre o continente. Durante o período de dissipação do sistema, a maior saída de fluxos de umidade foi registrada na borda norte da caixa, assumindo o valor de  $2,31 \times 10^7$  Kg/s.

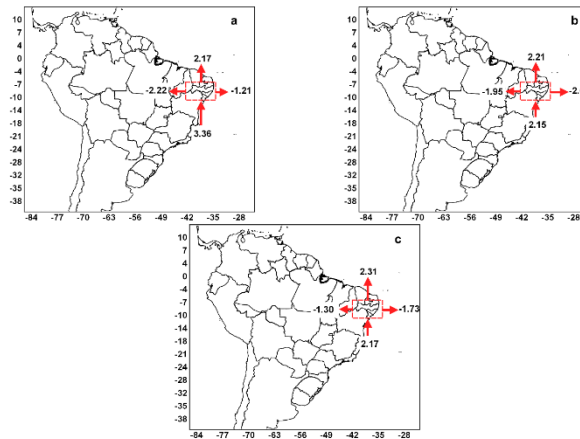


Figura 7. Componentes dos fluxos de umidade integrado na vertical desde 1000 até 300 hPa ao longo das bordas laterais representativas dos municípios de Pernambuco e Alagoas no leste do NEB durante o período de 25 a 29 de maio de 2017: (a) representa a formação, (b) a maturação e (c) dissipação do sistema. A unidade é  $\times 10^7 \text{ kg.s}^{-1}$ .

## Conclusão

As condições atmosféricas que foram observadas na região leste do NEB durante o período de atuação do sistema precipitante foram extremamente favoráveis à ocorrência das fortes chuvas sobre a região.

De acordo com estudos realizados, os estados de Alagoas e Pernambuco estão localizados em uma região caracterizada pela convergência de umidade dos ventos alísios, ondas de leste e brisas associadas à topografia e à convergência de umidade, também.

A circulação e o transporte de umidade vinda do oceano em direção ao continente contribuíram para alimentar a convecção sobre a superfície. Tendo em vista que esse transporte de umidade foi maior sobre o litoral alagoano, o que pode ter sido fator importante para que essa região apresentasse os maiores índices pluviométricos durante o período de estudo.

Foi possível verificar que os grandes acumulados de chuvas foram registrados nas cidades onde a topografia é mais elevada, tanto em Pernambuco como em Alagoas, corroborando aos registros de deslizamentos que ocorreram.

## Referências

- Adler, R.F., Negri, A.J., 1988. A Satellite Infrared Technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *Journal of Applied Meteorology* 27, 30-51.
- Coutinho, M. D. L. ; Gan, M. A.; Rao, V. B., 2010. Método objetivo de identificação dos vórtices ciclônicos de altos níveis na região Tropical Sul: validação. *Brasileira de Meteorologia*, 25, 311-323.
- Coutinho, M.D.L.; Lima, K.C., Silva, C.M.S., 2016. Regional climate simulations of the changes in the componentes. *International Journal of Climatology* 36, 1170-1183, 2016.
- Filho, W. L. F. C.; Lucio, P. S. & Spyrides, M. H. C., 2016. Caracterização Dos Extremos de Precipitação Diária no Nordeste Do Brasil. *Boletim Goiano de Geografia* 36, 539-554.
- Freire, G. F.C., Oliveira, A. M. P., Sobrinho, J. E., Batista, R. O., Santos, W. O., Barreto, H. B. F., 2012. Estudo das precipitações máximas para o município de Mossoró-

- RN, Brasil. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada 6, 3-7.
- Hastenrath, S., Heller, L., 1977. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quart. Journal of the Royal Meteorological Society* 110, 411-425.
- IBGE, 2018 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>. Acesso: 26 fev 2018.
- Kousky, V., 1979. Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review* 107, 1140-1153.
- Lima K.C, Satyamurty P., Fernández J.P.R., 2010. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in Southeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatol* 101, 121-135.
- Marengo J.A., 2005. The characteristics and variability of rainfall across the Amazon Basin: spatial and temporal variability. *Clim. Dyn.* 24, 11-22.
- Marengo J.A., 2006. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: a historical review and current. *Rev. Bras. Meteorol* 21(3), 1-19.
- Moura, A.D. e Shukla, J., 1981. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. *Journal of the Atmospheric Science* 38, 2653-2673.
- Neves, D.J.D., Alcântara, C. R., Souza, E.P., 2016. Estudo de Caso de um Distúrbio Ondulatório de Leste sobre o Estado do Rio Grande do Norte - Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31, 490-505.
- Oliveira, G.C.S., Silva Junior, J.P., Nóbrega, R. S., Girão, O., 2011. Uma Abordagem da Geografia do Clima Sobre os Eventos Extremos de Precipitação em Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 38-251.
- Oliveira, P. T., Silva, C. M .S., Lima, K. C., 2016. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 125, 1-14.
- Palharini, R.S.A.; Vila, D.A., 2017. Climatological Behavior of Precipitating Clouds in the Northeast Region of Brazil. *Hindawi Advances in Meteorology* 12, 591-150.
- Polzin, D., Hastenrath, S, 2014. Climate of Brazil's nordeste and tropical atlantic sector: preferred time scales of variability. *Brasileira de Meteorologia* 29, 153-160.
- Queiroz Rosendo, E.E.Q., 2015. Extreme rainfall and territorial disorder in the construction of risk: a case study in the Cabaceiras Municipality of Paraíba. *Revista Colombiana de Geografía* 24, 189-203.
- Rao V.B, Cavalcanti I.F.A., Hada K., 1996. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. *J. Geophys. Res.* 101, 26539–26551.
- Reboita, M. S., Campos, B., Santos, T., Gan, M. A., Carvalho, V. B. S., 2017. Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 041-059.
- Satyamurty, P.C., Manzi, A.O., 2013. Moisture Source For The Amazon Basin: A Study Of Contrasting Years. *Theoretical And Applied Climatology* 3, 195-209.
- Valadão, C. E. A., Carvalho, L. M. V. , Lucio, P. S., Chaves, R. R., 2017. Impacts of the Madden-Julian Oscillation on Intraseasonal Precipitation over Northeast Brazil. *International Journal of Climatology* 37, 1859-1884.