

Keyla Manuela Alencar da Silva Alves

Programa de Pós-graduação em Geografia,  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
keyla.alencar09@gmail.com

Lucas Costa de Souza Cavalcanti

Programa de Pós-graduação em Geografia,  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
lucascavalcanti3@gmail.com

Ranyére Silva Nóbrega

Programa de Pós-graduação em Geografia,  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
ranyere.nobrega@ufpe.br

---

# Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos Distúrbios Ondulatórios de Leste em junho de 2010 sobre a bacia do rio Una - Pernambuco

## Resumo

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's) são perturbações dos ventos alísios que, no Nordeste do Brasil, geralmente se associam a eventos extremos de precipitação. Este trabalho analisa o comportamento evolutivo de um DOL que atingiu o Estado de Pernambuco em junho de 2010, provocando inundações e grandes prejuízos humanos e econômicos. O recorte escolhido para análise foi a bacia hidrográfica do rio Una, que teve 11 municípios afetados. A análise do evento baseou-se na interpretação de imagens GOES-12 realçadas e TRMM. Constatou-se que a análise de imagens GOES-12 isoladas não produz uma resposta eficaz, no entanto, quando associada a mais informações, chega a uma resposta concisa e de extrema importância para os estudos relacionados a eventos climáticos. Para avaliação da vulnerabilidade à inundação das diversas sedes municipais da bacia do Una, utilizou-se um estimador de densidade Kernel baseado nos valores de magnitude da rede de drenagem. Os resultados indicaram que mesmo áreas naturalmente menos vulneráveis podem ser seriamente afetadas em função do montante precipitado.

**Palavras-chave:** Desastres naturais, Inundação, Distúrbios Ondulatórios de Leste, Nordeste do Brasil.

## **Abstract**

EXTREME EVENTS AND FLOOD RISK: AN ANALYSIS OF THE EVOLUTIONARY PROCEEDING OF EASTERLY WAVES DISTURBS IN JUNE 2010 ON THE WATERSHED OF UNA RIVER - PERNAMBUCO

The easterly waves (DOL's) are disorders of the trade winds, which, in northeastern Brazil, usually are associated with extreme precipitation events. This paper examines the evolutionary pattern of a DOL that hit the state of Pernambuco in June 2010, causing flooding and severe economic losses humans. The clipping chosen for analysis was the Una river basin, which had 11 affected municipalities. The analysis of the event based on the interpretation of images GOES-12 and TRMM. It was found that the analysis of GOES-12 images isolated not produce an effective, however, when combined with more information, come to a concise answer and extremely important for studies related to climate events. To evaluate the vulnerability to flooding of several municipal seats Una river basin, used a kernel density estimator based on the magnitude values of the drainage network. The results indicated that even naturally less vulnerable areas can be seriously affected by the amount precipitated.

**Key-words:** Natural Hazards, Flood, Easterly waves disturbance, Northeast Brazil.

## **1. Introdução**

A paisagem permite ao geógrafo acesso ao mundo das representações e significados sociais da natureza, sendo, então, fundamental para a caracterização e a análise geográfica das áreas de risco (ROSS, 2006). Deste modo, pode-se dizer que a paisagem de um determinado lugar representa uma sucessão de tempos, relações sociais, culturais, políticas e econômicas.

A ocupação das áreas margeadas por rios e igarapés associada às transformações espaciais transformaram a paisagem da bacia do rio Una, com construções de habitações próximas às margens e em encostas.

Em junho de 2010 diversas cidades localizadas na mata sul do estado de Pernambuco sofreram com as consequências de uma considerável inundação ao longo da bacia do rio Una, com perdas econômicas, materiais e de vida. As marcas ainda estão registradas nas construções de cidades como Palmares.

Sabe-se que o Nordeste do Brasil apresenta considerável variabilidade espacial e temporal na precipitação, com alguns anos de seca extrema e outros de chuvas extremas. A configuração da circulação geral da atmosfera

e o relevo da região são os principais aspectos para a gênese desta variabilidade espacial e temporal. Associada à influência dos oceanos Atlântico e Pacífico leste, surge a variabilidade temporal em escalas interanuais.

A região tropical do globo é dominada por fortes e constantes correntes de ar próximo à superfície, chamadas de ventos alísios. Na camada mais baixa da atmosfera tropical, o ar advectado pelos alísios é normalmente úmido e a temperatura é determinada pelas trocas de calor entre a interface oceano-atmosfera. Em níveis mais elevados da atmosfera tropical, encontra-se a camada de inversão dos ventos alísios, na qual a temperatura aumenta de acordo com a altura. Apesar dos alísios estarem relacionados com condições de tempo estável, em algumas regiões dos trópicos estas situações tranquilas são interrompidas por distúrbios que, por se moverem para leste e apresentarem configurações ondulatórias nos campos de vento e pressão, são chamados de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) ou simplesmente Ondas de Leste. Os DOLs na região tropical do Atlântico e do Pacífico são perturbações de escala sinótica com período entre 3 a 6 dias que modulam a convecção na ZCIT (MOLINARI et al., 1997; PETERSEN et al., 2003).

As primeiras observações dos DOLs foram realizadas logo após o início da confecção regular de cartas de tempo para a região equatorial (Índia, 1875 apud HOLANDA, 2003).

Os DOLs mais estudados são os africanos, que se propagam desde o oeste da África até o Atlântico tropical oeste e sua atividade máxima ocorre durante o inverno austral. Embora as ondas de leste tenham bem menos atividades no contexto sinótico no continente sul-americano que os distúrbios ondulares de leste africano que atuam na região do Sahel (uma vez que quase todos os eventos de chuva estão associados às ondas de leste), estas ondas podem atuar principalmente sob a modulação da convecção de escala mesossinótica proveniente do oceano sobre a porção tropical leste do continente sul-americano (CAVALCANTI et al., 2009).

Os distúrbios ondulatórios de leste foram bastante pesquisados principalmente na região da África, e existem poucos trabalhos voltados para a costa leste do Nordeste brasileiro. No entanto, estudos recentes indicam que estes distúrbios são o principal sistema causador de precipitação nessa área no período de outono/inverno. Portanto, o objetivo deste trabalho é o

de analisar o comportamento evolutivo do DOL ocorrido nos dias 16, 17 e 18 de junho de 2010, que atuou sobre a costa leste do Nordeste brasileiro, avaliando a susceptibilidade da paisagem à inundação. Neste sentido, levantou-se a hipótese de que a susceptibilidade   inundação possa estar relacionada à magnitude da rede de drenagem, que reflete o acúmulo de contribuintes a um determinado canal.

## 2. Metodologia

### 2.1  rea de estudo

A bacia hidrográfica do rio Una (figura 1) localiza-se ao sul do Estado de Pernambuco, estando inserida nas zonas fisiográficas do Litoral, Mata e Agreste, compreendendo 29 municípios, dentre os quais 11 foram afetados pelo evento climático que ora é estudado:  gua Preta, Barreiros, Belém de Maria, Catende, Jaqueira, Jurema, Maraial, Palmares, Quipap , São Benedito do Sul e Xexéu.

**Figura 1**  
LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO UNA EM RELAÇÃO AO ESTADO DE PERNAMBUCO



Fonte: ZAPE (Zoneamento Agropecuário de Pernambuco – EMBRAPA)

## 2.2 Análise do comportamento dos DOL's

Foram utilizadas as imagens de satélite GOES-12 do canal infravermelho dos dias 17 e 18 de junho de 2010, com resolução espacial de 4 km e temporal de 1 hora, obtidas no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). As imagens estão disponíveis com 256 níveis de cinza (NC) e podem ser convertidas para temperatura de brilho (TB) através da seguinte Equação 1:

$$TB(NC) = \begin{cases} 418 - NC & \leftrightarrow NC > 176 \\ 330 - (NC / 2) & \leftrightarrow NC \leq 176 \end{cases}$$

A equação acima é sugerida pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e está disponível no endereço [www.goes.noaa.gov/ECIR4.html](http://www.goes.noaa.gov/ECIR4.html). As unidades resultantes do cálculo de TB são em Kelvin, e aqui foram convertidas para Celsius. As imagens utilizadas já foram devidamente processadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), adquiridas através do site [http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes\\_anteriores.jsp](http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp).

Foram utilizadas as imagens do início da formação do DOL, bem como de sua evolução até sua dissipação, correspondentes aos dias 17 e 18 de junho de 2010, totalizando 42 imagens. As mesmas foram agrupadas entre intervalos de 1 hora, para melhor observação de todo o comportamento do DOL analisado.

Para os dados de precipitação optou-se por utilizar a estimativa de precipitação do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM. O algoritmo utilizado foi o 3B42 que possui resolução temporal de 3 horas e espacial de 0,25° x 0,25° de latitude por longitude. Os dados estimados têm mostrado boa correlação com os observados, e apresentam a vantagem da representação espacial e temporal (NÓBREGA et al., 2008a; NÓBREGA et al., 2008b). A espacialização dos dados TRMM foi feita através do programa GrADS (*Grid Analysis and Display System*), que permite acesso fácil à manipulação e à visualização de dados em pontos de grade. Os dados são referenciados por quatro dimensões: longitude, latitude, nível vertical e o tempo. Sua distribuição é gratuita na internet pelo site <http://www.iges.org/grads/>.

### 2.3 Modelagem do perigo de inundação

Para este trabalho buscou-se produzir um modelo conceitual simples, que representasse a vulnerabilidade à inundação para a bacia do rio Una, que foi construído a partir de álgebra de mapas e modelagem numérica do terreno.

Este modelo é concebido do seguinte modo:

- Áreas com fortes declives possuem maior probabilidade de inundação rápida do que áreas mais planas;
- Canais com maior número de contribuintes (magnitude Shreve) possuem maior potencial de inundação;
- Canais muito próximos possuem maior possibilidade de potencializar os efeitos de suas inundações particulares. Assim, áreas com maior densidade de canais por km<sup>2</sup> são mais susceptíveis a inundações de maiores proporções.

Inicialmente, foi compilada a base de dados temáticos sobre a bacia, a saber: limites da bacia e dados de elevação e declividade, sendo estes dois últimos obtidos do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2008).

Os dados de elevação e declividade foram recortados com base nos limites da bacia. Em seguida, a partir dos dados altimétricos, foi extraída a rede de drenagem com valor de fluxo acumulado superior a 100 células, produzindo uma malha de canais bastante densa, refletindo assim as áreas mais susceptíveis de ocorrência de fluxo canalizado (TARBOTON; BRAS; RODRIGUEZ-ITURBE, 1991).

A partir deste ponto, foi gerado um arquivo com a magnitude (Shreve) da rede de drenagem, no qual a magnitude de um canal é definida pelo número de contribuintes que estão à montante. Este arquivo foi convertido para o formato vetorial, em seguida foi submetido a um estimador de densidade Kernel, que superestima valores de densidade quanto maior for a proximidade entre os canais, representando o fato de que o transbordamento de canais próximos podem ocupar áreas mais rápido do que canais que estejam mais distantes (SILVERMAN, 1986). Por fim, o arquivo foi recortado no formato da bacia e reclassificado com cinco classes.

O arquivo de drenagem comum também foi convertido para o formato vetorial, mas foi submetido a um estimador de densidade linhas que, ao contrário do estimador Kernel, não superestima valores de densidade com base na proximidade entre os canais. Por fim, o arquivo foi recortado no formato da bacia e reclassificado em cinco classes.

Os valores de declividade seguiram as classes propostas pela EMBRAPA e foram reclassificados do mais plano (1) para o mais inclinado (6). Os três arquivos reclassificados (declividade, densidade de canais e densidade da magnitude Shreve) foram submetidos a uma adição simples a partir de um operador algébrico de mapas, resultando num modelo de *perigo de inundação*.

Por último, sobre o modelo obtido foram plotadas as sedes municipais, tendo sido estas agrupadas conforme o grau de emergência informado pelas prefeituras locais, a saber: Situação de Emergência e Calamidade Pública. O primeiro caso constitui uma situação anormal provocada por desastres, sendo os danos reparáveis mais facilmente pela comunidade afetada. No segundo caso, trata-se do reconhecimento de sérios danos, incluindo a perda de vidas humanas e danos muitos custosos.

### **3. Resultados e discussão**

#### *3.1 Caracterização dos DOL's*

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's) são sistemas de escala sinótica que ocorrem em toda a baixa troposfera tropical e apresentam características singulares em cada região. Os DOL's que se formam na região do Oceano Atlântico Sul deslocam-se para oeste e intensificam-se na costa leste e norte do Nordeste brasileiro. Estes distúrbios apresentam oscilações com periodicidade de 3 a 9 dias, comprimento de onda entre 3200 e 6200 km, e velocidade de propagação entre 10 a 15 m/s (JUNIOR et al., 2010).

Coutinho e Fisch (2007) afirmam que os DOL's possuem quatro regiões distintas. A primeira é caracterizada por apresentar na área da crista um "bom tempo", na superfície o escoamento é divergente, ou seja, direcionado

para baixo e com pouca nebulosidade. Já na segunda, próxima ao eixo do cavado, ocorre formação de precipitação esparsa, desenvolvimento de nuvens cumulonimbus, cirrus e altocumulus. A terceira área está situada no eixo do cavado, apresentando nuvens cumulus congestus, cirrus e altocumulus além de frequentes precipitações. Já a quarta região localizada a leste do cavado apresenta tempo instável, escoamento com ocorrência de cumulonimbus e precipitação variando de moderada a forte.

### *3.2 Análise do comportamento evolutivo*

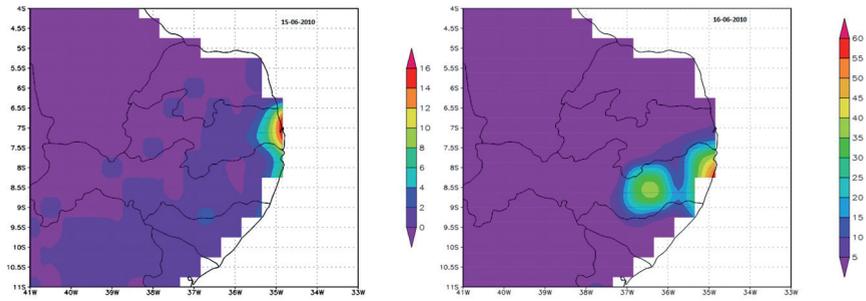
O DOL em análise, ocorrido nos dias 16, 17 e 18 de junho de 2010, foi de magnitude severa, com várias cidades inundadas, e milhares de pessoas desabrigadas, com registro de dezenas de mortes. Totalizam-se seis dias (15, 16, 17, 18, 19 e 20 de junho) o período em que o tempo ficou instável por conta do deslocamento do DOL até os dias pós-evento que ainda apresentaram alguns períodos de instabilidade. Durante estes dias, as chuvas foram intensas, por isso a importância da utilização de diversas ferramentas de análise. As imagens GOES-12 foram utilizadas, principalmente com intuito de identificar o deslocamento e todo seu comportamento evolutivo (aquisição e perda de energia), e as informações TRMM foram usadas para observar a precipitação e seu comportamento. E foram com as informações do TRMM que se pode observar que o tempo instável provocado pelo DOL continuou mesmo após a dissipação do evento. Para melhor análise do evento, as imagens foram divididas em gênese, maturação e dissipação. Estas classes foram determinadas a partir da observação do ganho e perda de energia do evento, passível de interpretação através das imagens GOES-12 realçadas.

### *3.3 Gênese*

O DOL apresenta suas primeiras características às 05:00 do dia 17.06, no entanto já produzia tempo instável em dias anteriores (15 e 16.06), como demonstram as imagens da variabilidade espacial de precipitação obtidas através do TRMM (figura 2), apresentando níveis consideráveis de precipitação na área de formação do DOL. O sistema também pode ser constatado através da imagem do satélite Goes, a partir do dia 17 (figura 3),

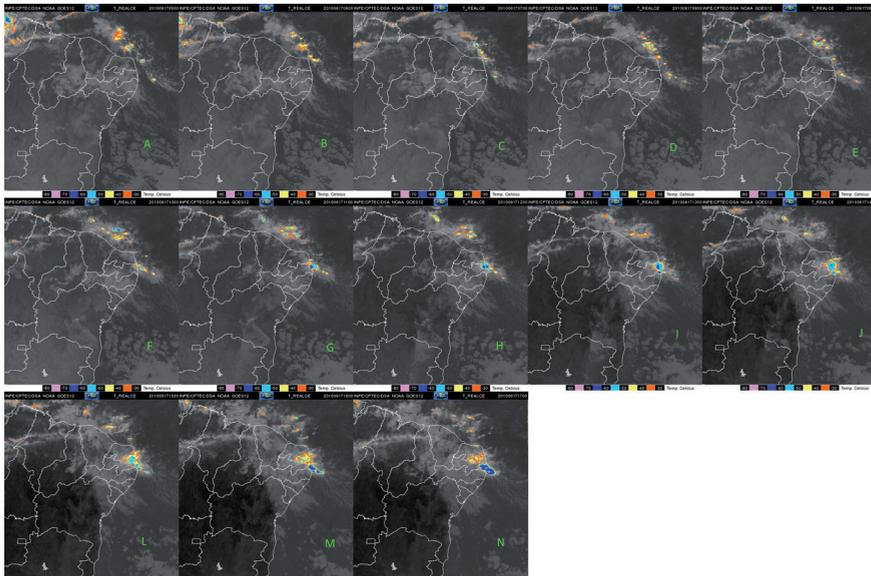
bem como o deslocamento da banda de nebulosidade que se propaga para oeste com uma inclinação no sentido NE/SO.

**Figura 2**  
VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA ATRAVÉS DO TRMM PARA OS DIAS 15 E 16.06.2010



Fonte: TRMM - NASA

**Figura 3**  
TEMPERATURA DE BRILHO DERIVADAS DE IMAGENS DO SATÉLITE GOES-12 REFERENTE AO MOMENTO DE GÊNESE E PROPAGAÇÃO DA BANDA DE NEBULOSIDADE SOBRE A BACIA DO RIO UNA



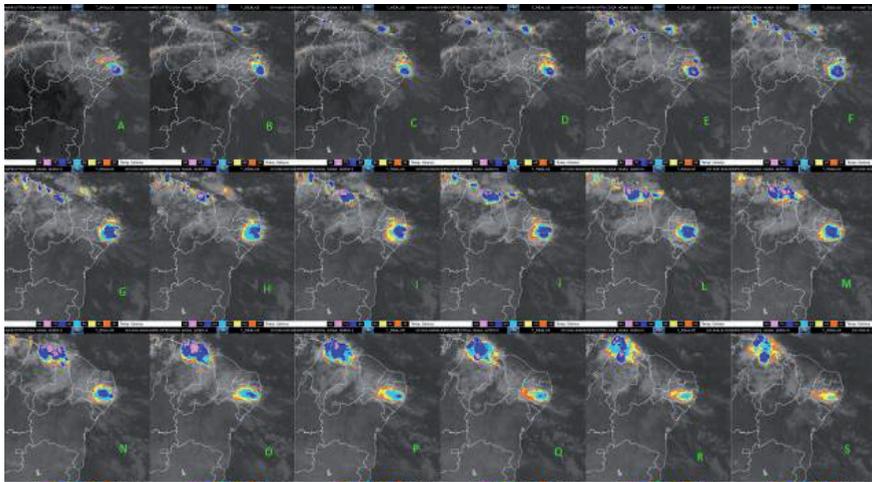
Fonte: NOAA - CPTEC

### 3.4 Maturação

A partir das 18:00h do dia 17.06, o DOL se expande e avança em direção ao litoral do estado da Paraíba, tomando toda a faixa litorânea. As 19:30h a banda de nebulosidade já atinge todo o litoral do estado de Pernambuco, ganha energia e se expande para o interior do estado, chegando ao limite da região do sertão pernambucano. As 23:00h do dia 18.06 o DOL atingiu também a porção norte do litoral e da zona da mata do estado de Alagoas, além de Pernambuco e Paraíba, como podemos observar através das imagens GOES-12 (figura 4). O aumento da convergência de umidade adjacente à costa leste do Nordeste foi associado à atuação de sistemas frontais sobre áreas oceânicas, à formação de áreas de baixa pressão na média e alta troposfera e ao desenvolvimento de distúrbios ondulatórios de leste. Em algumas áreas, os totais mensais excederam a média histórica em até 300 mm e a formação de aglomerados de nuvens convectivas ocasionou sérios danos à população de Alagoas e Pernambuco. Estes estragos causados pela chuva devem-se também ao fato de que ocorreu uma forte precipitação sobre a cabeceira dos rios Una e Mundaú, rios estes que estão muito próximos às cidades atingidas.

**Figura 4**

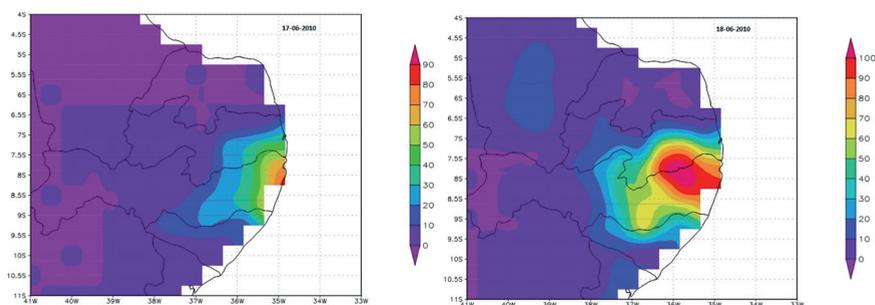
(A-S): EVOLUÇÃO DO DOL ATRAVÉS DA ANÁLISE DA TEMPERATURA DE BRILHO DAS NUVENS



Fonte: NOAA - CPTEC

As chuvas intensas observadas no setor leste dos estados de Pernambuco e Alagoas resultaram na ocorrência de inundações em vários municípios, com danos materiais e ambientais, perda de vidas e grandes prejuízos econômicos e sociais. De modo geral, estas chuvas concentraram-se no período de 15 a 19 de junho, com destaque para os totais diários registrados nas cidades de Recife-PE (149,7 mm) e Caruaru-PE (136,8 mm), no dia 18 (dados do INMET). Em Alagoas, as chuvas que ocorreram no início de junho também contribuíram para a saturação do solo e o aumento do escoamento superficial, destacando-se os 187,8 mm registrados em Maceió no dia 05 (figura 5).

**Figura 5**  
VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA ATRAVÉS DO TRMM PARA OS DIAS 17 E 18.06.2010



Fonte: TRRM - NASA

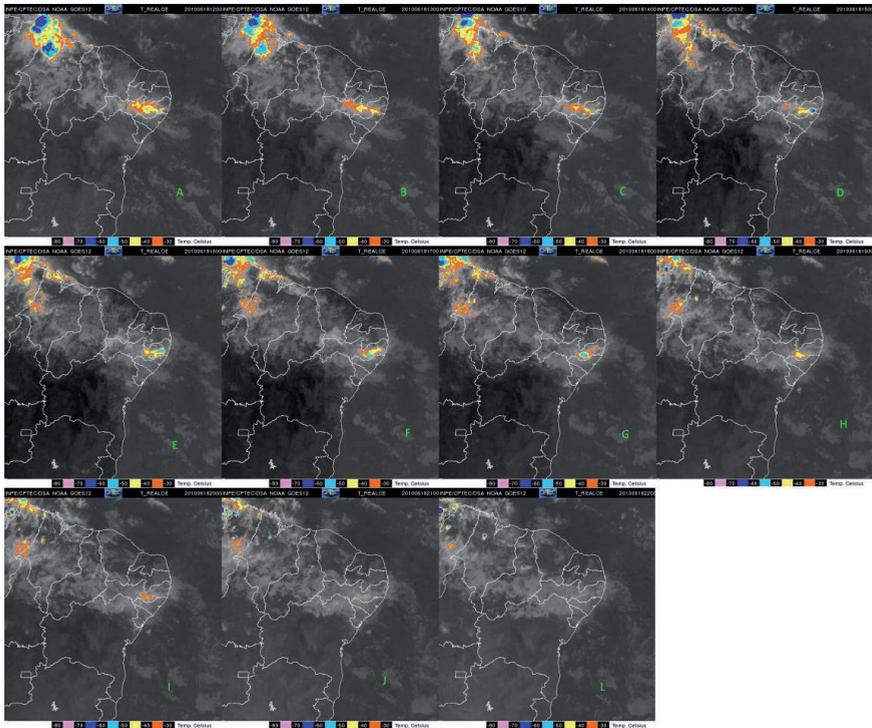
### 3.5 Dissipação

Para a análise do estado de dissipação foram selecionadas imagens referentes ao período em que o fenômeno apresenta características de perda de energia, como, por exemplo, a não identificação da banda uniforme de nebulosidade através da imagem do Goes. Neste momento, dia 18.06, das 12:00h as 22:00h, o DOL permaneceu estacionado sobre a região centro-sul do estado de Pernambuco, próximo à divisa norte do estado de Alagoas. Apesar de apresentar características de dissipação do evento, o tempo continuou instável, provocando chuvas. A utilização dos dados do

TRMM permitiu observar, que, de fato, há uma relação entre as informações do GOES-12, pois à medida que o evento se expandia e deslocava, as chuvas era mais intensas, e que mesmo não conseguindo mais identificar nas imagens GOES-12 a presença do DOL, pode-se observar através dos dados TRMM no GrADS que as chuvas se estenderam por mais alguns dias. Na sequência de imagens vê-se o processo de desconfiguração do evento (figura 6), e, em seguida, as imagens do TRMM que apresentam os valores de precipitação referentes aos dias pós-evento (dias 19 e 20.06) (figura 7).

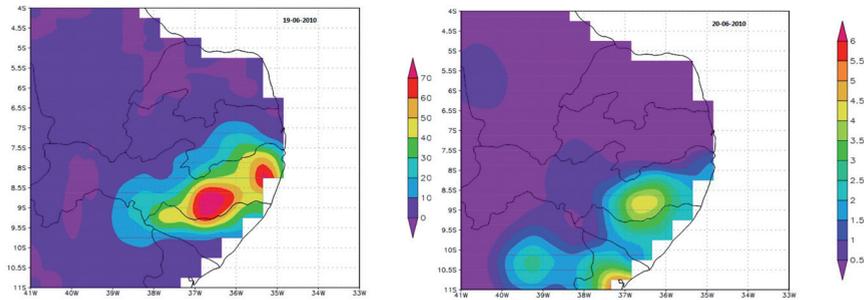
**Figura 6**

TEMPERATURA DE BRILHO DERIVADAS DE IMAGENS DO SATÉLITE GOES-12 REFERENTE AO MOMENTO DE DISSIPAÇÃO DO DOL



Fonte: NOAA - CPTEC

**Figura 7**  
VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO PÓS-DOL



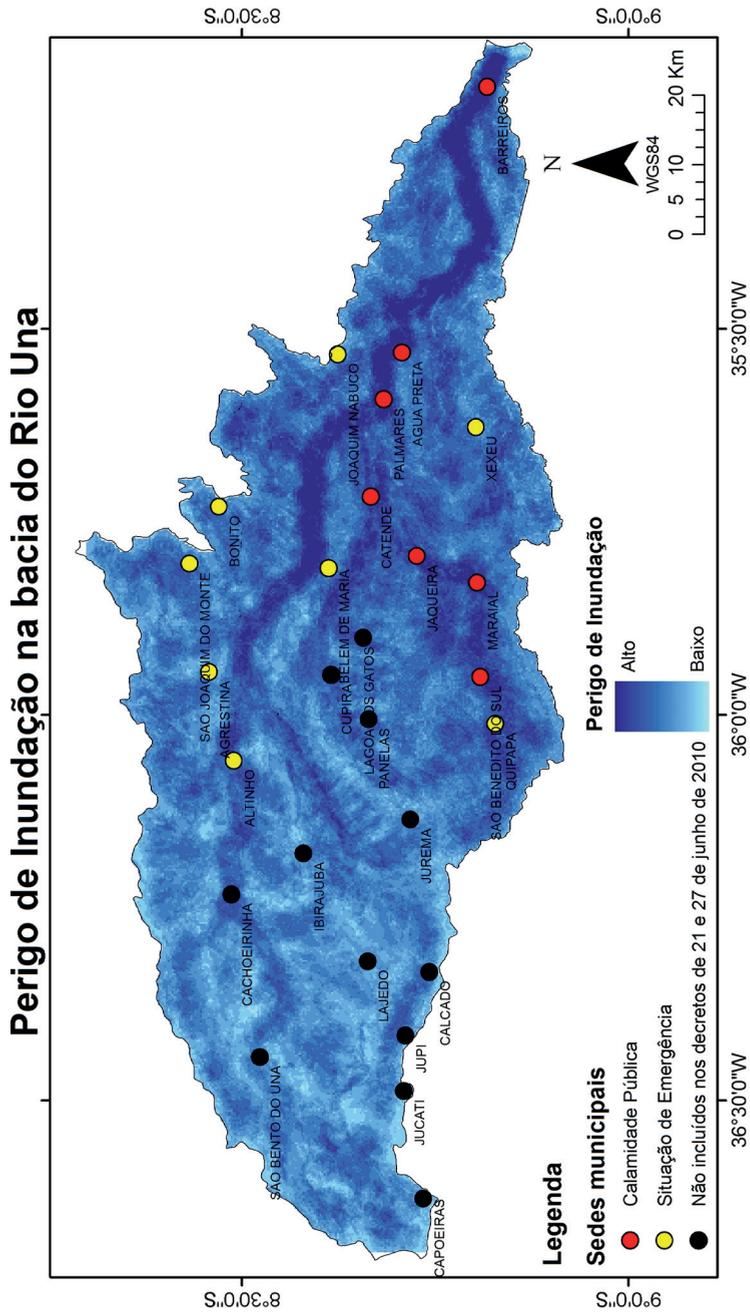
Fonte: TRRM - NASA

### 3.6 Perigo de inundação

O mapa do perigo de inundação (figura 8) apresenta uma boa correlação com o estado de emergência decretado pelas autoridades na época (PERNAMBUCO, 2010). As cidades que decretaram Calamidade Pública localizaram-se em áreas com alto perigo de inundação. Isto indica que tais regiões afetadas possuem uma vulnerabilidade natural à inundação que, associada a eventos extremos de precipitação, desencadeia inundações rápidas e violentas, trazendo risco às populações locais.

Nota-se uma boa correlação entre o grau de emergência informado pelas prefeituras com a vulnerabilidade natural à inundação. Contudo, muitas áreas localizadas em zonas de baixo perigo de inundação decretaram Situação de Emergência, possivelmente associada à intensidade dos eventos pluviométricos (ex.: Xexéu, Bonito, São Joaquim do Monte). Além disso, em outras cidades registraram-se inundações (ex.: São Bento do Una e Cachoeirinha), mas não se chegou a decretar Situação de Emergência no período considerado.

**Figura 8**  
DISTRIBUIÇÃO DOS MUNICÍPIOS AFETADOS SOBRE O MAPA DE PERIGO DE INUNDAÇÃO



Fonte: ZAPE (Zoneamento Agropecuário de Pernambuco - EMBRAPA) - DEFESA CIVIL DE PERNAMBUCO

#### 4. Considerações finais

Observou-se que a metodologia para análise do evento do DOL, bem como de sua intensidade com relação à pluviometria, apresentou resultado significativo, possibilitando, através das imagens do GOES-12, observar o comportamento espacial (evolução - ganho e perda de energia - e trajeto) do DOL, e, com os dados do TRMM, observar o comportamento da precipitação, uma vez que a utilização de dados de PCD's (Plataformas de Coleta de Dados) seria menos eficiente e eficaz na análise deste tipo de evento climático, que apresenta uma atuação rápida e extrema.

Através da análise destes dados também se observou que, mesmo utilizando-se imagens GOES-12 em intervalos de 1 hora, elas não seriam suficientes para explicar o mal tempo causado nos dias anteriores e posteriores ao DOL: isto porque o DOL não apresenta uma forma clara nas imagens GOES-12 durante o pós-evento. Portanto, percebeu-se que a análise das imagens, por si só, não é eficaz em estudos de eventos climáticos, havendo necessidade de agregar o máximo de informações e dados referentes aos eventos. Foi através dos dados TRMM, por exemplo, que se identificou que, antes e após o surgimento do DOL, a atmosfera do local estudado permaneceu instável, continuando a produzir chuvas intensas.

O modelo de perigo de inundação desenvolvido apresentou aplicabilidade adequada à identificação de vulnerabilidade natural à inundação. Contudo, os valores resultantes são relativos, ou seja, dão apenas uma ideia do perigo para a bacia considerada.

Uma vez que o perigo à inundação associa-se ao escoamento natural da bacia, condicionado pela geomorfologia da área, a criação de um sistema de alerta é fundamental para mitigar os impactos de eventos de precipitação intensa sobre a bacia do rio Una.

#### Referencias

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, M.; ASSUNÇÃO, F. da S.D.; GERTRUDES, A.; SILVA, J. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

COUTINHO, E. C.; FISCH, G. Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's) na região do Centro de Lançamento de Alcântara-MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 2, p. 193-203, 2007.

HOLANDA, S. C. **Análise Estatística dos Ventos mais Intensos em Maceió-AL para o ano de 1996 e Situações Sinóticas Correlatas**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFAL. Maceió-AL, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Disponível em: <[http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes\\_anteriores.jsp](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp)>

JUNIOR, C. R. F.; PEDROSA, V. A.; DE SOUZA, V. C. B. Reflexões sobre a cheia de junho de 2010 nas bacias do Rio Mundaú e Paraíba. In: Simpósio Regional de Recursos Hídricos, 2010. **Anais...** Fortaleza: SRBRH, 2010.

MOLINARI, J.; KNIGHT, D.; DICKINSON, M.; VOLLARO, D.; SKUBIS, S. Potential vorticity, easterly waves, and eastern Pacific tropical cyclogenesis. **Mon. Wea. Rev.**, n. 125, p. 2699-2708, 1997.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Disponível em: <[www.goes.noaa.gov/ECIR4.html](http://www.goes.noaa.gov/ECIR4.html)>.

NOBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; GALVÍNIO, J. D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 25, n. 1, p. 6-20, 2008a.

NOBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; SOUSA, F. A. S. Análise da utilização de dados do satélite TRMM em um modelo hidrológico semidistribuído na bacia do rio Jamari (RO). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 47-61, 2008b.

PERNAMBUCO. **Decreto nº 35.579**. Diário Oficial. Estado de Pernambuco. 15 de setembro de 2010.

PETERSEN, W. A.; CIFELLI, R.; BOCCIPPIO, D. J.; RUTLEDGE, S. A.; FAIRALL, C. Convection and easterly wave structures observed in the eastern Pacific warm pool during EPIC-2001. **J. Atmos. Sci.**, n. 60, p. 1754-1773, 2003.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. Oficina de Textos, 2006.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. New York: Chapman and Hall, 1986.

TARBOTON, D. G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. **Hydrological Processes**, n. 5, p. 81-100, 1991.

TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION. Disponível em: <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>

VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE. 2008.

Recebido em: 01/11/2012

Aceito em: 14/03/2013