

Informe uma subárea do item 7 das Normas de resumo: 1.07.03 - Geociências / Meteorologia.

## **TÍTULO: PROCESSOS DE FORMAÇÃO E DE DESENVOLVIMENTO DOS VÓRTICES CICLÔNICOS DE MÉDIOS NÍVEIS E FENÔMENOS ADVERSOS ASSOCIADOS.**

Eliseu O. Afonso<sup>1\*</sup>, Natália Fedorova<sup>2</sup>, Jaime F. António<sup>1</sup>, Nídia M. da Silva<sup>3</sup>

1. Estudante de Meteorologia da UFAL, Estudante de Meteorologia da UFAL

2. Instituto de Ciências Atmosférica (ICAT)-UFAL /Orientadora

3. Estudante de Meteorologia da UFAL

### **Resumo:**

Os Fenômenos Meteorológicos Adversos (FMA) têm grande potencial para causar perdas econômicas e sociais, incluindo vidas humanas. Os Vórtices Ciclônicos de Médios Níveis (VCMN), foram descobertos recentemente e existe carência de dados sobre a formação e FMA. O objetivo geral foi análise da formação dos VCMN e o estudo de ligações com FMA.

Foram usados os dados do European Center for Medium range Weather Forecasting; Centro de Previsão de tempo e Estudos Climáticos; Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Alagoas; Departamento de Controle de Espaço Aéreo; Tropical Rainfall Measuring Mission.

Os VCMNs mostram: vorticidade relativa fraca, convergência fraca no centro, movimentos ascendentes nas periferias, baroclinia fraca. Os processos de formação foram: 1) nas correntes do oeste da África 2) na corrente do hemisfério sul. Os VCMNs foram associados com precipitações. Os resultados serão utilizados para elaboração de métodos específicos de previsão de FMA.

**Palavras-chave:** Fenômeno adverso, Modelo numérico, Segurança da população.

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UFAL.

### **Introdução:**

Os fenômenos meteorológicos adversos, incluindo as chuvas intensas, visibilidade baixa, trovoadas etc., têm grande potencial para causar perdas econômicas e sociais, incluindo vidas humanas. Podem provocar muitos problemas em todos os tipos de trânsito: aéreo, rodoviário e marítimo. Em particular, nos aeroportos a visibilidade baixa prejudica durante pouso e decolagem das aeronaves e provoca fechamento dos aeroportos. Por exemplo, em 2007 no

aeroporto de Maceió aconteceu um acidente fatal com um avião por causa de evento de nevoeiro (NOTÍCIAS.TERRA,2007).

No estudo dos principais sistemas sinóticos e de mesoescala, os quais determinam as condições do tempo, direta ou indiretamente, no Nordeste Brasileiro (NEB), recentemente no Laboratório de Sinótica e Física – UFAL foi encontrada a ocorrência dos Vórtices Ciclônicos de Médios Níveis (VCMN) Fedorova et al. (2006). Os VCMN apresentam circulação ciclônica fechada somente em médios níveis, ou seja, exclusivamente entre 700-400 hPa. Conforme a esta pesquisa, observaram a presença de VCMN associados a sistemas frontais no NEB, os quais provocaram precipitações intensas na região. Pontes da Silva et al. (2011) constataram uma relação entre os VCMN e precipitações intensas, além de ser observadas ligações desse sistema e Correntes de Jato de Baixos Níveis (CJBN). Fedorova et al. (2016) teve como principal objetivo analisar a frequência, duração de vida, distribuição espacial e sazonal do sistema em questão. Durante os três anos (2008-2010) de estudo, foram observados uma média de 232 casos de VCMN por ano, localizados predominantemente sobre o Oceano na faixa entre 6°S -18°S. Deles, 70,7% foram de curta duração (6-12h), no entanto houve eventos de duração igual ou superior à 42h (40 episódios).

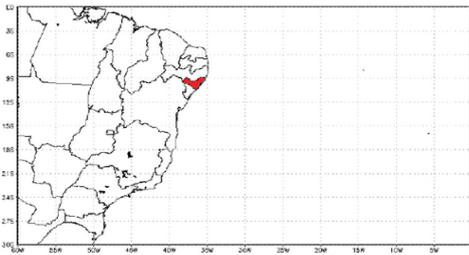
Os objetivos são: estudar os processos de formação e desenvolvimento dos VCMN, e avaliar a influência no tempo, incluindo formação dos fenômenos adversos.

### **Metodologia:**

#### **1 Área de estudo**

Foi escolhida a região do Nordeste Brasileiro (NEB) numa grade de 60°W-0°W e 0°S-30°S, com ênfase em Alagoas (Figura 1).

**Figura 1** - Domínio da grade das análises dos casos com ênfase no estado de Alagoas.



Fonte: Autor, 2016. Adaptado de Santos, 2012.

## 2 Dados

- a) De reanálise do European Center for Medium range Weather Forecasting (ECMWF), adquirido no site <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/> que estão dispostos em ponto de grade cuja resolução é de 0.125x0.125 distribuídos verticalmente nos níveis padrões de pressão e nos horários sinóticos (00, 06, 12 e 18 UTC), cujas variáveis e os níveis são os mesmos citados anteriormente.
- b) Imagens de satélite retiradas nos sites <http://www.cptec.inpe.br/.GOES> 10 no canal infravermelho (IR), vapor d'água (WV), visível (VÍS) e imagens do IR realçadas nos horários sinóticos;
- c) Dados de precipitações de 62 estações de superfície para o Estado de Alagoas coletados a partir do Banco de Dados Hidrometeorológicos (BDHM) e cedidos pela Diretoria de Hidrometeorologia (DHM) da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH/AL);
- d) Da estação de superfície pelo Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA) do Aeroporto Zumbi dos Palmares em Maceió-AL (SBMO) localizada em 9°31'S e 35°47'W. Para o ano de 2009, foram observados 8 eventos de nevoeiro (12/05-120600Z; 12/05-120630Z; 08/06-080311Z; 17/06-170206Z; 24/06-240600Z; 24/06-240610Z; 16/07-160600Z; 16/07-160700Z);
- e) Os eventos de trovoadas foram retirados do trabalho de Cordeiro (2011) realizado no Laboratório de Sinótica e Física – UFAL, obtidos pelo Satélite TRMM

(Tropical Rainfall Measuring Mission). Foram identificados 09 eventos (03/02; 14/03; 01/04; 09/04; 09/05; 26/05; 27/05; 25/12; 26/12) no ano de 2009.

## Metodologia

A metodologia inclui a análise sinótica com enfoque para a região do NEB. Foi realizada a análise da estrutura do VCMN e associação deste sistema com fenômenos adversos. Na forma como segue abaixo:

- a) Análise dos campos meteorológicos de linhas de corrente, espessura da camada, vorticidade relativa, omega e divergência através do pacote gráfico GRID ANALYSIS and DISPLAY System (GrADS);
- b) Avaliação das imagens de satélite para identificação de nebulosidade e fenômenos adversos;
- c) Verificação e análise das quantidades de precipitações;
- d) Análise da influência dos VCMN na formação de fenômenos adversos.

A partir dos casos de VCMN encontrados em toda a área de estudo, procurou-se identificar os casos localizados próximos ao Estado de Alagoas para avaliar sua influência na formação dos fenômenos adversos.

## Resultados e Discussão:

Foram escolhidos três casos de VCMN em 2009 localizados próximo ao estado de Alagoas, para avaliar as suas influências na formação dos fenômenos adversos.

O primeiro caso foi de 02 de Janeiro às 06 UTC até 06 de janeiro às 06 UTC, com a duração de 92 horas e localizado entre 700-400 hPa. O segundo foi de 30 de Maio às 00 UTC até 02 de junho às 18 UTC, com duração de 84 horas e localizado entre 700-500 hPa. O terceiro caso foi de 12 de Agosto às 00 UTC até 18 de Agosto às 12 UTC e será apresentado detalhadamente neste trabalho.

### Análise da formação e ciclo de vida do VCMN

O cavado onde deu-se a formação do centro do VCMN, foi formado pelas correntes vindas do oeste da África, no dia 12 às 00 UTC (Figura 2a). O centro do vórtice foi formado pelas correntes do anticiclone,

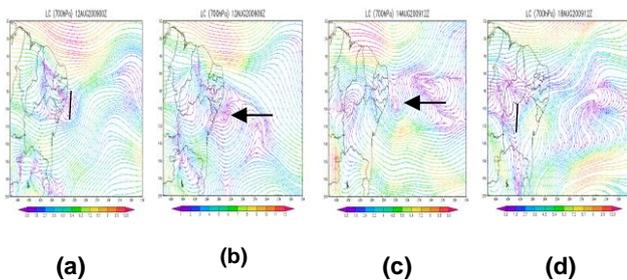
localizado em 34°W e 11°S em 700 hPa 6 horas depois (Figura 2b). O vórtice intencificou 36 horas depois da formação do centro, com profundidade de 600 à 700 hPa (Figura 2c). Durante a intencificação, o vórtice disprendeu-se, formando dois centros. No dia 17 às 12 UTC, formou-se outro centro no mesmo cavado, afastado a oeste na distância superior a 5°. A dissipação ocorreu no dia 18 às 12 UTC, na zona oeste da Baía, formando cavado (Figura 2d).

Na tabela 1 foram representados os dias, horas e níveis de atuação do VCMN. O VCMN foi localizado nos níveis de 600-700hPa. Sua duração máxima é observada em 700hPa, totalizando 100 horas (considerando somente os dias de ocorrência do VCMN). O vórtice não foi visto nos níveis de 500hPa e 800hPa.

**Tabela 1-** Dias, horas e níveis de ocorrência do VCMN **C** cavado, **K** confluência, **Q** cristas, **A** anticiclone, **X** ocorrência do VCMN.

Dia	12				13				14				15				16				17				18							
Horas(UTC)	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18
Nível (hPa)																																
500	C	C	C	C	C	C	C	K	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Q	Q	Q	Q	A	A	A		
600	C	C	X	X	X	X	C	X	C	C	X	X	X	X	X	C	K	C	X	X	X	X	X	X	K	Q	K	Q	Q			
700	C	X	C	C	C	C	K	C	C	C	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	C		
800	C	C	C	C	K	K	K	K	C	C	C	C	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K		

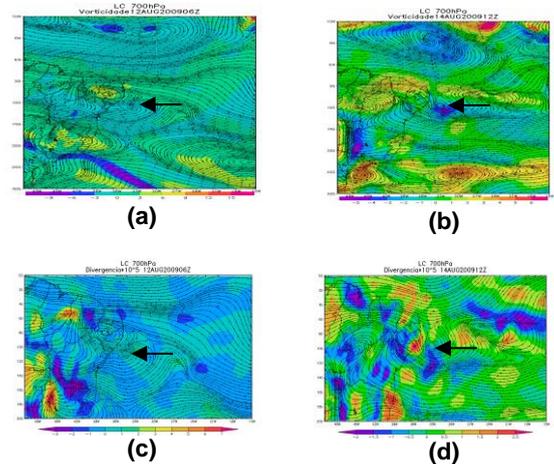
Fonte: Autor, 2016



**Figura 2-** Campos compostos de linhas de corrente e magnitude do vento (m s<sup>-1</sup>) em 700 hPa: 12 de Agosto de 2009 às 00 UTC (a); 12 às 06 (b); 14 às 12 UTC (c); 18 às 12 UTC (d). Seta preta indica o VCMN e traço indica cavado.

### Análise de vorticidade e divergência

O centro do vórtice apresentou um máximo de  $-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  de vorticidade (Figura 2a). Na intencificação, atingiu o valor máximo de  $-5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  de vorticidade (Figura 2b). Foi observado convergência na periferia sudoeste, 6 horas depois do cavado em 700 hPa (Figura 2c). Durante a intencificação observou-se convergência no centro abrangendo até a periferia sul (Figura 2d).

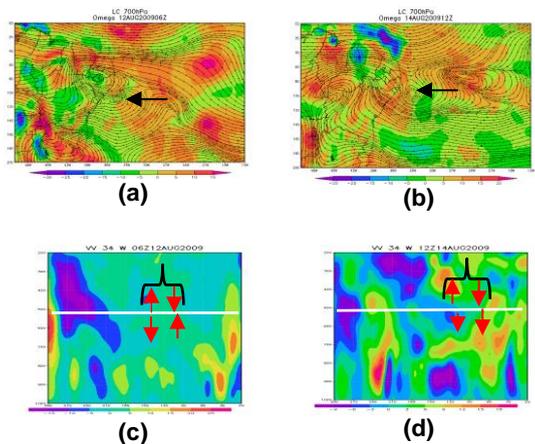


**Figura 3 –** Campos compostos de vorticidade relativa ( $\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ), divergência ( $\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ) e linhas de corrente em 700 hPa no dia 12/08/2009 às 06 UTC (a) e (c); no dia 14 às 12 UTC (b) e (d). Seta preta indica o VCMN.

### Análise de ômega

Durante a formação, foram observados movimentos ascendentes no centro e na periferia oeste (Figura 4a). Durante a intencificação foram identificados movimentos ascendentes no centro e setor leste (Figura 4b).

A análise dos movimentos verticais na secção do centro do vórtice, apresentou variações no caso analisado; foi observado uma estrutura que apresentou movimentos ascendentes ( $-5 \times 10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ ) nas periferias sul abaixo de 700hPa e na periferia norte acima do nível de 700hPa (Figura 4c). Durante a intencificação, apresentou movimentos ascendentes ( $-5 \times 10^2 \text{ Pa s}^{-1}$ ) somente na periferia sul acima de 700hPa (Figura 4d).

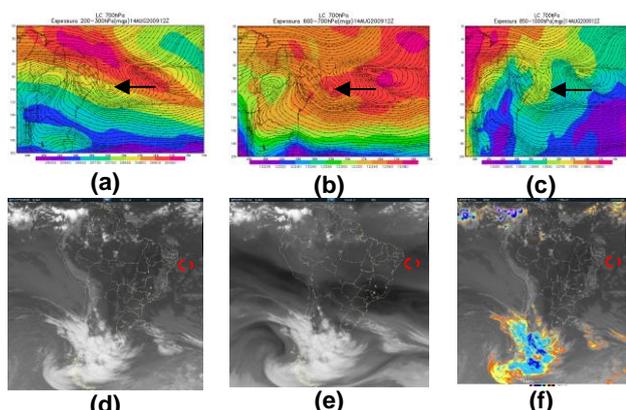


**Figura 4-** Omega ( $\times 10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ ) e linhas de corrente para os dias de formação e intencificação do VCMN em 700 hPa: Dia 12 de Agosto de 2009 às 06 UTC (a) e (c); dia 14 às 12 UTC (b) e (d), Seta preta indicando o VCMN, traço branco o nível do VCMN. Chaves indicando a região do VCMN e setas vermelhas os movimentos ascendentes e descendentes

## Análise da espessura da camada e fenômenos adversos

Durante a intensificação do VCMN, acima do vórtice (em 200-300 hPa) foi observada a região de onda quente na vanguarda e fria na reta guarda (Figura 5a). Em médios níveis (600-700 hPa) o vórtice estava com baroclinia fraca (Figura 5b). Abaixo do vórtice, na camada de 850-1000 hPa o vórtice foi observado na região de onda quente (Figura 5c).

No caso de VCMN analisado, foi identificado um fenômeno adverso sendo ele a precipitação. Foi observado no dia 14 de Agosto de 2009 a precipitação máxima de 41,5 mm/24h pela estação de Mar Vermelho. Assim, pôde-se observar na Figura 5(d) (e) e (f) as imagens de satélites, nos canais de infra vermelho, vapor d'água e infra vermelho realçado, onde constata-se nuvens médias e baixas no estado de Alagoas e na região da atuação do VCMN.



**Figura 5-** Campos compostos de espessura da camada (em cores) e linhas de corrente (linhas pretas) em 700 hPa: dia 14 de Agosto de 2009 às 12 UTC, em altos níveis (a) ; médios níveis (600-700 hPa) (b); baixos níveis (c). Seta preta indica o VCMN. Imagens de satélite nos canais Infravermelho (d), Vapor d'água (e) e Infravermelho realçado (f), círculo vermelho indicando região do VCMN.

## Conclusões:

Os casos analisados, foram localizados entre 700-400hPa, onde foi observado valores máximos de vorticidade de até  $-6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , convergência no centro de  $-2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , movimentos ascendentes de  $-10 \times 10^{-2} \text{ Pa/s}$  no centro e  $-50 \times 10^{-2} \text{ Pa/s}$  na periferia. Baroclinia fraca no nível de atuação do VCMN e precipitação máxima de 81mm/24hs no litoral de Alagoas.

O VCMN foi formado pelas correntes vindas do oeste da África, no caso de 12 de Agosto. Nos casos de 02 de janeiro e 30 de maio, o vórtice foi formado pelas correntes

do hemisfério sul.

A partir dessas observações é notável que se deve fazer mais análises do VCMN e abranger o período de observações da ligação desse vórtice com fenômenos adversos para melhorar e aprimorar a previsão de tempo de curto prazo para região de estudo.

## Referências bibliográficas

FEDOROVA, N., SANTOS, D., M., B., SEGUNDO, M., M., L., LEVIT V. Middle Tropospheric Cyclonic Vortex in Northeastern Brazil and the Tropical Atlantic. *Pure and Applied Geo-physics*, 174 (1), 397-411, 2016. DOI 10.1007/s00024-016-1381-1.

FEDOROVA, N., GEMIACKI, L., CARVALHO, L. C., LEVIT, V., RODRIGUES, L. R. L., COSTA, S. B. Frontal Zone on the North-East of Brazil. In: International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO), 8. Foz do Iguaçu. Proceedings. São José dos Campos: INPE, p. 1765-1768. CD-ROM, 2006.

TERRA.NOTÍCIAS. **Nevoeiro pode ter causado queda de Bimotor.** Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/brasil/criseaerea/interna/0,,O11788278-EI10060,00.html>. Acessado em 27/07/2007.

PONTES DA SILVA, B. F., FEDOROVA, N., LEVIT, V., PERESETSKY, A., BRITO, B. M. Sistemas sinóticos associados às precipitações intensas no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, p. 295-310, 2011.