

Estudo de caso de aspectos dinâmicos de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) em Pernambuco através de sensores remotos

Keyla Manuela Alencar da Silva Alves¹
Ranyere da Silva Nobrega¹
Lucas Costa de Souza Cavalcanti¹
Hanna Lima da Costa Ferreira de Melo¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco – CFCH
Departamento de Ciências Geográficas, Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n
Cidade Universitária 50670-901 Recife-PE
Telefone/fax [81]2126-8277

Keyla.alencar@yahoo.com.br
ranyere.nobrega@ufpe.br
lucascavalcanti3@gmail.com
kali1612@hotmail.com

Abstract

This paper propose to use tools and techniques of remote sensing to monitor Mesoscale Convective Complex (CCM). The CCM's are defined as a whole of thick and cold cumulonimbus clouds which appear circular form and a vertical growth in a break between 6 and 12 hours and they are connected to intense precipitation events and wind gusts. To realize a case research of an CCM between October 23 and 24, 2010, acting in Moxotó watershed (Pernambuco/Alagoas), this paper apply remote sensing techniques for a detailed observation of the behavior of the phenomenon, contributing to the growth of the knowledge of meteorological systems operating in a region. To perform the monitoring, were used satellite images GOES-12 obtained by Institute National of Specials Space (INPE). To observe the consequences caused by the CCM's acting, were used meteorological data (like precipitation, air temperature and relative humidity) of meteorological stations and the estimated value of precipitation were extracted too by satellite images of Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and spatialized to a better understanding of event.

Keywords: mesoscale convective complex; precipitation; remote sensing; meteorology; climatology.

Palavras-chaves: complexo convectivo de mesoescala; precipitação; sensoriamento remoto; meteorologia; climatologia.

1. Introdução

Desde os anos 80, um grande número de artigos científicos tem documentado ambientes, ciclos de vida e características observacionais dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Estes sistemas são importantes devido ao fato de produzirem uma grande fração da precipitação durante os meses quentes (FRITSCH et al. 1986) e frequentemente estão associados com tempo severo (MADDOX et al., 1982). Em um conjunto de estudos detalhados Maddox et al. (1982) observou e destacou um grupo especial de SCM definidos como Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Maddox introduziu a primeira definição, após o feito outros autores utilizaram Maddox como referencia para suas pesquisas de CCM's em outras áreas do globo, tais como Cotton et al. (1989, *apud* CAVALCANTI et al. 2009) pesquisou eventos ocorridos sobre os Estados Unidos; Miller e Frischt (1991, *apud* CAVALCANTI et al. 2009), no Pacífico oeste; Laing e Frischt (1997) na África; e Velasco e Fritz (1987) na América do sul.

Os CCM's são conjuntos de cumulonimbus cobertos por uma densa camada de cirrus que podem ser facilmente identificados em imagens de satélite devido a seu formato aproximadamente circular e com um crescimento explosivo superior a seis horas.

As primeiras observações dos CCM's sobre a América do Sul foram realizadas através de imagens de satélite durante o fim da década de 1980, mesmo assim ainda existem poucas informações referentes às series históricas da atuação destes eventos. Existem indícios de que os ambientes médios definidos por Maddox (1982) para eventos na América do Norte também podem ser usados para descrever ambientes típicos de CCM na América do Sul. E Velasco e Fritsch (1987) também indicam que as características médias dos CCM na América do Sul são similares às na América do Norte, contudo os sistemas na América do sul tendem a se desenvolver após o anoitecer, tendo maior duração e são em média 60% maiores (em área) que os da América do Norte. Velasco e Fritsch (1987) apresentaram uma variedade de 18 hipóteses para os grandes CCM's da América do Sul, mas a falta de observações dificulta qualquer forma de avaliação.

O conhecimento das características dos CCM's na América do Sul é de suma importância uma vez que eles contribuem para o balanço hidrológico local e global (LAING E FRITSCH, 1997). Zipser et al. (2006) utilizando seis anos de dados do satélite TRMM, mapeou os casos de convecção severa mais extremos no globo, enfatizando o sul da América do Sul como a área com as tempestades mais intensas na Terra.

São poucos os estudos diagnósticos de eventos de CCM voltados a Região Nordeste do Brasil, por conta da existência de tal deficiência, este artigo, tem como principal objetivo propor técnicas visuais de detecção através do sensoriamento remoto, mais especificamente através do uso de imagens de satélite GOES -12 (realçada), e caracterizá-lo e classificá-lo conforme sua evolução a partir da proposta de Machado e Rossow (1993).

2. Metodologia

Foram utilizadas as imagens de satélite GOES-12 do canal infravermelho dos dias 23 e 24 de outubro, resolução completa (4 km), calibradas e navegadas foram obtidas on-line da Administração Aeronáutica e Espacial Nacional (NASA) Centro de Vôo Espacial Goddard (GSFC). O tempo de intervalo entre as imagens de satélite GOES-12 observadas foram de 15 minutos, 256 níveis de cinza (NC) estão disponíveis para a conversão para temperatura de brilho (TB), a qual foi calculada 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 seguinte endereço (www.goes.noaa.gov/ECIR4.html), A unidades resultantes do cálculo de TB são em Kelvin, e foram convertidas para Celsius. As imagens utilizadas já foram devidamente processadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), adquiridas através do site (http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_antiores.jsp).

Aqui foram utilizadas imagens do início da formação do CCM sua evolução até sua dissipação, correspondentes aos dias 23 e 24 de outubro de 2010, totalizam 26 imagens. As mesmas foram agrupadas entre intervalos de 15 minutos, para melhor observação de todo o comportamento do CCM analisando.

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°. Os dados

estimados têm mostrado boa correlação com os observados, e possui a vantagem da representação espacial (NÓBREGA et al., 2008a; NÓBREGA et al., 2008b)

A área de atuação do CCM foi sobre a bacia hidrográfica do rio Moxotó (Figura 1), inserida totalmente dentro dos limites do semi-árido nordestino, situa-se quase que totalmente na porção central do estado de Pernambuco e na parte oeste do estado de Alagoas, perfazendo uma área de aproximadamente 9.752,71 km² (8.778,05 km² no estado de Pernambuco e 974,66 km² no estado de Alagoas).

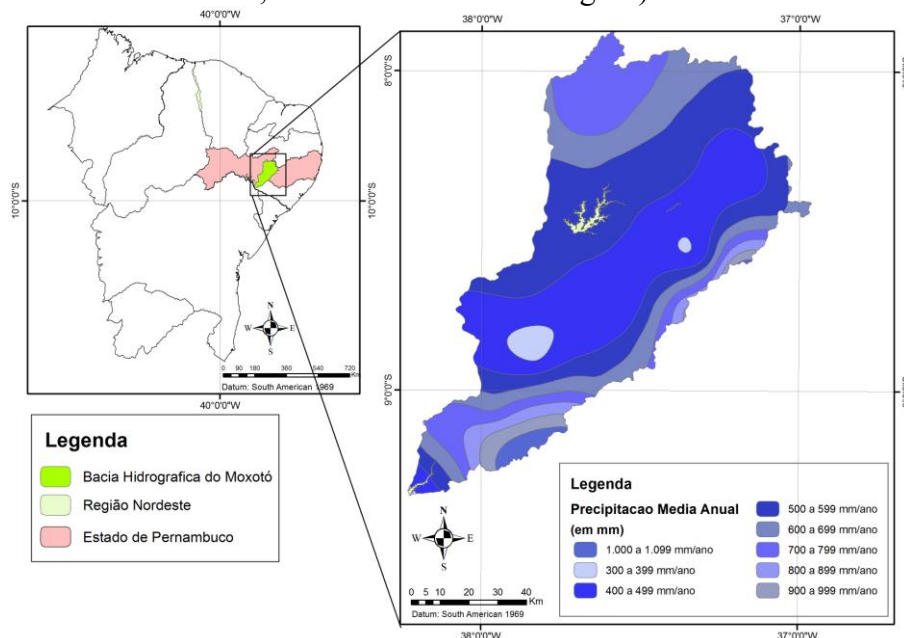


Figura 1: Localização da Bacia hidrográfica do Moxotó e sua precipitação média anual (Fonte: SUDENE)

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização do CCM

As imagens avaliadas foram dos dias 23 e 24 de outubro de 2010. O CCM iniciou sua formação durante o dia 23 entre as 20:00 e 21:00 horas, e dissipou no dia 24 às 05:00. Ocorreu uma variação de tamanho durante sua evolução, mas atingiu uma área maior que 115km², uma temperatura de brilho entre -30°C e -40°C nas bordas, e no centro -50°C e -60°C, com área maior que 85km². Caracterizado por sua forma circular, com excentricidade de 0.5. E obteve 9 horas durante (desde sua formação até a dissipação) num período de dois dias, segundo dados do boletim técnico CPTEC (http://infoclima1.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/200409.pdf).

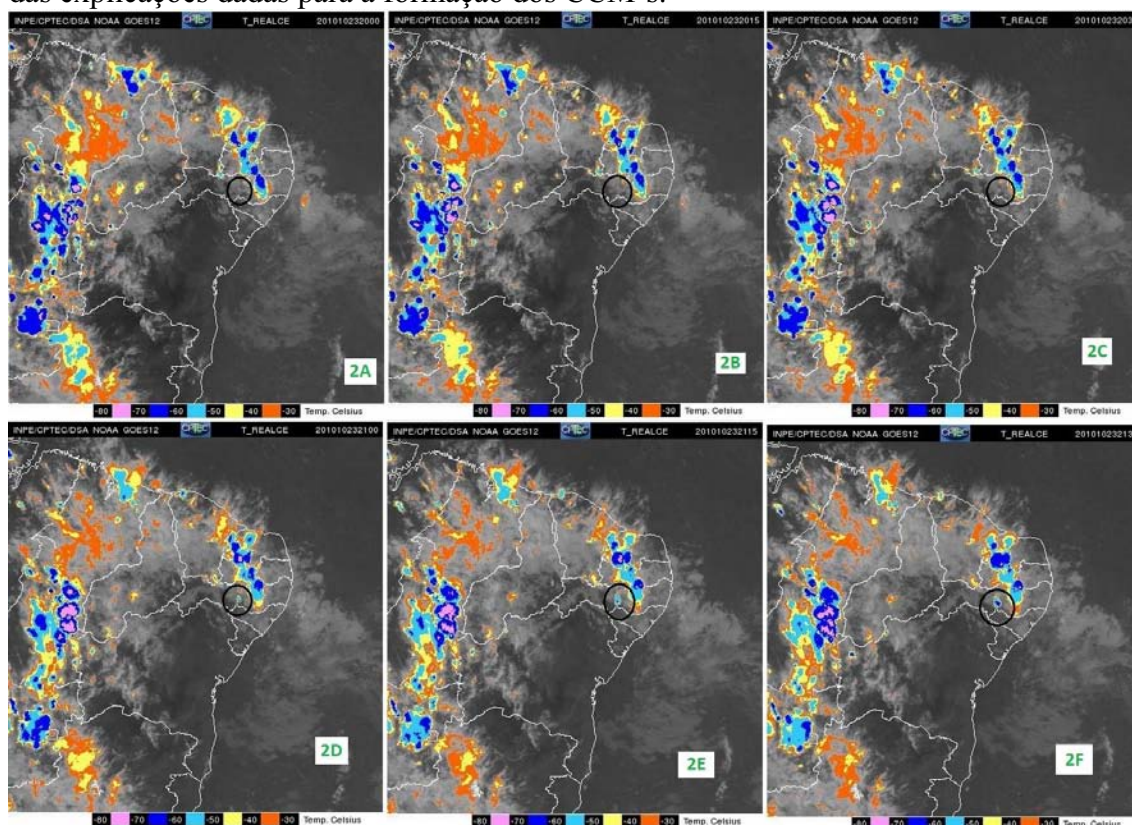
Segundo os critérios originais desse sistema proposto por Maddox (1982), levam-se em conta três aspectos: tamanho, forma e o tempo de vida. Quanto ao tamanho, o CCM deve apresentar, em média, uma cobertura de nuvens com temperaturas no infravermelho menores que -32°C e com área de 100.000 km², e o centro deve apresentar uma temperatura interna menor que -52°C e área de 50.000 km². Por isso a importância da utilização de imagens de satélite, uma vez que através da conversão da imagem de infravermelho para realce de cores por meio da função de temperatura de brilho, pode-se observar com maior propriedade os valores de temperatura, e assim avaliar a dimensão do CCM. Outra característica é o formato circular que o sistema apresenta, com excentricidade (eixo menor/eixo maior) maior que 0,7. E o tempo de vida é de um período superior às seis horas.

3.2. Ciclo de vida do CCM

3.2.1. Gênese

O evento iniciou-se entre as 20:00 hs do dia 23/10, apresentando as primeiras células convectivas. As tempestades individuais se desenvolveram em uma região onde as condições são favoráveis para convecção, um leve movimento ascendente na baixa troposfera, coluna condicionalmente instável, e podem ser observados em destaque nas imagens a seguir (Figuras 2A até 2F).

Os efeitos de pequena escala, como topografia e fontes de calor localizadas exerceram importante papel no estágio inicial de desenvolvimento deste CCM, uma vez que a área de formação trata-se do contato entre a depressão do Ipanema e a borda do planalto do Jatobá, região com diferença altimétrica superior a 400m e declive acentuado. A liberação de calor latente e o aquecimento por compressão no centro podem se combinar para produzir uma região de aquecimento anômalo em meso- β (comprimento da escala de 200 a 20 km, onde ocorrem as tempestades locais, as circulações locais e os jatos de baixos níveis (JBN) (ORLANSKI,1975), de modo que eventos extremos (tempestades, fortes rajadas) ocorrem nesta fase, e esta também é uma das explicações dadas para a formação dos CCM's.



Figuras: 2A – 2F: Imagens GOES – 12 referentes ao início da formação do CCM.

3.2.2 Estágio maduro

Entre as 21:30hs (23/10) e 04:45hs (24/10) o CCM atingiu seu estágio maduro, coincidindo com a máxima intensidade dos jatos de baixos níveis (JBN). Neste momento os elementos de convecção intensa continuam a se formarem na região onde o influxo dos baixos níveis fornece energia (combustível) para o ambiente instável. As 00:00h do dia 24/10 ocorreram as tempestades mais fortes, com precipitação total (das 21:00h as 01:30h horas) de 339 mm, temperatura variando entre 22°C e 24°C, e umidade relativa de 100% (Figuras 3A até 3J).

Nesta etapa, tempestades severas podem ainda ocorrer; entretanto o tipo principal de condição do tempo passa a ser fortes chuvas localizadas, pois os elementos convectivos ocorrem em um ambiente úmido com fraco cisalhamento vertical e assim são bastante eficientes quanto à precipitação.

As características dominantes do sistema maduro parecem ser a grande extensão do fluxo de massa ascendente na média troposfera e a grande área de precipitação. A natureza de núcleo quente da circulação de mesoescala pode produzir uma mesobaixa acima, justamente sobre a mesoalta associada com a rasa camada de ar frio à superfície; esta mesobaixa ajuda a intensificar a convergência no sistema, além do que neste estágio uma grande mesoalta está presente nos altos níveis sobre o sistema.

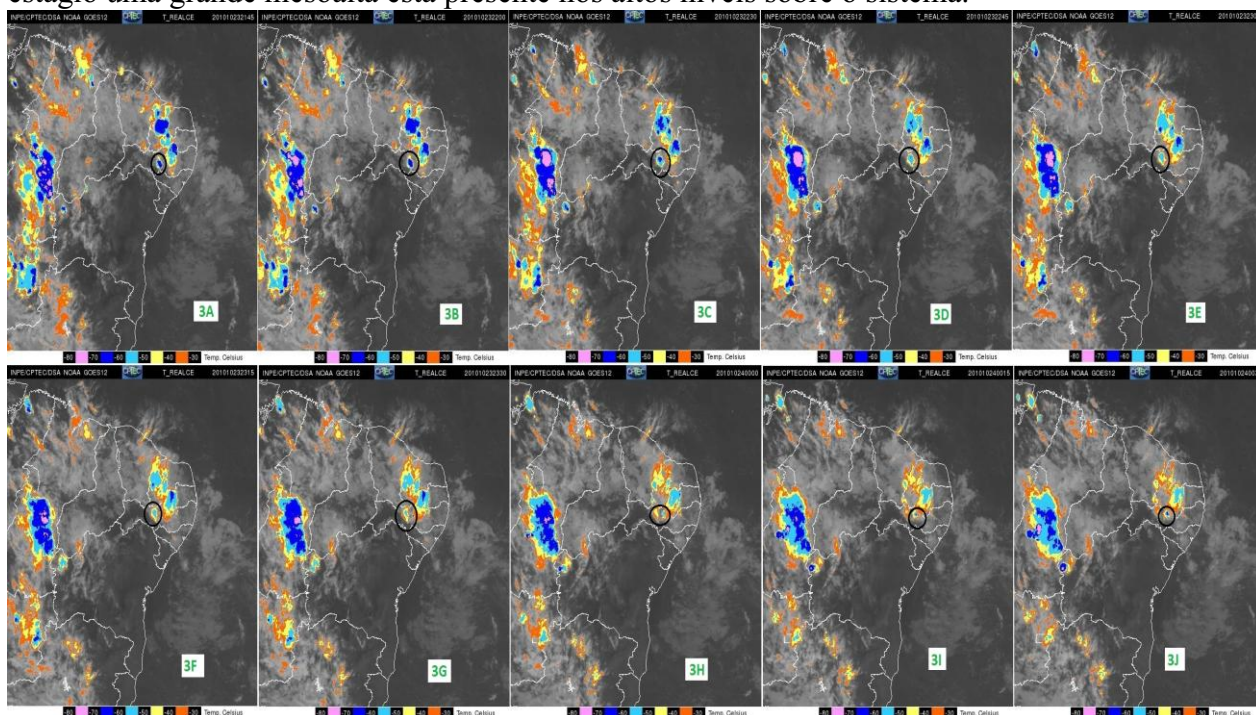


Figura: 3 A – 3 J: Imagens GOES – 12 referentes ao estágio maduro do CCM.

3.2.3 Dissipação

O estágio de dissipação é marcado por uma rápida mudança na estrutura do sistema, pois elementos de intensa convecção não mais se desenvolvem que ocorreu por volta das 04:45hs do dia 24 (Figuras 4 A até 4 F).

O suprimento de energia (combustível) para o sistema foi interrompido ou modificado, de maneira que não apresenta mais a estrutura em mesoescala organizada e aparenta mais caótico nas imagens. Neste momento houve uma diminuição da umidade, de 100% para 70%, a temperatura se manteve estável, e a precipitação foi de apenas 41,2 mm.

Os CCMs podem ter começado a decair por uma série de motivos:

- 1 - O domo de ar frio adiante do sistema pode se tornar tão intenso que a zona de convergência à superfície se afasta da região de ascensão em mesoescala indo em direção a regiões de subsidência nos níveis médios e altos.
- 2 - O sistema pode ter se movido para um meio diferente em larga-escala de modo que o escoamento relativo muda e a convergência de umidade nos baixos níveis é significativamente reduzida.
- 3 - Pode também ter se movido para um meio mais seco e estável em larga-escala. Embora o CCM rapidamente perca sua organização em meso- α , o ar frio e a outflow boundary de superfície ainda formam alguma nebulosidade de maneira que pequenas

pancadas podem persistir por algumas horas. Provavelmente a feição mais importante dos CCM's é sua associação com uma região de convergência na média troposfera e também com uma ascensão organizada em mesoescala; o desenvolvimento dessa feição é particularmente importante porque reflete a sua organização em escala meso- α , sua estrutura e sua dinâmica, os quais são bastante diferentes de outros tipos de sistemas atmosféricos.

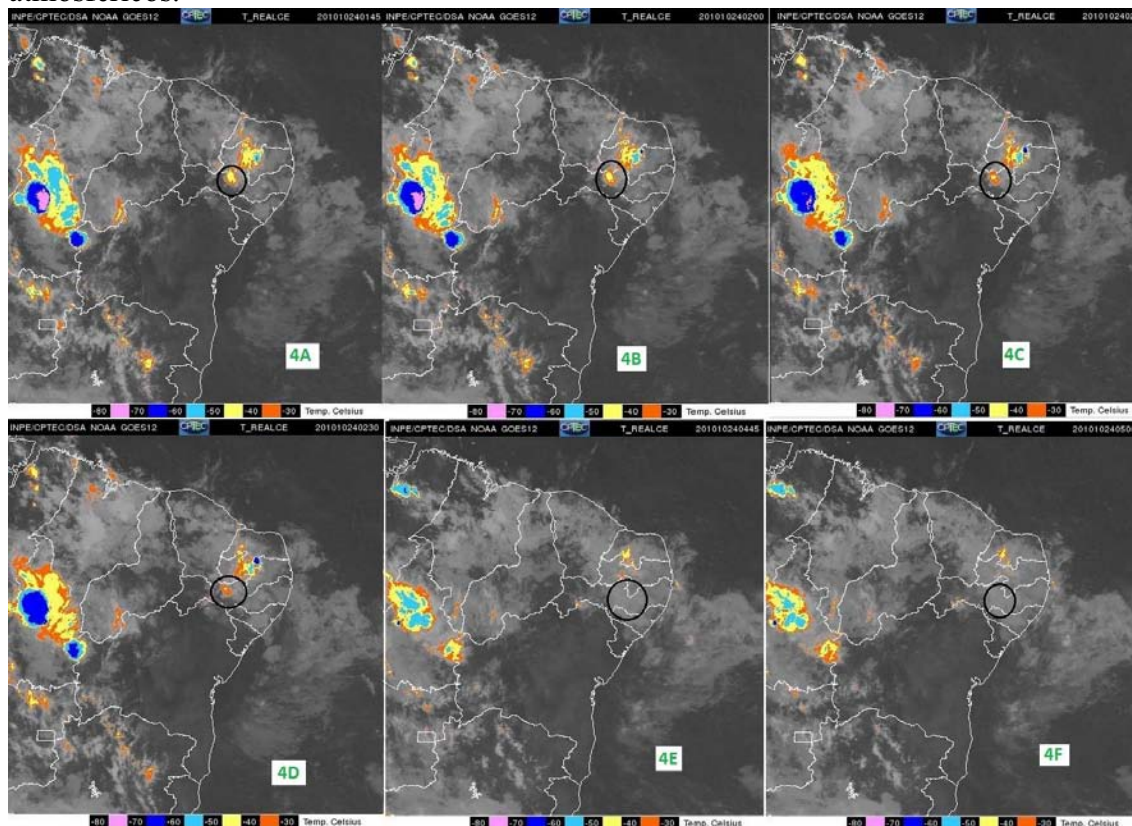


Figura: 4 A – 4 F: Imagens GOES – 12 referentes à Dissipação do CCM.

3.3 Resultados da atuação do CCM sobre a bacia hidrográfica do Moxotó

Por conta da atuação do CCM sobre a bacia hidrográfica do Moxotó, ocorreram variações no tempo meteorológico local, variações nos fatores meteorológicos, devido às tempestades causada, conseqüentemente, houve um aumento considerável da umidade relativa, um registro de acumulo de precipitação relativamente levado, e uma variação da temperatura do ar. Para melhor compreensão das conseqüências deste CCM, foram coletados os dados meteorológicos (precipitação, temperatura do ar, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar) dos dias 23 e 24 (outubro). Através do site do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), das seguintes plataformas de coleta de dados (PCD's): Ibimirim, Itaiba, Arcoverde, Sertânia, Afogados da Ingazeira, Mata Grande e Serra Talhada. Estas PCD's foram selecionadas por estarem dentro do perímetro da bacia (Quadro 1).

Quadro 1: Dados meteorológicos das PCD's do perímetro da Bacia Hidrográfica do Moxotó.

IBIMIRIM - PCD - METEOROLOGICA						ITAIBA - PCD - METEOROLOGICA					
DataHora	Pluvio	T Ar	T Max	T Min	UR	DataHora	Pluvio	T Ar	T Max	T Min	UR
24/10/2010 06:00	89	22	32	21	100	24/10/2010 06:00	17	22	31	21,5	96
24/10/2010 03:00	89	21,5	32	21	100	24/10/2010 03:00	17	22,5	0	0	96

24/10/2010 00:00	89	21,5	0	0	100	24/10/2010 00:00	17	22,5	0	0	94
23/10/2010 21:00	72,75	22,5	32	22	100	23/10/2010 21:00	17	24,5	31	21,5	84
ARCOVERDE - PCD - METEOROLOGICA						AFOGADOS DA INGAZEIRA - PCD - METEOROLOGICA					
DataHora	Pluvio	T Ar	T Max	T Min	UR	DataHora	Pluvio	T Ar	T Max	T Min	UR
24/10/2010 06:00	52,25	20,5	26	19	97	24/10/2010 06:00	113,8	98,0	22,0	24,0	21,0
24/10/2010 03:00	52,25	20,5	26	19	97	24/10/2010 03:00	113,8	98,0	21,5	24,0	21,0
24/10/2010 00:00	51,75	20,5	0	0	97	24/10/2010 00:00	113,2	96,0	22,0	0	0
23/10/2010 21:00	48,25	21,5	26	19	97	23/10/2010 21:00	113,2	94,0	23,0	30,5	20,5
SERTANEA - PCD - AGROMETEOROLOGICA						SERRA TALHADA - PCD - METEOROLOGICA					
DataHora	Pluvio	T Ar	T Max	T Min	UR	DataHora	Pluvio	T Ar	T Max	T Min	UR
24/10/2010 06:00	67,25	24,5	26,5	19,5	86	24/10/2010 06:00		22,8	32,8	22,4	88,0
24/10/2010 03:00	67,25	24	0	0	92	24/10/2010 03:00		23,3	32,8	22,3	83,0
24/10/2010 00:00	66,75	20,5	0	0	100	24/10/2010 00:00		24,7	0	0	74,0
23/10/2010 21:00	67,25	24,5	26,5	19,5	86	23/10/2010 21:00		25,5	32,8	22,3	72,0

Para espacializar a precipitação, foram utilizados, também, os dados de precipitação estimada para os dias do evento, extraídos do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Os dados do satélite apresentaram correlação com os dados das PCD's, e possuem a vantagem da espacialização por meio da imagem gerada (Figura 5).

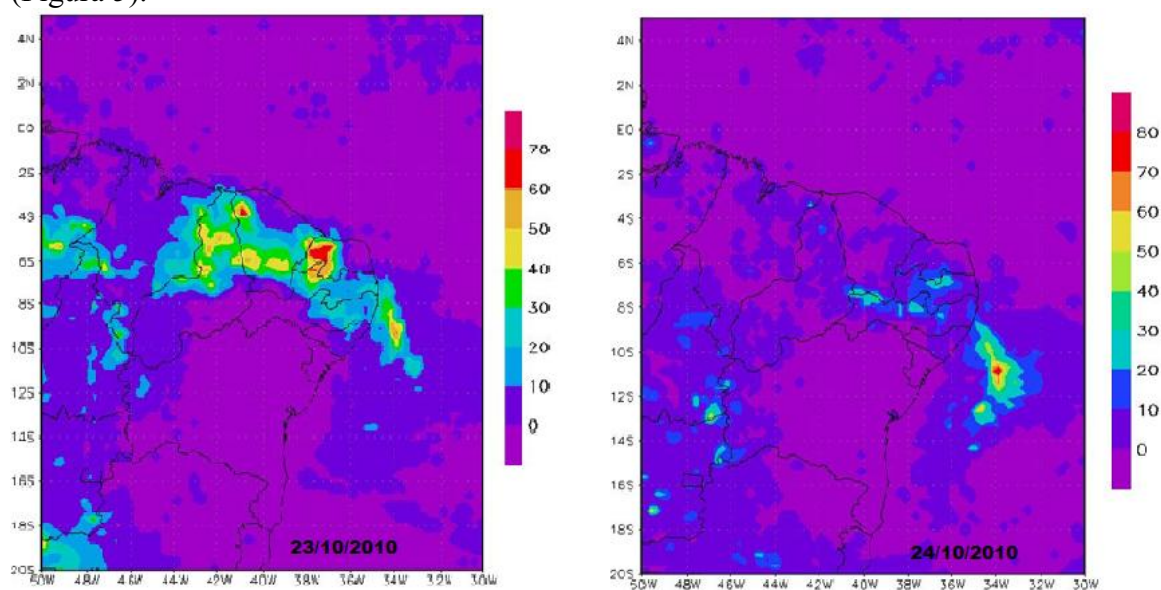


Figura 5: Estimativa de precipitação pelo satélite TRMM acumulada para os dias 23 e 24 de outubro de 2010 (mm).

4. Conclusão

Este estudo apresentou uma análise diagnóstica da atuação de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) sobre a Bacia Hidrográfica do Moxotó, entre os dias 23 e 24 de outubro. Os resultados obtidos evidenciam que a utilização de imagens do satélite GOES-12, devidamente realçada para destaque da temperatura das nuvens, foram eficientes e importantes no monitoramento do evento, bem como do acompanhamento da atuação, o que proporciona uma excelente resposta para realização do estudo.

A resolução temporal do GOES-12 é essencial para o acompanhamento de sistemas com características de vida curta.

A leitura dos dados meteorológicos e da estimativa de precipitação extraída do satélite TRMM desenvolveu mais o trabalho gerando um conhecimento mais detalhado do comportamento e consequências do CCM. A pesquisa a respeito da atuação dos CCM's sobre a região Nordeste é de extrema importância, uma vez que existe uma lacuna na literatura sobre estes eventos.

Agradecimentos

Aos grupos de pesquisa TROPOCLIMA e SERGEO da Universidade Federal de Pernambuco, sob a coordenação de Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega e Profa. Dra. Josicleida Galvêncio, respectivamente, pelo incentivo a pesquisa. A FACEPE pela concessão da bolsa de pesquisa.

Referencias

Boletim Técnico CPTEC. Disponível em:
<http://infoclima1.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/200409.pdf>.

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, p. 182. 2009.

Fritsch, J. M., R. J. Kane, e C. R. Chelius. The contribution of mesoscale convective weather systems to the warm-season precipitation in the United States. **J. Climate Appl.Meteor.** v.25, p.1333–1345. 1986.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em:
<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_antiores.jsp>

Laing, A. G., J. M. Fritsch. The global population of mesoscale convective complexes. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.** v. 123. p. 389–405. 1997

Machado, L. A. T., W. B. Rossow. Structural characteristics and radiative properties of tropical cloud clusters. **Mon. Wea. Rev.** v. 121. p.3234–3260. 1993.

Maddox, R. A., D. M. Rogers, e K. W. Howard. Mesoscale convective complexes over the United States during 1981— **An annual summary. Mon. Wea. Rev.** v. 110, p.1501–1514. 1982.

Nobrega, R.S; Souza, E.P.; Galvêncio, 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, 2008.

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, 2008.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Disponível em:
<www.goes.noaa.gov/ECIR4.html>

Orlanski, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. **Bull. Amer.Meteor. Soc.** v. 56. p. 527–530. 1975

Velasco, I. Y., J. M. Fritsch. Mesoscale convective complexes in the Americas. **J.Geophys. Res.** v.92. p. 9591–9613. 1987

Zipser J. E., D. J. Cecil, C. Liu, S. W. Nesbitt, e D. P. Yorty. Where are the most intense thunderstorms on earth? **Bull. Amer. Meteor. Soc.** v.87. p.1057–1071. 2006.