

# MONITORAMENTO E EVOLUÇÃO DE DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS ASSOCIADAS A SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA

*Suzana Rodrigues Macedo<sup>1</sup>, Wagner Flauber Araújo Lima<sup>1</sup>,  
Luiz Augusto Toledo Machado<sup>1</sup>, Osmar Pinto Junior<sup>2</sup>*

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – INPE/CPTEC/DSA

<sup>2</sup> Divisão de Geofísica Espacial/Grupo de Eletricidade Atmosférica – INPE/DGE/ELAT  
E-mails: {suzana, wagner, machado}@cptec.inpe.br, osmar@dge.inpe.br

## RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar um produto recentemente disponibilizado pelo CPTEC/INPE, em parceria com o grupo de Eletricidade Atmosférica do DGE/INPE. Trata-se da detecção de descargas atmosféricas distribuídas na imagem do canal infravermelho do GOES, em uma área de 10 x 10 km<sup>2</sup> e também da quantidade de descargas elétricas associadas a sistemas convectivos de mesoescala detectados pelo ForTraCC (Forecast and Tracking the evolution of Cloud Clusters).

**Palavras-chave:** descargas atmosféricas, sistemas convectivos, ForTraCC, GOES.

## ABSTRACT

The main goal of this article is to present a product recently developed by CPTEC/INPE in partnership with the Atmospheric Electricity Group of DGE/INPE. The product shows the spatial distribution of lightning flashes on a GOES infrared image within an area of 10 x 10 km<sup>2</sup>, and the number of lightning occurrence associated to mesoscale convective systems detected by the ForTraCC (Forecast and Tracking the evolution of Cloud Clusters) software.

**Key words:** lightning flashes, cloud clusters, ForTraCC, GOES.

## 1. INTRODUÇÃO

O monitoramento em tempo real de tempestades vem despertando o interesse tanto da comunidade meteorológica, como da sociedade em geral, visto a sua reconhecida utilidade nas tomadas de decisão por parte da defesa civil, redes de distribuição de energia elétrica e possibilidades de estudos sobre suas características em diferentes regiões. Os Sistemas Convectivos de

Mesoescala (SCM) são responsáveis pela maior parte da precipitação nos trópicos e em várias regiões de latitudes médias durante a estação quente (Maddox, 1980; Mathon e Laurent, 2001; Machado et al., 2004). O ForTraCC é um método que faz o acompanhamento das trajetórias e ciclo de vida dos SCM, utilizando imagens no canal infravermelho termal de satélite geoestacionário, com base nas similaridades das características morfológicas e da área de superposição entre os SCM em imagens

sucessivas (Machado et al., 1998).

Um aspecto da precipitação intensa é a quantidade de relâmpagos, muitas vezes associada à sua ocorrência. Descargas atmosféricas são descargas elétricas de grande extensão (na ordem de quilômetros) e intensidade que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas, em geral em regiões localizadas dentro de tempestades (Pinto Jr, 2005). A Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Elétricas (RINDAT) é uma rede de sensores e centrais que permitem a detecção, em tempo real, da maior parte de descargas que atingem o solo brasileiro (maiores informações no sítio <http://www.rindat.com.br>). Através desta rede são obtidos os dados de descargas elétricas nuvem-solo em tempo real.

Com o objetivo de complementar o acompanhamento das tempestades atmosféricas através do ForTraCC, a Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), em parceria com o grupo de Eletricidade Atmosférica do INPE (ELAT) da Divisão de Geofísica Espacial (DGE/INPE) e a RINDAT, recentemente desenvolveu um novo produto em caráter operacional: o monitoramento de descargas elétricas atmosféricas acumuladas por pixel e a associação destas descargas com a ocorrência de SCM.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o novo sistema de monitoramento, que permite acompanhar em tempo real a evolução da quantidade de descargas elétricas associadas à ocorrência de SCM. Os dados operacionais estão sendo disponibilizados para usuários no sítio [http://satellite.cptec.inpe.br/htmldocs/raio/dese\\_elet\\_nova.htm](http://satellite.cptec.inpe.br/htmldocs/raio/dese_elet_nova.htm).

## 2. DADOS E METODOLOGIA

O monitoramento de descargas elétricas em SCM envolve a utilização de arquivos de dados de relâmpagos terra-solo fornecidos pela rede RINDAT, a cada 15 minutos, e também de imagens GOES, recebidas a cada meia hora pela DSA/CPTEC e processadas pelo ForTraCC.

As informações de quantidade total de relâmpagos,

ocorridos a cada meia hora (15 minutos antes a 15 minutos depois do horário da varredura do satélite GOES em 20°S), são distribuídas sobre a grade da imagem do canal infravermelho (4 x 4 km<sup>2</sup>) gerando uma matriz  $M_1$ . Desta forma o conteúdo da matriz  $M_1$  corresponde ao número de raios encontrados em cada pixel da imagem GOES (canal infravermelho), no período de meia hora. Esta informação é disponibilizada para usuários a cada meia hora, após a matriz  $M_1$  ser interpolada para uma grade de 10 x 10 km<sup>2</sup> (referência em 20°S).

Para o acompanhamento da evolução do número de descargas elétricas em SCM, fez-se uma integração das informações provenientes das matrizes  $M_1$  com as detecções de sistemas convectivos ocorridas nos mesmos horários. As informações de detecção de SCM são disponibilizadas a cada meia hora pela DSA, adotando a metodologia empregada no ForTraCC.

No ForTraCC, o processo de detecção de sistemas é aplicado para dois limiares de temperatura de brilho, sendo 235 K para SCM e 215 K para células convectivas. O método de identificação de um mesmo SC no tempo " $t$ " e nas imagens sucessivas em " $t+\Delta t$ ", é baseado no critério de mínima superposição da área dos SCM em imagens sucessivas. A área de superposição deve ter um valor mínimo  $n = 150$  pixels (aproximadamente 2.400 km<sup>2</sup>), para considerar a continuidade do SCM em um  $\Delta t = 30$  minutos. Se a área de superposição é menor que  $n$ , o sistema não é considerado como sendo o mesmo sistema no tempo anterior (Machado et al., 1998).

O ForTraCC adota a variação da área do sistema em relação ao tempo como parâmetro  $P$ , indicativo do crescimento (ou decréscimo) relativo do sistema com respeito a sua área média, em um intervalo de tempo  $\delta t$  (tipicamente meia hora) (Machado et al., 2004; Macedo et al., 2004) Se  $P > 0$  o sistema está em processo de expansão e se  $P < 0$  seu estado é de dissipação.

A cada meia hora, o ForTraCC disponibiliza um conjunto de informações a respeito dos SCM detectados na imagem GOES do horário correspondente, acompanhado do histórico destas informações durante a evolução do ciclo do sistema e também uma matriz  $M_2$ , cujos pixels são identificados com o número do SCM a que pertencem ou como não pertencente a nenhum

sistema. Para identificar, dentro da área ocupada por cada SCM, a quantidade de descargas elétricas atmosféricas é feita uma superposição entre as matrizes  $M_1$  e  $M_2$ , atribuindo a cada sistema convectivo a soma das descargas elétricas ocorridas dentro de sua área.

### 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste item são apresentados alguns exemplos de resultados que são obtidos com o método descrito no item anterior, como exemplos da contribuição da meteorologia por satélites no monitoramento de tempestades.

A Figura 1 ilustra, como exemplo, uma imagem de satélite GOES no canal infravermelho em cujos pixels foram detectadas descargas elétricas no período de meia hora. A tecnologia empregada nos sensores permite a detecção de descargas atmosféricas com até 90% de eficiência, dependendo da distribuição dos sensores. As curvas de eficiência de detecção são representadas pelas linhas na figura.

Uma vez que as regiões onde atuam os SCM são afetadas por precipitação intensa e que existe uma relação entre a ocorrência de descargas atmosféricas e a existência de tempestades, tornou-se conveniente uma interação dos dados de quantidades de descargas atmosféricas exemplificados na Figura 1 com a presença de sistemas convectivos, a fim de se estudar a evolução das descargas elétricas nestes sistemas. As Figuras 2 e 3 apresentam exemplos de como estas informações são disponibilizadas para os usuários, através do estudo de um SCM ocorrido em 28 de setembro de 2005, às 22:30 UTC. Na Figura 2, o sistema analisado encontra-se destacado através de círculos. Na Figura 2a observa-se os SCM detectados pelo ForTraCC. Na página de apresentação do produto, diferentes cores indicam as fases do ciclo de vida em que cada sistema se encontra: intensificação (vermelho), estabilidade (amarelo) ou desintensificação (verde) e os tempos de vida previstos para os SCM são indicados pelas cores das setas, que apontam para a direção prevista para suas trajetórias. O período de duração dos SCM divide-se em até 2 horas, entre 2 horas e 6 horas e, de no mínimo 6 horas. O sistema escolhido para este estudo encontra-se destacado pelo

círculo. A cor vermelha indica que o sistema está em fase de intensificação no horário da imagem. A Figura 2b apresenta as quantidades de descargas atmosféricas associadas aos SCM, distribuídas em intervalos. Nesta figura, sobre a região do SCM analisado, foram detectadas entre 50 e 100 descargas elétricas durante um período de meia hora.

A Figura 3 ilustra a evolução SCM analisado, segundo as características de temperatura mínima, expansão e quantidade de relâmpagos. É importante salientar que os conceitos de temperatura mínima e expansão adotados pelo ForTraCC, durante este estudo, correspondem, respectivamente, à média dos cinco pixels de menor temperatura de brilho encontrados no sistema e à variação do tamanho da área em relação ao tempo. Portanto, a temperatura mínima do sistema encontrando-se abaixo do limiar de 215K, representa a temperatura média dos topos mais frios (células convectivas) do SCM. A queda na temperatura dos topos mais frios, observada na Figura 3a, associada ao aumento da expansão da área do sistema no mesmo período (Figura 3b), representa intensificação da atividade convectiva (Machado et al., 2004). A Figura 3c ilustra um aumento no número de descargas elétricas associadas ao sistema durante sua intensificação e queda deste número quando o sistema começa a desintensificar. Observando-se as três curvas da Figura 3 como um todo, nota-se que a curva de valores de temperatura mínima, segue o comportamento da curva de quantidades de relâmpagos. Neste caso, o pico da curva de expansão da área antecede o pico de evolução da ocorrência de relâmpagos.

Casos como este, em que o comportamento da expansão do SCM parece prever a evolução da ocorrência de descargas atmosféricas, vêm sendo observados com relativa frequência, o que tem motivado estudos sobre a previsão de descargas atmosféricas, como uma ferramenta para o *nowcasting*.

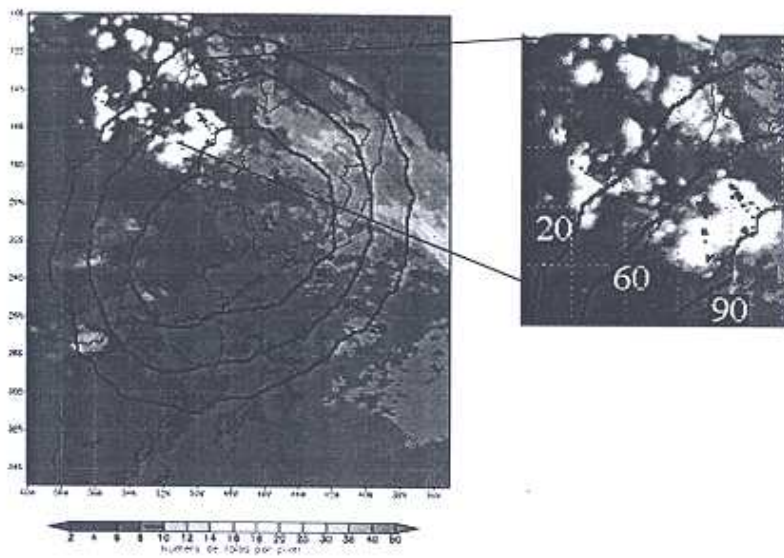


Figura 1: – Número de raios detectados em uma área de 10 x 10 km<sup>2</sup>. As áreas delineadas em preto correspondem à área de eficiência de detecção (20, 60 e 90%) fornecida pelo fabricante dos detectores.

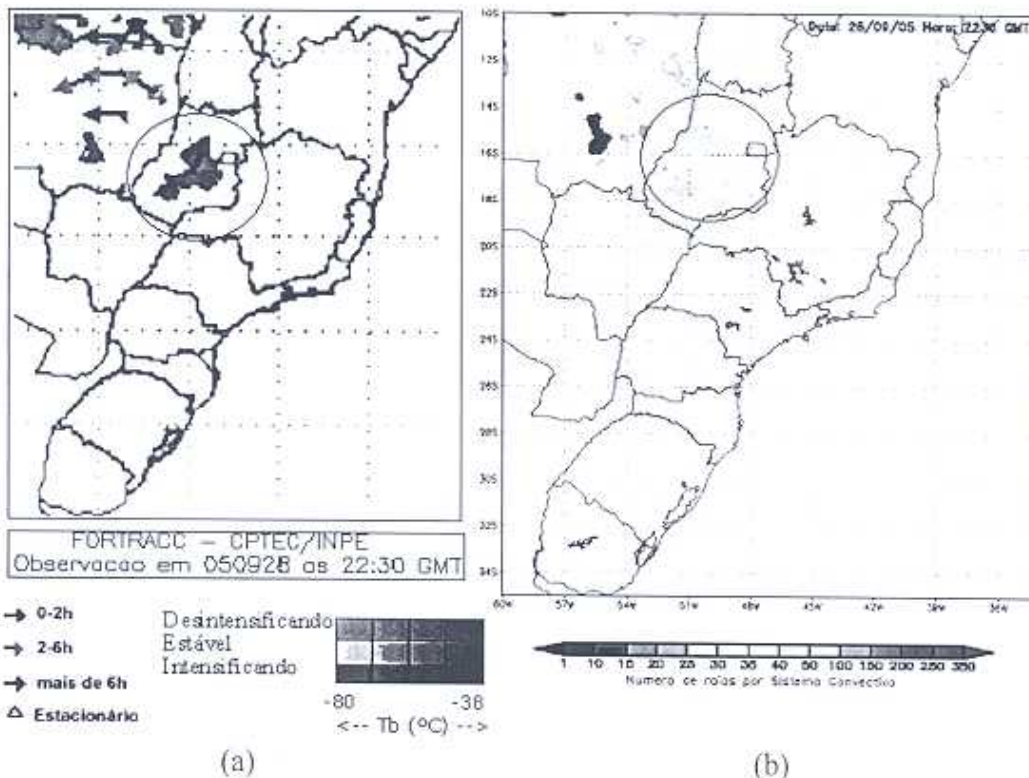


Figura 2: – Sistemas convectivos detectados pelo ForTraCC: a) fase do ciclo de vida, direção e previsão de duração; b) número de descargas atmosféricas por sistema convectivo

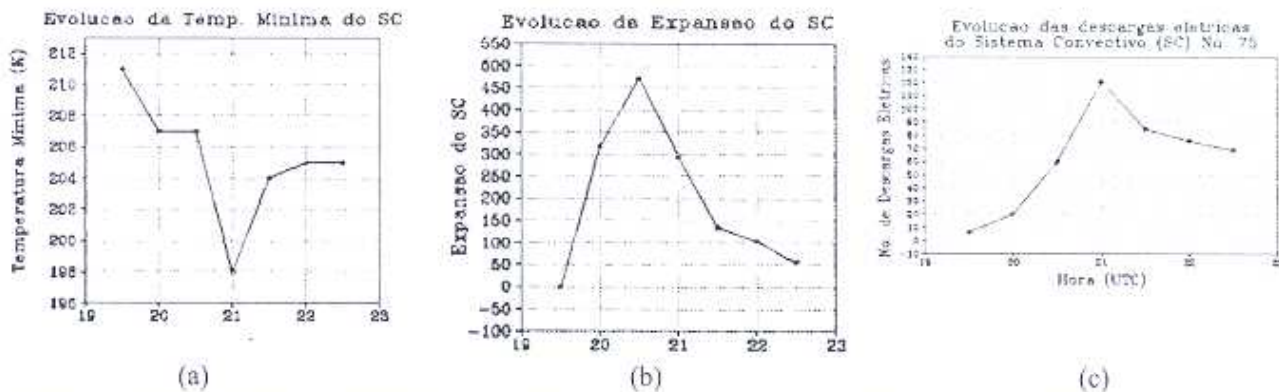


Figura 3: – Evolução histórica das características do SCM: a) temperatura mínima; b) expansão; c) descargas elétricas no SCM.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nestê trabalho foi apresentada uma contribuição da Meteorologia por Satêlites no monitoramento de tempestades: o acompanhamento da evolução de descargas elétricas atmosféricas em SCM. O método intera dois tipos de informações, tal como o acompanhamento de SCM em imagens de satélite GOES através do ForTraCC e a detecção de descargas elétricas na atmosfera, através de sensores da rede RINDAT.

Os dados de quantidade de relâmpagos são interpolados para a grade das imagens GOES (4 x 4 km<sup>2</sup>) e superpostos com dados de detecção de sistemas convectivos. O resultado é o desenvolvimento de um novo produto, que é a detecção de descargas elétricas associadas a sistemas convectivos. Este produto é destinado a aplicações pela defesa civil, redes de distribuição e transmissão de energia elétrica e previsão de tempo entre outras, e está sendo disponibilizado operacionalmente na DSA/CPTEC a cada meia hora. Também são disponibilizados os dados de número de relâmpagos detectados em uma grade de 10 x 10 km<sup>2</sup>, distribuídos sobre imagens do canal infravermelho do GOES.

As análises apresentadas neste trabalho fazem parte de um estudo que visa um futuro sistema de previsão de descargas elétricas, a partir de uma única base de dados que reúne informações sobre evolução das características de sistemas convectivos e quantidade de descargas elétricas atmosféricas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MACHADO, L. A. T; LAURENT, H. The Convective System Area Expansion over Amazonia and its Relationships with Convective System Life Duration and High-Level Wind Divergence. *Mon. Wea. Rev.*, v.132, n 4, p. 714-725, 2004.
- MACHADO, L.A.T; ROSSOW, W. B; GUEDES R. L; WALKER, A. Life cycle variations of convective systems over the Americas. *Mon. Wea. Rev.*, v.126, p. 1630-1654, 1998.
- MACEDO, S.R; MACHADO, L.A.T; VILA, D; MORALES, C.A. Monitoramento de sistemas convectivos de mesoescala atuantes no Brasil utilizando o FORTRACC (Forecast and Tracking of Active and Convective Cells). In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza-CE. *Anais*. 2004, (CD-ROM)
- MADDOX, R.A. Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v.61, p.1374-1387, 1980.
- MATHON, V.; LAURENT, H. Life cycle of the Sahelian Mesoscale Convective Cloud Systems. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, v. 127, p.377-406, 2001.
- PINTO JR, O. *A arte da guerra contra os raios*. Editora Oficina do Texto, 2005.
- PINTO JR., O; SABA, M.M.F; PINTO, I.R.C.A; TAVARES, F.S.S; SOLORZANO, N.N; NACCARATO, K.P; TAYLOR, M; PAUTET, P.D; HOLZWORTH, R.H. Thunderstorm and lightning characteristics associated with sprites in Brazil. *Geophys. Rech. Lett.*, 31(13):13103-13106, 2004.