

# Utilização de imagens METEOSAT de segunda geração para a detecção e monitoramento de sistemas convectivos severos atuantes no Brasil

Humberto Alves Barbosa<sup>1</sup>

Aydin Gürol Ertük<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal – UFAL/ICAT

Campus A. C. Simões, BR 104 Norte Km 97 – 57072-970 – Maceió – AL, Brasil

humberto@ccen.ufal.br

<sup>2</sup> Instituto Turkish State Meteorological Service

Kütükçü Alibey Caddesi 4 – 06120 – Kalaba/ANKARA – Turk

agerturk@meteoroloji.gov.tr

**Abstract.** This work assesses the performance of the METEOSAT-9 multispectral images in monitoring and forecasting severe weather conditions over Brazil. A central issue in our study was to investigate their distinct spectral cloud top retrievals from the METEOSAT-9 images, with a focused study of a severe weather that occurred in Southeastern Brazil on October 24<sup>th</sup>, 2007. The results reveal that METEOSAT-9 cloud top retrievals attain clear and good approach in forecasting severe storms that can cause widespread daily rains over the areas located in Brazil.

**Palavras-chave:** SEVIRI, EUMETCast, tempestades tropicais.

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, as informações meteorológicas obtidas por meio de imagens e dados coletados por satélites meteorológicos geoestacionários têm contribuído para alerta de tempestades severas (Adler and Mack, 1986). A preocupação com desastres naturais cresceu a tal ponto que a WMO (World Meteorological Organization) criou recentemente o programa GEOSS (Global Earth Observing System of System) para que as informações meteorológicas cheguem rapidamente à mão dos tomadores de decisões e dos grupos especializados. Com ele, as instituições Brasileiras de ensino ganharam acesso em tempo "quase-real" não apenas aos dados satelitais disseminados por meio dos sistemas EUMETCast que cobre Europa e África (Barbosa e Prieto, 2007), GEONETCast que cobre as Américas, mas também produtos experimentais e outros dados observacionais.

Atualmente, o Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) dispõem do laboratório de recepção, processamento e visualização em tempo "quase-real" de imagens METEOSAT Segunda Geração (MSG) por meio do sistema EUMETCast da EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites). Estas imagens são utilizadas pelo grupo de meteorologistas do ICAT para o acompanhamento em tempo "quase-real" de tempestades severas, assim a realizar estudos de casos associados. Para tal fim, o objetivo principal deste trabalho é, com a utilização de imagens MSG, de se verificar as características espectrais dos topos das nuvens associadas com as tempestades severas que se formaram sobre o Estado do Rio de Janeiro na tarde do dia 24 de outubro de 2007.

O sensor imageador SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) a bordo dos satélites meteorológicos geoestacionários da série MSG (METEOSAT-8 e METEOSAT-9) coleta dados de radiâncias ou irradiancias integradas em 12 canais nas bandas espectrais do visível, infravermelho próximo e infravermelho térmico, incluindo bandas de absorção pelo vapor de água, ozônio e dióxido de carbono, com uma resolução espacial entre 1 km e 3 km no nadir. Os primeiros três canais destinam-se prioritariamente ao sensoriamento remoto da superfície terrestre, enquanto os outros canais destinam-se preferencialmente a estudos sobre a atmosfera. As regiões espectrais dos canais de 1 a 3 foram definidas para minimizar o

impacto da absorção de gases atmosféricos, as quais possuem a largura e o posicionamento compatíveis com o sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) do sistema EOS (Earth Observing System). A disseminação das imagens adquiridas do SEVIRI de baixa resolução ( $3.712 \times 3.712$  pixels) emprega o sistema LRIT (Low Resolution Information Transmission). A partir deste modo é possível obter uma imagem com resolução espacial de 3 km por *pixel* no nadir (EUMETSAT, 2007). Ainda, as imagens de alta resolução ( $11.136 \times 7.700$  pixels) emprega o sistema HRIT (High Resolution Information Transmission), fornecendo uma imagem com resolução espacial de 1 km por *pixel* no nadir (EUMETSAT, 2007).

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Caso estudado

Motivados com a ocorrência de um evento severo de precipitações intensas que atingiu a cidade do Rio de Janeiro na tarde do dia 24 de outubro de 2007, causando morte e danos materiais estimados em quinze milhões de reais. Neste dia, o Túnel Rebouças foi fechado, quando houve um deslizamento de mais de sete mil toneladas de terra (Fig. 1). A Figura 2 mostra um aglomerado de nuvens convectivas (CB's) que esteve posicionado a sudeste da frente fria, em forma de vírgula invertida com movimento no sentido horário, causando precipitações intensas. Ela mostra os sistemas atuantes para todo o território brasileiro. Observa-se além dos núcleos mais frios, o movimento de células convectivas de NW para SE, enquanto o sistema frontal avança de SW para NE.



Figura 1. Deslizamentos de toneladas de terra no Túnel Rebouças causados por precipitações intensas no centro urbano do Rio de Janeiro no do dia 24 de outubro de 2007. (FONTE: <http://oglobo.globo.com/rio/transito/mat/2007/10/24/326882635.asp>).

### 2.2 Dados utilizados e Processados

A Figura 3 mostra uma ampliação detalhada (zoom) da imagem no canal infravermelho termal do METEOSAT-9, às 17:30 UTC do dia 24. Ela ilustra a presença de três núcleos de topos mais frios sobre a região em questão, onde foram disparadas as primeiras tempestades severas, definidas em forma aproximadamente circular e em tons vermelhos escuros nesta imagem. Pode-se notar ainda que os topos mais frios (206K), e, portanto, melhor

correlacionados à chuva, encontraram-se sobre a cidade do Rio de Janeiro. Nesse caso, uma característica sinótica marcante foi a presença de uma região de subsidência com temperaturas no infravermelho termal de aproximadamente 225K, junto à fronteira dos topos mais frios. Isto podia ser relacionado com o crescimento e decréscimo do topo de nuvem. Topos convectivos melhor relacionados à chuva convectiva podem ser identificados em limiares mais altos como 253K (Adler e Negri, 1988, Machado et al. 1992). Entretanto, no caso estudado, o limiar de 225K encontrado seja menor do que o normalmente considerado em trabalhos de estimativa de precipitação (Adler e Negri, 1988), pode ser comparado ao limiar encontrado por Bottino et al. (2000), que foi de aproximadamente 228K. O último não trabalhou com estimativas de precipitação. Na Figura 4, podemos ainda observar visualmente o deslocamento e a evolução destes núcleos, utilizando imagens sucessivas em composição colorida RGB (WV6.2 $\mu\text{m}$  – WV7.3 $\mu\text{m}$ ; IR3.9 $\mu\text{m}$  – IR10.8 $\mu\text{m}$ ; NIR1.6 $\mu\text{m}$  – VIS0.6 $\mu\text{m}$ ). As cores resultantes da composição colorida RGB indicam suas intensidades: laranja claro indica a fase de intensificação, vermelho claro corresponde à estabilização e azul escuro à desintensificação.

O campo médio de vorticidade relativa em altos níveis, observada das 18:00 as 00:00 UTC do dia 24, foi importante para localizar as áreas com condições dinâmicas favoráveis a formação de tempestades severas (Fig. 5). Particularmente sobre o Estado de Rio de Janeiro, a configuração apresentada propiciou vorticidade relativa anticiclônica, com uma célula fechada de  $+0,6 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ , que gerou condições favoráveis para a ocorrência de movimento vertical ascendente e conseqüentemente intensa atividade convectiva. As características observadas foram favoráveis para a presença de forte instabilidade. Por outro lado, a vorticidade anticiclônica também atua forçando a instabilidade, estimulando movimentos verticais ascendentes e divergentes. O campo médio de vorticidade em altos níveis mostrou uma configuração consistente com os baixos valores de topos de nuvens observados sobre este estado, onde foram disparadas as primeiras tempestades severas.

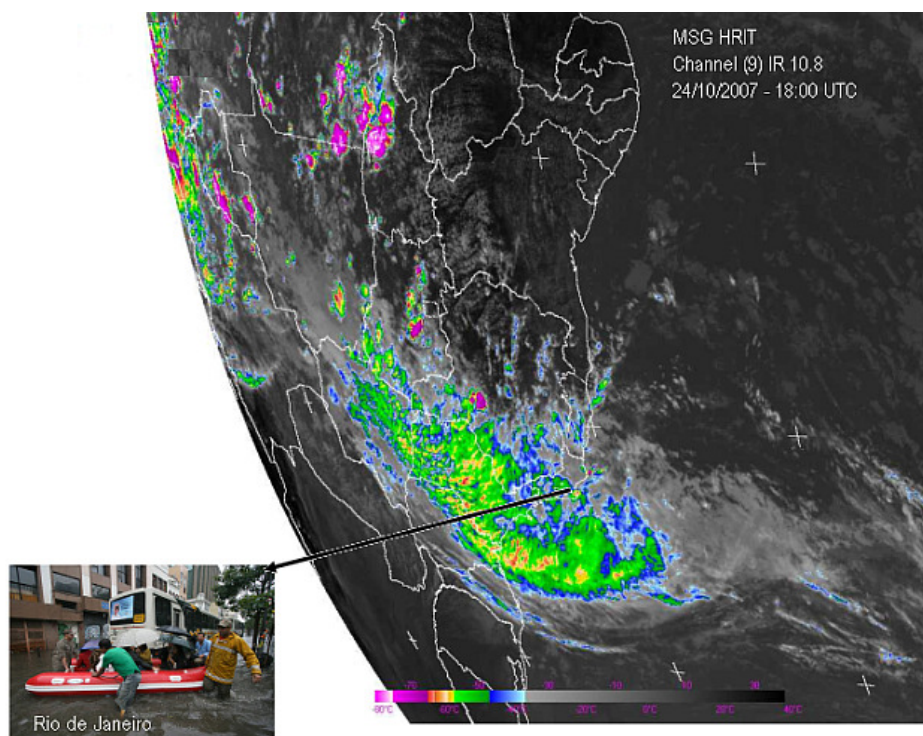


Figura 2. Imagem do canal IR 10.8  $\mu\text{m}$  do METEOSAT-9, às 18:00 UTC. A foto mostra rua inundada no Centro do Rio de Janeiro.

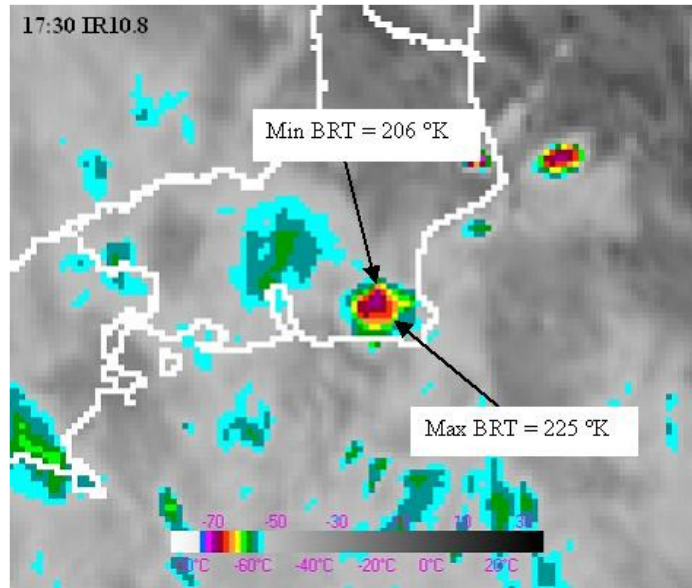


Figura 3. Imagem (zoom) com topos classificados com temperatura de 206K, no dia 24 de outubro de 2007 as 17:30 UTC.

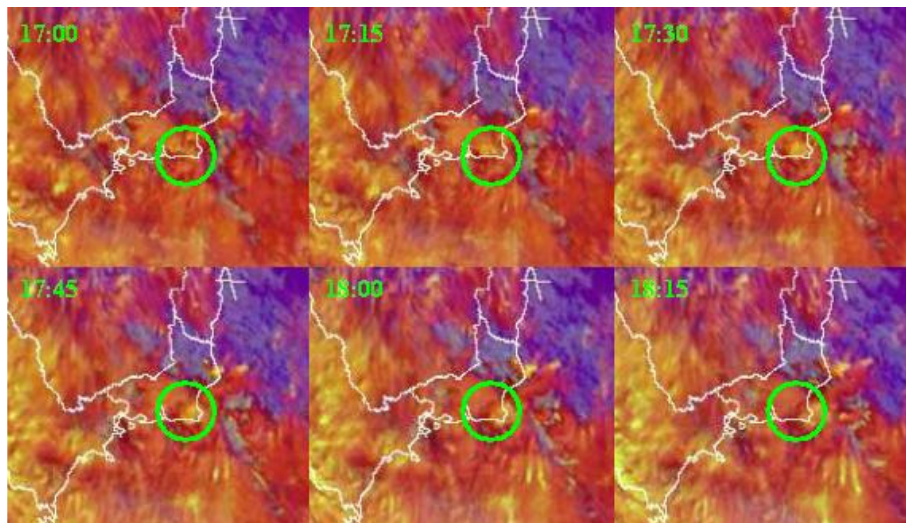


Figura 4. Imagens sucessivas em composição colorida RGB (WV 6.2  $\mu\text{m}$  – WV7.3; IR 3.9  $\mu\text{m}$  – IR 10.8  $\mu\text{m}$ ; NIR 1.6  $\mu\text{m}$  – VIS 0.6  $\mu\text{m}$ ) das 17:00 as 18:15 UTC. Onde as regiões mais claras (a cor laranja) correspondem à maior intensidade dos sistemas convectivos atuantes na região.

A Figura 6 mostra a relação entre as diferenças espectrais WV6,2 $\mu\text{m}$  – IR10,8 $\mu\text{m}$  e VIS0,6  $\mu\text{m}$  – NIR1,6 $\mu\text{m}$  relativa a presença de nebulosidade associada aos aglomerados de células convectivas. A partir da localização dos *pixels* extraídos na área de cobertura observada na Figura 3, foram extraídos aproximadamente 32 mil *pixels*. Nessa análise não foi selecionada pelo tipo de nuvem e, portanto, *pixels* resultantes de nuvens rasas, menos frias, fizeram parte dos resultados. Pode-se observar um ótimo ajuste a uma curva logarítmica com um coeficiente de determinação de 0,6337 e raiz quadrada do erro médio em porcentagem (RMSE%) de 10,27%. Nota-se que à medida que a diferença VIS0,6 $\mu\text{m}$  – NIR1,6 $\mu\text{m}$  aumenta para valores positivos diminui a diferença WV6,2 $\mu\text{m}$  – IR10,8 $\mu\text{m}$  para valores próximos de zero. Devido à forte absorção do canal do vapor d'água, a qual varia em altitude, espera-se

que a diferença entre os canais seja quase sempre negativa. Nem toda a tempestade tropical atinge a tropopausa, onde a pressão de saturação de vapor é extremamente pequena devido às baixíssimas temperaturas. Acima da tropopausa, a diferença entre os canais se torna positiva, como indicativo de umidade que a nuvem convectiva profunda injeta na estratosfera. Em boa aproximação, portanto, a quantidade de umidade na coluna de ar entre o topo da nuvem e o satélite é muito pequena e, conseqüentemente, a radiância no canal do vapor d'água (WV6,2  $\mu\text{m}$ ) se aproxima daquela medida pelo canal da janela atmosférica (IR10,8  $\mu\text{m}$ ).

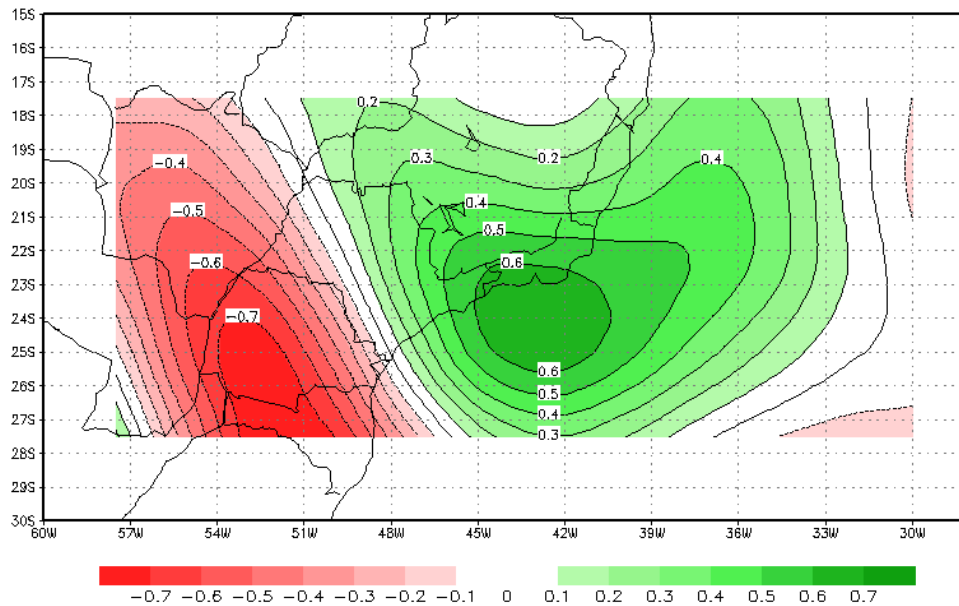


Figura 5. Campo médio de vorticidade relativa em 200hPa, observada das 18:00 as 00:00 UTC do dia 24 de outubro de 2007.

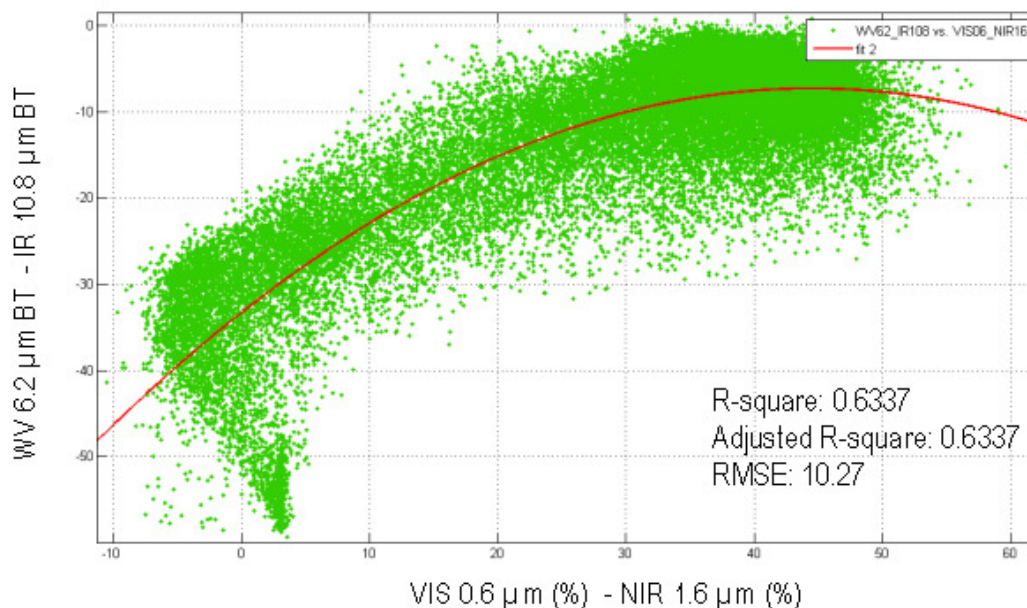


Figura 6. Variação espacial das diferenças espectrais (WV6,2 $\mu\text{m}$  – IR10,8 $\mu\text{m}$ ) em função das diferenças espectrais (VIS0,6 $\mu\text{m}$  – NIR1,6 $\mu\text{m}$ ).

## 5. Conclusões

Neste trabalho analisa-se a relação entre as diferenças espectrais WV6,2 $\mu$ m – IR10,8 $\mu$ m e VIS0,6 $\mu$ m – NIR1,6 $\mu$ m do sensor SEVIRI, para o caso de tempestades severas que atingiram o Estado do Rio de Janeiro em 24 de outubro de 2007. Para tal fim, foram utilizados dados da estação receptora de imagens do METEOSAT-9 localizada no prédio do ICAT/UFAL. Como metodologia, foi necessária a conversão dos números digitais da imagem para valores físicos de radiância, bem como a implementação de cálculos que incluem temperatura de brilho e reflectância. Tal conversão tem como objetivo permitir a caracterização espectral. A partir dos dados georeferenciados de reflectância e temperatura de brilho foram extraídos aproximadamente 32 mil *pixels*. Os resultados obtidos sugerem uma função logarítmica com um coeficiente de determinação de 0,6337 e raiz quadrada do erro médio em porcentagem (RMSE%) de 10,27%. Foi possível detectar ainda topos de tempestades convectivas no infravermelho termal de aproximadamente 206K. Com base nos resultados obtidos conclui-se que as diferenças dos canais WV – IR e VIS – NIR permite detectar com clareza a influência (impacto) dos topos das nuvens no grau de severidade das tempestades locais que se formaram na data do evento. Também imagens dos satélites meteorológicos geoestacionários MSG proporcionam considerável ganho em resolução temporal, dado sua seqüência de 96 imagens por dia para cada canal.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à EUMETSAT, Sr. José Prieto, pela concessão da licença de operação do sistema EUMETCast na UFAL. Também o primeiro autor agradece à UFAL pelo apoio financeiro concedido.

## Referências Bibliográficas

- Adler, R. F.; Negri, A. J. A Satellite Infrared Technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. **Journal of Applied Meteorology**, v. 27, n. 1, p.30-51, 1988.
- Adler, R. F.; Mack, R. A. Thunderstorm cloud top dynamics as inferred from satellite observations and a cloud top parcel model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 43, n. 18, p. 1945-1960, 1986.
- Barbosa, H. A.; Prieto, J. I. P. Recepção, processamento e aplicação de dados METEOSAT de Segunda Geração na Universidade Federal de Alagoas. **Anais**. XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju/SE.
- Bottino, M. J. Um modelo de estimativa de radiação solar por satélite: Análise e aprimoramentos. 85p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2000. (CDROM)
- EUMETSAT. **Technical document EUM TD 15**. Issue 3.2, 5 September 2004. Darmstadt, Germany. 2004.
- EUMETSAT. **MSG Level 1.5 Image Data Format Description**. Darmstadt, Germany, 2007.
- Machado, L. A.; Debois, T.; Duvel, J. P. Structural characteristics of deep convective systems over tropical África and Atlantic Ocean. **Monthly Weather Review**. n. 120, p. 392-406, 1992.