

## **Análise da Generalização Cartográfica em Imagens Índice de Vegetação Geradas a partir de Dados Meteosat Second Generation**

Carlos Roberto da Silveira Junior<sup>1,2</sup>  
Vinícius Vieira Mesquita<sup>2</sup>  
Laerte Ferreira Guimarães Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás, Campus Inhumas - IFG  
Av. Universitária s/n, Vale das Goiabeiras, Inhumas, Goiás, Brasil  
profcarlos.ifg@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás  
Campus Samambaia, LAPIG, Goiânia, Goiás, Brasil  
{vieiramesquita, lapig}@gmail.com

**Abstract.** Geostationary satellites, traditionally focused on the detection and monitoring of atmospheric phenomena are increasingly used for the dynamic monitoring of the surface. Among these stands the Meteosat 10 which is located at 0 ° longitude, with field of view that covers part of South America and provides data every 15 minutes. The Meteosat 10 represents an opportunity to approach, through the NDVI vegetation index, processes that occur in plants, such as the duration and intensity of the plant's photosynthetic activity and plant phenology. This article aims to assess the NDVI generated from Meteosat 10 images, especially with respect to its cartographic generalization and study area as having the PNE (Parque Nacional das Emas, Goiás). The proposed methodology is based on mapping the vegetation types, in order to aid in the comparative analysis between different satellite sensors. For that, a Meteosat 10 pixel was selected in a representative area of the vegetation types of the PNE, and that were coincident with the passages of the satellites Terra MODIS and Landsat 8 OLI. The use of Meteosat 10 data for vegetation indices presents some challenges, but the unmatched high temporal resolution with bands in the range of the reflected spectrum, represents a great potential for environmental monitoring.

**Palavras-chave:** Meteosat 10, generalização cartográfica, índice de vegetação, satélite geoestacionário, cartographic generalizations, vegetation index, geostationary satellites.

### **1. Introdução**

O sensoriamento remoto, termo cunhado no início dos anos de 1960, é uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em escala global (Menezes & Almeida, 2012). A partir dos índices de vegetação, em particular, se tornou possível a inferência de parâmetros biofísicos referentes à vegetação, em extensas áreas da superfície da Terra, bem como de suas respostas frente a ação de fenômenos ambientais diversos e à influência antrópica (Bitencourt & Ginciene, 2011).

Desde 1972, em geral, o sensoriamento remoto da superfície terrestre tem se baseado no uso de satélites orbitais polares (Menezes & Almeida, 2012). Este conjunto de sensores incluem o AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), a série POES (*Polar Operational Environmental Satellite*), o SPOT Vegetation, o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a série Landsat, entre outros. No entanto, todos esses sensores enfrentam o desafio de gerar imagens livres de contaminação atmosférica, sendo que dados livres de nuvens só podem ser alcançados através de métodos de composição de dados ao longo de dias ou semanas (Fensholt et al, 2011; Fensholt et al, 2006). Contudo, como muitos cultivos são de poucos meses, as imagens de satélites geradas por composições livres de nuvens nem sempre são úteis para o acompanhamento temporal do cultivo (Roy *et all*, 2014).

Por outro lado, os satélites geoestacionários, tradicionalmente voltados para a detecção e acompanhamento de fenômenos atmosféricos e condições climáticas severas, como tornados, inundações repentinas, tempestades de granizo e furacões, tem sido cada vez mais utilizados

para o monitoramento dinâmico da superfície. Com estes sistemas, a probabilidade de ver a superfície do solo através de lacunas na cobertura de nuvens é consideravelmente maior (Fensholt et al, 2006; Ertürk et al, 2014).

Entre estes satélites, destaca-se a série Meteosat da ESA (*European Space Agency*), em órbita desde 1977. O Meteosat 10, ou MSG-III (Meteosat Second Generation III), está a 0° de longitude e com um campo de visada cobrindo toda a África, grande parte da Europa Ocidental, Oriente Médio e nordeste da América do Sul. O sensor a bordo do satélite Meteosat 10 é o SEVIRI (*Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager*), que produz, a cada 15 minutos, e com resolução espacial de 3 a 4 km, imagens em 12 bandas espectrais, sendo: três bandas do visível, uma banda do infravermelho próximo e oito bandas de infravermelho médio e termal, tendo ainda uma banda pancromática (região do visível), com 1 km de resolução espacial (EUMETSAT, 2014).

Estudos recentes têm demonstrado o potencial dos dados SEVIRI para a geração de diversos índices ambientais como o NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) (Fensholt et al., 2011) e na geração de composições de resolução temporal maior do que os satélites polares convencionais (Fensholt et al., 2006). Da mesma forma, o SEVIRI parece ser bastante adequado ao estudo de ecossistemas e da fenologia (Yves et al., 2013), cujas mudanças nas respostas da vegetação à sazonalidade podem vir a ser importantes indícios de mudanças ambientais (Roy et al, 2014).

Com a alta resolução temporal do Meteosat 10 surgem oportunidades para abordar processos que ocorrem nas plantas como a duração e intensidade da atividade fotossintética e compreensão da fenologia da planta, que antes não podiam ser medidos (Fensholt et al, 2011; Rulinda et al, 2010). Contudo, como o NDVI apresenta dependência de condições de iluminação, ângulo de visada e intensidade de vegetação, efeitos acentuados com o aumento do IFOV (*Instantaneous Field Of View*), a geração de imagens NDVI diárias a partir de dados Meteosat 10 requer que estes parâmetros sejam corretamente entendidos e modelados (Fensholt et al, 2006).

Esse artigo tem como objetivo avaliar o índice de vegetação NDVI gerado a partir de imagens Meteosat 10, principalmente no que diz respeito à sua generalização cartográfica.

Para esse estudo foi selecionado o PNE (Parque Nacional das Emas), localizado no Estado de Goiás, uma Unidade de Conservação do bioma Cerrado que, possui uma área aproximada de 132.000 hectares, e compreende os domínios fitofisionômicos de cerrado strictu sensu, campo sujo, campo limpo, campo de murundus, veredas, mata de galeria e mata ciliar (ICMBio, 2014).

## 2. Metodologia

Este estudo teve por base as seguintes etapas principais: i) seleção de um pixel Meteosat 10 em uma área representativa das fitofisionomias representativas do PNE e que fosse coincidente com as passagens dos satélites Terra MODIS (*tile h12v10*) e Landsat 8 OLI (*WRS tiles 224/072 e 224/073*); ii) Geração de um mapa de cobertura vegetal para a totalidade do PNE para servir como referência às análises comparativas entre MSG, MODIS e OLI;

Especificamente, dentro da área do PNE foi criada uma grade representando os pixels do satélite Meteosat 10 e posteriormente amostrados quatro pixels coincidentes com o *composite* MOD13Q1, i.e. Dia-do-Ano 235 (23/08/2014). Destes quatro pixels, apenas a amostra A4 (Figura 1), com o maior valor de NDVI, foi selecionada.

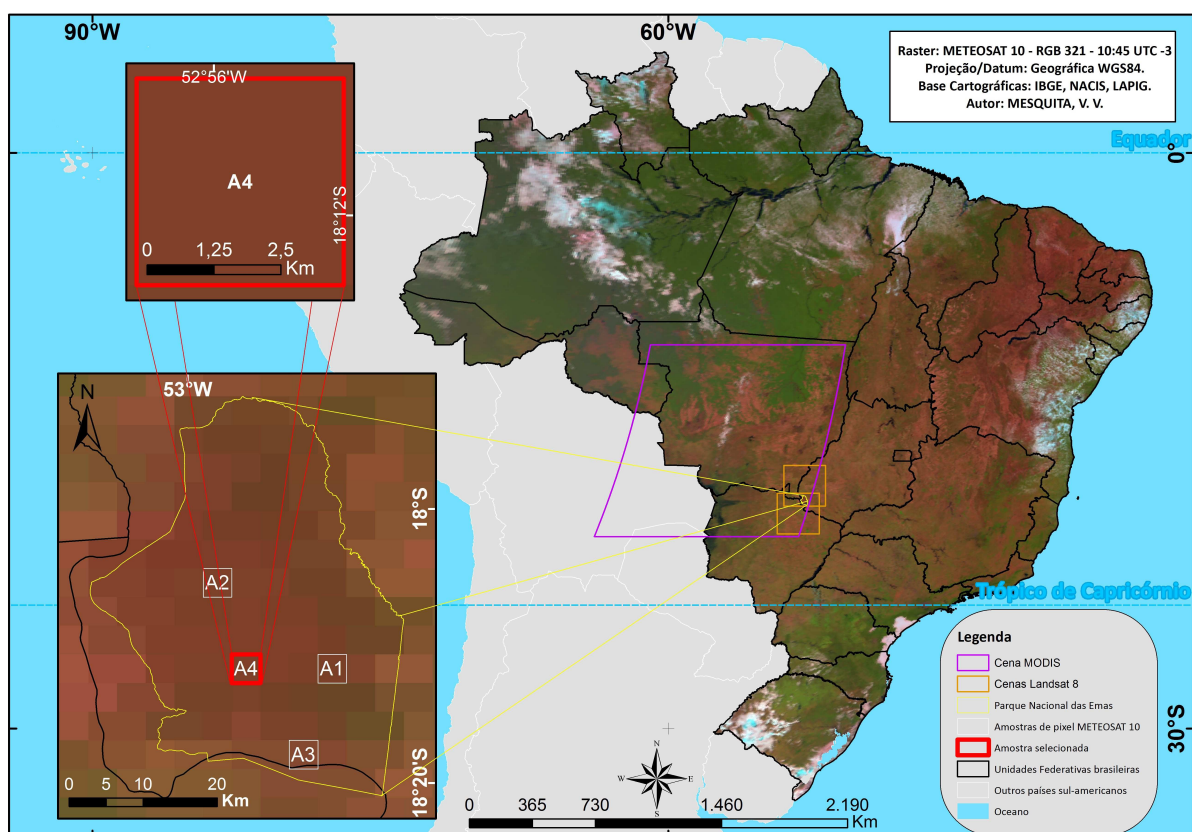


Figura 1. Mapa de Localização do Parque Nacional das Emas (Estado de Goiás), sobre composição colorida, com destaque para a amostra A4.

Com exceção do Produto MOD13Q1 (cuja imagem NDVI já é gerada a partir de valores de reflectância absoluta), as bandas vermelho e infravermelho próximo dos satélites Meteosat 10 e Landsat 8 foram calibradas para valores de reflectância aparente, utilizando, respectivamente, o *software MSG Data Retriever* e a ferramenta *Radiometric Calibration* do *software ENVI v5.1*. A Tabela 1 apresenta as bandas do espectro refletido para os sensores dos satélites Meteosat 10, Terra MODIS e Landsat 8.

O mapa de cobertura vegetal, conforme os tipos fitofisionômicos propostos por Ribeiro e Walter (1998), para o PNE foi obtido a partir da interpretação visual da imagem OLI RGB 6, 5, 4 (Figura 2) e o auxílio de imagens de alta resolução espacial para o ano de 2013 disponibilizadas através da plataforma Bing Maps (Bing API inserida no *software* aberto SAS Planet).

Tabela 1. Bandas do Espectro Refletido do Meteosat 10, Terra MODIS e Landsat 8.

BANDAS DO ESPECTRO REFLETIDO			
Satélite / Sensor			
Bandwidth / Intervalo Espectral (nm)	Satélite / Sensor		
	Meteosat 10 / SEVIRI	EOS TERRA / MODIS	Landsat 8 / OLI
	<b>Visível</b> Canal 1 (560 - 710)	Banda 8 (405 - 420) Banda 9 (438 - 448) Banda 3 (459 - 479) Banda 10 (483 - 493) Banda 11 (526 - 536) Banda 12 (546 - 556) Banda 4 (545 - 565) Banda 1 (620 - 670) Banda 13 (662 - 672) Banda 14 (673 - 683)	Banda 1 (433 - 453) Banda 2 (450 - 515) Banda 3 (525 - 600) Banda 4 (630 - 680) Banda 8 (500 - 680)
<b>Infravermelho</b> Canal 2 (740 - 880) Canal 12 (400 - 1100) Canal 3 (1500 - 1780)	Banda 15 (743 - 753) Banda 2 (841 - 876) Banda 16 (862 - 877) Banda 17 (890 - 920) Banda 18 (931 - 941) Banda 19 (915 - 965) Banda 5 (1230 - 1250) Banda 6 (1628 - 1652) Banda 7 (2105 - 2155)	Banda 5 (845 - 885) Banda 6 (1560 - 1660) Banda 7 (2100 - 2300)	
Resolução Espacial (m)	1000 (Canal 12) e 3000	250, 500 e 1000	15 (Banda 8) e 30
Resolução Temporal	15 minutos	12h e 1 dia	16 dias
Resolução Radiométrica	10 bits	12 bits	16bits
Ilustrações			

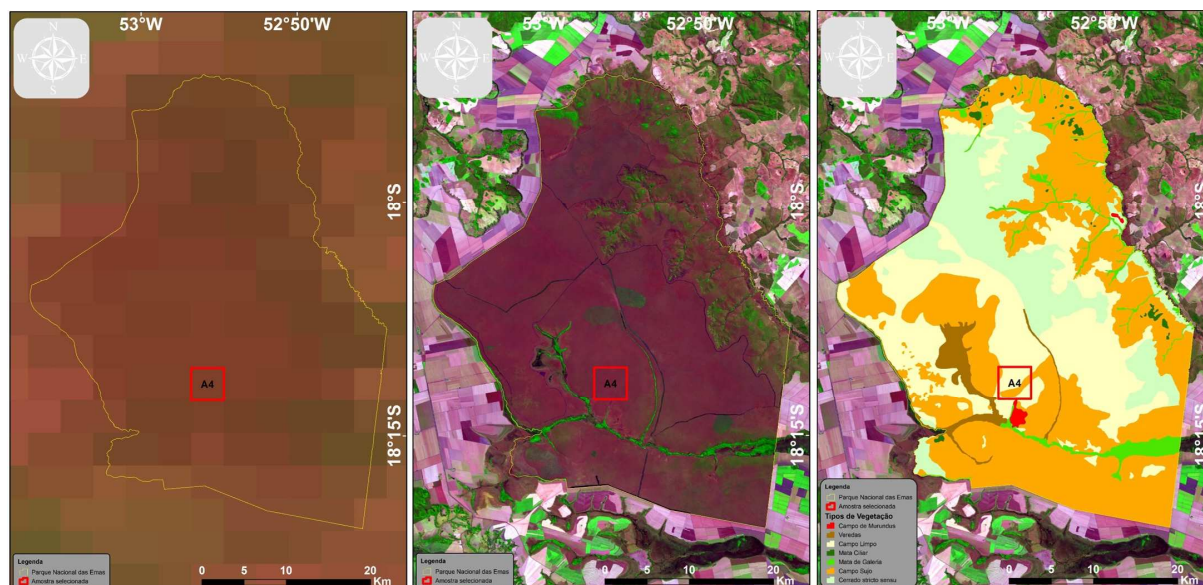


Figura 2. Respetivamente Imagem Meteosat 10 RGB 3,2,1; Imagem Landsat 8 RGB 6,5,4 e Mapa de cobertura vegetal do Parque Nacional das Emas.

### 3. Resultados e Discussão

O gráfico mostrado na Figura 3 apresenta a variação de reflectância no intervalo de 10:00 às 14:00 BRT do vermelho (banda 1) e infravermelho próximo (banda 2) do Meteosat 10, utilizadas para calcular o NDVI. A elevação do sol<sup>1</sup> é apresentada para ilustrar a relação com

<sup>1</sup> A elevação do sol é calculada através da NOAA Solar Calculator disponibilizada pela Earth System Research Laboratory (NOAA, 2014)

a variação da reflectância das bandas vermelho e infravermelho próximo. O NDVI das 10:45 BRT foi de 0,2828 e o NDVI médio, no intervalo considerado, foi de 0,2898.

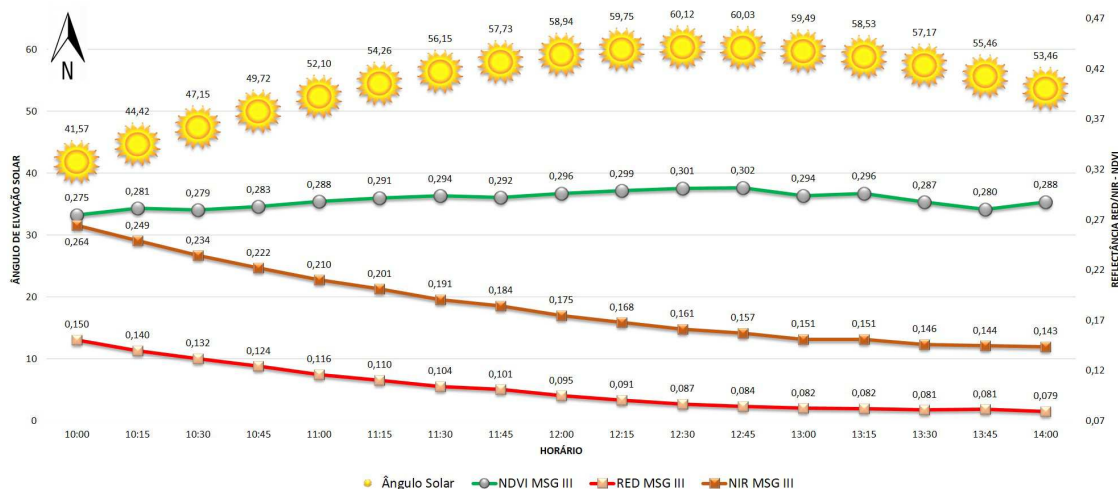


Figura 3. Variação das bandas RED, NIR e do NDVI do satélite MSG III comparado a Elevação Solar em relação a Amostra selecionada no dia 23/08/2014.

A Figura 4 apresenta os dados de amostra do pixel selecionado. Um pixel Meteosat 10 possui resolução espacial de cerca de 4 km, correspondendo a 256 pixels MODIS (250 m) e 16.092 pixels Landsat 8 (30 m). A amostra Meteosat 10 apresentada é o valor do NDVI de 10:45 BRT, horário aproximado da geração da imagem do MODIS.

O gráfico da Figura 4.b apresenta as amostras de pixel MODIS MOD13Q1 250 m comparadas ao valor de referência do NDVI Meteosat 10, das 10:45 BRT, e ao valor médio do NDVI do Meteosat 10 (para todo o período considerado). Percebe-se a diferença significativa entre os valores médios do NDVI MODIS e Meteosat 10. No gráfico da Fig. 4.c são apresentados os valores das 16.092 amostras NDVI Landsat 8 em comparação às médias das amostras NDVI MOD13Q1 e Meteosat 10. O fato dos valores NDVI gerados a partir de imagens Landsat 8 serem inferiores aos valores NDVI MOD13Q1 pode ser atribuído, em parte, às diferenças em resolução espectral entre estes dois sensores (Tabela 1), à diferença na data de passagem (de um dia) e, principalmente, ângulo de visada (~nadir para os dados Landsat e ~16° para os pixels MODIS).

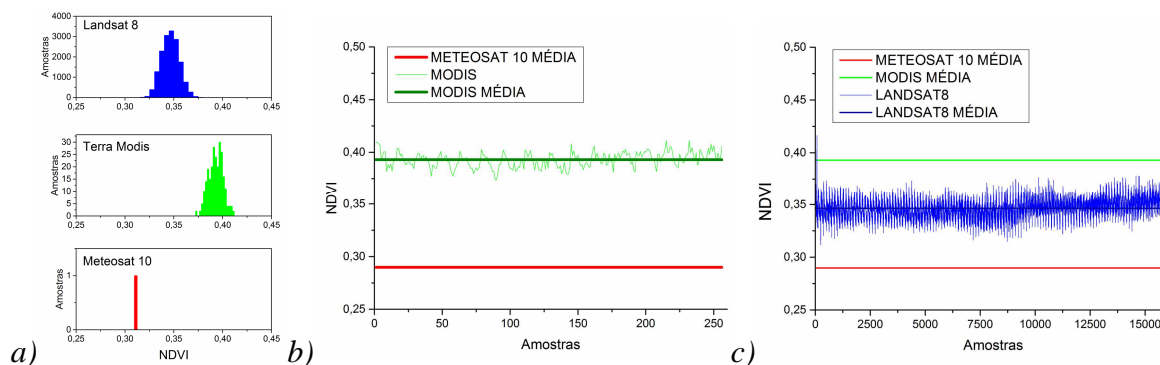


Figura 4. Amostras do pixel: a) Histograma das amostras Meteosat 10, MODIS e Landsat 8; b) Amostras de NDVI produto MODIS para a área do pixel selecionado Meteosat 10; c) Amostras de NDVI do Landsat 8 para a área do pixel selecionado Meteosat 10.

Através da modelagem de superfície NDVI (Figura 4) (gerada a partir do *software* ArcScene) é possível visualizar a intensa generalização dos dados MSG, comparativamente aos pixels Landsat 8 – OLI e MODIS. É interessante observar que os valores NDVI gerados a partir das bandas Landsat 8 OLI (variando entre 0,3118 a 0,4165) são intermediários àqueles gerados a partir dos dados MOD13Q1 (0,3738 a 0,4112) e o valor do pixel NDVI Meteosat 10 (i.e. 0,2812).

Os dados apresentados na Figura 3 permitem identificar que a elevação do sol influencia diretamente na variação da reflectância das bandas utilizadas para o cálculo do NDVI (vermelho e infravermelho próximo). Quanto maior a elevação do sol, maior o valor do NDVI, sendo que para valores de elevação próximos a  $56^\circ$  (~ 12:30 BRT) tem-se os maiores valores NDVI (i.e. 0,3017). É importante ressaltar que a distribuição de valores NDVI, dentro do período considerado (i.e. 10:00 às 14:00 BRT), irá variar conforme a época do ano.

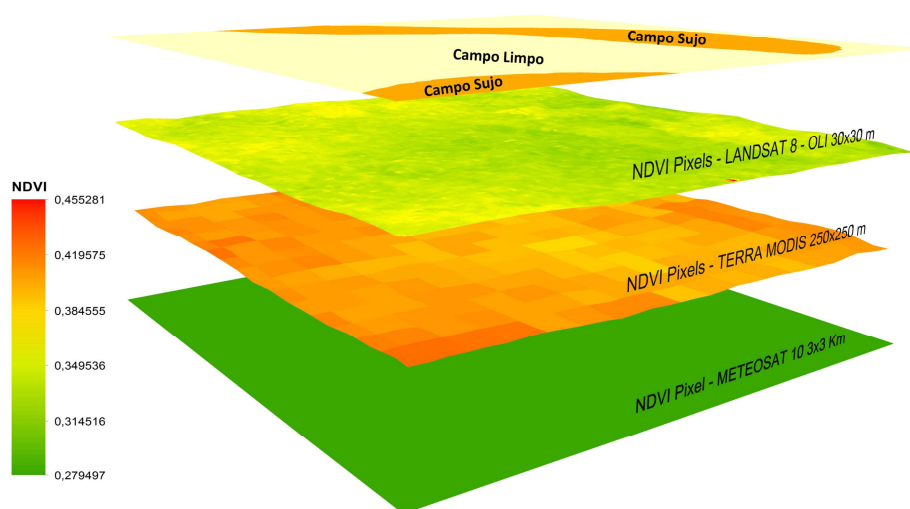


Figura 4. Modelagem de superfície da amostra selecionada comparando os pixels Landsat 8 - OLI e MOD13Q1 NDVI com o pixel Meteosat 10.

Da mesma forma, ressalta-se que o NDVI gerado sem a correção das interferências atmosféricas pode não representar o real valor do índice. Conforme Ertürk et al. (2014), para ângulos de visada grandes o valor do NDVI costuma ser menor, em função da presença de aerossóis e/ou vapor d'água que podem modificar substancialmente a radiância do topo da atmosfera (TOA).

Assim, foi desenvolvido o produto NDVI Diário do Meteosat 10, em que os valores de reflectância da banda do vermelho e infravermelho próximo são submetidos à correção do ângulo zenital solar, utilizando o algoritmo BRDF (*Bidirectional Distribution Reflectance Function*). Se o ângulo zenital solar é maior do que  $75^\circ$ , o valor do NDVI do pixel não é calculado. Os dados deste produto são ainda filtrados quanto à contaminação por nuvens. Se um determinado pixel apresenta mais de dez observações sem contaminação, procede-se com o cálculo dos valores NDVI máximo, médio e mínimo do dia (Ertürk et al, 2014).

Para o pixel em questão os valores de NDVI diário máximo, médio e mínimo são, respectivamente 0,3294, 0,2344 e 0,2182. Valores ainda distantes dos dados dos satélites MODIS e Landsat 8. Isso se deve, em parte, ao ângulo de visada da amostra que é alto (~  $63^\circ$ ). Para Fensholt et al. (2011), os ângulos de visada grandes do Meteosat 10 devem ser desconsiderados pois, o esquema de correção atmosférica é de baixa precisão e o modelo BRDF pode não ser o mais adequado. No entanto, Proud et al. (2010) desenvolveram uma

abordagem para melhorar o código de correção atmosférica SMAC (*Simplified Method for Atmospheric Correction*) através da análise do NDVI do Meteosat 10 e os dados de reflectância de superfície, destacando perspectivas de aprimoramento para condições de ângulos de visada e zenital solar maiores do que 60°.

#### 4. Conclusões

A utilização dos dados Meteosat 10 para índices de vegetação apresenta alguns desafios como: i) alto ângulo de visada; ii) generalização cartográfica devido à sua baixa resolução espacial e iii) pronunciado efeito BRDF sobre os valores de reflectância. Por outro lado, a elevada resolução temporal das imagens Meteosat 10, sem comparação com outros sensores com bandas no intervalo do espectro refletido, apresenta um grande potencial para o monitoramento ambiental.

Este artigo, de caráter exploratório, demonstrou, em particular, quão significativo pode ser o impacto da generalização cartográfica associada aos dados do Meteosat 10. Estudos em curso, buscam aprofundar esta questão, avaliando a influência da paisagem e da sazonalidade, bem como avaliar algoritmos que permitam modelar / compensar tais generalizações.

#### Agradecimentos

À FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás) pela concessão de bolsa de doutorado do edital nº 03/2014 processo nº 201410267000416, à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) pela bolsa modalidade ITI-A de Iniciação Tecnológica e Industrial, ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de produtividade em pesquisa, ao IFG (Instituto Federal de Goiás) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa e ao LAPIG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento) e seus colaboradores por todo suporte e referencial.

#### Referências Bibliográficas

- Bitencourt, M. D. & Ginciene, B. R., Utilização do EVI (Enhanced Vegetation Index) para maior sensibilidade na detecção de mudanças temporais em fragmentos de floresta estacional semidecidual. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, 1620–1627, 2011.
- Ertürk, A. G., Elliott, S., Barbosa, H., Samain, O., & Heinemann, T. Pre-operational NDVI Product Derived From MSG SEVIRI. Disponível em: <[https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?idcservice=get\\_file&ddocname=pdf\\_conf\\_p57\\_s1\\_05\\_erturk\\_p&revisionselectionmethod=latestreleased&rendition=web](https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?idcservice=get_file&ddocname=pdf_conf_p57_s1_05_erturk_p&revisionselectionmethod=latestreleased&rendition=web)>. Acesso em: 15 out. 2014.
- Fensholt, R.; Sandholt, I.; Stisen, S.; Tucker, C. Analysing NDVI for the African continent using the geostationary Meteosat Second Generation SEVIRI sensor. *Remote Sensing of Environment*, v. 101, n. 2, p. 212–229. doi: 10.1016/j.rse.2005.11.013, 2006.
- Fensholt, R., Anyamba, A., Huber, S., Proud, S. R., Tucker, C. J., Small, J., Shisanya, C. Analysing the advantages of high temporal resolution geostationary MSG SEVIRI data compared to Polar Operational Environmental Satellite data for land surface monitoring in Africa. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 13(5), 721–729, 2011. doi:10.1016/j.jag.2011.05.009, 2011.
- Menezes, P. R., & Almeida, T. De. *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. (p. 266), 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso: 10 out. 2014.

- Mesquita, V. V., *Sistema EUMETCast – Handbook*. Goiânia – Brasil: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – UFG, 2013, p. 25. Disponível em: <<http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>>. Acesso: 10 out. 2014.
- MODIS. Modis Vegetation Index (MOD13): Algorithm Theoretical Basis Document. Disponível em: <[http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf)>. Acesso: 10 out. 2014.
- NOAA Solar Calculator (NOAA). <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>. Acesso em: 11 out. 2014.
- Proud, R. S.; Rasmussen, O. M.; Fensholt, R., Sandholt, I., Shisanya, C., Mutero, W., Mbow, C.; Anyamba, A. Improving the SMAC atmospheric correction code by analysis of Meteosat Second Generation NDVI and surface reflectance data. *Remote Sensing of Environment*, 114(8), 1687–1698. doi:10.1016/j.rse.2010.02.020, 2010.
- Parque Nacional das Emas (ICMBio). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/oque-fazemos/visitacao/ucs-abertas-a-visitacao/204-parque-nacional-das-emas.html>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., Zhu, Z. Landsat-8 : Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172. doi:10.1016/j.rse.2014.02.001, 2014.
- Rulinda, C. M., Bijker, W., & Stein, A. Image mining for drought monitoring in eastern Africa using Meteosat SEVIRI data. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 12S, S63–S68. doi:10.1016/j.jag.2009.10.008, 2010.
- Yves J.; Sobrino J. A.; Sória, G. S. Phenology estimation from Meteosat Second Generation IEEE Journal of Selected Topics in applied earth observations and remote sensing. vol. 6, n. 3, 2013.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. Fitofisionomias do Cerrado. In: Sano, 280 Vieira & Palma S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. 1998, p. 89-166. Embrapa, Planaltina - DF.