

## Calibração relativa para extensão de assinaturas em série de imagens MODIS

Noeli A. P. Moreira<sup>1</sup>, Thales S. Körting<sup>1</sup>, Luciano V. Dutra<sup>1</sup>, Emiliano Castejon<sup>1</sup>, Egidio Arai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Divisão de Processamento de Imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 12227-010 – São José dos Campos – SP – Brazil

<sup>2</sup>Divisão de Sensoriamento Remoto – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 12227-010 – São José dos Campos – SP – Brazil

noeli.aline@inpe.br, thales.korting@inpe.br, dutra@dpi.inpe.br,  
emiliano.castejon@inpe.br, egidio@dsr.inpe.br

**Abstract.** *Time series data analysis must consider variations due to atmospheric effects, lighting and sensor parameters. Relative calibration allows to harmonize images of a series using its statistical parameters as a reference, thus allowing comparative analysis based on a reference date. This paper emphasizes a relative calibration process performed on MODIS multitemporal images as part of a process in a subpixel mapping methodology. This process allowed to calculate a linear regression model year by year in order to calibrate images from 2013 to 2017, based on the year 2012, and thus contributing to coverage classes detection closer to reality which were not previously identified.*

**Resumo.** *A análise de dados de uma série temporal deve considerar variações decorrentes dos efeitos atmosféricos, de iluminação e dos parâmetros do sensor. A calibração relativa permite harmonizar imagens de uma série usando como referência seus parâmetros estatísticos, permitindo desta forma efetuar análises comparativas tendo como base uma data de referência. O presente artigo enfatiza um processo de calibração relativa realizado sobre imagens multitemporais MODIS como parte de um processo em uma metodologia de mapeamento subpixel. Este processo permitiu calcular um modelo de regressão linear ano a ano para calibrar imagens de 2013 a 2017, tendo como referência o ano de 2012 e assim contribuir com a detecção de classes de cobertura mais próximas à realidade, que antes não eram identificadas.*

### 1. Introdução

O comportamento espectral de um objeto pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como a assinatura espectral do objeto [Moraes 2002]. Os alvos da superfície terrestre podem ter sua resposta espectral alterada com o tempo, em decorrência de modificações de fatores externos ao alvo (iluminação, alterações antrópicas, etc.) ou de modificações próprias de sua natureza. Os alvos mais sujeitos a modificações intrínsecas são os que compõem a cobertura vegetal [Novo 1988].

O processo de normalização radiométrica é uma técnica de calibração relativa que consiste na regressão linear entre imagens multiespectrais em uma série temporal em relação a uma imagem de referência [Ponzoni 2009]. Esta técnica diminui diferenças radiométricas entre imagens, causadas por inconsistências de condições de aquisição, ao

invés de mudanças reais de cobertura da terra [Yuan e Elvidge 1996, Yang e Lo 2000].

Com a finalidade de diminuir as incertezas dos alvos espectrais em um único pixel, quando observado em um conjunto de imagens MODIS organizada no tempo, pode-se aplicar o mapeamento subpixel [Moreira *et al* 2018]. Neste processo, uma calibração relativa é necessariamente executada para permitir que regra de classificação de uma data seja aplicada a outras datas sem a necessidade de re-executar o treinamento. Isto por que, a calibração relativa permite normalizar imagens temporais para que fatores externos e internos, obtidos no momento de aquisição das imagens, não influenciam demasiadamente nas assinaturas espectrais ao longo dos anos.

O presente artigo tem por objetivo apresentar a etapa de calibração relativa em dados multitemporais de imagens MODIS para compatibilizar assinaturas espectrais em relação a uma data de referência e assim permitir que o mapeamento subpixel seja realizado.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada entre os municípios de Belterra e Santarém, estado do Pará. Envolve parte da Unidade de Conservação Federal Floresta Nacional do Tapajós, nas proximidades do rio Tapajós, como pode ser visualizada na Figura 1.

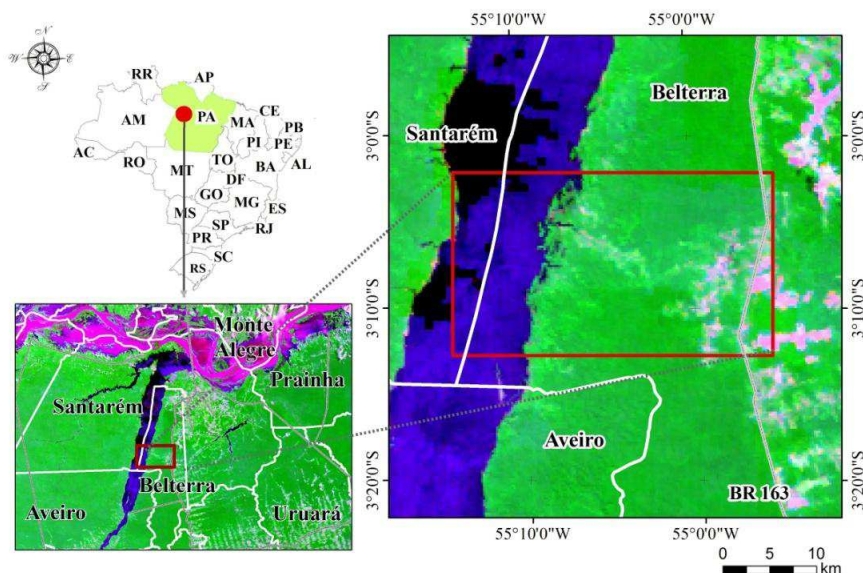


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

### 2.2 Base de dados

Foram obtidas imagens gratuitas dos sensores ResourceSat-1/LISS e do Landsat-08/OLI, com 23m e 30m de resolução espacial respectivamente, ambas do catálogo de imagens CDSR do INPE. No site NASA's *Land Processes Distributed*, foram adquiridas imagens do sensor MODIS (MOD09GQ e MOD09GA) com 231m e 462m de resolução espacial respectivamente, referenciadas pelo tile h12v09. As cenas

selecionadas são de datas mais próximas correspondentes, com baixa incidência de nuvens. As datas podem ser observadas na Tabela 1, onde demonstram as imagens de referência, imagens a serem calibradas e imagens Landsat, estas por sua vez só foram utilizadas para apoio na identificação dos polígonos de classes de cobertura correspondentes entre as imagens.

Tabela 1. Datas de aquisição das imagens trabalhadas para o processo de calibração

Imagens MODIS	Imagens de apoio
Img de referência: 04/08/2012	ResourceSat-1/LISS: 01/08/2012
Img para calibração: 04/08/2013	Landsat-08/OLI: 25/09/2013
Img para calibração: 29/09/2014	Landsat-08/OLI: 30/10/2014
Img para calibração: 16/07/2015	Landsat-08/OLI: 29/07/2015
Img para calibração: 30/06/2016	Landsat-08/OLI: 15/07/2016
Img para calibração: 17/07/2017	Landsat-08/OLI: 18/07/2017

### 2.3 Software para mapeamento subpixel e Calibração Relativa

Foi utilizado um conjunto de ferramentas baseado no TerraLib Command Line tools [Castejon 2017], denominado SPAT - Sub-Pixel Analysis Tools. Estas ferramentas foram desenvolvidas para atender processos metodológicos relacionados ao mapeamento de subpixel de um projeto em desenvolvimento. Para o processo de calibração relativa foi utilizada a ferramenta *spat\_rastercalibration* que leva em consideração uma imagem de referência para calibrar banda a banda as demais imagens. Para o mapeamento subpixel foi utilizada a ferramenta *spat\_classifier*, que utiliza regras de classificação (treinamento) de um ano de referência para classificar as demais imagens calibradas.

Vale ressaltar que este conjunto de ferramentas pode ser aplicado sobre diferentes conjuntos de imagens de diferentes sensores e com maior número de classes de cobertura, permitindo assim que sejam testados em outros projetos de pesquisa.

### 2.4 Calibração relativa

A etapa de calibração relativa envolveu criação de um banco de dados geográficos contendo imagens MODIS, dos anos de 2013 a 2017 para calibração, tendo como referência uma imagem base do ano de 2012. Imagens com maior nível de detalhes, dos satélites Resourcesat e Landsat-8, de datas próximas, também foram utilizadas para facilitar a visualização dos alvos para construção de polígonos sobre as seguintes classes de cobertura: Floresta, Solo exposto e Pasto e/ou Agricultura. A construção dos polígonos foi realizada para identificar regiões da mesma classe de cobertura tanto sobre a imagem de referência como sobre as imagens a serem calibradas. A Figura 2 ilustra parte do processo.

Os polígonos, a imagem MODIS de referência e de ajuste foram inseridas no programa *spat\_rastercalibration*, que realiza a calibração relativa por pares de anos (2012 com 2013, 2012 com 2014, etc).

O processo de calibração relativa foi feito uma tabela (*look up table*) gerada por uma reta obtida por regressão linear simples partir de pontos de, pelo menos, médias de 3 (três) classes correspondentes em ambas as imagens banda por banda. Este processo permitiu o cálculo de ganho e *offset* para cada uma das 4 bandas envolvendo as três classes de cobertura.

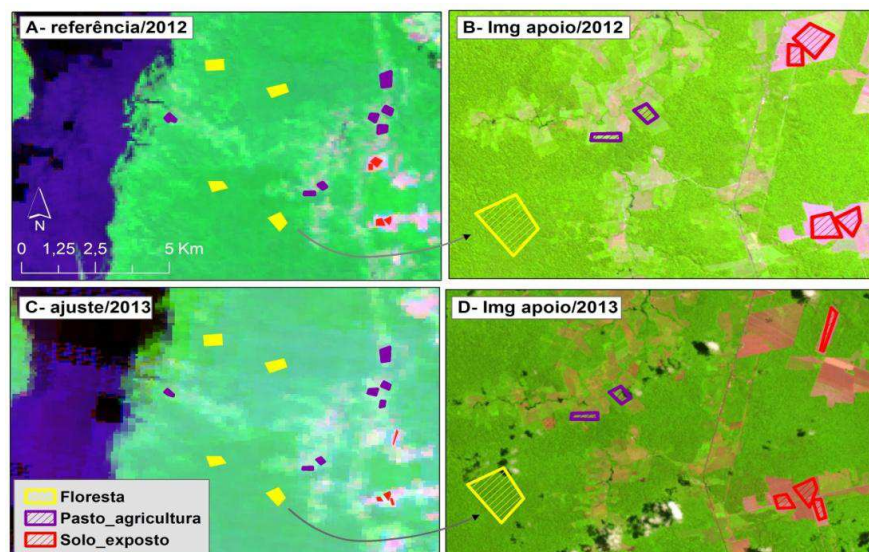


Figura 2. Seleção de polígonos de classes de cobertura correspondentes entre imagens de referência e de ajuste.

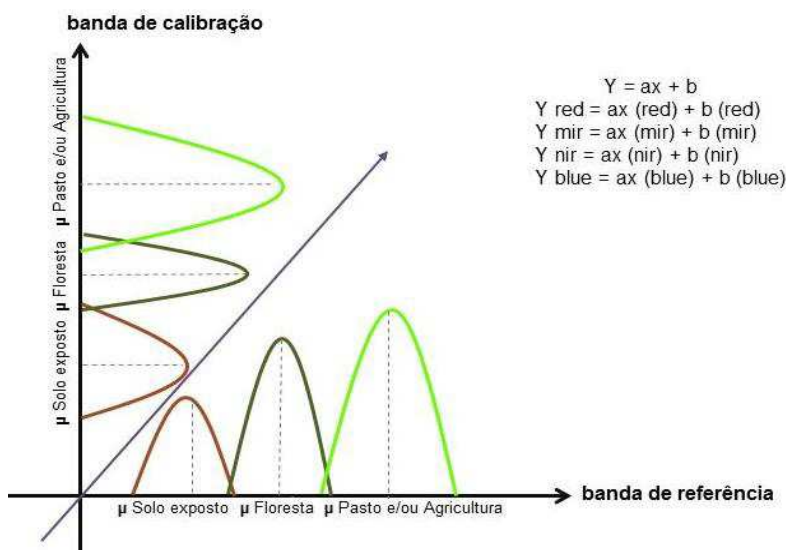


Figura 3. Gráfico ilustrativo para o modelo de calibração relativa banda a banda.

### 3. Resultados e discussão

O processo de calibração relativa sobre cenas dos anos 2013 a 2017 proporcionou o cálculo de um modelo de regressão linear simples em pares de anos. Este modelo calculou coeficientes de ganho e *offset* para calibração espectral em relação à uma data de referência que é utilizada, no projeto subpixel para determinação de regras de classificação para os anos seguintes. Os gráficos exibidos pela Figura 4 demonstram ajustes das médias correspondentes às assinaturas espectrais para cada uma das bandas nas suas respectivas classes de cobertura, em cada ano de calibração.

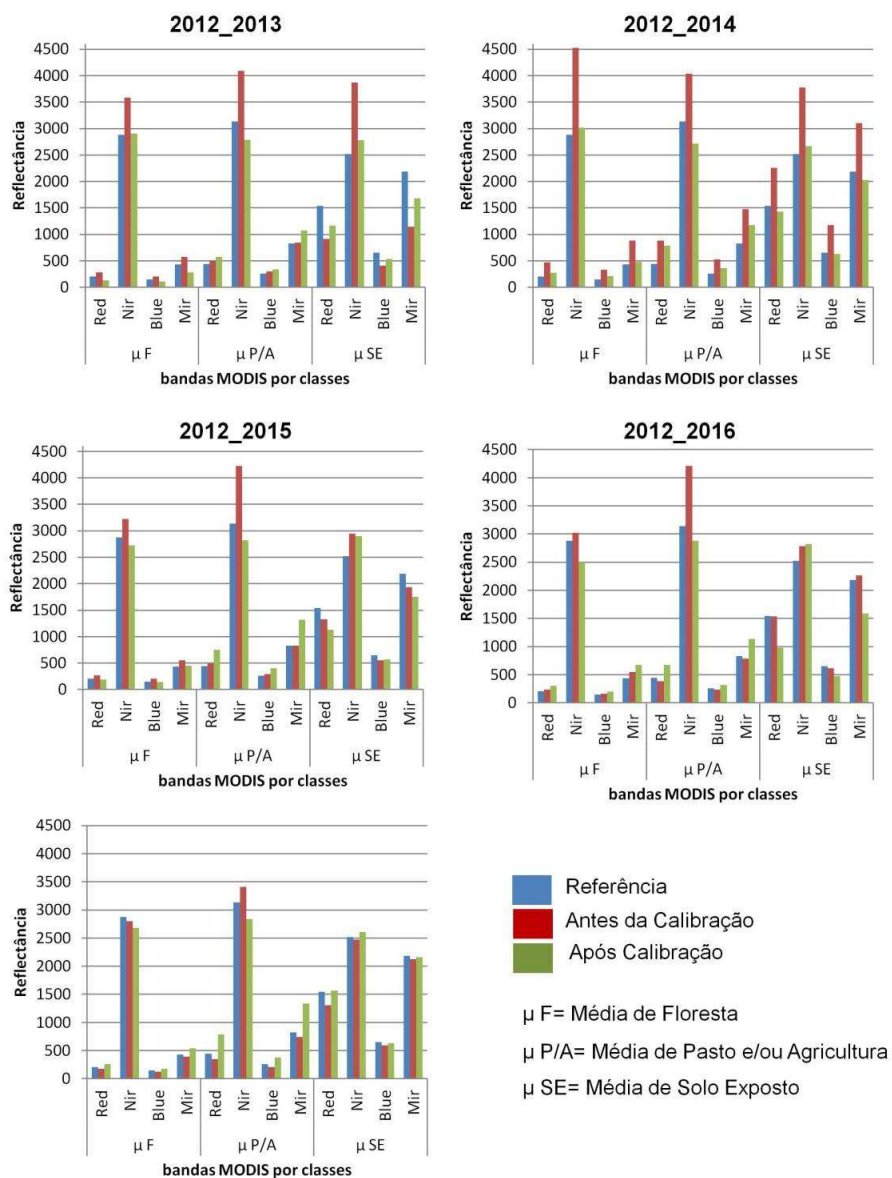


Figura 4. Valores de reflectância (multiplicado por 10.000) envolvendo as imagens de referência, para calibração e após calibração por banda para cada classe.

Ao observar os gráficos da Figura 4 é possível verificar que as barras indicadas pela cor vermelha (antes da calibração) estão com valores espectrais distantes à imagem de referência. Neste caso, principalmente nos anos de 2013 a 2015, a maioria das bandas foram ajustadas. Já para os anos de 2016 e 2017 em alguns casos, (por exemplo, *Mir* e *Red* para Solo exposto) acabaram tendo afastamento da referência para algumas classes. Isso possivelmente se deve ao fato de que o modelo leva em consideração as três classes para cada ano, o que ocasiona o afastamento para ajuste matemático do modelo. É importante também ressaltar que os polígonos correspondentes para calibração de um ano para outro são dinâmicos, e neste processo foram identificadas regiões com apenas três classes de cobertura. Estas classes podem compreender



diferentes estágios sucessionais de vegetação nos mesmos polígonos correspondentes entre os pares de anos. Este fator pode influenciar o modelo ao realizar ajuste da equação distanciando as médias de reflectância para determinadas classes que anteriormente eram mais próximas à referência.

Após o processo de calibração relativa foi realizada uma classificação supervisionada para mapeamento subpixel utilizando regras de classificação determinadas sobre a imagem de referência do ano de 2012.

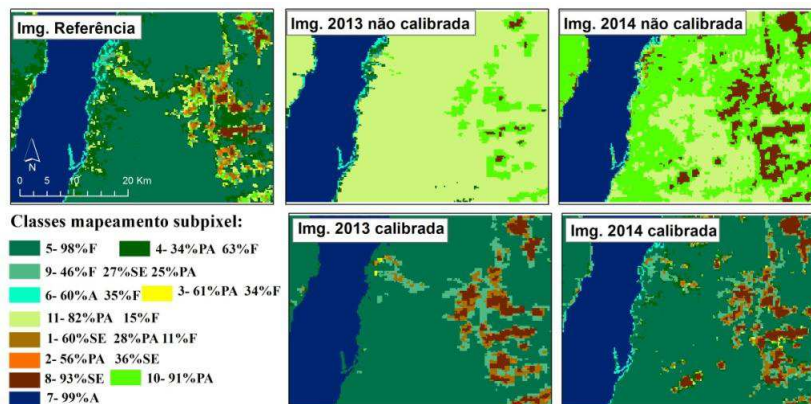


Figura 5. Mapeamento subpixel realizado sobre imagens não calibradas e calibradas utilizando classificador *spat\_classifier* da ferramenta SPAT.

Foi observada uma melhora nas identificações de classes de cobertura anteriormente não detectada em imagens não calibradas. Um exemplo disso é a não detecção de floresta (classe 5) nas imagens não calibradas e a detecção mais semelhante das classes de cobertura da imagem de referência.

## 5. Conclusões

O modelo de regressão linear foi calculado por meio de calibração relativa para cada banda da imagem MODIS ano a ano. Esse processo se baseou em determinar parâmetros extraídos de uma imagem de referência para permitir a extensão de assinaturas espectrais em imagens multitemporais.

Após a realização da calibração relativa as médias espectrais de determinadas bandas se aproximaram matematicamente da imagem de referência. Isso permitiu que os mapas resultantes do mapeamento subpixel pudessem ser comparáveis entre os anos estudados.

O processo de mapeamento subpixel aplicado sobre imagens calibradas foi mais eficiente, pois detectou de forma mais semelhante determinadas classes de cobertura da terra ao comparar mapa de referência com mapa dos anos subsequentes.

O conjunto de ferramentas SPAT - Sub-Pixel Analysis Tools pode ser utilizado sobre diferentes conjuntos de dados de diferentes sensores, facilitando assim a utilização em diferentes ramos científicos.

Perspectivas futuras envolvem a comparação entre mapas classificados em pequenos intervalos de tempo. Isso permitirá a detecção de mudanças na cobertura da

terra envolvendo proporções resultantes do mapeamento subpixel.

### **Referências**

- Câmara, G., De Souza, R. C .M., Pedrosa, B. M., Vinhas, L., Monteiro, A. M. V., Paiva, J. A., De Carvalho, M.T. e Gattass, M. (2000) Terralib: Technology in Support of GIS Innovation. In: Proceedings of the II Brazilian Symposium on GeoInformatics, GeoInfo, São Paulo, Brazil.
- Castejon, E. SPAT - Sub-Pixel Analysis Tools.(2017): <http://www.dpi.inpe.br/~castejon/wiki/doku.php?id=wiki:software>.
- Morais, E. C. (2002). Capitulo I Fundamentos de Sensoriamento Remoto. DSR/INPE.
- Moreira, N. A. P., Körting, T. S., Dutra, L. V., Castejon, E., Arai, E. (2018) “Metodologia para classificação subpixel de imagens MODIS com base em classificação de imagem de maior resolução”. Proceedings XIX GEOINFO, Campina Grande, PB, Brazil. P. 146-151.
- Novo, E. M. L. de M. (1989) Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: E. Blucher, 1989. 308p.
- Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E. (2009\_ Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese.
- Yuan, D., Elvidge, C. D (1996) “Comparison of relative radiometric normalization techniques”. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. v. 51. p. 117-126.
- Yang, X. J., Lo, C.P. (2000) “Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-Date Satellite Images”. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. v. 66, n°. 8, pages 967-980.