

Influência da resolução espectral na determinação de área queimada por meio de dados TM5, OLI e AVIRIS

Gustavo Macedo de Mello Baptista ¹

¹ Universidade de Brasília - UnB/IG
Caixa Postal 4465 - 70910-900 - Brasília - DF, Brasil
gmbaptista@unb.br

Abstract. The aim of this paper was understood the relationship between spectral resolution with the burn areas. For this, we used a 1995 flight of AVIRIS and correct the atmosphere effects and reduce radiance to surface reflectance by means the QUAC algorithm. After this, we resampling AVIRIS to TM5 and OLI spectral responses and determinate the Normalized Burn Ratio for each scene. The results shown the AVIRIS produce less burn area than OLI and TM5. The TM5 overestimate area. At the 0.05 level, the all data were not significantly drawn from a normally distributed population, and we test the statistical similarity of TM5 vs OLI and TM5 vs AVIRIS by means Mann-Whitney test and in all cases, the distributions are significantly different. New studies to understood the influence of spectral resolution and burn area will be motivated.

Palavras-chave: Spectral resolution, burn area, resolução espectral, área queimada.

1. Introdução

Os dados de sensoriamento remoto têm sido muito utilizados nos estudos de incêndios florestais, tanto para identificação do foco no momento da queimada (Cota e Baptista, 2015; Libonati et al, 2015), como para mapear a área da cicatriz da queimada (Key e Benson, 2006), além de permitir investigar a severidade das queimadas (Roy et al., 2006; Miller e Thode, 2007).

Isso é possível, pois, conforme salienta Pessoa e colaboradores (2015), os espectros típicos de vegetação não queimada apresentam um albedo mais elevado no NIR e ocorre uma redução em direção ao SWIR; mas nos espectros de áreas queimadas ocorre uma redução do albedo do NIR e o SWIR tende apresentar aumento de albedo em relação ao espectro de área não queimada (Figura 1).

Porém, essas possibilidades de investigação de incêndios florestais começaram com o desenvolvimento de índices espectrais associados à sistemas multiespectrais, especificamente com dados do sensor TM5 do Landsat, devido à presença de banda no SWIR, no caso a banda 7 (2,08 – 2,35 μm).

Mas os sistemas sensores multiespectrais avançaram, como no caso do OLI do Landsat 8 que apresenta tanto a banda do NIR como as do SWIR mais estreitas, e surgiram dados hiperespectrais que permitem a verificação desses fenômenos com bandas estreitas de cerca de 10 nm de largura à meia altura.

Uma das potencialidades dos sistemas hiperespectrais é a possibilidade de serem reamostrados para outros sistemas sensores multiespectrais por meio da utilização das funções de ganho dos detectores (Baptista, 2012).

O presente estudo visa investigar a potencialidade dos sistemas sensores AVIRIS e OLI, comparando-os com o TM5, para a investigação da área de cicatriz de queimada por meio do índice espectral NBR - *Normalized Burn Ratio* (Índice de Queimada por Razão Normalizada, Key e Benson, 2006) numa linha de voo do AVIRIS obtida no âmbito da missão SCAR-B. Ambos os dados dos sensores multiespectrais foram obtidos por meio de reamostragem dos dados AVIRIS.

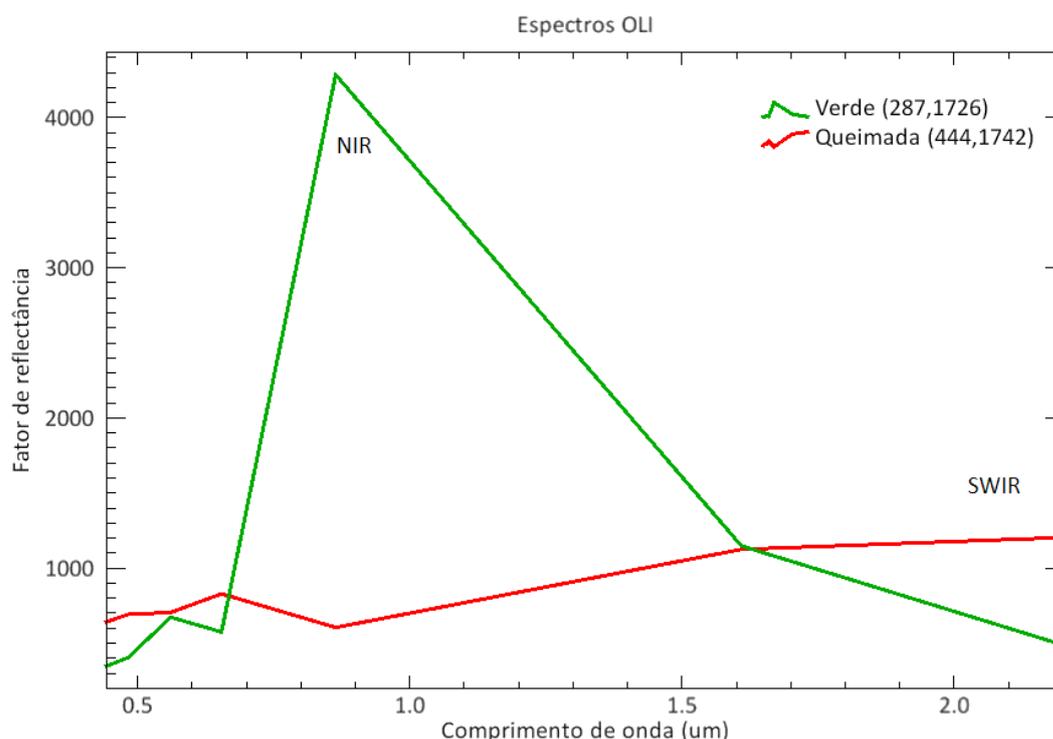


Figura 1 – Espectros de vegetação verde e de área queimada, destacando o comportamento no NIR e no SWIR.

2. Material e Métodos

Para realização do presente estudo utilizou-se uma linha de voo inteira número 1 obtida no âmbito da missão SCAR-B realizada no dia 16 de agosto de 1995 (Figura 2). Essa linha voo compreende o município de São João D’Aliança, Goiás, e foi escolhida por apresentar uma grande quantidade de cicatrizes de queimadas.

Os dados AVIRIS são disponibilizados no formato de radiância calibrada no nível do sensor e para serem utilizados, os mesmos foram corrigidos para os efeitos atmosféricos e convertidos para reflectância de superfície, por meio do módulo *Quick Atmospheric Correction* - QUAC do ENVI 5.1 (Bernstein et al., 2012). Esse procedimento é um método empírico que se baseia em espectros coletados na própria cena.

Após esse procedimento de pré-processamento, reamostrou-se os dados AVIRIS para os dados do TM5 e do OLI, por meio do módulo *spectral resampling*.

O passo seguinte foi aplicar o índice espectral NBR (Key e Benson, 2006), que permite a identificação da área da cicatriz da queimada e consiste na razão da diferença entre as bandas do NIR e do SWIR normalizada por sua soma. O índice NBR foi desenvolvido para as bandas do Landsat TM5, mais especificamente as bandas 4 e 7, conforme apresentado na equação 1.

$$NBR = \frac{(R_{NIR} - R_{SWIR})}{(R_{NIR} + R_{SWIR})} \times 1000 \quad (1)$$

Onde: R_{NIR} é a reflectância referente à banda 4 do TM5; à banda 5 do OLI e à banda 47 do AVIRIS e R_{SWIR} corresponde à reflectância da banda 7, tanto no TM5 como no OLI, e da banda 210 (AVIRIS).

Depois da determinação do NBR para cada sensor, foi realizada a exportação de todos os pixels com valores negativos que correspondem às áreas queimadas, por meio do módulo *band threshold to ROI*. De posse de todos os pixels, foi possível calcular a área queimada obtida em cada sensor e com esses dados também foi possível determinar a estatística descritiva, bem

como testar a normalidade dos dados e testar a hipótese que os dados são estatisticamente semelhantes.

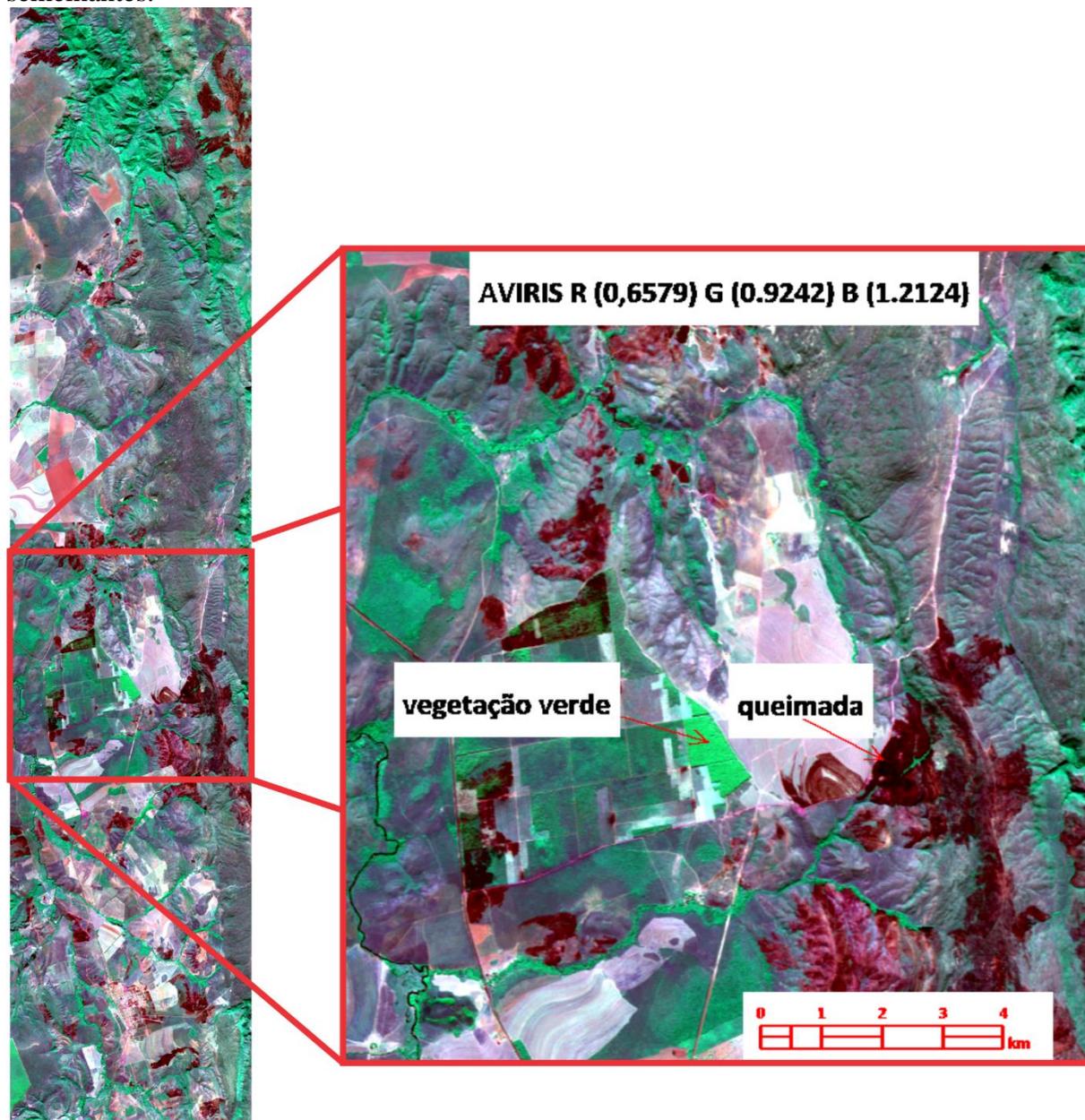


Figura 2 – Cena AVIRIS, composição R(0,6579) G(0,9242) B(1,2124) do dia 16 de agosto de 1995.

Após esse procedimento avaliou-se a similaridade entre o NBR obtido pelo TM5 com os obtidos por meio de dados OLI e do AVIRIS utilizando-se a ferramenta `quick_diff_stats`. Segundo Baptista (2003; 2015) a função `quick_diff_stats` que é um módulo escrito em linguagem IDL desenvolvida pela Research Systems – RSI e é uma forma simples de verificar a similaridade entre duas cenas, pois baseia-se na subtração entre elas e depois são calculados parâmetros estatísticos descritivos. Como resultado são obtidos dois arquivos, sendo uma imagem com a diferença entre os DN's ou entre os valores dos índices e o segundo é um histograma com a distribuição da frequência simples dos pixels em função do valor de diferença, além da porcentagem correspondentes. Quanto mais próximos de zero estiverem todos os pixels, mais idênticas são as imagens. Pixels escuros e pixels brancos representam diferenças positivas e negativas entre as cenas.

3. Resultados e Discussão

A figura 3 apresenta parte central da cena OLI com destaque em vermelho para as cicatrizes de queimadas. Todas as áreas apresentam valores negativos de NBR.

A aplicação do NBR nos dados TM5 apresentou o maior número de pixels 86618, o que representou uma área de 3464,72 hectares de cicatrizes de queimadas. Considerou-se esse como sendo o valor de referência, pois o índice foi desenvolvido para as bandas desse sensor. Os dados do OLI que apresenta bandas mais estreitas que o TM5 apresentou 3244,64 ha (81116 pixels) e os dados AVIRIS, com bandas muito mais estreitas, apresentou 2964,6 ha (74115 pixels). Todos os pixels apresentam a mesma resolução espacial de 20m, pois todos os dados multi derivam do hiperespectral.

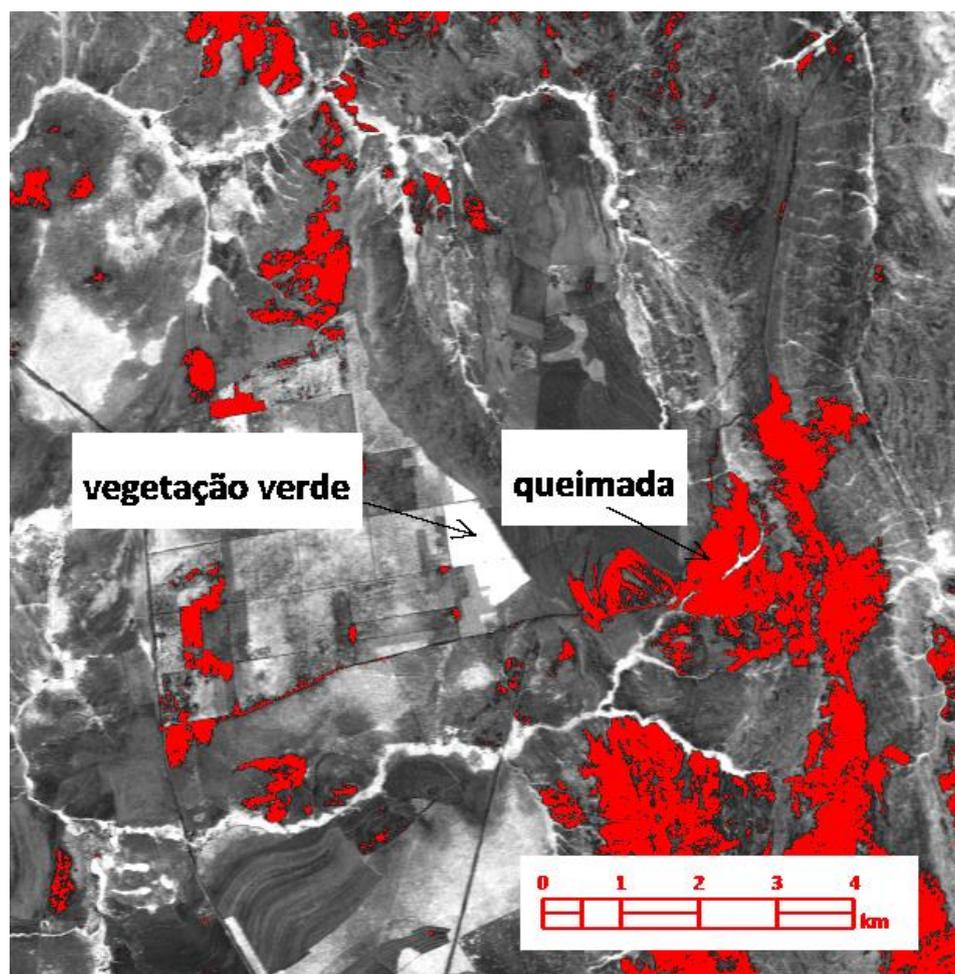


Figura 3 – destaque em vermelho das áreas classificadas como cicatrizes de queimada por meio da aplicação do índice NBR sobre dados OLI.

Os dados negativos que compõem os ROI foram exportados como arquivo de texto e a tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos pixels referentes às cicatrizes de queimada obtidas por meio do NBR.

Tabela 1 – Estatística descritiva das cicatrizes de queimada obtidas por meio do NBR

Estatística Descritiva	AVIRIS	TM5	OLI
Média	-99.6492	-90.5988	-88.862
Erro padrão	0.329733	0.270857	0.275361

Mediana	-76.7841	-71.0214	-70.0681
Desvio padrão	89.76684	79.71571	78.42534
Variância da amostra	8058.086	6354.594	6150.535
Curtose	8.85392	6.758343	7.99297
Assimetria	-2.01396	-1.81742	-1.93786
Intervalo	1000	1000	1000
Mínimo	-1000	-1000	-1000
Máximo	0	0	0
Soma	-7385503	-7847484	-7208129
Contagem	74115	86618	81116

Os dados mostram que os dados AVIRIS apresentam a maior variância entre todos os sensores, pois são os que apresentam menor largura à meia altura e, portanto, discretizam melhor as cicatrizes de queimadas.

Depois, ao se testou a normalidade dos dados e, por serem amostras grandes, superiores a 50, optou-se pelo teste K^2 de D'Agostino. Em todas as amostras referentes às cicatrizes, ao nível de $\alpha = 0,05$, os dados não foram significativamente extraídos de uma população normalmente distribuída.

Isso levou a utilização de testes de hipóteses não paramétricos e, por considerar que TM5 é o valor de referência, avaliou-se pelo método de comparação de amostras independentes de Mann-Whitney (teste U) comparando o TM5 com o OLI e o TM5 com o AVIRIS. Em ambos os casos, ao nível de $\alpha = 0,05$, as duas distribuições são significativamente diferentes.

A mudança de resolução espectral apresenta diferenças na obtenção dos dados. Apesar de ser considerado como valor de referência, os dados TM5 apresentaram os maiores valores superestimando as áreas de cicatrizes. Isso também foi verificado por Baptista e colaboradores (2000) quando compararam dados AVIRIS com dados ASTER simulados para a determinação de teores de argila em solos expostos nessa mesma linha de voo. Os dados OLI já representam um avanço por apresentarem bandas mais estreitas se comparadas com o TM5 e com o ETM+7 e também apresentaram valores menores de áreas de cicatrizes.

A figura 4 apresenta o detalhe de uma área de cicatriz de queimada, na qual destacam-se as áreas negativas de NBR em quatro cores, como forma de mostrar a diferença na determinação nos três sistemas sensores. Nota-se que no TM5 e no OLI a diferença é muito sutil, mas quando se compara com os dados AVIRIS a subestimação é perceptível.

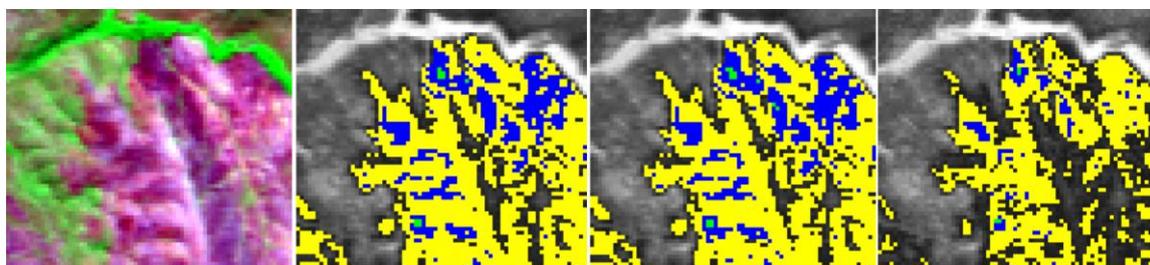


Figura 4 - comparação da área de cicatriz da queimada vista na composição R7 G4 B2 do TM5 e determinadas no TM5, no OLI e no AVIRIS, respectivamente.

Isso se dá, pois com dados hiperespectrais é possível determinar melhor as nuances devido à alta resolução espectral, como destacado na comparação apresentada na figura 5, entre espectros de área verde e queimada obtidos pelo OLI e pelo AVIRIS.

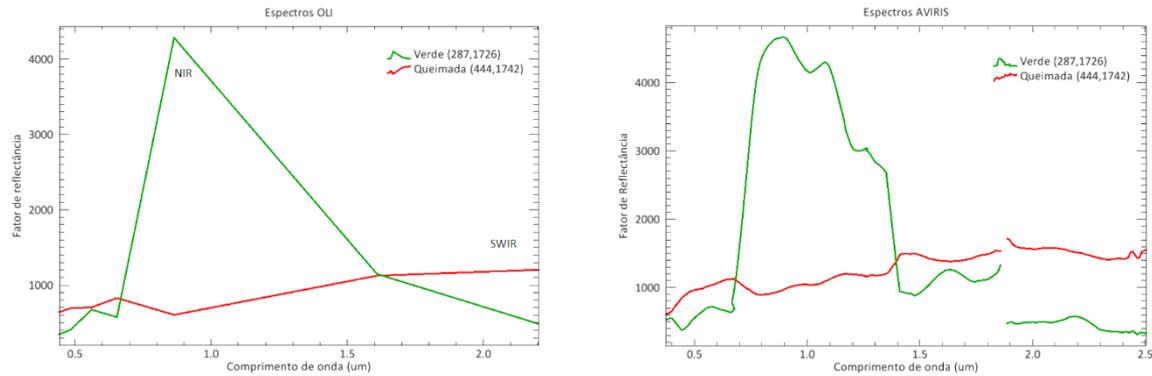


Figura 5 – Diferença dos espectros dos mesmos pixels de área verde e de queimada vistos pelo OLI e pelo AVIRIS.

Para verificar a similaridade entre NBR obtidos com dados dos três sensores, aplicou-se o quick_diff_stats subtraindo o TM5 do OLI e depois o TM5 do AVIRIS. As áreas em níveis de cinza mais claro apresentam os locais com valores positivos, ou seja, locais nos quais o TM5 foi maior que o OLI e o AVIRIS, o que representa a superestimação salientada anteriormente. Áreas com níveis de cinza médio representam similaridade entre as cenas e as em cinza escuro, locais nos quais o OLI e o AVIRIS apresentaram valores maiores que os dados TM5.

A Figura 6 apresenta o resultado a composição colorida R(0,6579) G(0,9242) B(1,2124), bem como a imagem quick_diff_stats NBR (TM5) – NBR (OLI). Já a figura 7 apresenta a composição colorida e a imagem quick_diff_stats NBR (TM5) – NBR (AVIRIS). Os histogramas das diferenças são apresentados nas figuras 8a e b, respectivamente.

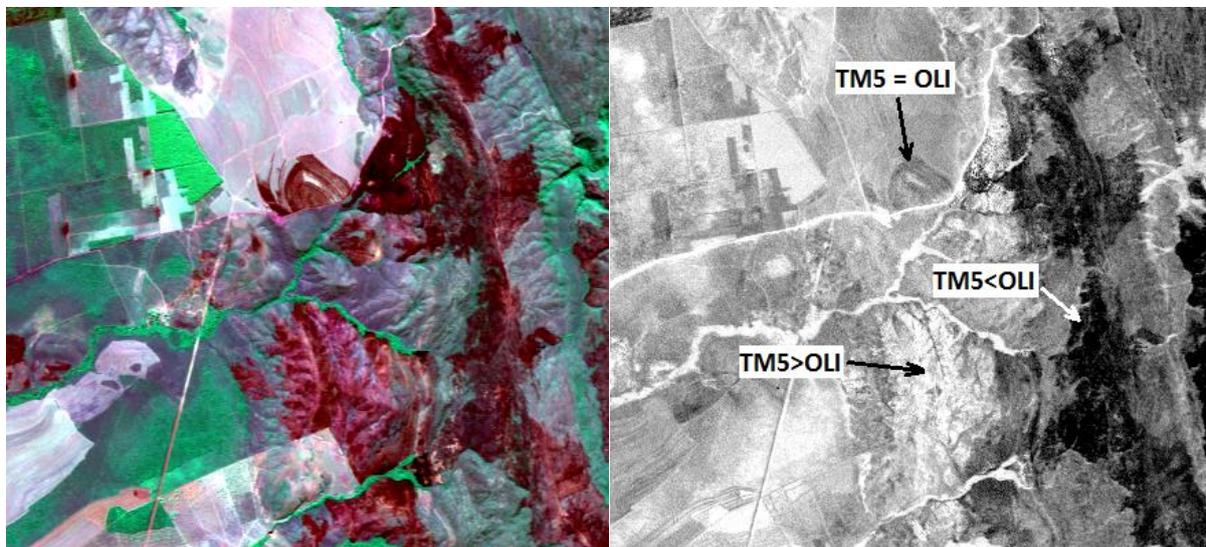


Figura 6 a) composição colorida R(0,6579) G(0,9242) B(1,2124); b) NBR (TM5) – NBR (OLI).

A análise da imagem quick_diff_stats NBR (TM5) – NBR (OLI) destacada na figura 6 mostra que a porção oeste da área queimada se apresenta com pixels claros, o que denota que o NBR calculado pelo TM5 apresentou valores maiores que os obtidos com o OLI, o que se inverte na porção leste quando se apresentam pixels escuros que significam que os valores obtidos com o OLI são maiores que os obtidos com o TM5; e nas áreas de pixels cinza médio, os valores são similares. Porém, apesar de o NBR calculado com o TM5 ter apresentado área maior, foi apenas de cerca de 200 ha, o que explica o histograma ter sua média em -0,68 e todos

os pixels oscilarem em torno da média, o que explica o desvio padrão baixo de 6,99 (Figura 8a).

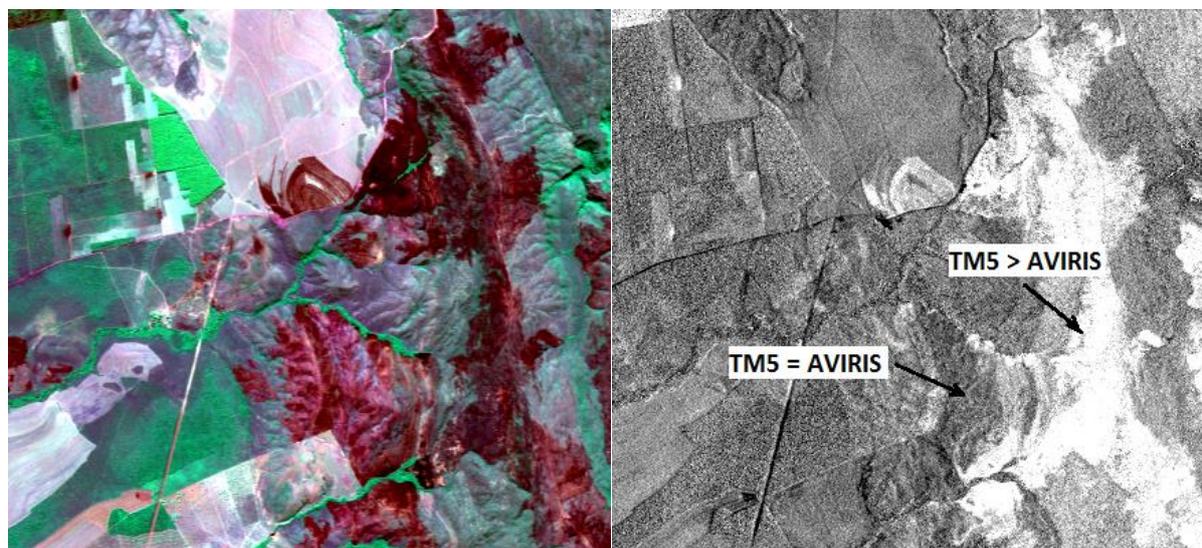


Figura 7 a) composição colorida R(0,6579) G(0,9242) B(1,2124); b) NBR (TM5) – NBR (AVIRIS).

Ao analisar a diferença entre o NBR obtido pelo TM5 e pelo AVIRIS, praticamente percebe-se a presença de pixels claros, nos quais o valor do TM5 é maior que o obtido por meio do AVIRIS ou ocorrem pixels cinza médio, o que denota similaridade, explicando, assim, a superestimativa em cerca de 500 ha de área de cicatrizes de queimada pelo TM5 quando comparado com a área obtida pelos dados AVIRIS. Isso também é verificado pelo histograma da diferença (Figura 8b) gerado pela função `quick_diff_stats`, que apresentou média de -44,7 com desvio de 23,06, com tendência a valores influenciados pelos dados NBR (TM5).

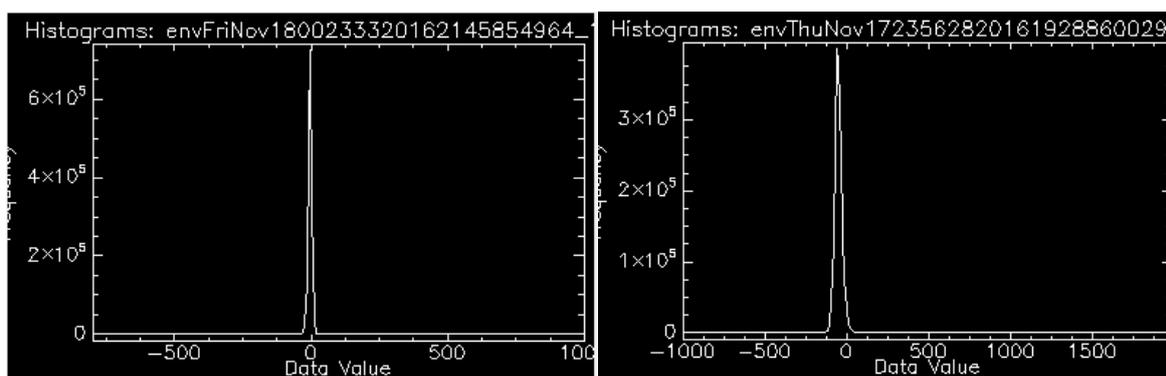


Figura 8 - histogramas a) NBR (TM5) – NBR (OLI); b) NBR (TM5) – NBR (AVIRIS).

4. Conclusões

O presente estudo permitiu verificar que dados que apresentam maior largura à meia altura em suas bandas tendem a superestimar as áreas de cicatrizes de queimadas e que os novos sistemas sensores, mesmo os multiespectrais, tem apresentado bandas mais estreitas para captar melhor as nuances existentes no comportamento espectral da vegetação, bem como nas áreas queimadas.

Novos estudos devem ser incentivados para melhorar a compreensão da relação entre a resolução espectral e a estimativa de área queimadas, bem como de severidade dos incêndios florestais.

Referências Bibliográficas

Baptista, G.M.M. Análise Comparativa entre os Dados do Sensor CCD do CBERS e os do Landsat 7 ETM+ para a Região de Brasília. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, 2003, INPE, p. 2303 - 2310.

Baptista, G.M.M. Processamento de Dados Hiperespectrais. In: Menese, P.R.; Almeida, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1ed. Brasília: UnB/CNPq, 2012, v. 1, p. 221-238.

BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Aplicação do Índice de Vegetação por Profundidade de Feição Espectral (SFDVI - Spectral Feature Depth Vegetation Index) em dados RapidEye. **Anais XVII SBSR**, João Pessoa, Brasil, 2015, INPE, p. 2277-2284.

Bernstein, L. S.; Jin X.; Gregor, B.; Adler-Golden, S.M. Quick atmospheric correction code: algorithm description and recent upgrades. **Opt. Eng.** 0001;51(11):111719-1-111719-11, 2012. doi:10.1117/1.OE.51.11.111719.

Cota, A. M. P.; Baptista, G. M. M. Detecção de foco de incêndio subterrâneo em turfa por câmera portátil termal. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 3, p. 57-64, 2015.

Key, C.H.; Benson, N.C. 2006. Landscape Assessment (LA). In 'FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System'. (Eds DC Lutes, REKeane, JF Carati, CH Key, NC Benson, LJ Gangi) USDA Forest Service, Rocky Mountains Research Station General, **Technical Report RMRS-GTR-164-CD**. p. LA-1-55. Fort Collins, CO.

Libonati, R.; Da Camara, C. C.; Setzer, A. W.; Morelli, F.; Melchiori, A. E. An Algorithm for Burned Area Detection in the Brazilian Cerrado Using 4 μm MODIS Imagery. **Remote Sens.**, 7(11), 15782-15803; 2015. doi:10.3390/rs71115782

Miller, J. D.; Thode, A. E. 2007. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). **Remote Sensing of Environment** 109, 66-80.

Pessoa, O.AA.; Baptista, G.M.M.; Almeida, T.; Meneses, P.R. Monitoramento da Reflectância Espectral após Extinção do Fogo e uma Proposta para a Detecção de Áreas Queimadas em Vegetação Campestre de Cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.67, p.1131 - 1143, 2015.

Roy, D.P.; Boschetti, L.; Trigg, S.N. 2006. Remote Sensing of Fire Severity: Assessing the Performance of the Normalized Burn Ratio. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters** 3, 112-116. DOI:10.1109/LGRS.2005.858485.