
ANÁLISE COMPARATIVA DE NDVI PARA IMAGENS OLI, MUX E LISS3 COMO FORMA MÚTUA DE AVALIAÇÃO RADIOMÉTRICA E ESPECTRAL MULTIFONTE

ALBINO FERREIRA DE FRANÇA

JOÃO ANTONIO DOS SANTOS PEREIRA

JOÃO RODRIGUES TAVARES JÚNIOR

LEIDJANE MARIA MACIEL DE OLIVEIRA

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Centro de Tecnologia e Geociências - CTG

Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE

albinooffranca@mail.com, antoniopereira.278@gmail.com, joaoufpe@gmail.com, leidjaneoliveira@hotmail.com

RESUMO – Índices físicos são medidas radiométricas capazes de proporcionar contrastes para diversos tipos de alvos, tais como vegetação, corpos hídricos e edificações. Diferentes tipos de sensores podem proporcionar resultados similares ou não, a depender das características espectral, radiométrica e espacial das imagens geradas pelos mesmos. Este trabalho teve como objetivo apresentar uma avaliação entre índices de vegetação NDVI calculados para os sensores OLI, MUX e LISS3. O resultado da avaliação, que fez uso de estatísticas como diferença e desvio padrão, apresentou uma discrepância média abaixo de 0,05 entre os valores de NDVI para os sensores e o NDVI médio calculado.

ABSTRACT -. Physical index are radiometric measures to provide contrast for different types of objects, such as vegetation, water bodies and build-up areas. Different types of sensors may provide similar or non similar results, depending of the spectral, spatial and radiometric characteristics of images generated. This study aimed to present an assessment of NDVI calculated of OLI, MUX and LISS3 sensors. The result of the evaluation, which made use of statistics as difference and standard deviation, showed a averaged discrepancy bellow 0,05 among the NDVI values for the sensors and de calculated average NDVI

1 INTRODUÇÃO

Índices físicos, como medidas radiométricas, são capazes de apresentar resultados qualitativos e quantitativos para o tipo de alvo aos quais estão associados. Índices de vegetação, portanto, apresentam através de quantificações radiométricas e espectrais características de uma determinada região com relação ao mapeamento da vegetação nela contida.

A partir do desenvolvimento de novos sistemas sensores nos últimos anos, uma crescente quantidade de dados com diferentes resoluções espaciais, espectrais e radiométricas vem sendo colocada à disposição da comunidade científica internacional. A utilização combinada destes dados apresenta um grande potencial e vem sendo objeto de investigação por parte de vários pesquisadores (Price, 1999).

A combinação de dados de satélites com diferentes finalidades tem o potencial de gerar análises mais fiéis do ambiente estudado. Segundo Mousivand (2015), uma abordagem multi-sensor de variadas épocas, aplicada a uma série temporal de dados radiométricos pode melhorar mapeamento e monitoramento de variáveis de estado dos componentes da superfície.

Avaliar índices de vegetação calculados utilizando diferentes sensores proporciona qualificar o índice físico calculado em um determinado sensor com relação aos demais. Ke et al (2015), avaliou as características do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) calculado a partir do sensor OLI (*Operational Land Imager*), a bordo do Landsat 8 em comparação com produtos obtidos a partir do ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), a bordo com Landsat 7, produtos obtidos a partir dos instrumentos do MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), além de observações *in-situ*.

A análise do NDVI, obtido a partir de variados sensores, pode destacar a influência que a diferença entre a largura das bandas espectrais de cada sensor, e a capacidade de distinção de alvos por conta de resoluções radiométricas distintas que podem gerar nos produtos.

Este trabalho tem como objetivo a avaliação comparativa do NDVI calculado a partir dos sensores OLI, MUX (Câmera Multiespectral Regular) e LISS3 (*Linear Imaging and Self Scanning*), observando a compatibilidade de seus resultados para atestar a qualidade do produto gerado, a partir de qualquer um dos mesmos, ou daquele que apresentou melhor resultado estatístico numa área localizada no município de Petrolândia/PE.

2 METODOLOGIA DO TRABALHO

2.1 Área de estudo

A área de estudo escolhida para este trabalho encontra-se localizada no município de Petrolândia/PE, integrante do Sertão de Pernambuco, na mesorregião do São Francisco e microrregião de Itaparica, e distante cerca de 1,5 quilômetros do município de Tacaratu/PE (Figura 1). O município encontra-se no bioma da Caatinga, e contém esse tipo de vegetação e áreas agrícolas. O local foi escolhido como área de estudo devido à sua alta incidência de vegetação.

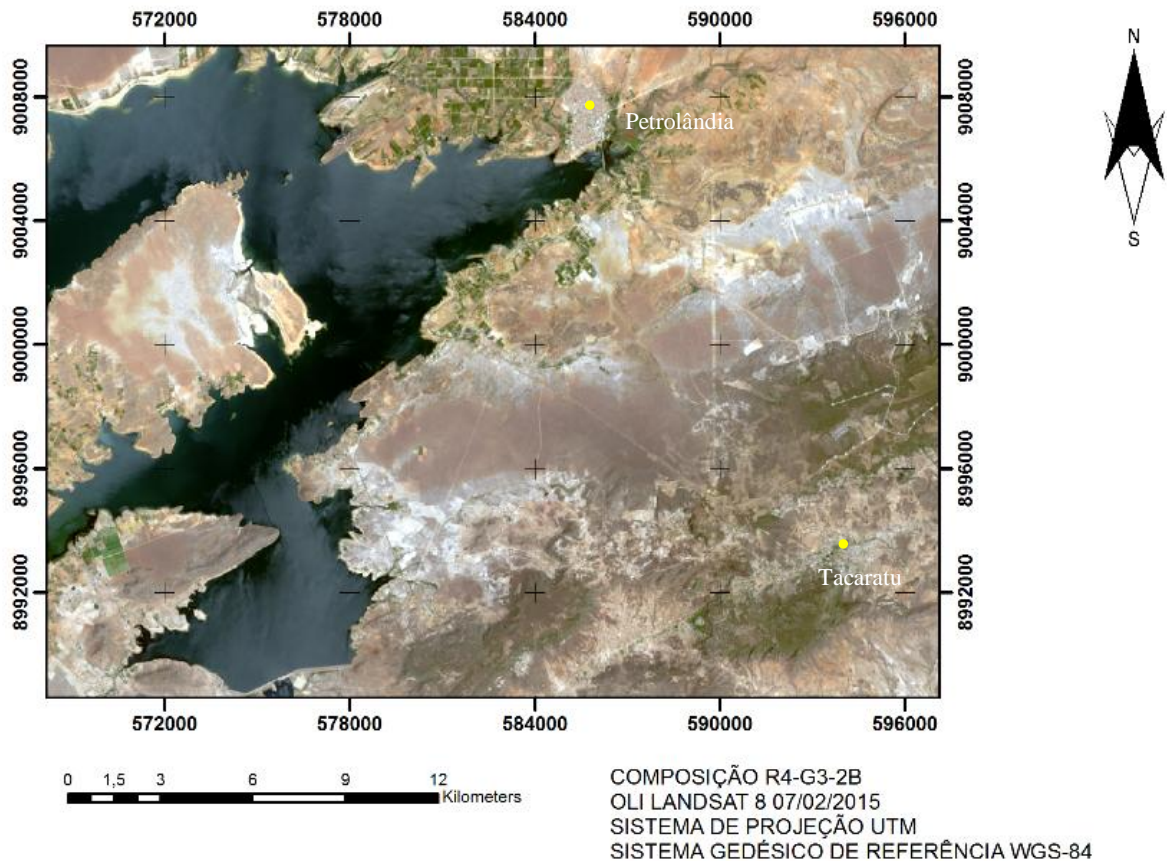


Figura 1 – Localização da área de estudo.

2.2 O sensor OLI

O mais novo sensor da série Landsat, o OLI (*Operational Land Imager*) apresenta alguns melhoramentos. Segundo (ROY, 2014), o menor comprimento de ondas das faixas espectrais, beneficia a acurácia dos dados, a partir do momento que o sensor é mais sensível às variações de energia existente entre os variados elementos da superfície. Neste sensor a resolução espacial é de 30 metros nas bandas multiespectrais e 15 metros na banda pancromática. A faixa de comprimento de onda das bandas do vermelho e do infravermelho próximo, necessárias para o cálculo do NDVI são respectivamente: 0.64 - 0.67 μm e 0.85 - 0.88 μm . A resolução radiométrica do sensor é de 16 bits, o que lhe proporciona uma alta capacidade de distinção de alvos por meio da intensidade de energia refletida por cada componente da superfície terrestre.

2.3 O sensor MUX

Sua principal função é manter a continuidade dos imageamentos feitos pelos três CBERS anteriores. O MUX (Câmera Multiespectral Regular) é o sensor que assegura o recobrimento global do CBERS numa resolução espacial padrão de 20 metros a cada 26 dias. As aplicações dessa câmera são as já desenvolvidas para os satélites que possuem câmeras nessa classe de resolução (Epiphany, 2012). Opera nas faixas espectrais do visível e do infravermelho próximo, com resolução espacial de 20 metros. Neste sensor a largura das faixas são as seguintes: vermelho (0.63 – 0.69 μ m) e infravermelho próximo (0.77 – 0.89 μ m). A resolução radiométrica deste sensor é menor que o OLI, pois esse apresenta resolução de 8 bits. O que gera uma menor capacidade de distinção de alvos através de seus níveis de brilho.

2.4 O sensor LISS3

O sensor LISS3 (*Linear Imaging and Self Scanning*), está instalado no satélite ResourceSat-1 de origem indiana. Segundo a *National Remote Sensing Agency* (NRSA, 2003), o sensor LISS- possui resolução espacial de 23,5 m, é uma câmera multiespectral operando em 4 bandas, três no canal do visível e uma no infravermelho, na região do infravermelho próximo. A faixa do vermelho cobre o intervalo de 0.62 μ m a 0.68 μ m, e o infravermelho próximo abrange o espectro entre 0.77 μ m a 0.86 μ m. A resolução radiométrica deste sensor é de 7 bits, sendo assim, apresenta uma capacidade de distinção de alvos por intensidade de brilho um pouco menor ao se comparar com o MUX.

2.5 NDVI

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um índice de vegetação utilizado para destacar coberturas vegetais. De acordo com Jensen (2009), a Equação 1 representa este índice físico.

$$NDVI = \frac{\rho_{ivp} - \rho_{vm}}{\rho_{ivp} + \rho_{vm}} \quad (1)$$

Esse índice de vegetação, individualmente ou combinado a outros índices físicos, é capaz de proporcionar diferenciação entre distintas classes de alvos. De acordo com Liang e Weng (2011), O NDVI, NDWI (*Normalized Difference Water Index*) e NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) são produtos que possibilitam a detecção de diferentes coberturas conforme determinadas faixas espectrais.

Essas bandas são escolhidas por apresentarem discrepâncias quanto à absorção e reflexão de energia pela vegetação. Na faixa do vermelho, a absorção de energia solar é alta, muito influenciada pela presença da clorofila, consequentemente gerando uma baixa reflectância. Em contrapartida, na faixa do infravermelho próximo, a absorção é baixa e portanto, uma alta reflectância é notada. Essa relação, possibilita a análise das características da vegetação, e a distinção das classes vegetais quanto à porte, biomassa fotossintetizante e conteúdo hídrico.

2.6 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa, executada com o objetivo de testar a compatibilidade entre índices de vegetação NDVI calculados sobre imagens OLI (07/12/2015), MUX (04/12/2015) e LISS (09/12/2015), abrangeu etapas como compatibilização de sistemas de referência e projeção, registro, recorte e análises estatísticas dos produtos gerados. Todos os procedimentos foram executados sobre o software livre QGIS, em sua versão 2.8.2-Wien. A compatibilização dos sistemas de referência e projeção abrangeu a transformação das imagens brutas para o sistema geodésico de referência SIRGAS2000. As feições, por sua vez, encontraram-se projetadas sobre a projeção UTM, no fuso 24-Sul. Para o registro, as imagens OLI foram tomadas como referenciais, e foram escolhidos pontos coincidentes, aos pares, entre imagens OLI e LISS3 e OLI e MUX. A Figura 2 e a Figura 3 apresentam os relatórios resultantes dos registros das imagens. A etapa posterior foi o recorte das imagens para a área de estudo.

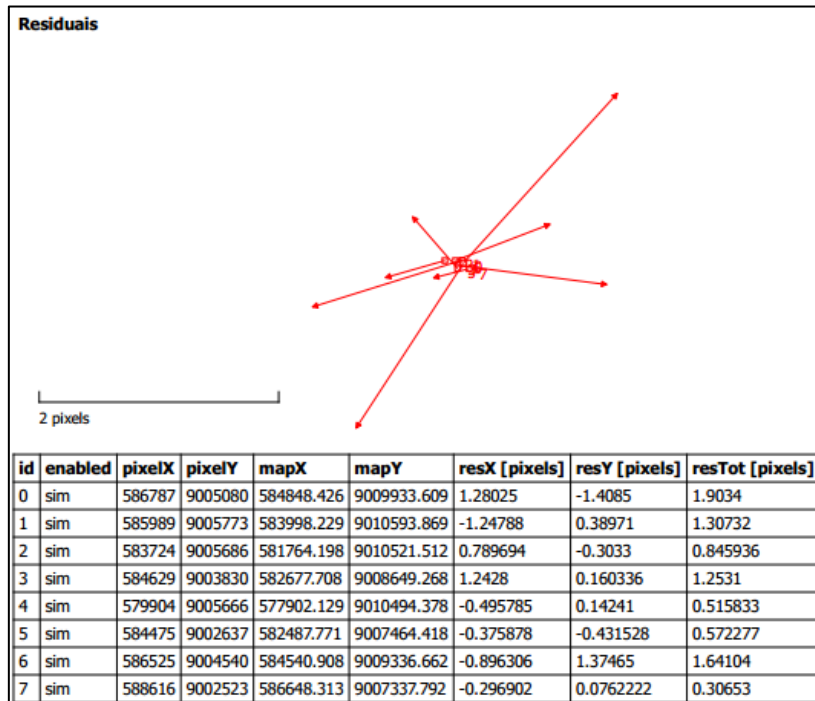


Figura 2 – Relatório apresentado no registro das imagens MUX, tomando como referência as imagens OLI, apresentando como resíduo total máximo 1,9034 [pixeis].

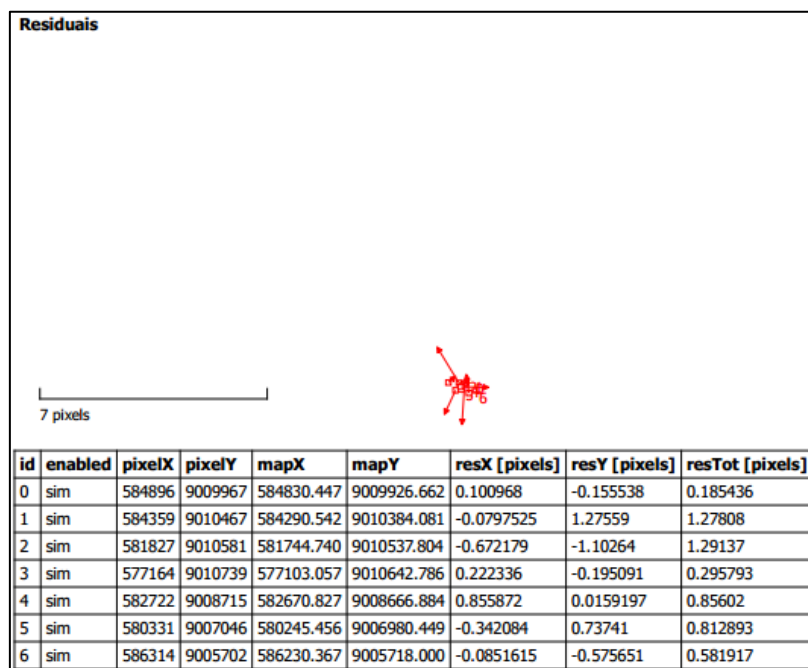


Figura 3 – Relatório apresentado no registro das imagens LISS3, tomando como referência as imagens OLI, apresentando como resíduo total máximo 1,29137 [pixeis].

Os índices de vegetação NDVI foram calculados utilizando a ferramenta Calculadora Raster disponibilizada pelo software QGIS. Apesar de a Equação apresentar o cálculo do índice em função de valores de reflectância, para esta aplicação foram utilizados os valores dos Números Digitais (DN), uma vez que os processos de correção radiométrica (com ou sem correção atmosférica) entre os sensores apresentam diferenças metodológicas entre si. A Figura 4 apresenta os índices NDVI calculados.

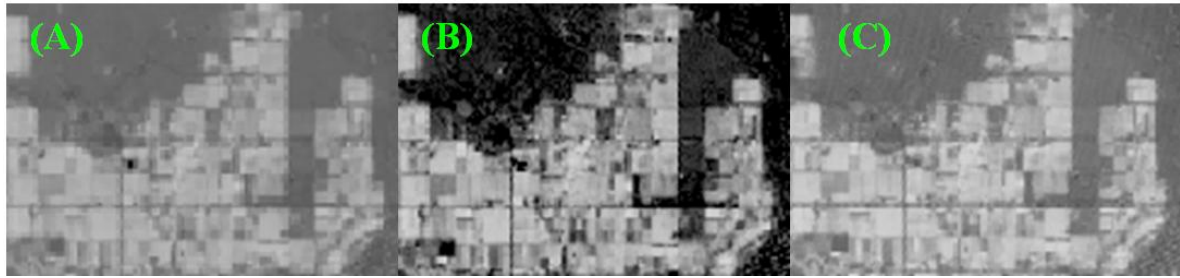


Figura 4 – NDVI para o sensor OLI (A); NDVI para o sensor MUX (B); NDVI para o sensor LISS3 (C)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa entre os índices de vegetação NDVI calculados a partir dos sensores OLI, MUX e LISS3 foi executada através de comparação visual e estatística entre os resultados obtidos para os índices. Para tal, foram calculadas as estatísticas média e desvio padrão para mensurar o grau de aderência entre os resultados.

A Figura 5 apresenta de maneira comparativa os valores de NDVI calculados para os três sensores aqui abordados. As figuras 6, 7 e 8, por sua vez, apresentam a comparação dos NDVI das imagens com relação à média entre os índices.

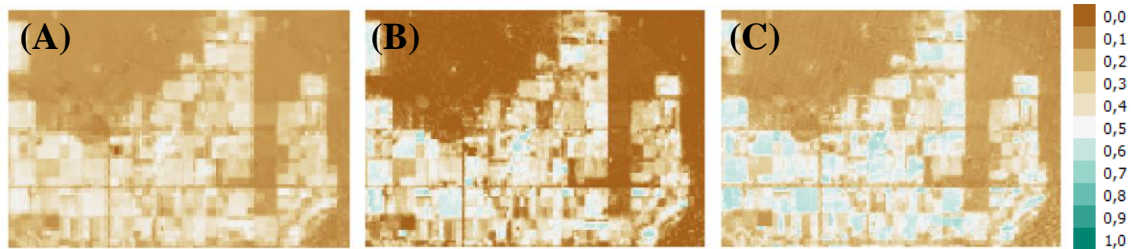


Figura 5 – NDVI para o sensor OLI (A); NDVI para o sensor MUX (B); NDVI para o sensor LISS3 (C)

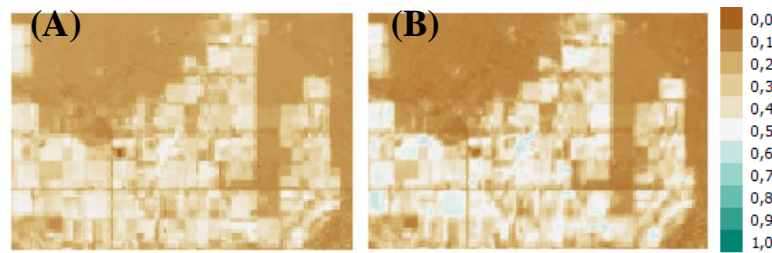


Figura 6 – NDVI para o sensor OLI (A); NDVI média, calculado a partir dos sensores OLI, MUX e LISS3 (B).

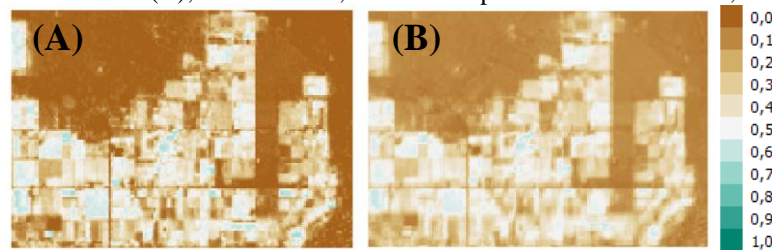


Figura 7 – NDVI para o sensor MUX (A); NDVI média, calculado a partir dos sensores OLI, MUX e LISS3 (B).

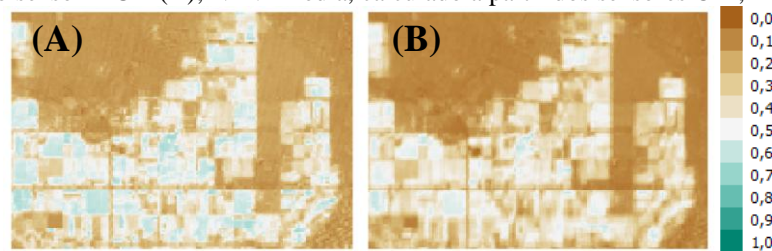


Figura 8 – NDVI para o sensor LISS3 (A); NDVI média, calculado a partir dos sensores OLI, MUX e LISS3 (B).

Ao analisar visualmente esses dados, é possível notar que o NDVI calculado a partir da imagem do sensor OLI apresentou as menores discrepâncias entre valores máximos e mínimos. Isto se deve ao menor intervalo que cada banda da imagem cobre com relação ao espectro eletromagnético. Neste sentido, o sensor tem maior capacidade de distinção de variação na detecção da energia refletida em cada canal específico, aumentando sua precisão. Além disso, a maior resolução radiométrica possibilita maior confiabilidade nos produtos, por ter alta sensibilidade de detecção de variação de brilho do alvo, e menor influência dos fatores de interferência atmosférica. Dessa maneira, ao comparar o NDVI obtido pelo OLI, se nota uma tendência à apresentar valores menos discrepantes e mais condizentes com a realidade, atribuindo à vegetação irrigada valores entre 0,4 e 0,6, e às áreas de vegetação nativa, valores entre 0,1 e 0,3.

O NDVI obtido pelo sensor MUX, ao contrário do notado anteriormente, apresenta os valores mais próximos a 0. Dos três sensores, esse foi o que apresentou os valores mínimos mais baixos. Além disso, quando comparado ao produto obtido pelo OLI, este apresentou valores de máxima superiores, ou seja, os resultados apresentam maior variação. Isto reflete a influência da maior largura da banda do infravermelho próximo, onde a vegetação reflete a maior parte da energia nela incidida. Essa discrepância, resulta em uma tendência de valores mais baixos em áreas onde a vegetação é mais rala, e uma superestimação em áreas com vegetação de maior porte.

A análise do índice produto do sensor LISS3, sugere que houve uma maior superestimação dos valores onde há presença de vegetação mais abundante. A maior absorção dessa classe de vegetação na banda do vermelho, relacionada com a alta reflexão no infravermelho próximo, em faixas mais largas gera essa discrepância entre valores máximos e mínimos notadas na imagem. A vegetação densa apresentou valores entre 0,4 e 0,7, e em às áreas de vegetação nativa, valores entre 0,1 e 0,3.

As figuras 9, 10 e 11 apresentam a análise comparativa para os sensores utilizados neste trabalho. Através do desvio padrão calculado para os pixels das imagens NDVI e apresentados nas figuras mencionadas, foi possível identificar os locais com maiores discrepâncias.

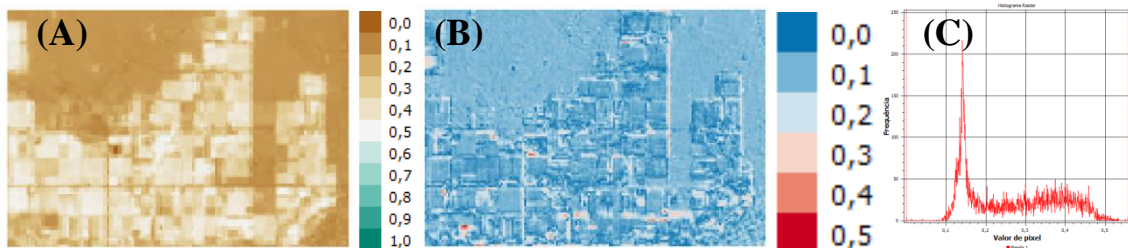


Figura 9 – NDVI para o sensor OLI (A); Desvio padrão calculado para os índices físicos (B); Histograma do NDVI para o sensor OLI (C).

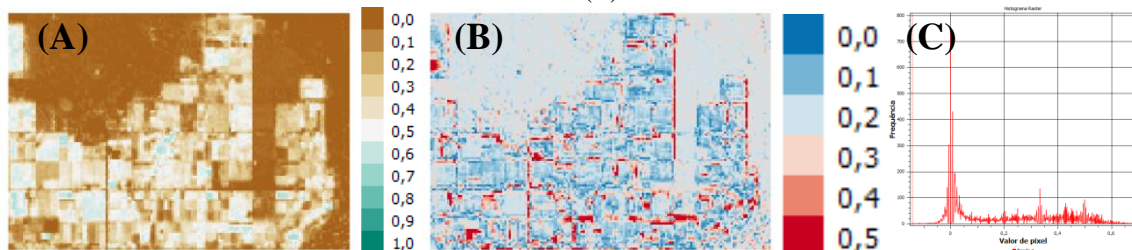


Figura 10 – NDVI para o sensor MUX (A); Desvio padrão calculado para os índices físicos (B) ; Histograma do NDVI para o sensor MUX (C).

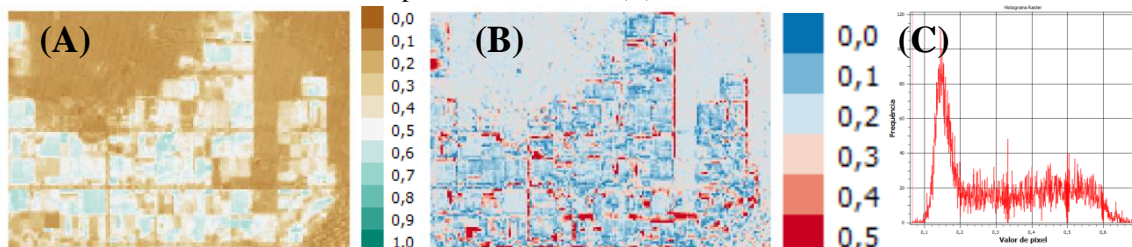


Figura 11 – NDVI para o sensor LISS3 (A); Desvio padrão calculado para os índices físicos (B) ; Histograma do NDVI para o sensor LISS3 (C).

A Tabela 1 apresenta os valores relativos às diferenças média, máxima e mínima entre os valores de NDVI comparativos entre a imagem relativa à média e as imagens relativas aos NDVI calculados para os sensores. A Figura 12, por sua vez, apresenta os histogramas relativos às diferenças entre os valores de NDVI calculados para os sensores e o NDVI médio, enquanto a Figura 13 apresenta o histograma para os valores da imagem que representa o desvio padrão entre os índices calculados para os múltiplos sensores.

Tabela 1 – Medidas a serem utilizadas no documento.

| Diferença | Valor máximo | Valor mínimo | Valor médio |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|
| NDVI (OLI) – NDVI (Média) | 0,237 | -0,208 | 0,003 |
| NDVI (MUX) – NDVI (Média) | 0,288 | -0,308 | - 0,055 |
| NDVI (LISS3) – NDVI (Média) | 0,365 | -0,242 | 0,053 |

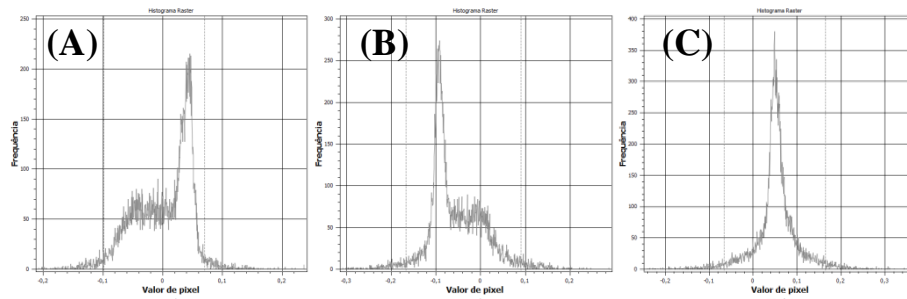


Figura 12 – Histograma para a operação NDVI(OLI) – NDVI (Média) (A); Histograma para a operação NDVI (MUX) – NDVI (Média) (B) ; Histograma para a operação NDVI (LISS3) – NDVI (Média) (C).

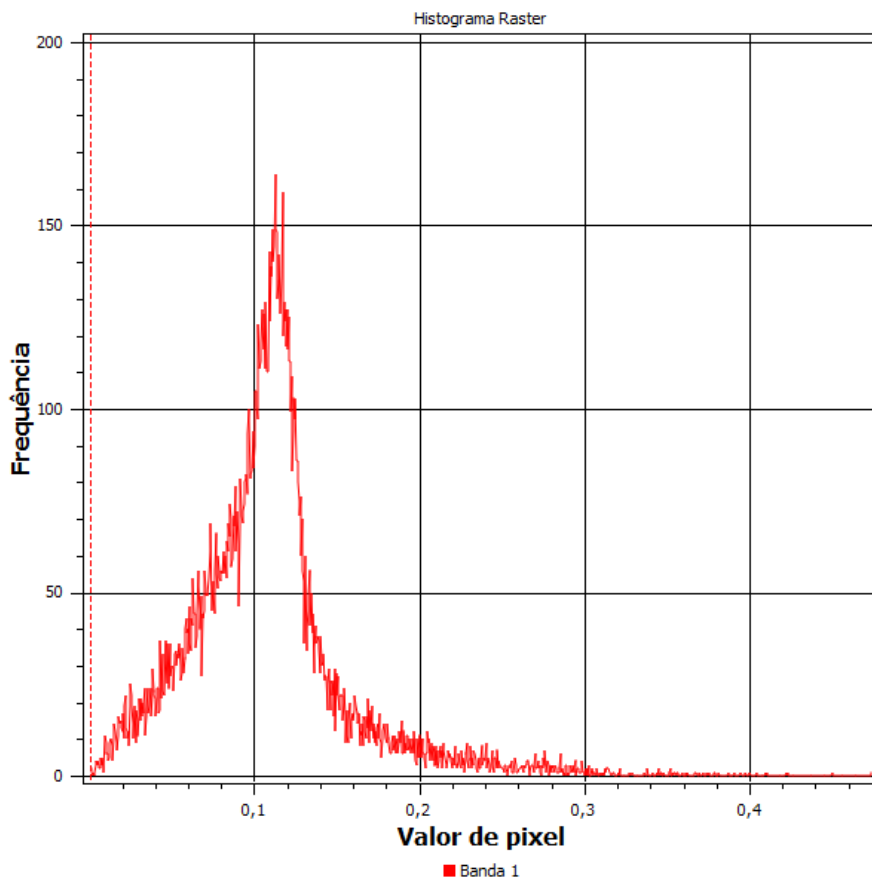


Figura 13 – Histograma para os valores da imagem que representa o desvio padrão entre os índices calculados para os múltiplos sensores.

4 CONCLUSÕES

O cálculo de parâmetros e índices utilizando como insumos imagens de diversos sensores com características espectrais, espaciais e radiométricas valida do ponto de vista radiométrico e espectral os resultados obtidos em qualquer um dos sensores utilizados na comparação.

A análise comparativa visual foi capaz de demonstrar uma clara coerência entre as imagens NDVI calculadas, uma vez que todas se assemelham, apesar de regiões com maiores diferenças na imagem NDVI do sensor MUX, conforme pode ser observado visualmente na Figura 10 e corroborado com o valor da média para o mesmo sensor.

O valor alto de desvio padrão nas regiões onde há bruscas diferenças é perceptível nas Figuras 9, 10 e 11. Contudo, observa-se claramente que a predominância de valores com desvio padrão abaixo de 0,10 é majoritária na amostra analisada. Foi ainda perceptível através da Tabela 1a melhor aderência do NDVI calculado via sensor OLI com relação à imagem com a média de NDVI para as demais imagens.

Desta forma, conclui-se deste trabalho que os valores de NDVI avaliados nesta pesquisa são mutuamente correlacionados, o que é capaz de validar do ponto de vista espectral e radiométrico. Por fim, a imagem NDVI para o sensor OLI, por sua vez, com melhor desempenho, é tida como a mais representativa para a área de estudo.

Agradecimentos

Agradecimentos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da UFPE.

Referências Bibliográficas

EPIPHANIO, J. C. N.; **CBERS-3/4: características e potencialidades**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.9009.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

LIANG, B; WENG, Q. **Assessing Urban Environmental Quality Change of Indianapolis, United States, by the Remote Sensing and GIS Integration**. IEE Journal of Selected Topcs In Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 4, No. 1, March. 2011.

KE, Y.; IM, J.; LEE, J.; GONG, H.; RYU, Y. 2015. **Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations**. Remote Sensing of Environment 164: 298-313.

MOUSIVAND, A.; MENENTI, M.; GORTE, B.; VERHOEF, W.; **Multi-temporal, multi-sensor retrieval of terrestrial vegetation properties from spectral-directional radiometric data**. Remote Sensing of Environment 158 (2015) 311–330.

NRSA. **Resourcesat-1 (IRS-P6): data user's manual**. Hyderabad, Governo da India, 2003. Disponível em: <http://www.euromap.de/download/P6_data_user_handbook.pdf>.

PRICE, J. J. **Combining Multispectral Data of Different Spatial Resolution**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 37, No. 3, pp. 1199-1203, 1999.

ROY, D. P.; et al. **Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research**. Remote Sensing of Environment 145 (2014) 154–172.