

MAPEAMENTO DE DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA NO ESTUÁRIO DE GUAJARÁ-MIRIM POR MEIO DO MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL (MLME)

J. F. S. Duarte¹, A. J. R. Ramos², R. S. G. S. Carneiro¹, T. M. Silva²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Brasil

²Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

Os ecossistemas estuarinos apresentam grande diversidade no que se diz respeito às características físico-químicas, geomorfológicas e biológicas. Por se apresentarem como um elo entre os rios e o mar, a mistura dessas águas faz com que as diferenças de tais características levem a complexas reações e mudanças de fase do material acumulado na água. Conhecer a dinâmica dos elementos presentes nas águas estuarinas apresenta um alto grau de compreensão acerca do funcionamento destes ecossistemas. Desta forma, foram realizadas a caracterização espectral e o mapeamento dos diferentes tipos de água no estuário Guajará-Mirim por meio do modelo linear de mistura espectral (MLME) em imagens orbitais Landsat 8/sensor OLI. Foram identificados três componentes puros no local de estudo, sendo classificados como: água branca, água clara e nuvens. O MLME apresentou resultados satisfatórios apesar das limitações tecnológicas do sensor OLI/Landsat.

Palavras chave: Hidrologia, Reflectância, Sensoriamento Remoto

ABSTRACT

The estuarine ecosystems present great diversity in physico-chemical, geomorphological and biological characteristics. Because they are a link between rivers and the sea, the mixing of these waters makes the differences of such characteristics lead to complex reactions and phase changes of the material accumulated in the water. Knowing the dynamics of the elements present in estuarine waters presents a high degree of understanding about the functioning of these ecosystems. In this way, the spectral characterization and the mapping of the different water types in the Guajará-Mirim estuary were carried out by means of the Linear Spectral Mixture Model (LSMM) in Landsat 8 orbital images / OLI sensor. Three pure components were identified at the study site, being classified as: white water, clear water and clouds. The MLME presented satisfactory results despite the technological limitations of the OLI / Landsat sensor.

Keywords: Hydrology, Reflectance, Remote Sensing

1- INTRODUÇÃO

Os ecossistemas estuarinos apresentam grande diversidade no que se diz respeito às características físico-químicas, geomorfológicas e biológicas (Flemer e Champ, 2006). Estes ambientes apresentam elevada importância biológica, socioeconômica, alta taxa de produtividade primária e biomassa tanto dos produtores primários como dos consumidores. A capacidade de renovação periódica de suas águas faz dos estuários ecossistemas locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica (Pereira Filho et al., 2003).

O manejo adequado de recursos hídricos é de importante para o bom funcionamento de tais sistemas

em um contexto dinâmico. Uma das questões fundamentais para a interpretação das informações de sensores remotos é a de atribuir significado às diferentes “cores” com as quais os objetos da superfície são registrados. A cor da água pode ser interpretada como um indicador de suas propriedades químicas, podendo, no caso de ecossistemas de várzea, ser considerada também como indicadora da produtividade biológica (Kampel e Novo, 2005). As diferentes colorações de águas são indicativos preliminares para distintos aspectos sobre a qualidade e a concentração de sedimentos em suspensão na água. Desta forma, Sioli (1990) classificou lagos e rios da Bacia Amazônica, segundo o parâmetro coloração, como água preta, água clara e água branca. O uso de dados de

Sensoriamento Remoto apresenta grande potencialidade para identificação e representação espacial e temporal da qualidade da água (Rudorf, 2006), permitindo o monitoramento de grandes áreas em diferentes escalas de tempo no estudo da dinâmica de sedimentos em corpos hídricos.

O objetivo do presente trabalho consiste na identificação dos principais tipos de água da zona estuarina de Guajará-Mirim, através da caracterização espectral em imagens OLI/LANDSAT auxiliada pela aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro e Smith, 1991) para o mapeamento das classes de água.

2- MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no estuário do rio Guajará-Mirim ou Furo da Laura (figura 1), o qual é o principal acidente hidrográfico do município, às margens do qual está situada a cidade de Vígia-PA, e tem como um dos principais tributários o rio Baiacu, além de vários igarapés menores.

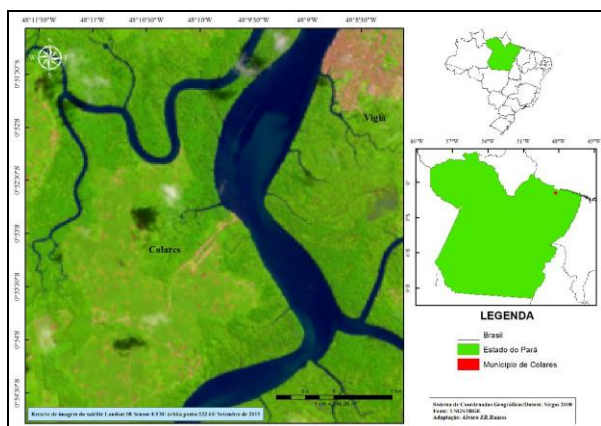


Fig. 1 – Mapa de localização da área de estudo

Os dados utilizados foram as imagens do sensor OLI/ Landsat 8 (órbita-ponto 223/61) referente à data 01 de junho de 2016. Tal período foi selecionado por ser época de menor regime pluviométrico na região, apresentando menor incidência de nuvens. As faixas espectrais utilizadas para tal estudo compreendem os comprimentos de ondas correspondentes às bandas 1, 2 e 4 (tabela 1), as quais são amplamente utilizadas para analisar a distribuição de sedimentos e nutrientes na área de estuário.

Tabela 1. Características espectrais do Landsat 8/OLI.

Bandas L8-OLI	Comprimento de onda (µm)	Resolução espacial
1-coastal/Aerosol	0.435 – 0.451	30 m
2-Blue	0.452 – 0.512	30 m
4-Red	0.636 – 0.673	30 m

Fonte: United States Geological Survey (USGS, 2013).

Inicialmente foi realizada a obtenção de perfis de reflectância da imagem, onde os valores de níveis digitais (ND) foram convertidos em valores de

reflectância através da Correção de Reflectância IAR (Reflectância Relativa Média Interna) para normalizar imagens para um espectro médio de cena. Um espectro médio é calculado a partir de toda a cena e é usado como o espectro de referência, que é então dividido em um espectro em cada pixel da imagem.

Foram adquiridos em campo pontos ao longo do estuário com auxílio de GPS (*Global Positioning System*) para posterior comparação, sendo as coordenadas geográficas: 0°51'11,5"S e 48°08'45,9"W; 0°50'42,8"S e 48°08'32,9"W; 0°53'54,6"S e 48°08'18,7"W; 0°50'54,6"S e 48°07'9,2"W.

Para extrair a máscara de água da imagem analisada, foi aplicado o índice NDWI (*Normalized Difference Water Index*), o qual permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos, discriminando desta forma as feições estuarinas costeiras de forma mais eficiente. O NDWI é formulado por meio das bandas do verde (V) e do infravermelho próximo (IVP) e é gerado segundo a equação (1):

$$NDWI = (V-IVP)/(V+IVP) \quad (1)$$

Em seguida, foi recortada a imagem pela máscara resultante do NDWI para isolar apenas as porções de interesse do estudo e então foi feita a seleção dos membros de referência para posterior aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) realizada no software SPRING. Nesse trabalho foram selecionadas as componentes: Água Clara (baixos níveis de sedimentos suspensos), Água Branca (altos níveis de sedimentos suspensos) por serem os principais responsáveis pelas diferenças espectrais dos principais corpos d'água presentes na área de estudo, além da componente Nuvens. Em seguida foi aplicado o MLME para estimar a proporção de cada componente selecionado, para cada pixel, a partir da resposta espectral nas diversas bandas do OLI, gerando as imagens-fração Água Clara, Água Branca e Nuvens.

A classificação da componente “nuvens” objetivou minimizar a contaminação pela cobertura de nuvens na imagem durante a classificação. Ao final, o mapeamento de diferentes águas foi feita a partir da segmentação das imagens-fração e o fatiamento das classes.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação do MLME foram geradas as imagens-frações referentes à Água Branca (a), Água Clara (b) e Nuvens (c), as quais estão apresentadas na figura 2, respectivamente.

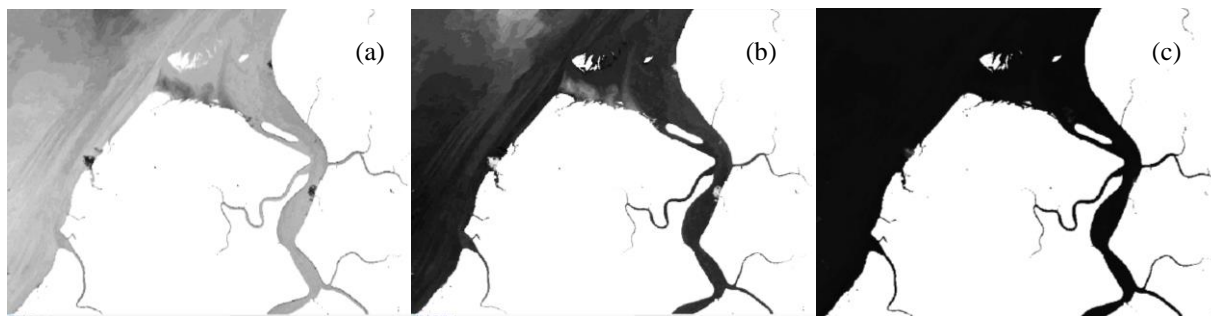


Fig. 2 – Imagem-frações: água branca (a), água clara (b) e nuvens (c).

As imagens-frações possibilitam realçar os elementos puros os quais se apresentam em tons mais claros. A fim de caracterizar espectralmente os componentes resultantes do MLME, foram obtidas as curvas de reflectância dos alvos, que podem ser observados na figura 3. A resposta é expressa em valores normalizados de reflectância, correspondentes às bandas 1, 2, 3, 4 e 5 do Landsat-8 OLI, para melhor caracterização espectral dos alvos estudados.

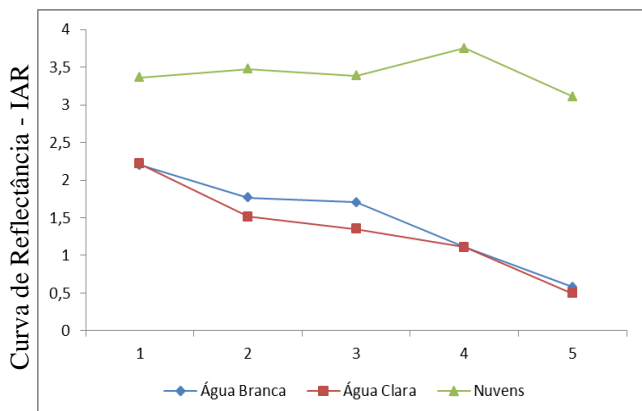


Fig. - 3. Curvas espectrais dos componentes puros água branca, água clara e nuvens.

Após análise das curvas espectrais dos alvos analisados, foi feita a validação com os dados obtidos em campo, os resultados se mostraram coerentes com o que se espera do comportamento espectral dos diferentes tipos de água e de nuvens. A classe água branca foi classificada de forma satisfatória após a aplicação do modelo linear de mistura; a classe água clara apresentou curva espectral mais baixa em relação à água branca por apresentar menores concentrações de sedimentos no período analisado, indicando maior absorção da energia, em consequência refletindo menos, isto se deve à sazonalidade dos sedimentos nos corpos hídricos em diferentes épocas de regimes pluviométricos. A curva espectral da classe nuvens mostrou-se com comportamento típico deste alvo, exibindo reflectância máxima nos intervalos espectrais das bandas utilizadas. É importante ressaltar que os valores de reflectância foram normalizados de acordo com o fator de correção atmosférica IAR presente no *software* ENVI, contudo, foi possível analisar

razoavelmente os comportamentos espectrais característicos dos elementos de estudo.

As imagens-fração foram segmentadas e classificadas por meio do fatiamento dos intervalos correspondentes aos componentes puros, podendo ser observada na figura 4.

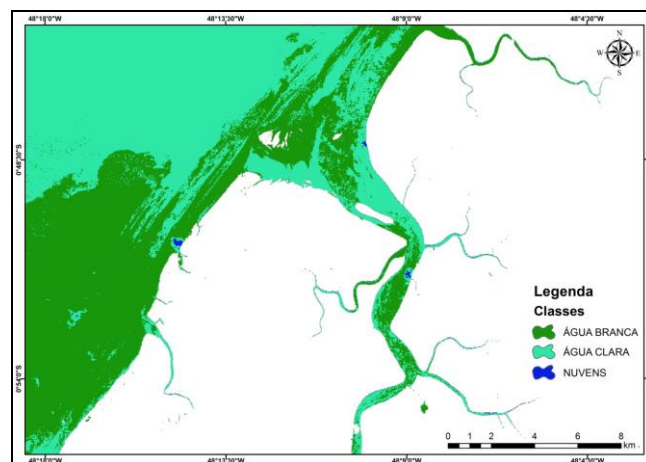


Fig. - 4. Classificação dos tipos de água no estuário Guajará-Mirim.

5 - CONCLUSÃO

Apesar das limitações tecnológicas do sensor OLI/LANDSAT para estudos de caracterização espectral de corpos d'água, ainda assim a imagem adquirida permitiu mapear os principais tipos de águas presentes na área de estudo. A aplicação do modelo linear de mistura espectral em estudos de recursos hídricos se destacou como uma importante ferramenta, e apresentou resultados satisfatórios para o presente estudo, mostrando eficiência em discriminar diferentes tipos de água segundo os parâmetros de coloração, que podem indicar distintas concentrações de sedimentos em suspensão nos corpos d'água, em especial para análises de baixa escala. O conhecimento prévio das curvas espectrais teóricas dos componentes avaliados foi de extrema importância para validar os resultados gerados pela classificação a partir do modelo de mistura linear, bem como os pontos de coleta em campo serviram como verdade terrestre e evidenciaram a coerência do mapeamento de águas barrentas classificadas neste estudo como "águas brancas".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Flemer, D. A.; Champ M. A. What is Future Fate of Estuaries Given Nutrient Overenrichment, Freshwater Diversion and Low Flows? Marine Pollution Bulletin, 52 (2006) 247-258.

Kampel, M. e Novo, E. M. L. O sensoriamento remoto da cor da água. In: Souza, R.B. (Org.). Oceanografia por satélites. São Paulo: Oficina de Textos,, p. 179-196. 2005

Pereira-Filho, J.; Spillere, L.C.; Schettini, C.A.F. Dinâmica de nutrientes na região portuária do estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. Atlântica, Rio Grande, 25 (1) (2003) 11-20.

Rudorf, C.M. Estudo da composição das águas da planície amazônica por Meio de dados de refletância do sensor HYPERION/EO-1 e de Espectrorradiômetro de campo visando a compreensão da Variação temporal dos seus constituintes opticamente ativos. 2006, 138p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP, 2006.

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A., (1991), “The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data”. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 29 (1):16-20.

Sioli, H. (1990). Amazônia fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Instituto Max-Planck de Limnologia. Editora Vozes Ltda, Petrópolis, RJ. 72p.