

Contribuição das novas bandas espectrais do satélite *Worldview-II* para a classificação de tipos vegetais em habitats costeiros: resultados iniciais

Ulisses Denache Vieira Souza ¹
Felipe Augusto Ventura da Silva Alfaya ¹
Hermann Johann Heinrich Kux ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{ulisses, felipe, hermann}@dsr.inpe.br

Abstract

The objective of this paper is to show the qualitative improvement of thematic classification of vegetation when using the 8 bands of high resolution sensor *Worldview-2*. At a test-site located in Maranhão State (Brazil), close to São Luís, the State capital, covered with mangrove and tropical forests, the NDVI of both vegetation types was obtained and compared with the NDVI achieved with 4 bands (blue, red, green and near infrared). The *Kappa* indices calculated show also a clear improvement of classification accuracy when using the 8 *Worldview-2* bands. It is assumed that the *Red edge* band is largely responsible for this improvement.

Palavras-chave: high spatial resolution, *Worldview-2*, red edge, alta resolução espacial, borda do vermelho, *Worldview 2*.

1. Introdução

O avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e a maior disponibilidade de sistemas sensores expandiram o leque de opções para o uso de produtos orbitais, devido principalmente à significativa melhoria nas resoluções espaciais e espectrais, contrapondo com fotografias aéreas adquiridas por sensores aerotransportados em baixa altitude (Ehlers, 2007). Com a disponibilidade de novos sistemas sensores de alta resolução e SIG no início desta década, tornou-se possível a obtenção de imagens com grande detalhe.

As informações obtidas por tais sensores permitem estudos e análises de grande interesse para o planejamento bem como para o monitoramento ambiental. Além disso, dados de imagens de sensoriamento remoto apresentam melhor relação custo-benefício em comparação com as fotografias aéreas, principalmente devido ao aumento da disponibilidade de dados de sensoriamento remoto por satélite, associado à elevada taxa de revisita de tais sistemas, e devido à melhoria nas resoluções espaciais, espectrais e radiométricas dos dados de sensoriamento remoto orbital Jensen (2009).

Foram realizados estudos em áreas urbanas para a discriminação do uso e cobertura do solo utilizando imagens de alta resolução, destacando-se Ribeiro (2010), Novack (2009), Araújo (2006) e Pinho (2005) que desenvolveram metodologias usando o paradigma da classificação orientada a objeto.

A área de estudo localiza-se na Ilha do Maranhão, no SE do município de São Luís, caracterizando-se por apresentar uma diversidade de habitats costeiros como: mangues, falésias, praias e apicuns que necessitam de um monitoramento freqüente por serem áreas de proteção ambiental sensíveis a alterações devido a ocupação humana.

Este trabalho tem por objetivo analisar e testar as 8 bandas multiespectrais do satélite *Worldview-2* para a identificação e extração das feições típicas do ambiente costeiro. Este sistema possui 3 bandas na faixa do visível e a banda do Infravermelho próximo, além das quatro novas bandas *Coastal* (400-450 nm), *Yellow* (585-625 nm), *Red Edge* (705-745 nm), *Near Infrared 2* (860-1040 nm).

2. Descrição do Sensor

Lançado em Outubro de 2009 o sensor orbital *Worldview-2* possui resolução espacial de 0,46 m na banda pancromática e 1,84 metros nas bandas multiespectrais, além de uma resolução radiométrica de 11 bits (Digital Globe, 2010a), apresentando quatro bandas adicionais em relação ao sistema anterior *QuickBird-2* (faixas do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo), a saber: *Coastal*, *Yellow*, *Red Edge*, e *Near Infrared 2*. A disponibilidade de quatro novas bandas no *Worldview-2*, localizadas em faixas específicas do espectro eletromagnético aumentam a capacidade de discriminação e análise dos alvos em estudo Figura 01.

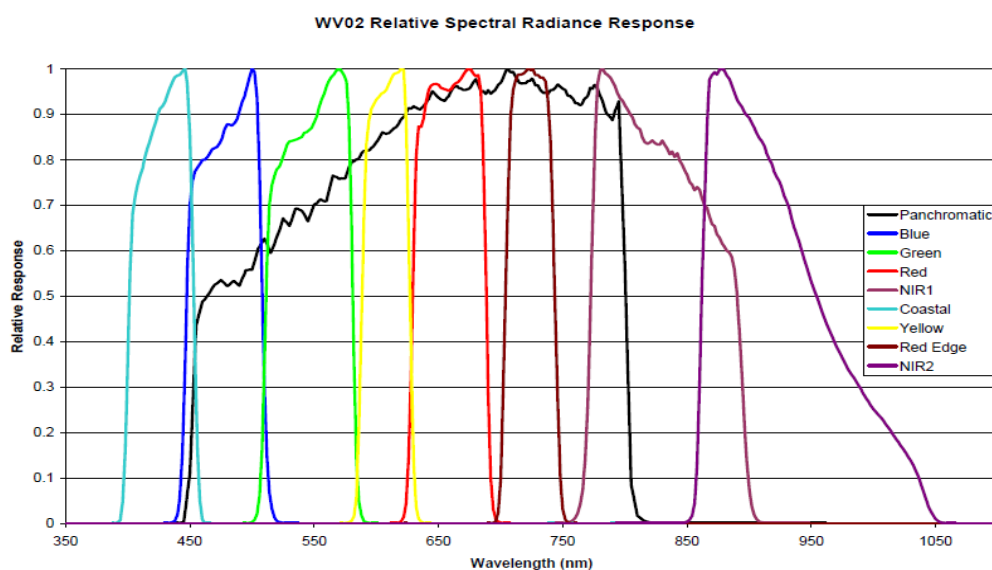


Figura 1. Resposta espectral das bandas do sensor Worldview II

Fonte: Digital Globe (2010b)

Com características bem peculiares, as bandas adicionais acima citadas, podem ser utilizadas para diversas aplicações, por exemplo: A banda *Red Edge* auxilia no estudo da sensibilidade das plantas além de permitir a discriminação entre formações vegetais arbóreas e rasteiras, devido a sua alta resolução espacial, que permite executar uma segmentação para avaliar detalhes em pequena escala. A banda *Coastal*, por possuir maior dispersão atmosférica, pode ser utilizada para investigar novas técnicas de correção atmosférica. Além disso, esta banda possui maior capacidade de penetração na água, auxiliando estudos de batimetria.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido utilizado rotineiramente para calcular a relação $\text{NIR} - \text{RED} / \text{NIR} + \text{RED}$ para a determinação de áreas vegetadas Rouse et al (1974). Este índice baseia-se no princípio de que a clorofila presente nos vegetais absorve fortemente na faixa do visível e reflete fortemente no infravermelho próximo. Vários satélites com canais multiespectrais, incluindo, *Quickbird-2*, *Ikonos*, *GeoEye-1*, *Spot-5* e aqueles da série LANDSAT, dispõem de duas bandas, que possibilitam estudos de índices de vegetação: uma na faixa do vermelho (*red*) entre 610 e 680nm, e outra na faixa do infravermelho próximo (NIR), entre 750 e 890 nm. Há porém evidências de que a utilização da banda *Red-Edge* centrada em 725 nm, ou seja, no início da porção do espectro eletromagnético, permite detectar a refletividade da vegetação, e desta forma detalhar mais os estudos destes alvos.

3. Área de Estudo

A área de estudo, corresponde à área SE da Ilha do Maranhão no Município de São Luís, localizado no segmento litorâneo do Golfão Maranhense Figura 2. Esta área caracteriza-se pela fragilidade das estruturas geológicas, constituídas essencialmente de coberturas cenozóicas, o que facilita a alteração da paisagem por sua exposição aos agentes modeladores do relevo como os de origem climática, hidrológica e oceanográfica, e pela intensa atividade eólica, marinha e fluviomarina, gerando ondas e correntes que modelam o maior conjunto de falésias do litoral do Maranhão, e pelo aporte de sedimentos continentais carreados pelos rios que fortalecem o aparecimento de ambientes como os manguezais Souza e Feitosa (2009).

A cidade de São Luís polariza o desenvolvimento urbano e regional. Com população aproximada de 1 milhão de habitantes e ultrapassando esta cifra com a soma da população dos demais municípios da ilha, São Luís oferece mão-de-obra para atender à demanda do mercado na indústria e nas demais atividades econômicas, apresentando sérios problemas de planejamento e mau uso do solo visível ao longo de suas praias que sofrem com um alto índice de poluição.

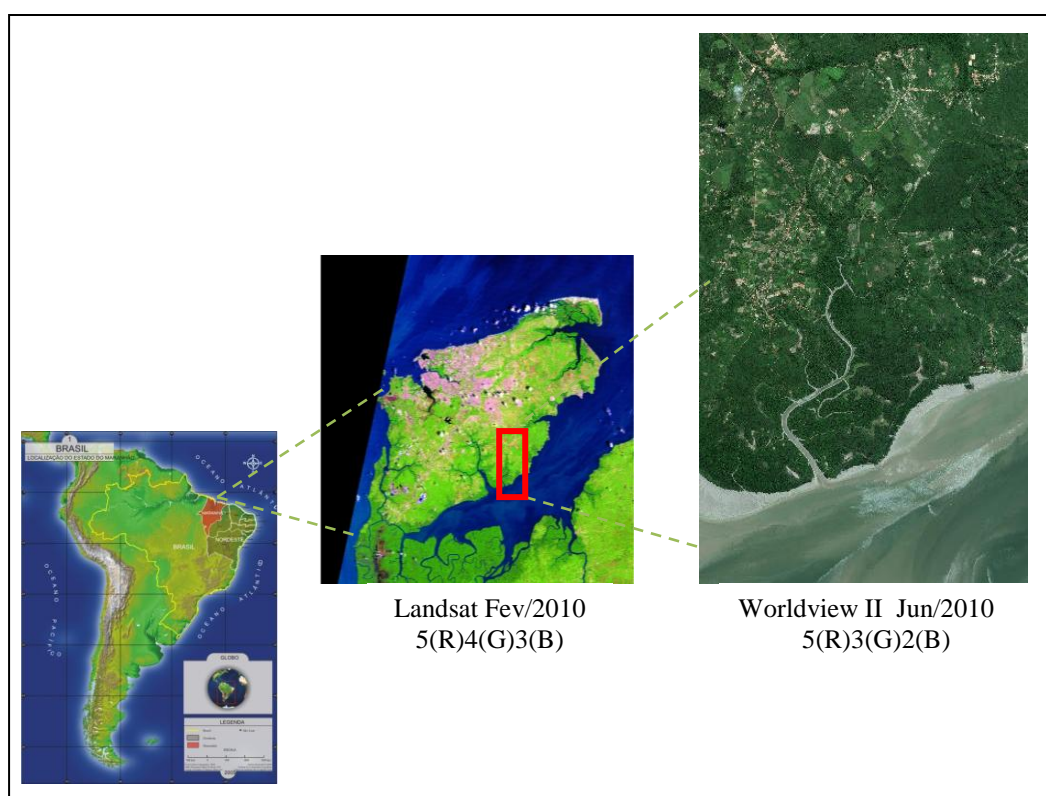


Figura 2. Localização da área de estudo

Em consequência das altas taxas de crescimento populacional e de algumas indústrias altamente poluentes instaladas na área do Golfão Maranhense, a intensidade e a magnitude das atividades humanas, notadamente na faixa litorânea da ilha do Maranhão, impõem grande vulnerabilidade à paisagem. A área-teste utilizada para a análise de aplicações das novas bandas do satélite *Worldview-II* neste trabalho possui ambientes costeiros característicos desse segmento litorâneo maranhense, tais como: manguezais, planícies de maré, falésias, apicuns, além de áreas de ocupação desordenada, pequenas vilas e bairros periféricos de São Luís.

4. Metodologia

Para a realização deste trabalho utilizaram-se duas imagens do sensor *Worldview-II*, sendo uma pancromática, com resolução espacial de 0,50m e uma imagem multiespectral, com resolução espacial de 2,00 m e oito bandas espectrais (*Coastal, blue, Green, Yellow, Red, Red-edge, Near infra-red 1 e Near infra-red 2*). As imagens foram obtidas em 10 de junho de 2010, com ângulo de incidência de *off-nadir* 16° e resolução radiométrica de 11 bits.

As fusões e os recortes das imagens pancromáticas e multiespectrais foram realizadas utilizando o programa ENVI 4.7 ITT (2009) e aplicando o método de Gram-Schmidt, conforme demonstrado por Padwick (2010). Como resultado da fusão, as composições coloridas de imagens possuem resolução espacial de 0,50 m, iguais à resolução da banda pancromática do *Worldview II*.

Utilizando a ferramenta *Vegetation Delineation* disponível no software ENVI, foram feitas as composições de imagens NDVI da área de estudo, tendo como primeiro passo a combinação das bandas *Near Infra-red 1* e *Red* referente ao cálculo do NDVI convencional. A seguir foi obtido o NDVI com as bandas *Near Infra-red 2* e *Red Edge*, para demonstrar a capacidade dessas duas bandas espectrais em diferenciar tipos de vegetação.

Para efetuar a classificação dos tipos de vegetação na área foram realizadas classificações com o algoritmo de Máxima Verossimilhança, considerando as quatro situações a seguir:

1. As quatro bandas correspondentes aquelas encontradas na maioria dos satélites de alta resolução (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo).
2. As oito bandas do satélite *WorldView-II*.
3. As bandas *Red* e *Near infrared 1* para demonstrar a capacidade de discriminação dos tipos de vegetação, das bandas tradicionalmente disponíveis;
4. As bandas *Red edge* e *Near infrared 2*, para demonstrar a capacidade de discriminação de alvos nestas novas bandas espectrais.

Através de uma classificação visual, foram tabuladas as matrizes de confusão, para cada uma das classificações mencionadas e calculados os respectivos índices *Kappa*.

5. Resultados e Discussões

Nos estudos de vegetação com imagens de alta resolução, convencionalmente são usadas as composições de cor verdadeira (vermelho, verde e azul – Fig. 3 A) ou a composição falsa cor (infravermelho próximo, vermelho e verde – Fig. 3 B). No entanto, como se percebe na Figura 3, torna-se difícil separar visualmente as classes de vegetação quando se utilizam somente essas bandas. Com a utilização da composição falsa cor (*Near infrared 2, Red edge* e *Red* – Fig. 3 C) percebe-se uma considerável melhora na delimitação das classes de vegetação desta na cena, a saber mangue e floresta.

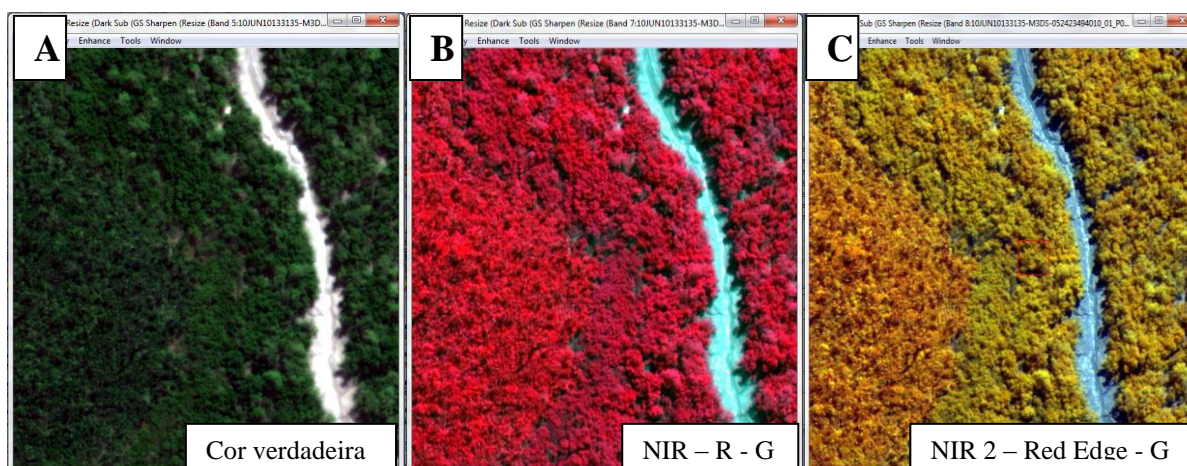


Figura 3: Composições coloridas utilizando as bandas do WV-II

Essa capacidade de discriminação vegetal também transparece pela extração dos níveis de cinza da imagem para cada um dos tipos de vegetação, conforme mostrado na Figura 4. Observa-se que os níveis de cinza desses alvos são muito semelhantes exceto na banda *Red edge*, possivelmente pela sutil diferença de absorção da radiação solar pelas diferentes espécies vegetais, refletida no comportamento da banda *Red edge*.

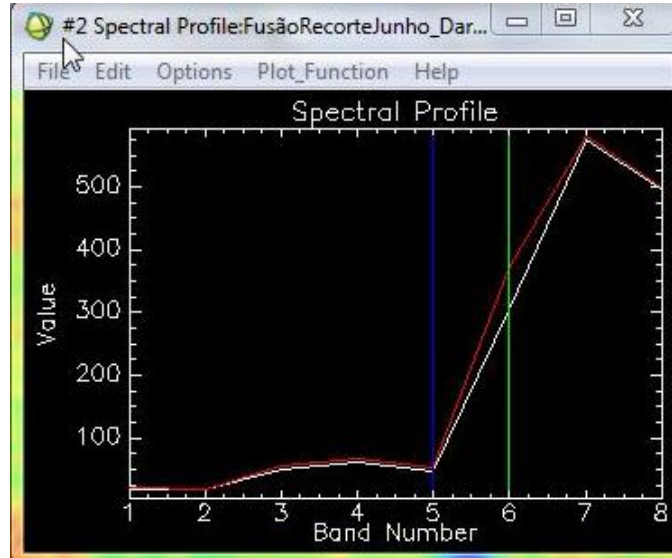


Figura 4: Gráfico dos níveis de cinza

A banda *Red Edge* (705-745 nm), por estar situada na porção do espectro correspondente ao final da absorção dos comprimentos de onda da faixa do vermelho e o início da reflexão da faixa do infravermelho próximo por parte da vegetação, e assim sendo mostra-se sensível aos diferentes comportamentos das espécies vegetais da área de estudo. Portanto é interessante realizar o cálculo do NDVI utilizando esta banda em substituição a banda do vermelho, normalmente utilizada.

A Figura 5 mostra as imagens NDVI da área de estudo utilizando tanto as bandas *Red* e *Near infrared 1* como as bandas *Red edge* e *Near infrared 2*. Analisando visualmente as imagens, realçadas com uma escala de cores na qual os menores valores de NDVI aparecem em tons de azul e os maiores valores em tons de vermelho, constata-se a capacidade das novas bandas do *Worldview-2* em diferenciar os tipos de vegetação Floresta tropical sub-perenifólia (A) e mangue (B).

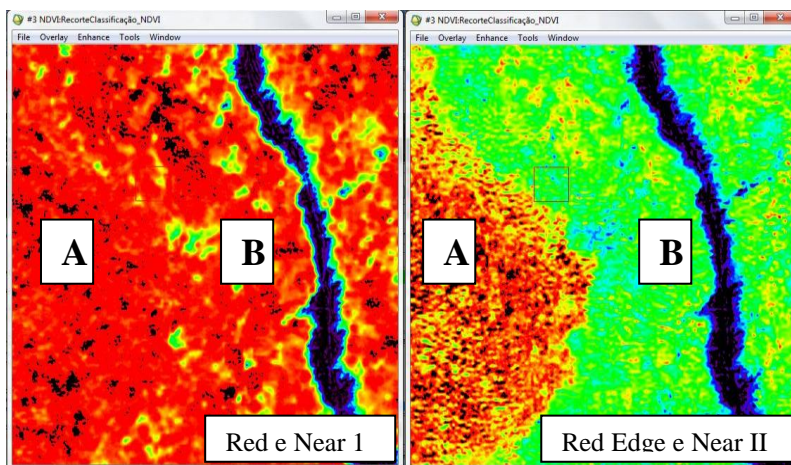


Figura 5: Imagens NDVI da área de estudo.

Para quantificar esta melhoria foram realizadas quatro classificações da área de estudo, criadas as matrizes de confusão dessas classificações em relação a uma classificação de referência elaborada a partir de interpretação visual e calculados os índices *Kappa* para cada uma dessas classificações Figura 6.

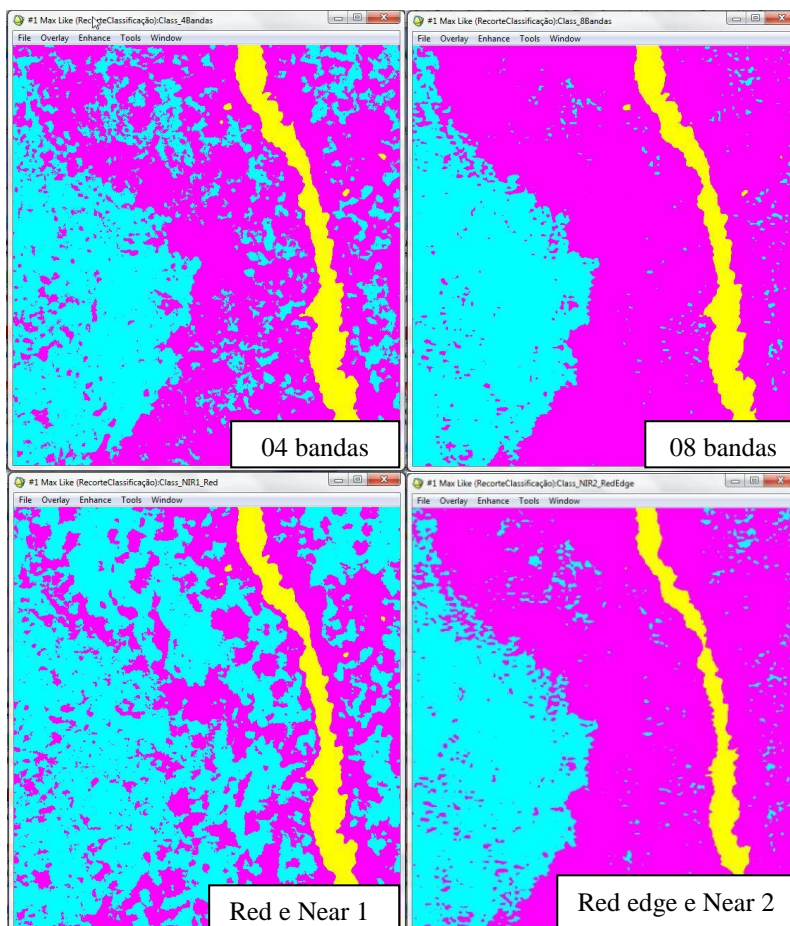


Figura 6. Imagens NDVI da área de estudo.

Observando a Figura 6 percebe-se que as classificações com as oito bandas do *Worldview-2* e com as bandas *Red edge* e *Near infrared 2*, delimitam melhor os alvos da área de estudo se comparadas às classificações utilizando somente as bandas do vermelho, verde, azul e infravermelho próximo, comuns a outros sensores de alta resolução espacial, ou somente as bandas do vermelho e infravermelho próximos utilizadas no cálculo convencional do NDVI.

A melhoria de qualidade das classificações que utilizam as bandas do *Worldview-2* pode ser quantificada através do cálculo do índice *Kappa* das classificações conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1: Índices *Kappa* das classificações.

Classificação	Índice <i>Kappa</i> (k)
04 bandas	0,6371
08 bandas	0,8916
<i>Red e Near infrared 1</i>	0,3439
<i>Red Edge e Near infrared 2</i>	0.8353

De acordo com os valores dos índices *Kappa*, as piores classificações são aquelas que utilizam apenas as bandas *Red* e *Near infrared 1* (0,3439) e as quatro bandas tradicionais (0,6371). O baixo desempenho dessas classificações pode ser explicado pela semelhança na resposta dos tipos de vegetação nessas bandas e o melhor desempenho das classificações com as oito bandas (0,8916) e com o canal *Red edge* e *Near infrared 2* (0,8353) pode ser atribuído a diferença de resposta na banda *Red edge*.

A classificação com *Red edge* e *Near infrared 2*, apesar de apresentar desempenho pior quando comparado a classificação com as oito bandas, é computacionalmente muito mais rápida, especialmente quando se trabalha com grandes extensões areolares, visto que imagens de alta resolução demandam muita memória e capacidade de processamento.

Conclusões

O objetivo deste trabalho foi analisar a capacidade das novas bandas do satélite *Worldview-2* para o mapeamento de tipos de ambientes de um pequeno segmento litorâneo do Maranhão, ressaltando as possibilidades que essas bandas proporcionam para diferentes tipos de vegetação.

Conclui-se que as novas bandas disponíveis no sistema *Worldview-2* especialmente a banda *Red edge* apresentam maior capacidade de discriminação entre mangue e floresta tropical sub-perenifólia. Esta combinação das resoluções espacial e espectral permite uma melhor separação das características físicas dos alvos a serem mapeados, possibilitando um detalhamento e precisão maiores nos mapas de uso e cobertura do solo.

Agradecimentos

Agradecemos a empresa Digital Globe pela disponibilização das imagens do *Worldview-2* e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão, FAPEMA, pela bolsa de estudos disponibilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, E.H.G. Análise multi-temporal de cenas do satélite Quickbird usando um novo paradigma de classificação de imagens e inferências espaciais: estudo de caso de Belo Horizonte (MG), 2006. 159p. INPE-13956-TDI/1062. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006, disponível em: <http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/07.24.19.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2010.

Blaschke, T.; Kux, H. J. H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados - novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 2ª ed., 303 p.

Digital Globe. **WhitePaper – The benefits of the 8 Spectral Bands of WorldView-II**. Março, 2010a. Disponível em: <http://Worldview2.digitalglobe.com/docs/Worldview-2_8-Band_Applications_Whitepaper.pdf> Acessado em: 20 de Agosto de 2010.

Digital Globe. **Spectral Response for DigitalGlobe Worldview 1 and Worldview 2 Earth Imaging Instruments**. 2010b. Disponível em: <http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/WV1_WV2_SpectralResponse.pdf> Acessado em: 19 de Out de 2010.

Ehlers, M. Sensoriamento Remoto para usuários de SIG – Sistemas Sensores e métodos: entre as exigências do usuário e a realidade. In: Blaschke, T.; Kux, H. (Org.). **Sensoriamento Remoto e SIG avançados – Novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 2ª edição. 303 p. Cap.2, p. 19-38.

ITT Visual Information Solutions. **ENVI 4.7, version 4.7**. Boulder, Colorado, EUA, 2009.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Novack, T. Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor Quickbird. 2009. 214p. INPE-16594-TDI/1580. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009, disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/08.31.21.23/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2010.

Padwick, C.; Deskevich, M.; Pacifici, F. Smallwood, Scott. Worldview-2 Pan Sharpening. In: Proceedings ASPRS 2010 Annual Conference, San Diego, California. April 26-30, 2010. .

Pinho, C.M.D. Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intraurbano: o caso de São José dos Campos. 2005. 180p. INPE-14183-TDI/1095. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005, disponível em: <http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/11.23.13.40/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2010.

Ribeiro, B.M.G. Avaliação de Imagens Worldview-II para o mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE.2010. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010, disponível em: http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/08.03.12.52.20/doc/Dissertacao_BMGR_final.pdf. Acesso em: 10 de novembro de 2010.

Rouse, J.W., Haas, R. H. Schell, J.A. Deering, D.W. Harlan, J.C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt: National Aeronautics and Space Administration – NASA, 1974. 371 p.

Souza, U.D.V.; Feitosa, A.C. Ocupação e uso da zona costeira do Estado do Maranhão. In: Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL), 12.,2009, Montevideu. Anais... XII EGAL, 2009. Trabalhos completos, p. 2415-2430. CD-ROM, On line. ISBN 78-14-00012-3. Disponível em:<<http://www.egal2009.com/>>. Acesso em: 10 out. 2010.