

## Um produto híbrido CBERS-2B para a identificação de fragmentos de vegetação arbórea

Lino Augusto Sander de Carvalho  
Leila Maria Garcia Fonseca  
Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo  
Cleber Gonzales de Oliveira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
[linoleila@dpi.inpe.br](mailto:linoleila@dpi.inpe.br), {cleber,evlyn}@dsr.inpe.br

**Abstract :** The CBERS-2B, launched in September 2007, has a high resolution panchromatic camera (HRC - High Resolution Camera ), with nominal spatial resolution of 2.7 m, a multispectral camera (CCD) with 20 meter nominal spatial resolution, and the Wide Field Imager (WFI), with 260 m nominal spatial resolution. This satellite has completed its activities on 05.12.2010, but their images acquired before the end are still provided without cost. An application that is still underused by the remote sensing community is the monitoring of remaining forest, which has an important role in ecological balance. However, traditional images of low and medium spatial resolution are not adequate for mapping forest fragments which occur along drainage channels and the margins. This work aims to generate a product of 10 meters spatial resolution from CCD and HRC sensors which allows the identification of forest fragments. The methodology adopted here was focused on two main themes: the pre-processing of CBERS-2B, where restoration, noise filtering, orthorectification, fusion and resampling techniques were used. On the second part an automatic classification method was used to evaluate the product for identification of remaining forest. The results show that the hybrid product performance is statistically similar to ALOS AVNIR-2 sensor, when applied for forest fragment mapping.

**Palavras-chave:** HRC CBERS-2B, CCD CBERS-2B, forest fragments, fragmentos florestais, fusão, sharpening

### 1 Introdução

O programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite), resultante do acordo entre Brasil e China tem como principal missão o monitoramento da superfície terrestre (INPE,2009). As imagens dos satélites da série CBERS têm sido usadas em várias aplicações em sensoriamento remoto tais como monitoramento de desmatamento e queimadas na Amazônia Legal, monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano, ocupação do solo, educação entre outras aplicações.

Uma aplicação ainda pouco explorada pela comunidade de sensoriamento remoto é o monitoramento de fragmentos de vegetação arbórea Além dos papéis ecológicos, estas matas atuam em uma série de fatores como contenção de enxurradas, escoamento superficial, absorção do excesso de nutrientes, entre outros. (Atanásio et al. 2006).

Exemplos do uso de imagens de satélites para monitoramento de matas são os projetos PRODES (Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia), DETER (Detecção de desmatamento em tempo real) e DEGRAD (Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira). Porém, estes projetos utilizam imagens de baixa e média resolução espacial, que para matas de menor porte, não são adequadas, sendo necessário o uso imagens de maior resolução espacial.

O satélite CBERS-2B, lançado em setembro de 2007, possui uma câmera pancromática de alta resolução (HRC – “High Resolution Camera”) com resolução espacial nominal de 2,7 m, uma câmera multiespectral (CCD) com 20 metros de resolução espacial nominal, além do Imageador de Amplo Campo de Visada (“WFI - Wide Field Imager”), com 260 m de resolução espacial nominal (INPE,2009). Este satélite teve suas operações encerradas em 12/05/2010, porém suas imagens adquiridas antes do encerramento ainda são fornecidas gratuitamente.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo gerar um produto híbrido de melhor resolução espacial, a partir de imagens dos sensores CCD e HRC do satélite CBERS 2B, que permita a identificação de fragmentos de vegetação arbórea. Deseja-se também demonstrar a viabilidade deste produto para mapear fragmentos de vegetação arbórea podendo ser utilizado pela comunidade de sensoriamento remoto.

## 2 Metodologia

A área de estudo deste trabalho é a região de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ibitinga, localizada no Estado de São Paulo, na região do médio Tietê. A represa recebe grande quantidade de material orgânico e inorgânico devido, principalmente, às zonas de cultivos de cana-de-açúcar e frutas cítricas que se desenvolvem do trecho médio até as cabeceiras dos seus afluentes. Estes cultivos têm causado a degradação da mata presente nas margens da represa. (Londe, 2008).

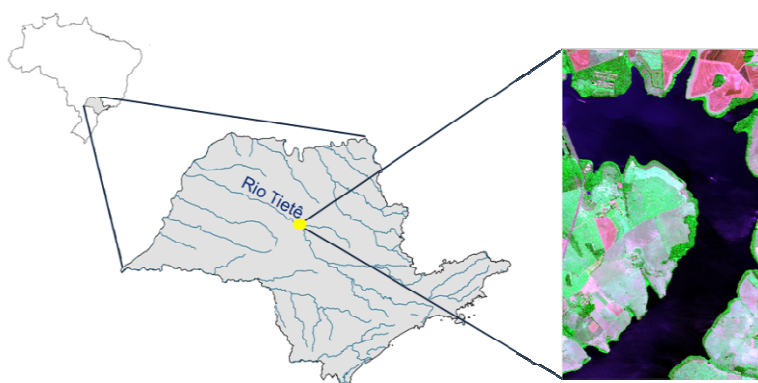


Figura 1 - Área de Estudo - Usina Hidrelétrica de Ibitinga – SP

Como dados de entrada foram utilizadas duas imagens do satélite CBERS-2B adquiridas em 22/08/2008: uma imagem do sensor CCD e uma imagem pancromática do sensor HRC. Estas imagens não possuíam qualquer nível de correção seja radiométrico ou geométrico. Foi também utilizada uma imagem AVNIR-2 do satélite ALOS, da mesma região, adquirida na data de 27/08/2008. A imagem AVNIR-2 do satélite ALOS foi escolhida por apresentar características semelhantes ao produto que se desejava criar. A tabela (1) apresenta as características dos sensores HRC, CCD e AVNIR-2.

Tabela 1 - Características dos Sensores Utilizados

Características	HRC-CBERS 2B	CCD – CBERS 2B	AVNIR-2-ALOS
Bandas espectrais (µm)	0,50 - 0,80 (PAN)	0,51 - 0,73 (PAN) 0,45 - 0,52 (Azul) 0,52 - 0,59 (Verde) 0,63 - 0,69 (Vermelho) 0,77 - 0,89 (IP)	0,42 - 0,50 (azul) 0,52 - 0,60 (verde) 0,61 - 0,69 (vermelho) 0,76 - 0,89 (IP)
Resolução espacial	2,7 x 2,7 m	20 x 20 m	10 x 10m (nadir)
Largura da faixa imageada	27 km (nadir)	113 km (nadir)	70 km (nadir)
Resolução temporal	130 dias	26 dias	46 dias
Quantização	8 bits	8 bits	8 bits

A Figura 2 mostra os recortes das imagens CCD (composição colorida R3G4B2) e HRC originais do CBERS-2B e a imagem do sensor AVNIR-2, usada como referência para validação do produto CBERS-2B. Para facilitar a visualização das imagens, um contraste linear foi aplicado em todos os recortes.

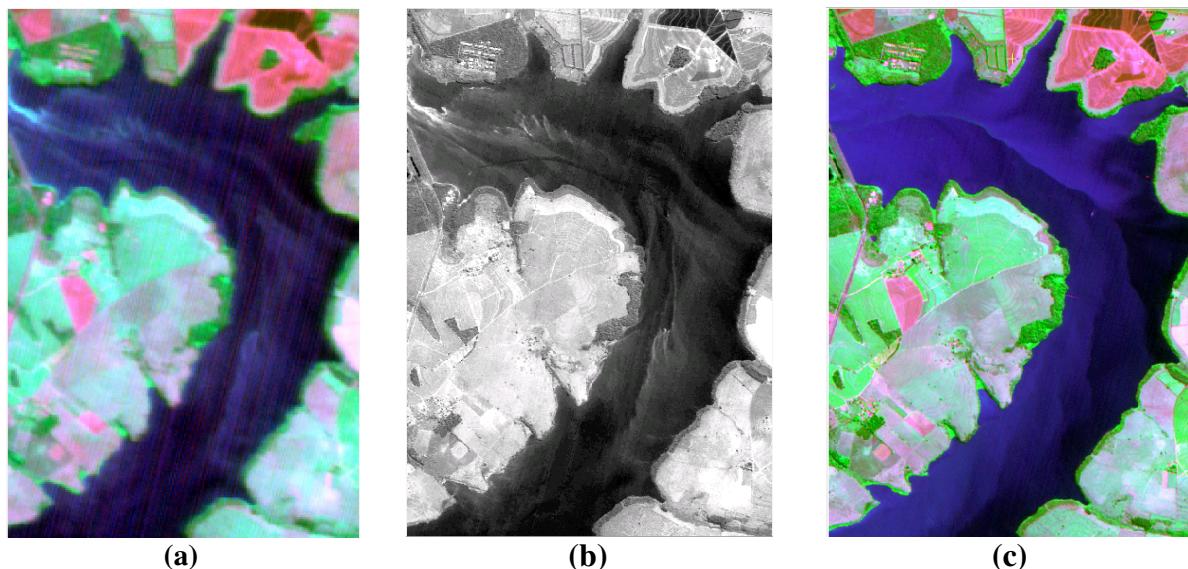


Figura 2 - Recortes de imagens de entrada: (a) Composição R3G4B2 da imagem CCD original e (b) imagem HRC original. (c) Composição R3G4B2 da imagem AVNIR 2

Para a geração do produto híbrido inicialmente foi realizada a correção radiométrica das imagens CCD e HRC do satélite CBERS 2B. Na imagem CCD foi também feita uma correção do efeito de “striping” utilizando-se o filtro da mediana simples com um tamanho de janela 1x7 (Carvalho, 2010, Gonzales, 2010). O segundo passo para a geração do produto híbrido foi a restauração das imagens HRC e CCD. Para isso, utilizou-se o algoritmo Richardson- Lucy Modificado (Pruksch e Fleischmann, 1998) com parâmetros baseados em Carvalho, 2010.

Após o processo de correção radiométrica procedeu-se à ortorretificação das imagens CBERS 2B com base em funções polinomiais racionais. As imagens HRC e CCD, foram ortorretificadas no sistema de projeção UTM fuso 22 sul, no sistema de referência WGS 84.

Por fim a fusão das imagens HRC e CCD foi realizada utilizando o método PANSHARPENING, gerando um produto de 2,5 metros de resolução espacial (Zang, 1999). Este método foi escolhido por apresentar manutenção da qualidade espacial e espectral, levando assim a um resultado de boa qualidade (Carvalho, 2010, Leonardi, 2009). O produto de 10 m foi gerado interpolando o produto de 2,5 m pelo interpolador de convolução cúbica.

Como forma de avaliar a adequação do produto híbrido para a identificação de remanescentes florestais, este foi classificado utilizando o classificador supervisionado MaxVer (Schowengerdt, 2008). Como neste estudo, a classe de maior interesse é a de Vegetação Arbórea, o processo de coleta das amostras identificou quatro classes: “Floresta” que representam as regiões de Vegetação Arbórea além de “solo-exposto”, “vegetação alta” e “vegetação rasteira” que representam os outros alvos presentes na área do recorte escolhido. Após a classificação, as classes de “solo-exposto”, “vegetação alta” e “vegetação rasteira” foram agregadas e incluídas em uma grande classe denominada “Não Floresta”. A imagem AVNIR 2 foi também classificada utilizando o mesmo procedimento adotado para a o produto híbrido. Por fim ambas as classificações foram validadas utilizando o mapa de referência, apresentado na figura 3, que foi construído por intermédio de um especialista a partir da imagem do sensor multiespectral do satélite QuickBird apresentada.

No processo de validação das classificações, 500 amostras foram colhidas de forma estratificada, sendo 160, na região da classe “Floresta” e 340 na região “Não- Floresta”, de onde foi extraído o valor de exatidão global e o coeficiente Kappa. Os valores encontrados para classificação do produto Híbrido de 10 metros foram comparados à classificação da imagem AVNIR-2 donde para avaliar a significância da comparação, foi utilizado o teste Z (Greek e Colgaton, 2009).

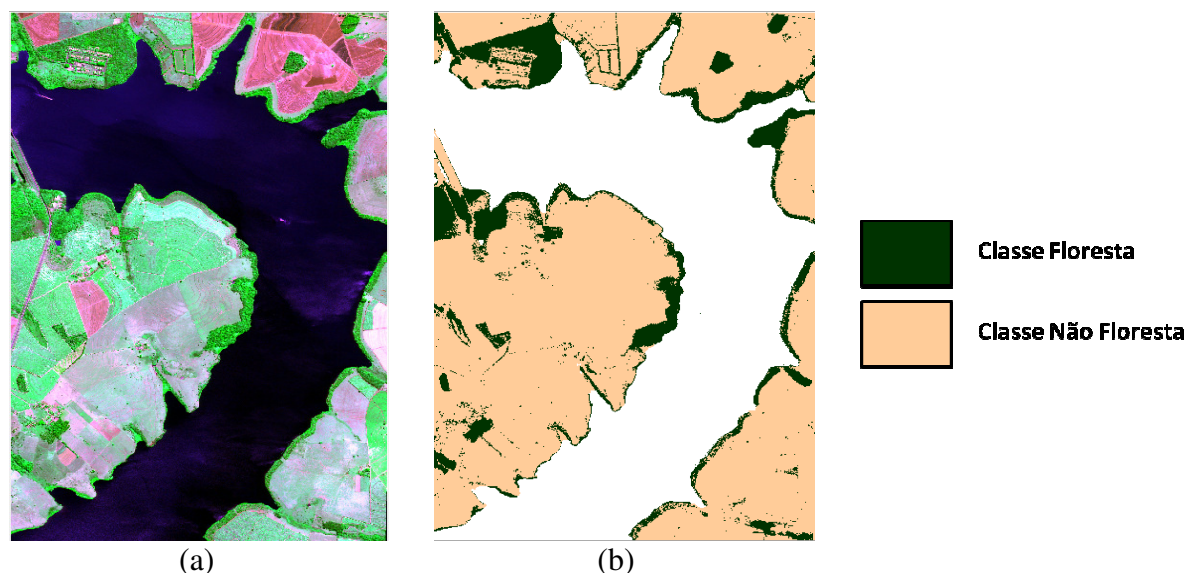


Figura – 3 – (a) Imagem QuickBird R3G4B2 (b) Mapa de Referência

### 3 Resultados e Discussão

Na figura 4 está apresentado um recorte da imagem CCD original e da corrigida pelo filtro da mediana. Pode se observar que o efeito de listras foi parcialmente corrigido. Principalmente nas regiões de água houve uma expressiva diminuição do ruído. Entretanto o filtro da mediana tem como característica inserir o efeito de borrimento. Este efeito deteriora a resolução espacial da imagem contribuindo para a diminuição dos detalhes.

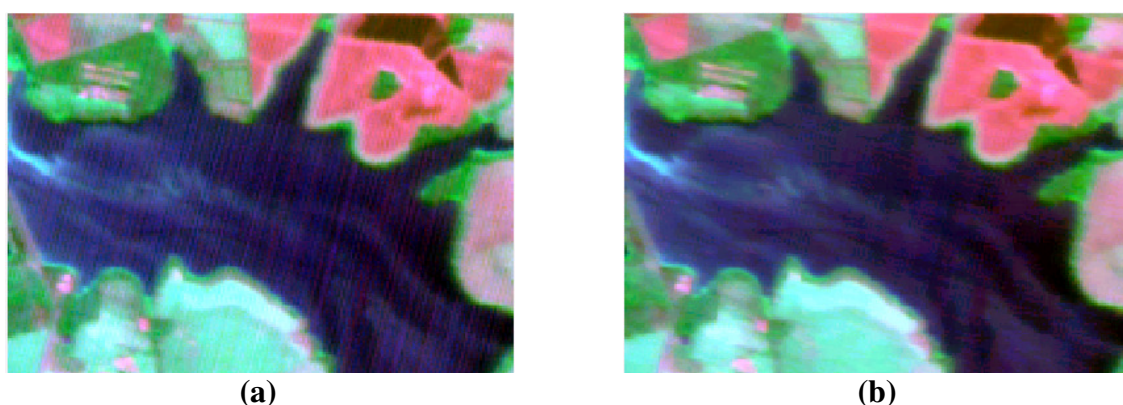


Figura (4) – (a) Imagem CCD Original R3G4B2 (b) Imagem CCD Filtrada R3G4B2

Como forma de compensar o efeito de borrimento uma alternativa é utilizar o filtro de restauração. A figura 5 demonstra as imagens HRC e CCD antes e depois da aplicação do filtro de restauração. Na imagem HRC observa-se um aumento no detalhamento das feições, principalmente em regiões de área urbana. Entretanto o efeito é mais aparente na imagem CCD. A restauração compensa o efeito de borrimento inserido pelo filtro da mediana inserindo mais detalhes na imagem.

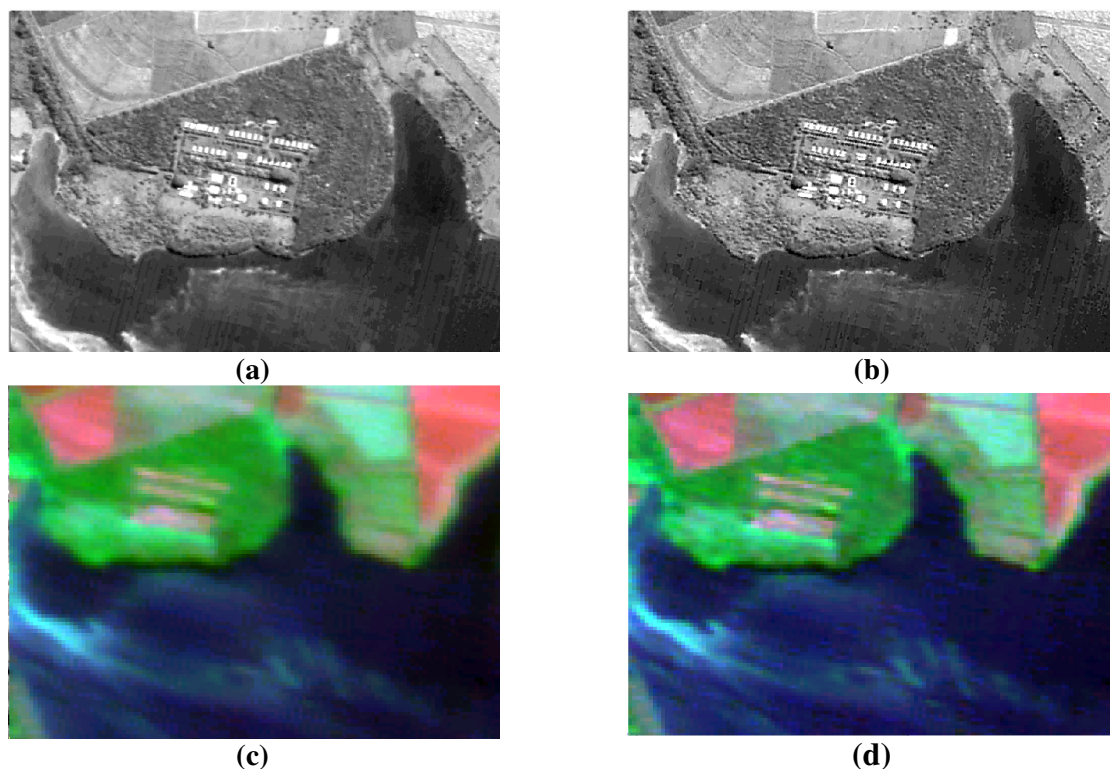


Figura (5) – (a) Imagem HRC Não Restaurada (b) Imagem HRC Restaurada (c) Imagem CCD Não Restaurada R3G4B2 (d) Imagem CCD Restaurada R3G4B2

Na figura 6 está apresentado o produto híbrido CBERS 2B e a imagem AVNIR-2.

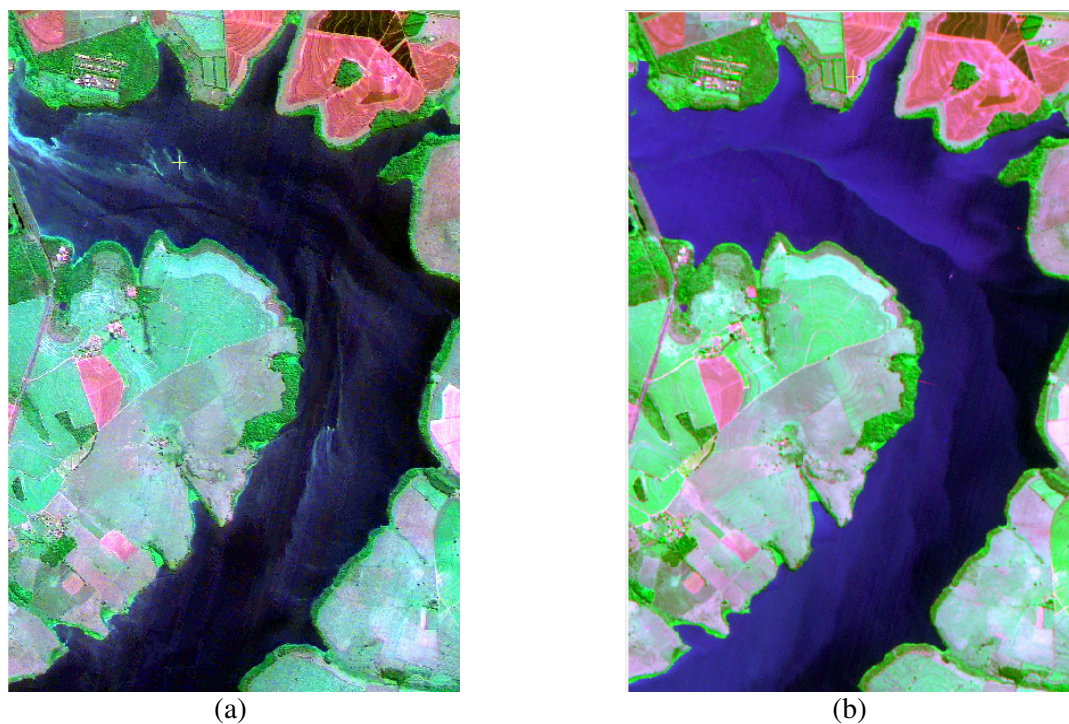


Figura (6) - (a) imagem AVNIR -2 R3G4B2 (b) o produto híbrido CBERS 2B R3G4B2

Pode-se observar que, a qualidade da informação espacial da imagem AVNIR 2 e do produto híbrido de 10 metros CBERS-2B são similares, apresentando uma diferença na informação espectral. A figura 7 mostra com mais detalhes a semelhança e a diferença entre as imagens

da figura 6. Na imagem AVNIR-2 a região de água apresenta aspecto mais uniforme, observando que existe uma diferença de período de aquisição de 7 dias entre as imagens e que, também, o filtro de restauração pode ter realçado o ruído presente na imagem. Por outro lado, os detalhes na área de mata e feições lineares são muito semelhantes.

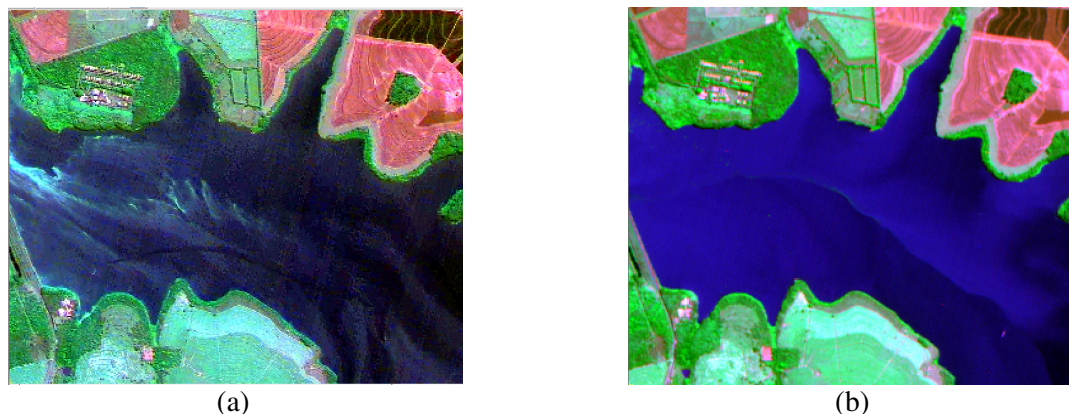


Figura 7 - (a) Produto híbrido CBERS 2B R3G4B2 (b) imagem AVNIR -2 R3G4B2 e

Outro efeito que distorce a informação espectral é a diferença entre a largura de bandas dos sensores fusionados e as do sensor AVNIR-2. Como a faixa espectral do sensor HRC não cobre completamente o intervalo espectral de todas as bandas do sensor CCD, a fusão limita e cria um novo intervalo espectral, que corresponde ao intervalo do sensor HRC (0,50 - 0,80  $\mu\text{m}$ ). Desta forma, em composições coloridas como as da figura (6) a vegetação, que tem maior resposta no infravermelho próximo, aparece mais brilhante na imagem AVNIR-2.

A figura 8 mostra os resultados da classificação do produto híbrido CBERS-2B de 10 m, e da imagem AVNIR-2.

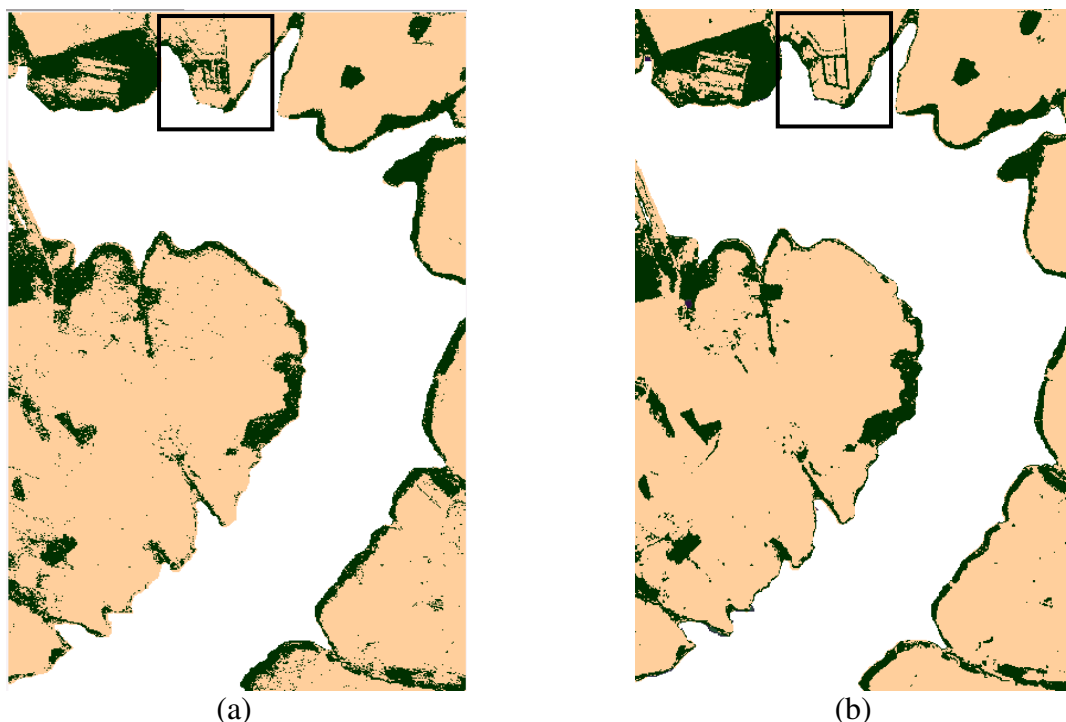


Figura 8 – (a) Classificação Produto híbrido R3G4B2 (b) Classificação Imagem AVNIR -2 R3G4B2

Por meio da análise visual, pode-se notar que os mapas temáticos obtidos são similares ao mapa de referência. Entretanto, pode-se observar que, em algumas regiões não houve uma boa classificação. A figura (9) ilustra um recorte da região em destaque, para mostrar, em detalhe, o erro de classificação. Outro aspecto que destoa bastante do mapa de referência é a presença de alguns pontos isolados classificados como “Floresta” que podem ser observados na classificação do produto híbrido. Uma das explicações para este fato é a presença de resíduos do ruído *striping* realçados pelo filtro de restauração.

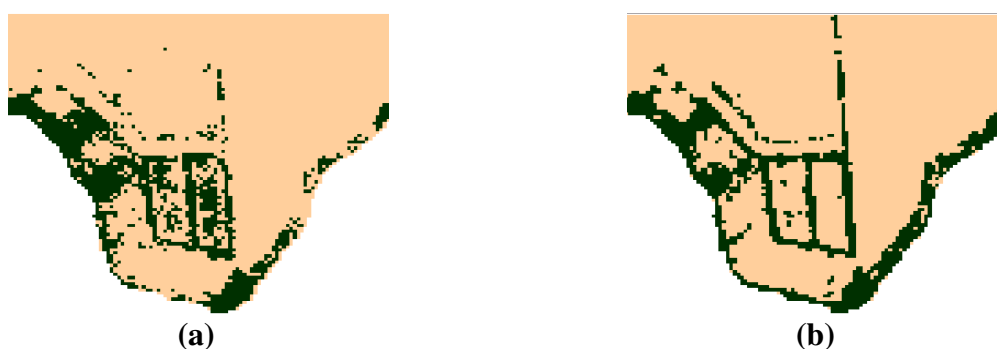


Figura 8 – (a) Destaque da classificação do produto híbrido R3G4B2 (b) Destaque da classificação Imagem AVNIR -2 R3G4B2

A tabela (2) apresenta os valores de Exatidão global, Kappa e o resultado da comparação entre as classificações do produto híbrido e da imagem AVNIR-2. O resultado encontrado mostra que a classificação da imagem AVNIR 2 apresentou maior exatidão global e maior valor de Kappa. Entretanto, a diferença entre as classificações não é significativa o que indica que os produtos AVNIR-2 e híbrido CBERS-2B de 10 metros apresentam o mesmo desempenho para o mapeamento de fragmentos de vegetação arbórea.

Tabela (2) – Estatística das Classificações

Imagens classificadas	Exatidão Global	Kappa	Significância Da Comparação das Classificações
MaxVer AVNIR-2	0,9080	0,7858	Kappas Não Diferentes P_Valor = 0,2961
MaxVer CBERS 2B 10 Metros	0,8760	0,7132	

#### 4 Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo a criação de um produto híbrido a partir dos sensores HRC e CCD do satélite CBERS 2B, com resolução espacial de 10 metros, que possa ser utilizado na identificação de remanescentes florestais. Para tal foram utilizadas técnicas de restauração, filtragem para extração de ruído por listras, ortorretificação fusão de imagens e reamostragem. O produto híbrido foi avaliado por uma comparação através da utilização de um classificador automático.

As técnicas de processamento de imagens contribuíram para melhorar a qualidade das imagens CBERS 2B. O filtro utilizado para a correção do ruído *stripe* teve bom resultado, porém diminuiu a qualidade espacial da imagem CCD. O filtro de restauração contribuiu para corrigir o efeito de borramento, realçando a qualidade espacial da imagem.

A classificação do produto híbrido foi comparada ao mapa de referência mostrando um bom resultado de classificação com um valor Kappa de 0,7132. Entretanto a análise visual demonstrou alguns erros de classificação. Quando comparada à classificação da imagem

AVNIR-2, o produto híbrido teve resultado de classificação menos adequado. Entretanto, os resultados da análise estatística demonstraram que os valores de Kappa de ambos os produtos não são significativamente diferentes, demonstrando a viabilidade do uso do produto híbrido para o mapeamento de fragmentos de floresta.

## Agradecimentos

À CAPES e INPE pelo auxílio financeiro.

## Referências

ALOS. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/alos/sensores.php>. Acesso em jan. 2010

ATTANASIO C.M.; RODRIGUES R.R.; GANDOLFI S.; NAVE A.G.N. **Adequação ambiental de propriedades rurais recuperação de áreas degradadas restauração de matas ciliares**. Apostila de Recuperação. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”. Departamento de Ciências Biológicas. Laboratório de ecologia e restauração floresta. Ano 2006 63p.

CARVALHO, L. A. S. **Geração e avaliação de produtos híbridos CBERS-2B para a identificação de fragmentos de vegetação arbórea**. 2010. 163 p. (INPE-16724-TDI/1662). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/04.26.14.17>>.

GONZALEZ, R.C.; WOODS R.E. **Processamento de Imagens Digitais**. 3. ed. Pearson Education do Brasil, 2009. 954 p.

GREEN, K.; CONGALTON, R.G. **Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practices**. 2 Boca Raton, FL: Lewis, 2009 183

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS: o Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres**. São José dos Campos, 2007. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/>>. Acesso em: Janeiro de 2009

LEONARDI, F.; OLIVEIRA, C. G.; FONSECA, L. M. G.; ALMEIDA, C. M. Fusão de Imagens CBERS 2B: CCD-HRC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6951-6958. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15913-PRE/10523). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.12.28>>. Acesso em: 07 abr. 2010.

LONDE, L. R. **Comportamento Espectral do Fitoplâncton de Um Reservatório Brasileiro Eutrofizado – Ibitinga (SP)**. 2008 223 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos (Não Publicada).

PRUKSCH M.; FLEISCHMANN F. Positive Iterative Deconvolution in Comparison to Richardson-Lucy Like Algorithms. **Astronomical Data Analysis Software and Systems VIII. ASP Conference Series** v.145 1998.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: models and methods for image processing**. San Diego: Academic Press, 1997. 522 p.

ZHANG, Y., A new merging method and its spectral and spatial effects **International Journal of Remote Sensing**. V. 20. n 10, 2003 – 2014 p 1999.