

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A FUSÃO DE IMAGENS CCD/HRC E TM/HRC NA REGIÃO DOS RIOS MIRANDA E ABOBRAL, PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE

Patrick Thomaz de Aquino MARTINS¹

Frederico dos Santos GRADELLA¹

Fabrcio Anibal CORRADINI^{1,2}

Fabiano do Nascimento PUPIM¹

Juliano Oliveira Martins COELHO¹

Resumo

As técnicas de mapeamento através do sensoriamento remoto se mostram cada vez mais importantes devido à sua eficiência, principalmente em áreas de difícil acesso e com alvos complexos por causa da heterogeneidade fisionômica. Neste contexto, o Pantanal se enquadra como uma região que necessita destas técnicas para melhorar o conhecimento sobre a área de estudo, além de ser um ótimo local para aplicação destas técnicas, devido a sua fisionomia heterogênea e por experimentar inundações anuais. O objetivo deste trabalho é a aplicação da técnica da fusão de imagens, utilizando o sensor de alta resolução CBERS-2B/HRC com os sensores CBERS-2B/CCD e Landsat5/TM, avaliando a técnica utilizada de forma a verificar qual dos instrumentos melhor ressalta as características fisionômicas na região dos rios Miranda e Abobral no Pantanal Sul-mato-grossense. Os resultados mostraram que a fusão é eficaz em ambos sensores, pois uniu a ótima resolução espacial da HRC com a boa resolução espectral da CCD e TM. Concluiu-se que a técnica da fusão contribuiu para a melhor definição dos elementos fisiográficos na área estudada, validando sua aplicação para outras áreas do Pantanal.

Palavras-chave: Geotecnologia. Sensoriamento Remoto. CBERS. Landsat.

Abstract

Comparative analysis between the images fusion of Ccd/Hrc and Tm/Hrc in the region Miranda and Abobral rivers, Mato Grosso do Sul state pantanal

The mapping techniques through the remote sensing are becoming more and more important due to its effectiveness mainly in sites of difficult access and with complex targets due to physiognomic heterogeneity. In this context, the Pantanal wetland fits like a region that needs the improvement of these techniques in order to improve the knowledge of the area, beyond being an excellent place for the application of these techniques, because of its physiognomic heterogeneity and suffering annual flooding. Therefore, the aim of the paper was the application of the technique of image fusion, using the sensor of the high resolution CBERS-2B/HRC with the sensors CBERS-2B/CCD and Landsat5/TM, to evaluate the technique and which of the sensors better stand out the physiognomic characteristics of the region of the Miranda and Abobral rivers in the Pantanal of Mato Grosso do Sul. The result obtained was that the fusion showed efficiency in both sensors, because the excellent spatial resolution of the HRC and the good spectral resolution of the CCD and TM were joined. The conclusion is that the technique of the fusion contributed for the better definition of the physiographic elements in the region studied, this way, possibly applicable for all the Pantanal wetland.

Key words: Geotechnology. Remote Sensing. CBERS. Landsat.

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP - Av. 24 A, 1515 – Bela Vista - 13506-900 – Rio Claro – SP – Brasil
- E-mails: patrick_thomaz@yahoo.com.br; fregradella@yahoo.com.br; fabianopupim@yahoo.com.br; julianogeografia@gmail.com

² Universidade Federal do Pará – UFPA - Faculdade de Geografia - Professor Assistente de Geografia Física
- Rua Coronel José Porfírio, 2515 – 68.372-040 - Altamira - PA, Brasil - E-mail: f_coradini@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O uso de imagens orbitais processadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem se mostrado importantes instrumentos na obtenção de dados remotos da superfície terrestre. A análise dos produtos obtidos com estas ferramentas tem se tornado uma prática cada vez mais comum entre os pesquisadores de diferentes ramos das Ciências da Terra, como nos casos de monitoramento de áreas desflorestadas, na agricultura de precisão, nas análises da paisagem, geologia, entre outros.

Anteriormente, a utilização deste recurso estava limitada pela baixa resolução espacial dos sensores, baixo número de satélite em órbita e alto custo na aquisição e processamento das imagens. Atualmente existem inúmeros programas institucionais que disponibilizam de forma gratuita imagens que recobrem toda a superfície terrestre, e com o avanço das técnicas computacionais e a otimização no processamento de imagens orbitais tem contribuído cada vez mais para a especificação dos estudos nas grandes áreas do conhecimento.

Quando aplicado a estudos de cunho geomorfológico, as imagens orbitais têm grande importância na compartimentação do meio físico em zonas homólogas e na caracterização geotécnica das unidades básicas de compartimentação (VEDOVELLO; MATTOS, 1998). Da mesma forma na identificação dos elementos fisiográficos da paisagem e no estudo de sua evolução (JIMÉNEZ-RUEDA et al. 1998).

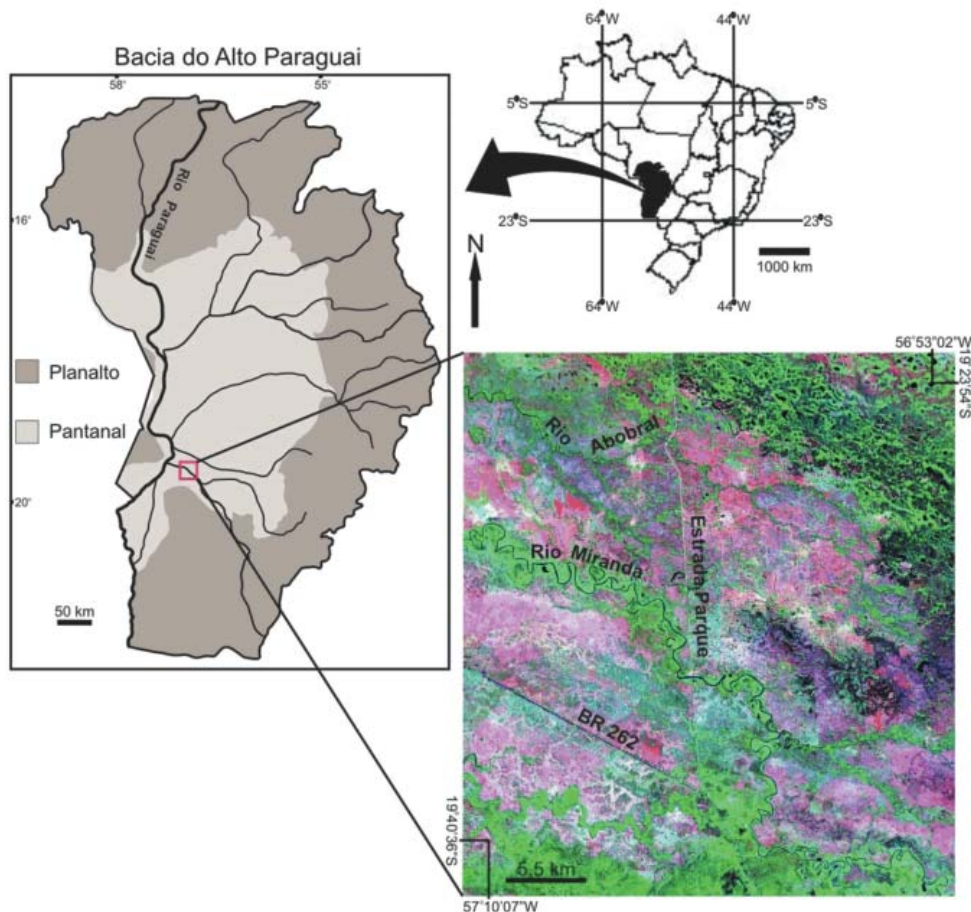
As imagens de baixa resolução espacial têm limitado a identificação e as delimitações espaciais dos elementos fisiográficos dos ambientes sedimentares (POHL; GENDEREN, 1998). Na planície pantaneira essa dificuldade é encontrada quando se utiliza imagem de baixa resolução espacial. Apesar do Pantanal ter uma topografia plana, nota-se uma alta variação morfológica, distribuída espacialmente de forma descontínua. Desta forma, a aplicação e análise de técnicas de processamento digital de imagem são necessárias, principalmente quando se trata de áreas de difícil acesso e com alvos com heterogeneidade fisionômica.

Esse problema pode ser superado com o uso de imagens de alta resolução como as do sensor CBERS-2B/HRC. Porém, a alta resolução espacial é obtida em detrimento da resolução espectral, sendo que o imageamento de alta resolução do CBERS-2B/HRC é feito apenas na banda pancromática. Para superar este problema são utilizadas técnicas de fusão de imagens, onde a imagem pancromática de alta resolução espacial é fundida com imagens de sensores multiespectrais, havendo assim, um ganho espectral na imagem de alta resolução espacial, como já apresentado por Chavez et al. (1991). O objetivo desse estudo é aplicar a técnica de fusão de imagens do sensor CBERS-2B/HRC com os sensores CBERS-2B/CCD e Landsat5/TM, para avaliar o seu potencial na identificação de elementos fisiográficos presentes na paisagem pantaneira.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O recorte espacial escolhido para a realização desse estudo compreende uma cena do sensor HRC, abrangendo a área dos rios Miranda e Abobral, nas proximidades da região do Passo do Lontra no Pantanal Sul-mato-grossense (Figura 1). Esta área foi definida em função dos seguintes aspectos: a) diversidade dos elementos fisiográficos da paisagem; b) pequena diferença temporal da passagem dos satélites nas imagens disponíveis, com diferença de 3 dias; c) área-piloto de visitas técnicas e aulas de campo para a comunidade acadêmica e d) facilidade de acesso ao campo.



**Figura 1 – Localização da área de estudo.
Imagem GeoCover 2000 (R7G4B2)**

A geomorfologia da área é constituída principalmente pelas planícies dos rios Abobral e Miranda, por um aglomerado de lagoas sob a influência do rio Negro e pelas amplas planícies que intercalam os vales fluviais, as quais alagam no pico da cheia. A única feição que se diferencia em relação à planície é o morro do Azeite, sendo este um testemunho da paleosuperfície pretérita à formação da Depressão Paraguaia (AB'SÁBER, 1988).

A vegetação pode ser entendida como um elemento indicador da geomorfologia local. Apresenta-se do tipo savana e campo, com áreas de campos limpo intercalado com pequenos capões de matas. Também são encontrados campos sujos, intercalados com bosques esparsos. Os campos limpos são dominados por capim-mimoso (*Axonopus purpusii*) ou capim-mimoso-de-talo (*Hermarthria altissima*) (ALLEN; VALLS, 1987; POTT; POTT, 1994; POTT 1995).

Procedimentos

Para o presente estudo foram utilizados os aplicativos SPRING 5.0 (CÂMARA et al., 1996), para realização do processamento digital das imagens, e ENVI 4.3, para recorte e conversão de formato da imagem GeoCover, uma vez que o formato desta não é suportado pelo SPRING.

Foram usadas 4 imagens de satélites adquiridas gratuitamente via download, cuja informações principais, satélite e sensor estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Características das imagens utilizadas no presente estudo. Disponível em www.dgi.inpe.br/CDSR/¹ e <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>²

Satélite	Sensor	Órbita	Ponto	Imageamento	Acervo
CBERS-2B ¹	HRC	166 D	122 2	21-08-2008	Catálogo de INPE
CBERS-2B ¹	CCD	166	122	21-08-2008	Catálogo de INPE
Landsat 5 ¹	TM	226	074	19-08-2008	Catálogo de INPE
Landsat 7 ²	ETM+	S-21-15		Mosaico 2000	Catálogo GeoCover

Utilizando o mosaico GeoCover como base no georreferenciamento, realizou-se o registro da imagem HRC. Devido à ausência de um modelo rigoroso à ortorretificação de imagens HRC (RODRIGUES et al., 2009), estas não foram ortorretificadas, o que é indicado no caso de imagens de alta resolução espacial (SILVA, 2007). Todavia, este fato não prejudica a conclusão do trabalho, pois a área estudada não apresenta variação topográfica acentuada.

Após o registro, aplicou-se o realce de contraste linear à imagem HRC, que serviu de base à correção geométrica para as imagens TM e CCD. Para o registro e geração do projeto foi utilizado o mesmo sistema de projeção da imagem GeoCover (UTM, datum WGS-84, fuso 21).

As imagens TM e CCD registradas foram restauradas a pixels de 10m sendo recortadas conforme o retângulo envolvente da imagem HRC. Em seguida tiveram seus pixels novamente reamostrados para 2,5m.

Com as imagens pré-processadas, foram aplicados o contraste linear e a composição R3G4B2. Com essa composição procedeu-se a fusão com imagem HRC, utilizando-se a técnica de transformação do espaço de cores – RGB-IHS-RGB (TU et al., 2001).

Seguindo o Padrão de Exatidão Cartográfica para cartas classe A (BRASIL, 1984), Silva et al. (2009) concluíram que as imagens HRC podem apontar a precisão compatível com a escala de mapeamento de 1:50.000. Apesar dessa indicação, e partindo de regras simples de cartografia, como a relação do erro gráfico (exatidão planimétrica) e a escala, as imagens foram avaliadas não apenas na escala 1:50.000, mas, também, na escala 1:15.000, uma vez que a análise realizada por este autor não levou em consideração o deslocamento devido ao relevo, o qual é mínimo na área utilizada no presente estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das Imagens na Escala 1:50.000

Definiram-se 6 elementos fisiográficos: planície meandrante, planície fluvial, antigas barras em pontal (*point bar*), paleocanais, lagos de meandros abandonados (*oxbow lakes*), cinturão de lagoas e as cordilheiras (Figura 2).

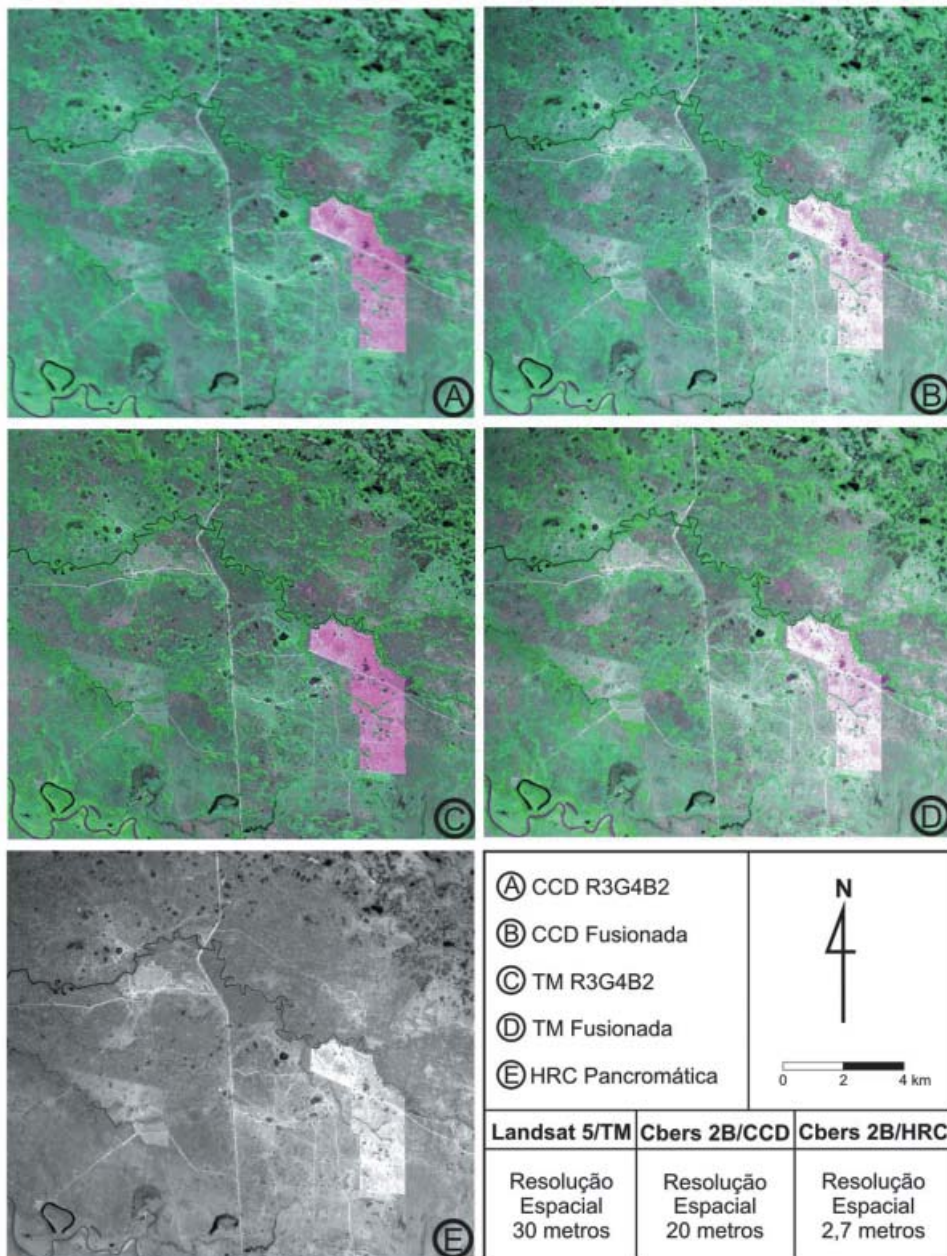


Figura 2 - Comparação entre as imagens fusionadas, a imagem HRC pré-processada e realçada, e a composição R3B4G2 das imagens CCD e TM, pré-processadas e realçadas, na escala visual de 1:50.000

Quando identificados os elementos fisiográficos nas imagens foi possível visualizar seis classes geomorfológicas, entretanto, as imagens Landsat/TM e CBERS-2B/CCD (Figuras 2A e 2C) são as que apresentam maior nitidez dos alvos analisados visualmente.

Entre as fusões CCD/HRC e TM/HRC (Figura 2B e 2D) não houve diferença muito significativa na identificação dos elementos fisiográficos. Tal variação é observada no realce de algumas formas, sendo que a imagem Landsat possibilita uma melhora na visualização dos canais meandantes do Rio Abobral, dos lagos de meandros abandonados (*oxbow lakes*), da incisão da planície, do cinturão de lagoas ao norte e das cordilheiras que estão destacadas pela vegetação.

A vegetação é o principal indicador visual da geomorfologia local nas imagens, como já observado nas proximidades do Rio Parampa por Casco et al. 2005 e na planície de inundação e ilhas do Rio Paraná (CORRADINI et al. 2008). Na planície de inundação do Pantanal é observável que a vegetação salienta as formas locais do relevo. Entretanto na imagem CCD (Figura 2E) não é possível observar o mesmo número de elementos fisiográficos quando comparada com as outras imagens.

Avaliação das Imagens na Escala 1:15.000

Verificou-se na comparação entre as imagens CCD e TM fusionadas uma resposta muito semelhante. Quando comparadas com as imagens não fusionadas, houve uma melhora considerável, principalmente quando se pretende definir em detalhe os elementos fisiográficos.

Na figura 3, percebe-se que a vegetação colabora para a identificação dos elementos fisiográficos, que são facilmente diferenciados pelo porte arbóreo-denso (planície meandante) e por campos com vegetação arbustiva e de gramíneas (áreas de baixios). Os ganhos com as cores pelas composições espectrais na fusão ressaltam a vegetação, que por sua vez facilitam a delimitação e identificação dos elementos fisiográficos.

A análise dos corpos d'água se apresentou satisfatória tanto com a fusão quanto com a HRC, sendo possível verificar com precisão as áreas alagadas. Essas áreas alagadas estão associadas com a profundidade e com a magnitude da conectividade entre as vazantes e corixos (Figura 3A).

Na figura 3B, as feições geomorfológicas são facilmente mapeadas através das imagens fusionadas, como os canais fluviais, as planícies meandantes e as marcas de barras em pontal (*point bar*). Neste caso, a cor também colaborou para uma rápida identificação destes elementos por ressaltar a vegetação sobreposta às feições geomórficas. Este fato é recorrente em todo o Pantanal, pois cada tipo de vegetação tende a adaptar-se às condições do ambiente, deixando marcas impressas na paisagem.

As barras centrais e barras em pontal são visualizadas principalmente nas imagens fusionadas devido à sinergia da alta resolução espacial com o ganho espectral (Figura 3C). Na imagem CCD não fusionada, as barras em pontal de menor tamanho não são registradas e a planície está ofuscada constituindo uma fisionomia homogênea. Na cena não fusionada Landsat nota-se um ponto mais claro no centro do canal principal indicativo da barra em pontal, e a visualização da planície torna-se mais heterogênea. As edificações identificadas em imagens TM e CCD sem fusão estão pouco nítidas. Na técnica aplicada, estes alvos tornaram-se evidentes, com destaque à Estrada Parque e aos caminhos/trilhas em meio aos campos.

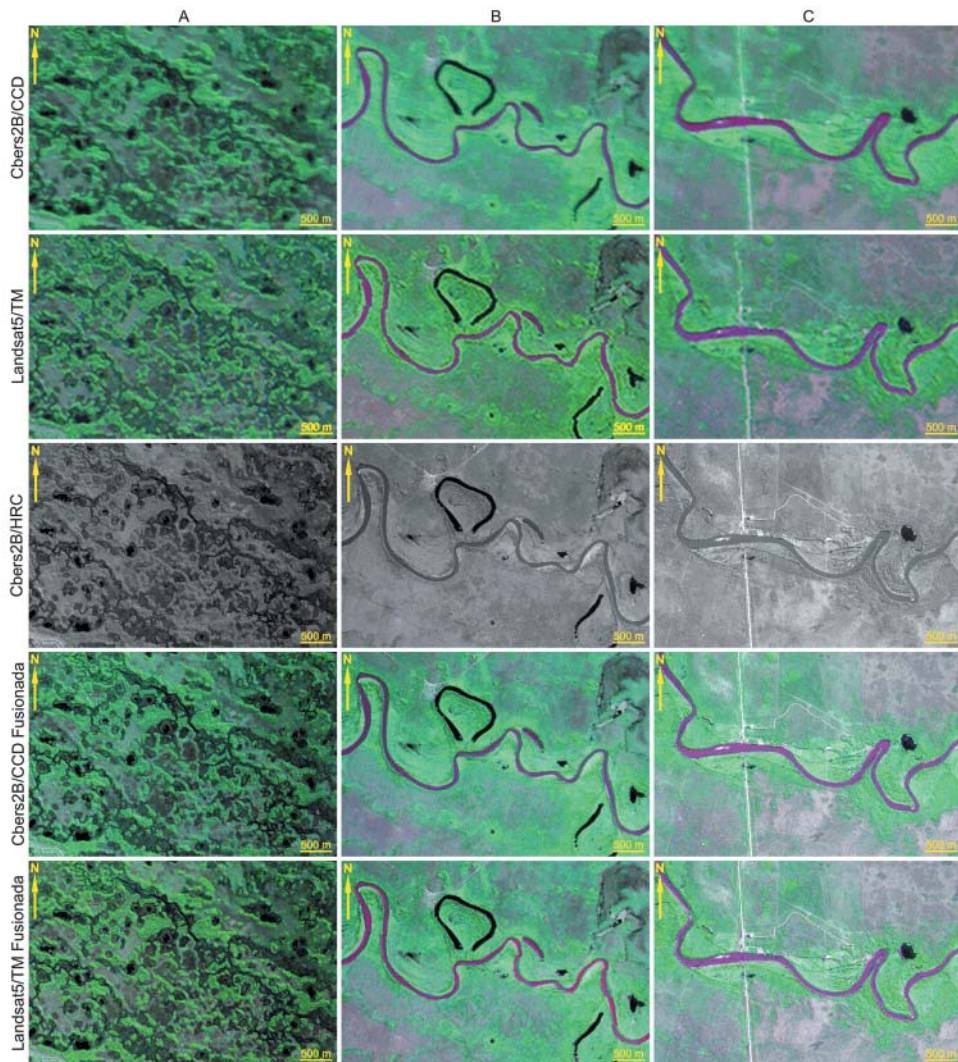


Figura 3 – Comparação entre as imagens fusionadas, composição R3B4G2 das imagens CCD e TM, pré-processadas e realçadas, e imagem HRC pré-processada e realçada, na escala visual de 1:15.000. Coluna A: área das vazantes e corixos; Coluna B: planície meandrante; Coluna C: barras centrais e em pontal e edificações

Avaliação Técnica das Imagens

Devido à presença de duas faixas de diferentes tonalidades nas imagens CCD disponíveis para download, a imagem fusionada CCD/HRC, apesar da boa resolução espacial, apresentou as duas faixas de diferentes tonalidades, deteriorando a qualidade da fusão com a HRC e comprometendo a interpretação. Diante desse fato, quando o objetivo é analisar a distribuição espacial da vegetação entre duas ou mais faixas de tonalidades em uma mesma cena, o observador pode interpretar as formações vegetacionais distintas numa única formação. Isso ocorre devido à variação espectral que afeta a cor e tonalidade dos alvos que ocorrem nessas faixas de interferência.

Tal problema ainda pode ser agravado em função da permanência de água no solo durante grande parte do ano, o que proporciona valores de refletância baixos, portanto cores e tonalidades mais escuras. Esse fato possivelmente elevaria o grau de confusão entre as diferentes faixas de interferência, gerando interpretações tendenciosas quanto à distribuição das formações vegetacionais e tipos de solos.

Entretanto, não podemos descartar que ocorre um ganho na resolução espectral na cena híbrida CCD/HRC caso o objeto analisado esteja inserido em uma única faixa de interferência. Neste caso o observador apenas deverá ter esse fator inserido em seus critérios fotointerpretativos, restringindo o uso de qualquer parâmetro quantitativo.

CONCLUSÃO

A técnica da fusão aplicada nas imagens multi-espectrais TM e CCD com a imagem pancromática HRC mostrou excelentes resultados, gerando produtos que realçam os elementos fisiográficos. Isto se deve a junção da maior resolução espacial da HRC com a resolução espectral CCD e TM.

Mostrou, também, que a combinação com as demais bandas espectrais da imagem fusionada TM/HRC permite realçar os elementos fisiográficos da paisagem, dentro dos parâmetros potenciais do sensor. No caso da aplicação no mapeamento dos elementos fisiográficos foi possível observar um ganho na definição dos limites dos elementos, principalmente nas áreas de baixios e permanentemente encharcadas.

O uso das imagens advindas da fusão com a câmera pancromática de alta resolução (HRC) revela ser uma importante ferramenta para mapeamento e definição de limites entre as fisionomias na área do Pantanal onde foi realizado o estudo. Ressaltamos que é possível aplicar a técnica aqui discutida para monitorar áreas com particularidades florísticas e estruturais, bem como locais de difícil acesso, vetorização de vazantes e paleodrenagem de sistemas distributários, planícies de inundação entre outras feições fisionômicas que compõem a paisagem do Pantanal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PRH-05 (Convênio UNESP/ANP/MCT/FINEP), ao CNPq e a CAPES, pela concessão de bolsas de mestrado e doutorado. À FAPESP pelo apoio à pesquisa (processo 07/55987-3). Ao Tiago da Silva Matsushima pela revisão do abstract.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 50. p. 9-57, 1988.
- ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos Forrageiros nativos do Pantanal mato-grossense**. v. 8, Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1987.
- BRASIL, Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasília, Diário Oficial da União, 1984.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Comput Graph**, v. 20. p. 395-403, 1996.
- CASCO, S. L.; BASTERRA de CHIOZZI, N. I.; NEIFF, J. J. La vegetación como indicador de la geomorfología fluvial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 1, p. 123-136, 2005.
- CHAVEZ, P. S., SIDES, S. C.; ANDERSON, J. A. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data Landsat TM and SPOT Panchromatic. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, p. 295 . 303, 1991.
- CORRADINI, F. A.; STEVAUX, J. C ; FACHINI, M .P. Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na ilha mutum, rio Parampa – PR/MS. **Revista Geociências**, v. 27, n. 3, p. 345-354, 2008.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T.; PESSOTTI, J. E. Modelo para o estudo da dinâmica evolutiva dos aspectos fisiográficos dos Pantanaís. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1763-1773, 1998.
- POHL, C.; GENDEREN, J. L. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 5, p. 823-854, 1998.
- POTT, A.; POTT, V. **Plantas do Pantanal**. Brasília: Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária/ Embrapa: Empresa Agropecuária de Pesquisa Brasileira, 320p., 1994.
- POTT, A. Relações da vegetação com ambientes do Pantanal. In: ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL, 1995, Corumbá. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1995. p. 5-7.
- RODRIGUES, T. L.; ANTUNES, M. A. H.; FOSSE, J. M. Avaliação da ortoretificação da imagem do sensor HRC do CBERS 2B utilizando modelo de funções racionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. Natal, 2009, **Anais...** Natal: INPE, 2009, p. 2139-2146.
- SILVA, W. B.; D'ALGE, J. C. L.; FONSECA, L. M. G. Avaliação da qualidade geométrica de imagens da Câmera HR do CBERS 2B. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. Natal, 2009. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 2193-2200.
- SILVA, A. J. F. M. O uso de polinômios racionais na ortoretificação de imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 1289-1295.
- TU, T.; SU, S.; SHYU, H.; HUANG, P. S. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. **Optical Engineering**, v. 40, n. 5, 2001.
- VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas. Uma abordagem a partir de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3. 1998, Florianópolis, SC. **Anais...**, 1998.

