

Avaliação das imagens do sensor HRC/CBERS para mapeamento urbano

Izabela de Lima Feitosa¹
Mariza Alves de Macedo¹
Eduardo da Silva Pinheiro²

¹ Centro Regional de Manaus do Sistema de Proteção da Amazônia
Av. do Turismo, N. 1350, Tarumã, CEP. 69049-630 - Manaus - AM, Brasil
izabela.feitosa@sipam.gov.br
mariza.macedo@sipam.gov.br

² Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, N. 3000, - Manaus - AM, Brasil
pinheiro_rs@yahoo.com.br

Abstract Due to the dynamics of urban space have been required of technical diagnostics and planning decisions more quickly. With the launch of the third satellite in the CBERS series, there was an increase in expectation of free use of high-resolution images with the possibility of periodic update and applications in various areas. This study aimed to examine the potential of sensor images HRC aboard the satellite CBERS-2B in urban mapping. It was used as a study area in south-central zone of Manaus-AM. The images (CBERS-2B/HRC, CBERS-2B/CCD and LANDSAT-TM scenes) have been restored and applied tests with eight linear spatial filtering techniques. Mergers between the images and CBERS-2B/HRC and CBERS-2B/CCD, BERS-2B/HRC and LANDSAT were tested through five techniques. To use the mapping of land cover in urban areas were used automatic classification and performed a manual classification. The maps generated by classification were analyzed qualitatively and quantitatively by visual interpretation of the confusion matrix. Also an evaluation was made from the targets observed in situ. Whereas the products obtained, it was found that the combination of images and HRC CCD allowed significant improvements in the identification of urban targets in relation to the original image HRC. Despite the limitations noted in the extraction of information from the intra-urban soil, it can be stated that the HRC image presents itself as an alternative to high-resolution images at high cost, for monitoring urban sprawl.

Palavras-chave: image processing, remote sensing, geoprocessamento, gestão municipal.

1. Introdução

Devido à dinâmica do espaço urbano têm-se exigido dos técnicos de planejamento diagnósticos e decisões cada vez mais rápidas. Porém, a velocidade com que se processam essas transformações e a necessidade de um conjunto considerável de dados dificulta essa tarefa. Neste contexto, destacam-se as técnicas de sensoriamento remoto, que permitem o mapeamento, a caracterização e o monitoramento dessas alterações, Sausen (2002).

A disponibilização das imagens de alta resolução espacial do satélite Ikonos em 1999 e posteriormente do QuickBird em 2001, somado às suas características multiespectrais, têm permitido a sua aplicação em mapeamentos urbanos, devido ao maior detalhamento das feições. Apesar disso o alto custo desses produtos ainda restringe a sua efetiva utilização, principalmente em trabalhos que exigem monitoramento periódico.

O desenvolvimento de novos sensores tem ampliado as possibilidades de uso desses dados no mapeamento de áreas urbanas, principalmente quando aliadas às técnicas de processamento digital de imagens, Fuckner (2007). Com o lançamento do terceiro satélite da série CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), houve um aumento na expectativa da utilização gratuita de imagens de alta resolução com possibilidade de atualização periódica, Inpe (2007).

Neste sentido, um estudo sobre a potencialidade das imagens do sensor CBERS-2B/HRC sobre alvos urbanos permitirá sua aplicação em mapeamentos urbanos e como ferramenta de auxílio na tomada de decisões. Este estudo teve como objetivo a avaliação das imagens HRC

para identificação dos alvos urbanos, além de testar diferentes técnicas de processamento digital para melhoria de sua qualidade visual.

2. Metodologia de Trabalho

Para realização das análises foram utilizadas cenas referentes à área urbana da cidade de Manaus. A área de estudo refere-se à zona centro-sul (Figura 1), localizada entre as coordenadas $60^{\circ} 2' 9,01''$ e $59^{\circ} 58' 13,76''$ de latitude sul e $3^{\circ} 6' 58,32''$ e $3^{\circ} 2' 25,84''$ de longitude oeste. Abrange sete bairros (Flores, Parque 10 de Novembro, Aleixo, Adrianópolis, Nossa Senhora das Graças, São Geraldo e Chapada).

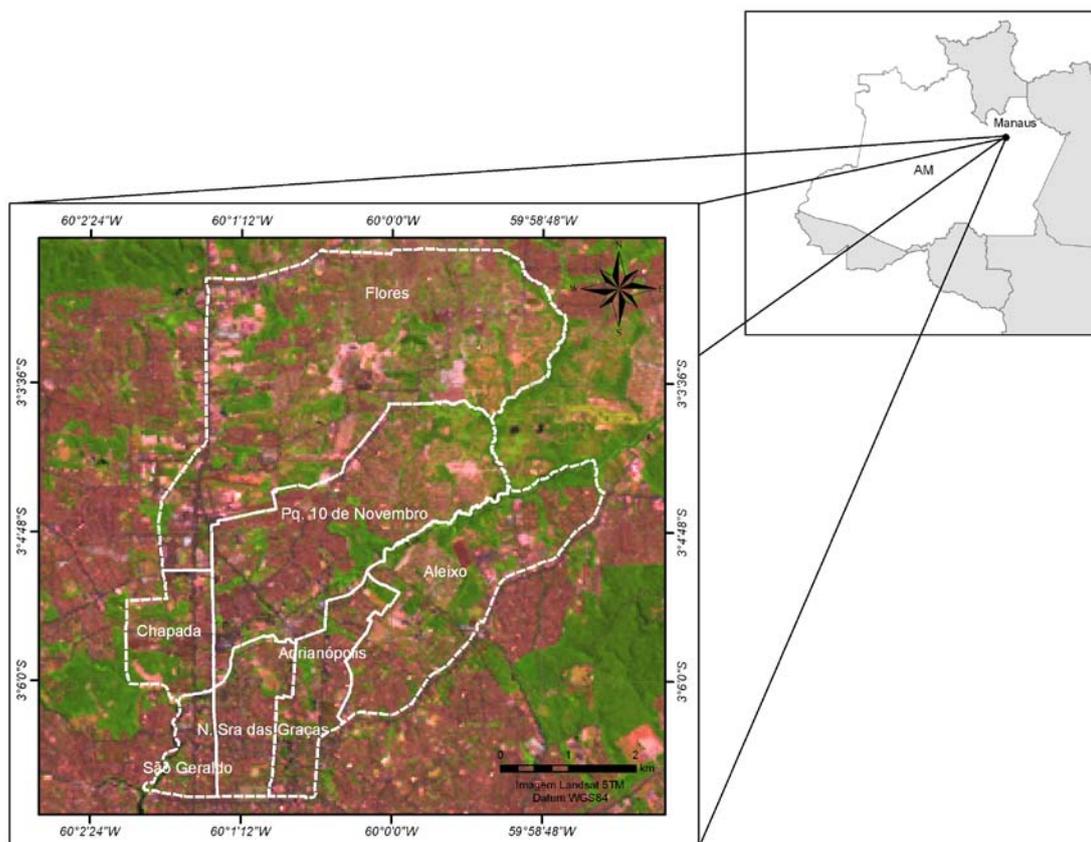


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Manaus - AM.

Foram utilizadas duas imagens CBERS-2B, sendo uma adquirida pelo sensor CCD, órbita/ponto 173/103, bandas 2 (0,52 - 0,59 μm), 3 (0,63 - 0,69 μm) e 4 (0,77 - 0,89 μm), e uma pancromática (0,50 - 0,80 μm) do sensor HRC, órbita/ponto 173_D/103_5, de 26 de agosto de 2008. Foi ainda utilizada uma imagem Landsat-5/TM, bandas 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm) e 5 (1,55 - 1,75 μm), de 6 de agosto de 2008 previamente georreferenciada que serviu de base para o registro das imagens. As imagens foram obtidas na página eletrônica do INPE (<http://www.dgi.inpe.br>).

Para o armazenamento dos dados e processamento das imagens foi utilizado o aplicativo SPRING 5.0, ArcGIS 9.3 e o *software* ENVI 4.5 (licença temporária). Foram testadas as técnicas de filtragem espacial linear (Passa Baixa-Média, Direcional de Borda, não Direcional de Borda e Realce-TM) e não linear (Detecção de bordas, Morfológico-Dilatação, Morfológico-Mediana e Morfológico-Erosão).

A fusão das imagens foi realizada entre as imagens HRC e CCD e HRC e Landsat. Foram utilizadas as técnicas: IHS disponível no Spring e HSV (Intensidade-Matiz-Saturação) similar

a anterior, *Gram-Schmidt*, *CN Spectral Sharpening* e *PC Spectral Sharpening* disponíveis no *software* ENVI.

2.4 Mapeamento de uso e cobertura da área urbana

Para a classificação automática foram testados dois classificadores supervisionado: um classificador por região (*Bhattacharya*) e um classificador pixel a pixel (Máxima Verossimilhança - MaxVer) além de uma classificação por regras.

Previamente ao procedimento de classificação por regiões foi executada a segmentação da imagem em regiões homogêneas, a partir da definição de critérios de similaridade e área.

Para as classificações automáticas foram definidas as seguintes classes (área urbana 1, 2 e 3, de acordo com o nível de adensamento, vegetação 1 e 2, (arbórea rasteira e/ou alterada respectivamente), sombra, nuvem, solo exposto e água). Para comparação e avaliação do resultado da classificação foram observados alvos *in loco* (reambulação), realizando-se a coleta dos pontos de controle em expedições de campo, por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Na tentativa de executar uma classificação por regras, disponível no módulo FX do *software* ENVI, foram extraídos alguns atributos da imagem HRC, fundida com a imagem CCD.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise qualitativa das técnicas de fusão e filtragem

A técnica de restauração foi aplicada apenas nas imagens CCD (Figura 8) e Landsat-TM, pois este procedimento ainda não está disponível para o sensor HRC no *software* SPRING. De acordo com a análise visual, foi verificado que nenhuma das técnicas de filtragem testadas para realce de feições apresentou resultado satisfatório, portanto, optou-se por não utilizá-los nos procedimentos subsequentes.

Por meio das técnicas de fusão foram obtidas diferentes imagens sintéticas HRC-CCD e HRC-Landsat. Dentre os resultados selecionou-se aquele obtido pela técnica IHS no *software* Spring.

Analisando as imagens sintéticas produzidas pelos diferentes métodos de fusão verificou-se que as imagens HRC e CCD fusionadas ainda apresentavam o efeito de embaçamento oriundo das bandas CCD. A perda da qualidade visual dos resultados das fusões pode ser atribuída, à diferença na resolução espacial das imagens pancromática e multiespectrais utilizadas e também devido à soma das distorções das imagens CCD e HRC.

Na análise visual verificou-se a ocorrência de saturação nas imagens fusionadas HRC-LANDSAT e perda de nitidez das feições intra-urbanas, ocorrendo melhor distinção apenas entre áreas de vegetação e áreas construídas ou com solo exposto. Nas fusões HRC-CCD houve homogeneização na tonalidade das áreas verdes e solo exposto, e indefinição das bordas o que dificultou a interpretação dos limites dessas áreas. Apesar desse fato as imagens apresentaram melhor nitidez quanto às feições intra-urbanas, quando comparadas com fusão HRC-Landsat.

3.2 Produtos da Segmentação e Classificação automática

A fusão HRC-CCD pelo método IHS foi segmentada a partir de dois métodos de extração de dados. O primeiro foi realizado no *software* Spring com base nos parâmetros de similaridade e área, sendo testados os seguintes valores 90/50, 90/15, 20/40, 10/50, 10/20, 5/40 e 5/60, 5/10, e o segundo foi realizado no *software* ENVI com base nas características

espaciais e espectrais da imagem. Neste caso foi possível uma pré-visualização do melhor nível de segmentação antes do processamento definitivo.

O limiar de similaridade igual a 5 e de área igual a 60 pixels apresentaram melhor separação dos alvos urbanos. Na segmentação baseada nos atributos espaciais e espectrais da imagem (módulo FX do *software* ENVI) quanto maior o nível de escala móvel menos segmentos são gerados e, portanto menos detalhada será a segmentação. Os melhores resultados foram obtidos com o valor de nível de escala igual a 40. Em seguida os segmentos foram agrupados por similaridade e adjacência, sendo que o valor de fusão utilizado foi igual a 96.

No caso da fusão HRC-CCD, obteve-se pouca eficiência na delimitação dos alvos em área construída, apesar de a imagem possuir uma resolução espacial nominal de 2,7 m.

Partindo da segmentação considerando os valores 5 e 60 para limiares de similaridade e área respectivamente, as imagens foram classificadas pelos classificadores supervisionados *Bhattacharya* e MaxVer (Figura 2), considerando um limiar de aceitação de 99%.

De acordo com a análise dos resultados não foi possível delimitar automaticamente diferenças significativa nos padrões de áreas construídas, assim como os arruamentos e corpos d'água.

Para análise da eficiência das classificações foram geradas matrizes de erros de classificação além do índice Kappa.

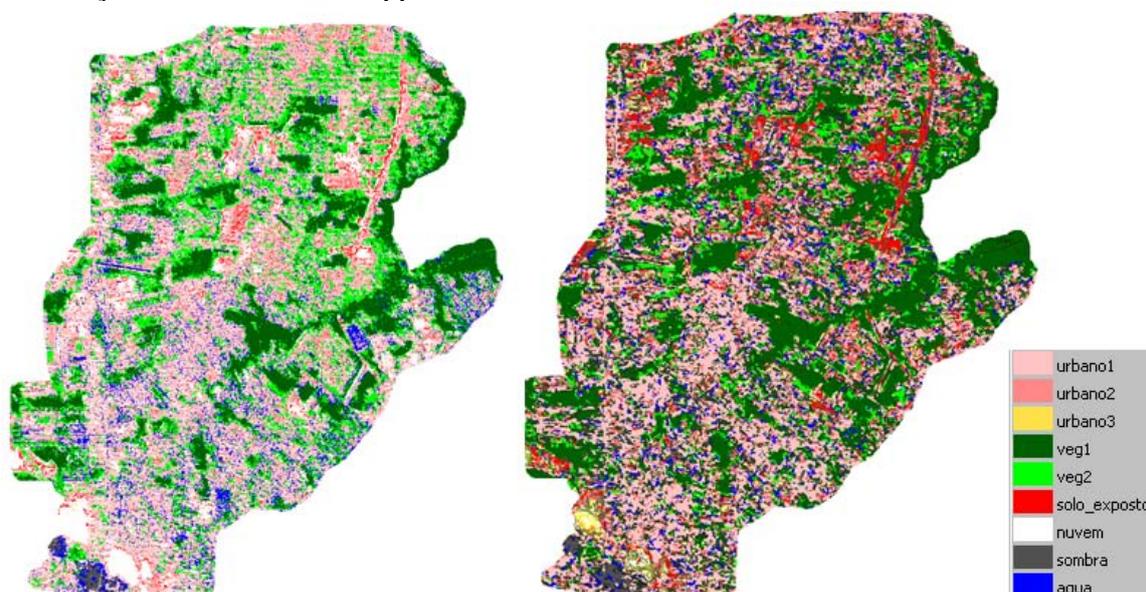


Figura 2. Mapas temáticos gerados pelos classificadores *Bhattacharya*, e MAXVER.

A classificação MaxVer apresentou desempenho médio de 80,19%, e confusão média de 19,81%, enquanto a classificação pelo algoritmo Battacharya resultou em um desempenho médio de 99,71% e confusão média de 0,29%. Entretanto, esses índices referem-se ao percentual de pixels classificados corretamente de acordo com as amostras utilizadas. Já de acordo com o índice Kappa, os desempenhos das classificações MaxVer (índice 0,32) e Battacharya (índice 0,51) foram considerados fraco e moderado respectivamente.

3.3 Extração de atributos para classificação por regras

Ao avaliar os atributos extraídos da imagem gerada pelo sensor HRC fusionada com uma imagem CCD, foram observadas limitações no que se refere à variação do contraste referente aos atributos extraídos, o que inviabilizou a sua utilização em uma classificação por regras que utiliza justamente essas informações na execução da classificação.

3.4 Interpretação Visual e Mapeamento de alvos urbanos

Para o mapeamento manual foi utilizada como ponto de partida a segmentação utilizando um nível de escala móvel igual a 40 e nível de fusão de segmentos igual a 96. A utilização desses parâmetros e o fato desse método permitir que o usuário encontre interativamente o melhor ajuste para o delineamento das feições de interesse, reduz significativamente o trabalho manual. A escala de análise utilizada para a interpretação visual das classes foi de 1:7.000.

As classes do uso do solo intra-urbano foram definidas em tipos de vegetação, corpos d'água, sombra, nuvem, solo exposto e tipos de área construída (Figura 3). Para a vegetação foram definidos dois tipos: vegetação arbórea densa e vegetação mista (arbórea/rasteira). Para os tipos de uso da área construída, foram utilizados os parâmetros de Jensen (2009) como: loteamento, paisagismo, unifamiliar ou multifamiliar, limpeza do terreno e sistema viário, a partir desses cinco tipos de padrões residenciais: unifamiliar denso/Comércio/Indústria; unifamiliar tipo 1 (lotes grandes, ruas asfaltadas e largas, e áreas verdes); unifamiliar tipo 2 (lotes médios, ruas asfaltadas e médias, presença de algumas áreas verdes); uni-multifamiliar tipo 3 (Edifícios e residências unifamiliares com lotes pequenos e pouca vegetação) e unifamiliar em consolidação (presença de loteamentos sem construções ou semi-construídos).

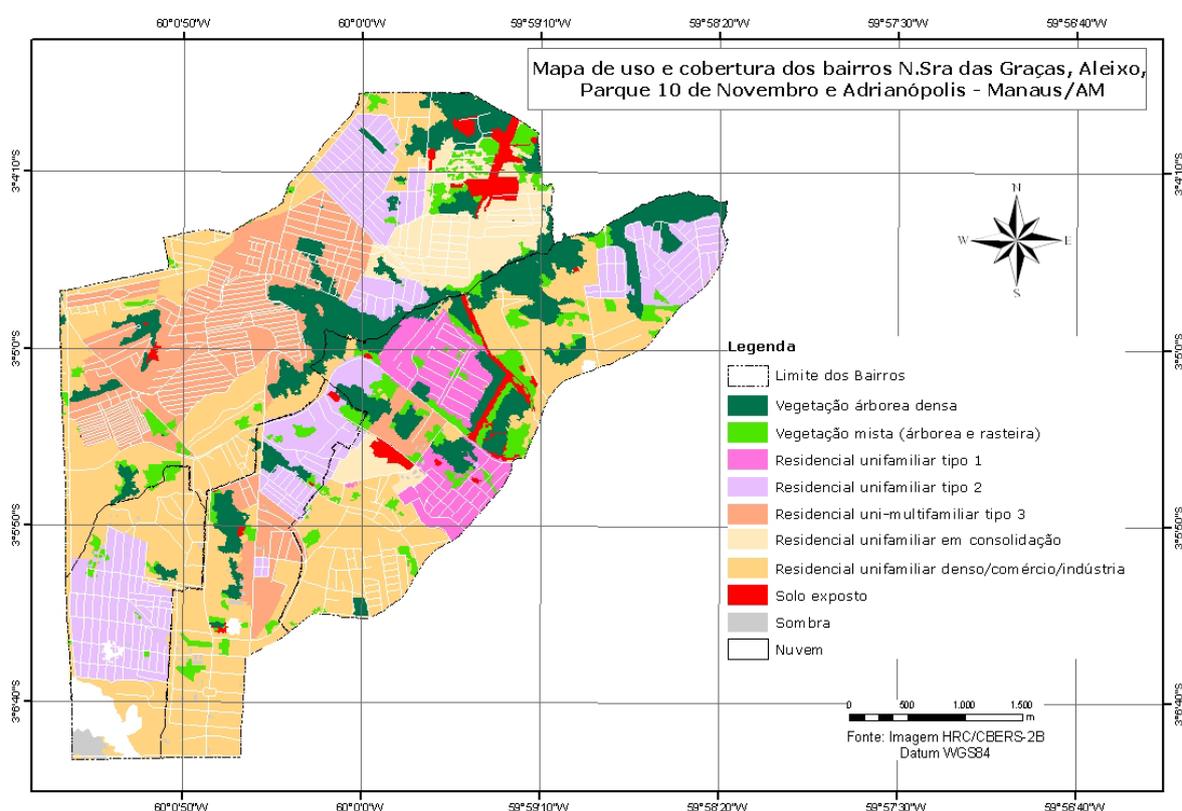


Figura 3. Mapa de uso e cobertura de 4 bairros da zona centro-sul de Manaus, gerado por interpretação visual.

Na interpretação da imagem fusionada HRC-CCD, as áreas residenciais pouco densas (conjuntos, condomínios) com quintais arborizados e muito densas (lotes menores) foi observado efeito de borrimento das áreas de vegetação e áreas construídas, havendo mistura dessas classes e dificuldade em sua delimitação.

As áreas de solo exposto também apresentaram comportamento que variaram conforme o entorno. Quando próximas de fragmentos ou áreas verdes, a resposta da vegetação se sobrepõe a estas áreas pelo efeito de borramento, dificultando a identificação da fronteira entre as classes. Áreas verdes principalmente pequenas, como as praças e jardins, também sofrem esse efeito.

Os corpos d'água aparecem indistinguíveis devido ao baixo contraste apresentado tanto na imagem HRC original quanto na fusionada, dificultando, quando não, inviabilizando a sua identificação automática e até visual. As estradas não pavimentadas foram extraídas somente por interpretação visual. Diferentes tipos de telhados apresentaram respostas espectrais parecidas, exceto os galpões de alumínio, que nas classificações automáticas foram confundidos com nuvem e solo exposto. Isso aconteceu devido a saturação da banda 4 do sensor CCD que é mais pronunciada em alvos urbanos.

Houve dificuldade em extrair, ainda que manualmente os arruamentos em ruas estreitas em áreas residenciais mais adensadas, devido ao baixo contraste entre as áreas pavimentadas e as áreas construídas. Segundo Souza e Kux (2007), o asfalto apresenta baixa reflectância em todas as bandas do sensor CCD/CBERS.

O mapeamento das tipologias de vegetação arbórea homogênea e das áreas com vegetação mais alterada ou mista (arbóreo e rasteiro), sobretudo nas bordas ou áreas pequenas, foi dificultada pelo fato de a textura da imagem não apresentar variação significativa nessas áreas.

Ferreira et al. (2009) também observaram que uma mesma categoria temática apresentou-se mais de um padrão de visualização, enquanto outras categorias diferentes entre si mostraram um mesmo padrão.

Quanto aos problemas relacionados à resolução espacial das imagens HRC, de acordo com as especificações do projeto, a imagem HRC possui uma resolução espacial efetiva de 4,05 metros embora sua resolução nominal seja de 2,7 metros, Carvalho et al. (2009) o que altera significativamente seu potencial de identificação de feições intra-urbanas.

Silva et al. (2009) após realizar uma análise da geometria das imagens HRC com pontos de controle observou que a mesma possui uma qualidade geométrica interna muito pobre, comparada com imagens CCD e Landsat. De acordo com esses autores não é aconselhável a sua aplicação para mapeamentos em escalas maiores que 1:50.000 de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica para cartas classe A (Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente). Em relação à resolução radiométrica da imagem HRC, que possui 8 bits, ou seja, 255 níveis de cinza, há certa limitação no se refere ao contraste necessário para áreas muito heterogêneas, como as áreas urbanas.

4.5 Análise comparativa dos alvos urbanos

Após a classificação foi realizada um trabalho de campo visando obter dados sobre as principais classes com necessidade de checagem para esclarecer os padrões apresentados na imagem fusionada. Foram comparadas visualmente a resposta espectral de diferentes tipos residenciais com suas características reais observadas *in loco*. Complementarmente comparou-se visualmente os padrões dos alvos urbanos na imagem HRC fusionada com aqueles observados em imagens de resolução espacial ainda mais alta, como na imagem QuickBird, disponível no Google Earth.

4. Conclusões

Com este trabalho foi possível avaliar o potencial e as limitações das imagens HRC bem como testar diferentes técnicas de processamento digital de imagens para melhorar sua qualidade visual.

Apesar das imagens HRC/CBERS-2B, possuem alta resolução espacial nominal, sua baixa resolução espacial efetiva, somada aos problemas radiométricos das imagens CCD utilizadas na fusão, resultaram em algumas limitações para mapeamentos mais detalhados do solo intra-urbano. Acredita-se que a combinação de imagens HRC com outras imagens multiespectrais com resolução espacial mais próxima que a resolução da banda pancromática possa apresentar melhores resultados permitindo a extração de informações mais refinadas para utilização em tomadas de decisão no planejamento urbano.

A combinação das imagens HRC (pan) e CCD, no entanto permitiu melhorias expressivas na imagem original HRC. A imagem fusionada facilitou ainda a extração do arruamento.

Não obstante as dificuldades apresentadas a imagem HRC pode ser utilizada em escalas de mapeamento menos detalhadas com potencial para distinção de diferentes padrões de áreas construídas, extração de arruamento e identificação de novos loteamentos, apresentando-se como uma alternativa às imagens de alta resolução e custo elevado, no que se refere ao monitoramento da expansão urbana.

Uma nova perspectiva aponta para a melhoria da qualidade geométrica e radiométrica dos produtos CBERS, com o lançamento do satélite CBERS-3 em 2011, com a inclusão da câmera panmux que apresentará características, como resolução espacial de 5 metros na banda pancromática e de 10 metros nas bandas multiespectrais. Apesar da resolução espacial mais baixa, apresenta a vantagem de serem produzidas pelo mesmo sensor, o que facilitará o processo de fusão ao eliminar o problema de erros no registro entre as bandas, além de possuírem resolução espacial entre as bandas multiespectrais e pancromática mais próximas.

5. Referências

Carvalho, L. A. S.; Strauss, C.; Fonseca, L. M. G. Determinação da resolução espacial efetiva da câmera HRC-CBERS-2B pelo método de espalhamento de borda. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p.1975-1982. 2009. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2009/03.02.18.19/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 07 jan. 2010.

Ferreira, E.; Dantas, A. A. A.; Machado, R. V. Imagens da câmera HRC do satélite CBERS_2B no mapeamento do *campus* da Universidade Federal de Lavras. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 2017-2024. 2009. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2009/03.02.18.19/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2010.

Fuckner, M. A.; Rosa, V. G. C.; Rosembach, R. Análise comparativa da aplicação de transformações radiométricas e técnicas de fusão de imagens em área urbana. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 6343-6350. 2007. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2007/01.31.19.10/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.(INPE). **CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestre**. 2007. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/>>. Acesso em: 18 jan.2009.

Sausen, T. M. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais**. Projeto Educa SeRe, São José dos Campos - SP: INPE. 2002. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/EducaSere/>>. Acesso em: 05 mar.2009.

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: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p.2193-2200. 2009. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2009/03.02.18.19/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

Sousa, R. C. A.; Kux, H. J. H. Comportamento espectral e alvos urbanos: simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis (SBSR), 2007,

Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p.x. 2007. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em:<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2007/01.31.19.10/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2010.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo auxílio financeiro. Ao Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), pela abertura e apoio no projeto de iniciação científica.