

Dados de videografia aérea e imagens CCD/CBERS2 para a identificação de assentamentos humanos em uma região de fronteira na Amazônia.

Silvana Amaral¹
Maria Isabel S. Escada¹
Antonio Miguel Vieira Monteiro¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{Silvana, Isabel, Miguel}@dpi.inpe.br

Abstract. This paper assesses the use of airborne videography, integrated to CCD/CBERS2 imagery to identify human population presence in a frontier region in the Brazilian Amazon. The study site comprises the road that connected the Xingu and Iriri River, in the state of Pará-Brazil, submitted to a recent and dynamic occupation process. The images from videography and oblique photographs containing construction types as indication of inhabitants were selected and spatialized as point occurrences with geographical coordinates. Based on area and density of the constructions observed, we proposed a simple typology to hierarchically distinguish the constructions types. A cluster analysis, based on nearest neighbor hierarchical spatial clustering was applied over these points of occurrence, weighted by the typology proposed. This analysis identified features of human settlement pattern comparable to previous work. The use of CCD/CBERS2 image to identify the human settlements was verified, considering the constraints and advantages in using videography image data.

Palavras-chave: airborne videography, Amazon, frontier, human settlement, cluster analysis, videografia, CCD/CBERS2, fronteira, Amazônia, assentamentos humanos, GEOMA, análise de cluster.

1. Introdução

A região de São Félix do Xingu, em direção ao Rio Iriri, juntamente com as regiões do norte do Mato Grosso e do sul do Amazonas são apontadas por Becker (2005), como as três grandes frentes de ocupação na Amazônia, definidos como fronteiras móveis. As fronteiras amazônicas recentes diferem das fronteiras dos anos 70 em sua gênese, por três aspectos principais: a migração dominante é intra-regional, com importantes fluxos rural-urbano; a expansão das frentes tem um forte componente de comando com origem na região (endógeno), dirigido principalmente por madeireiras, pecuaristas e produtores de grãos instalados na região; e finalmente, as frentes estão localizadas preferencialmente em torno das estradas existentes abertas por mineradores, madeireiros ou pecuaristas.

A fronteira do Xingu-Iriri é uma das regiões e tema de estudo da rede GEOMA (Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia), que busca entender a dinâmica dos padrões de desmatamento e os processos de ocupação nas novas fronteiras no sul do Pará. Escada et al. (2005) identificaram e descreveram os padrões e estruturas espaciais de ocupação. Baseados em observações de campo, entrevistas e dados secundários, Amaral et al. (2006) apresentaram uma descrição geral das redes, a mobilidade da população e as conexões da região da Terra do Meio.

Ainda como atividade da rede GEOMA, um sobrevôo sobre a região amazônica foi realizado no início de junho de 2006, para que dados atuais e detalhados contribuíssem para os diferentes grupos temáticos da rede. Assim, como resultado desta missão de reconhecimento geral, um grande volume de dados foi gerado, basicamente imagens de

videografia aérea e fotografias aéreas oblíquas, colocados à disposição para a comunidade (<http://www.dpi.inpe.br/geoma/videografia/>).

Dados de videografia são frequentemente utilizados como informação detalhada para aplicações que necessitam de alta resolução espacial, como processos urbanos, (Wang e Zhang, 2004; Moura e Freitas, 2005) e agricultura de precisão (Araújo et al., 2005) ou ainda para validar análises e resultados obtidos de mapeamentos ou de sensoriamento remoto de escalas intermediárias como imagens Landsat e SPOT, para variadas aplicações (Eva e Lambin, 1998; Affonso, 2003; Espírito-Santo e Shimabukuro, 2005).

Diante da disponibilidade de dados detalhados e recentes e da necessidade de estudar as regiões de fronteira amazônica, este trabalho se propõe a descrever o potencial das imagens de videografia aérea, integradas à imagem CCD/CBERS2, na identificação de assentamentos humanos em uma frente de ocupação amazônica, na Terra do Meio, no estado do Pará. O objetivo principal é apresentar as vantagens e limitações no uso de dados de videografia aérea, integrados a imagem CCD/CBERS2, para identificar a existência de população residente na área de fronteira.

Para tanto, algumas premissas foram consideradas, a saber: a identificação de construções (habitações e casas de tamanhos variados) é indicador de presença; a localização destas construções é generalizada para o centro da imagem, para qual temos posicionamento por coordenadas geográficas.

Este trabalho propõe ainda o uso de imagens de videografia aérea, não apenas para validação de dados de resolução intermediária, mas como dado primário para estudo de ocupação do território. A ocorrência de agrupamentos, resultantes da análise estatística da distribuição espacial dos pontos, associada às construções, foi comparada à abordagem descritiva da influência das vilas na região, definida em trabalhos anteriores.

2. Área de estudo

A área de estudo compreende uma porção da Frente do Xingu/Iriri, no sudeste do Pará. Esta Frente se localiza nos Municípios de São Félix do Xingu e Altamira, entre dois importantes rios na região central do Estado do Pará, o Rio Xingu, um dos maiores tributários do Rio Amazonas, e o Rio Iriri.

Especificamente, este trabalho limitou-se a avaliar os assentamentos humanos localizados ao longo da Estrada da Canopus, que interliga o Rio Xingu, a partir da Vila Taboca no Município de São Félix do Xingu, até o Rio Iriri. Esta área coincide com a órbita-ponto 165/107 CCD/CBERS2, conforme apresentado na **Figura 1**.

Historicamente, a Estrada da Canopus, aberta pela Mineradora Canopus na década de setenta, foi o eixo que permitiu a sucessão de atividades na região. Iniciou-se com a exploração do mogno, no final dos anos 80, início dos 90, e mais recentemente com a atividade agropecuária por colonos e fazendeiros.

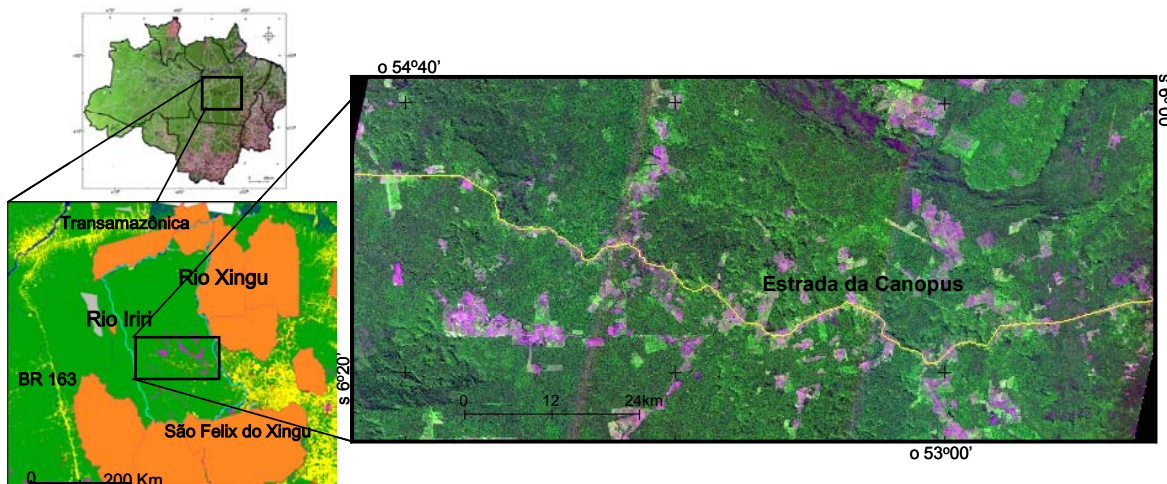


Figura 1 – Localização da área de estudo: Pará, Terra do Meio e o detalhe com as coordenadas geográficas, na imagem CCD/CBERS2, 2(B)4(G)3(R), Estrada da Canopus.

3. Materiais e métodos

Para este trabalho, a imagem CCD/CBERS2 foi usada para localização dos assentamentos e verificação de padrões associados, e as imagens de videografia permitiram a identificação dos assentamentos humanos, bem como a categorização dos mesmos. Numa segunda fase, as localizações dos assentamentos foram consideradas como pontos amostrais para a análise estatística utilizando a análise de padrões pontuais (Block e Green, 1994), verificando a possibilidade de agrupamento. A **Figura 2** resume a metodologia adotada.

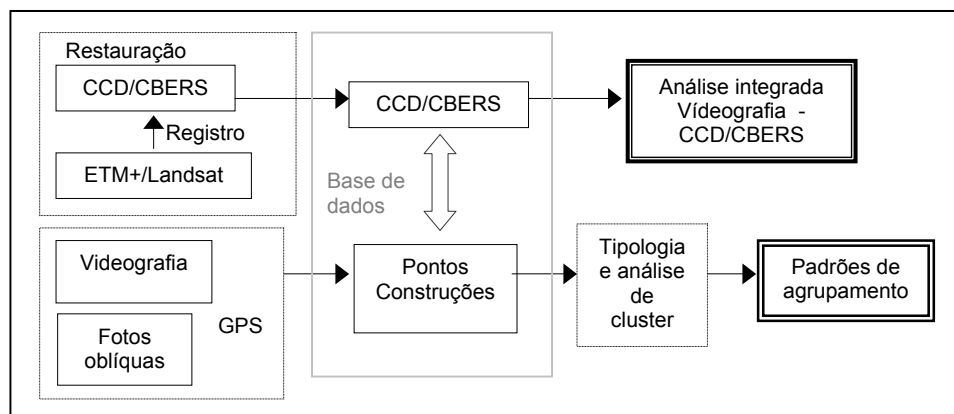


Figura 2 – Esquema do procedimento metodológico adotado.

A imagem CCD/CBERS2, de órbita ponto 165/107, de 22 de junho de 2006, foi selecionada pela ausência de cobertura de nuvens e por ser a data mais próxima da expedição que adquiriu as imagens de videografia.

Para melhoria da resolução espacial, as bandas CCD2, CCD3 e CCD4, as únicas utilizadas para este trabalho, foram inicialmente restauradas para a resolução de 10m (Fonseca, Prasad e Mascarenhas, 1993). As bandas restauradas foram então, georreferenciadas através de correção polinomial, utilizando como referência o mosaico de imagens ETM+/Landsat5 ortorretificadas GeoCoverTM, s-22-05_2000 (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>), com erros (RMS) de posicionamento da ordem de um pixel CBERS2. Após a identificação dos pontos de controle, as bandas da imagem

CBERS2 foram remapeadas para o sistema de projeção Policônica (Datum SAD/69), para integração com a base de dados disponível para a região Amazônica.

A imagem CCD/CBERS2 foi ainda submetida a um realce de contraste linear de suas bandas, para se trabalhar visualizando a composição colorida CCD2(B), CCD3(G) e CCD4(R), na escala de até 1:25000.

As imagens de videografia foram adquiridas durante o sobrevôo do Projeto GEOMA, realizado de 28 de maio a 12 de junho de 2006 (GEOMA/MCT, 2006). A videografia foi realizada com uma câmara de vídeo digital (Sony TRV-900), acoplada a um receptor de GPS (Garmin V) e uma interface capaz de registrar os dados de posicionamento na trilha sonora da gravação. Em laboratório, utilizando a mesma interface e uma placa de captura, as imagens foram adquiridas com uma superposição máxima de 60% definida em função das condições atmosféricas e altura do vôo. As imagens obtidas, em formato JPG foram georreferenciadas com base nos horários de aquisição e nos dados armazenados na trilha sonora. Para detalhes sobre a origem, aquisição, relatório e os dados originais, verificar <http://www.dpi.inpe.br/geoma/videografia/>.

Para este trabalho foram utilizadas as faixas 19 a 28 referentes à região de Santarém-Altamira, adquiridas em 30 de maio de 2006, e as faixas 55 a 58 referentes à região de Altamira-Marabá, adquiridas em 01 de junho de 2006. Para estas faixas, como a altitude média de vôo foi de 1013 m, e cada imagem é formada por 640 x 480 pixels, as imagens possuem resolução espacial de aproximadamente 1,2 m e 800 m de varredura. Esta resolução possibilita visualizar as imagens na escala de até 1:3000.

As 1746 imagens foram inspecionadas para selecionar apenas aquelas em que se observou indício de habitação humana, ou seja, construções com tamanhos, densidade e telhados variados. Após esta seleção, fez-se uma classificação dos principais tipos de construções observados nas imagens. Abordagem semelhante, porém mais detalhada, foi realizada por Gonçalves et al. (2004) para estimativa de população em área urbana.

A localização das imagens foi representada por pontos visualizados sobre a imagem CBERS2, utilizando a coordenada do GPS do centro cada imagem de videografia, como referência de localização geográfica. Esta análise teve por objetivo verificar se havia correspondência entre as construções observadas nas imagens de videografia com os padrões espectrais da imagem CBERS2.

As fotos oblíquas, retiradas da janela lateral da aeronave durante a expedição também foram utilizadas para localizar indícios de habitação. A localização geográfica de cada foto foi obtida através do sincronismo do horário de cada foto com a trilha de vôo, obtida do GPS a bordo da aeronave. Atribui-se a posição da aeronave para a localização da foto, que pode ter sido registrada próxima à linha de vôo, ou até aproximadamente 100 m distante.

Com a localização das imagens de videografia que continham indícios de presença humana/ construções para habitação fez-se uma estatística de pontos para verificar se algum padrão de agrupamento poderia ser identificado para a região. Pela simplicidade de aplicação e análise, foi aplicado um algoritmo hierárquico de detecção de agrupamentos (Block e Green, 1994), através dos vizinhos mais próximos (Nearest Neighbor hierarchical Spatial Clustering).

4. Resultados

Na imagem CCD/CBERS2 selecionada apenas a banda CCD4 não apresentou ruído decorrente da diferença de contraste entre os detectores. Porém, nas bandas CCD2 e CCD3,

o efeito do ruído limita-se a apenas duas linhas de diferente contraste na imagem, o que não prejudicou o uso destas bandas. Infelizmente, na banda CCD1 os ruídos são mais intensos, impossibilitando seu uso nesta análise.

A composição colorida da imagem CCD2(B), CCD3(G), CCD4(R) permitiu a nítida identificação da Estrada da Canopus (**Figura 3**). Contudo, a resposta espectral semelhante às áreas de solo exposto (tons de cian a branco) não permitiu que se empregasse um algoritmo automático para classificação da estrada e tão pouco das áreas com evidências de presença de habitantes. Observando a região em escala até 1:25000, não há como diferenciar ou destacar as construções das áreas de solo exposto. Espectralmente, as casas, propriedades maiores ou mesmo as vilas são comparáveis ao solo exposto para plantio. A diferenciação se faz pelos critérios de forma e proximidade a estrada. Não há como identificar os assentamentos humanos, mesmo que possuam área compatível com a resolução do sensor, sem informações adicionais de campo, ou dados de resolução mais fina, como as imagens de videografia.

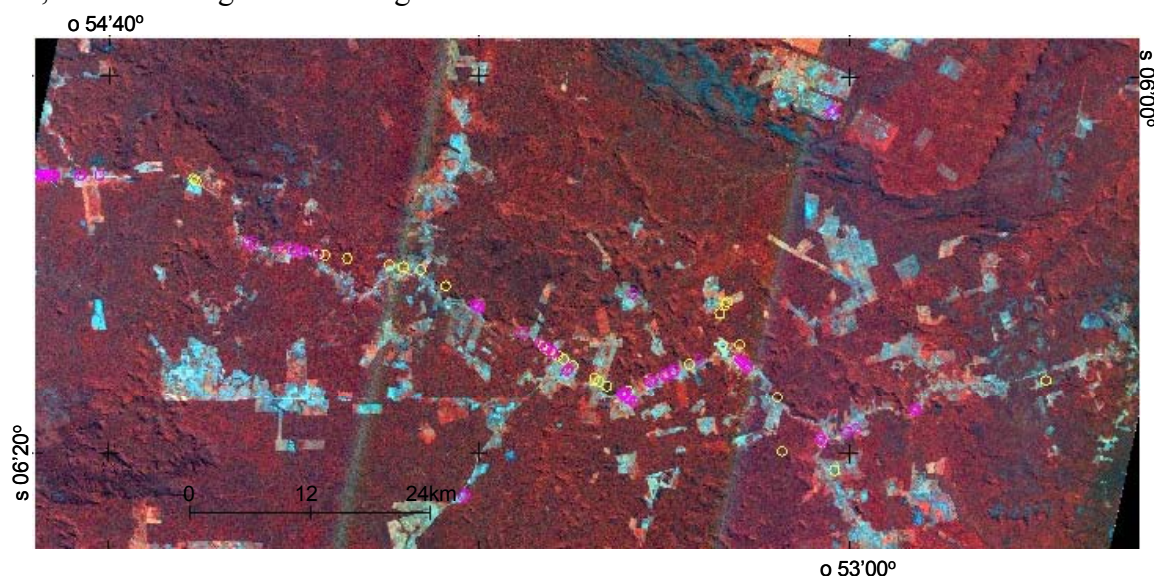


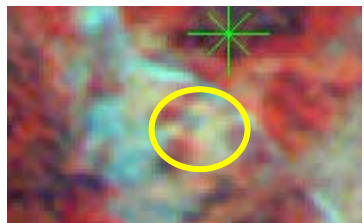

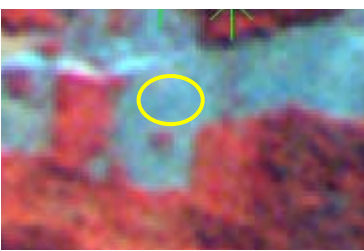

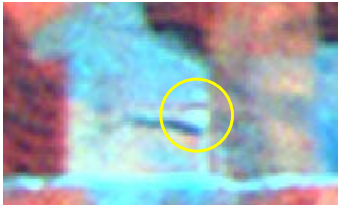

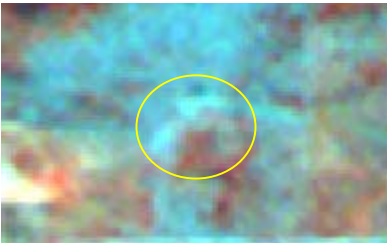

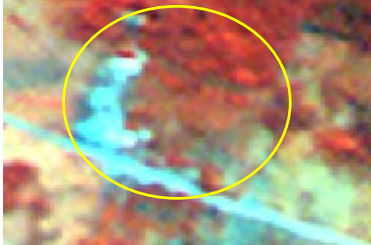

Figura 3 – Localização das imagens de videografia (magenta) e das fotos oblíquas (amarelo) na imagem CCD/CBERS2, 2(B)3(G)4(R) referente à Estrada da Canopus.

As imagens de videografia são facilmente localizadas na composição colorida da imagem CBERS2 utilizada. Feições com grande contraste como estradas, corpos d'água e variação de cobertura vegetal norteiam a localização, mesmo quando a faixa de vôo não está orientada para o norte. Detalhes de cobertura do solo, como intensidade de cobertura florestal, diferenciando áreas secundárias da vegetação primária, são facilmente verificados nas imagens de videografia.

Das 1746 imagens de videografia analisadas, apenas 37 cenas apresentaram alguma construção que sugerisse a presença de moradores ao longo dos 212 km da Estrada da Canopus. Das 372 fotos oblíquas registradas para o mesmo trecho, apenas 43 continham a presença de construções. A localização destas imagens está apresentada na **Figura 3**. Apesar da existência de várias propriedades, com pastagem estruturada, ao longo da Estrada, a frequência de indícios de habitantes é muito baixa. Este fato é explicado pelo processo de ocupação e apropriação da terra que ocorre na região: a conversão da floresta em pastagem, não necessariamente com a presença de moradores no local.

A área individual e a densidade das construções foram definidas como critério para categorizar o tipo de evidência de moradia. Cada construção foi genericamente considerada como casa, de diferentes tamanhos, propriedades, que além da sede de fazenda possui outras instalações anexas, e vila (conjunto de casas com alguma organização ou arruamento). Exemplos de cada categoria são apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Tipologia dos assentamentos encontrados na Estrada da Canopus

TIPO	CCD/CBERS	VIDEOGRAFIA
<p>Tipo1 Casa 1 - Construções únicas ~ 50-70 m²</p>		
<p>Tipo2 Casa 2 - Construções únicas retangulares ~ 120 M²</p>		
<p>Tipo 3 Propriedade 1 - Mais de uma construção agrupada</p>		
<p>Tipo 4 Propriedade 2 - Mais de 5 construções agrupadas</p>		
<p>Tipo 5 Vila dos Crentes - Construções agrupadas - arruamento</p>		

A partir destas categorias dos diferentes tipos e agrupamento de construção, propôs-se uma hierarquia, atribuindo valores crescentes para os maiores valores de área e intensidade das construções. Com a localização do ponto e o valor arbitrado procedeu-se a análise de cluster hierárquico baseado em vizinho mais próximo. Desta análise, sete “clusters” (elipses) foram detectados, conforme apresentado na **Figura 4**. Estas elipses representam os

agrupamentos dos pontos, considerando a hierarquia dos diferentes tipos de construção e a proximidade espacial entre eles.

Baseados em observações e entrevistas de campo, Amaral et al. (2006) propuseram áreas de influência das vilas na região da Estrada da Canopus, de até 10 km, reproduzidas na **Figura 4**. Ao se comparar com os agrupamentos obtidos neste trabalho, observa-se que a distribuição espacial dos pontos (construções identificadas nas fotos oblíquas e na videografia) definiram clusters semelhantes para a Vila Central (A), e Vila Caboclo (D), para distâncias de até 5 km. A Vila dos Crentes (B) definiu um agrupamento deslocado da localização da vila, em direção a Pontalina (C). Isto provavelmente porque Pontalina (C) é muito menor que a Vila dos Crentes (B), não tem escola, posto de saúde, nem comércio, o que lhe confira algum atrativo para os moradores da região. Construções situadas a mais de 5 km das vilas formaram agrupamentos próprios, independentes de atrativos que possam existir nas vilas. Apesar da Vila Canopus (E) não ter sido contemplada na figura da área de estudo, um agrupamento dentro do raio de 10 km também foi identificado nesta análise.

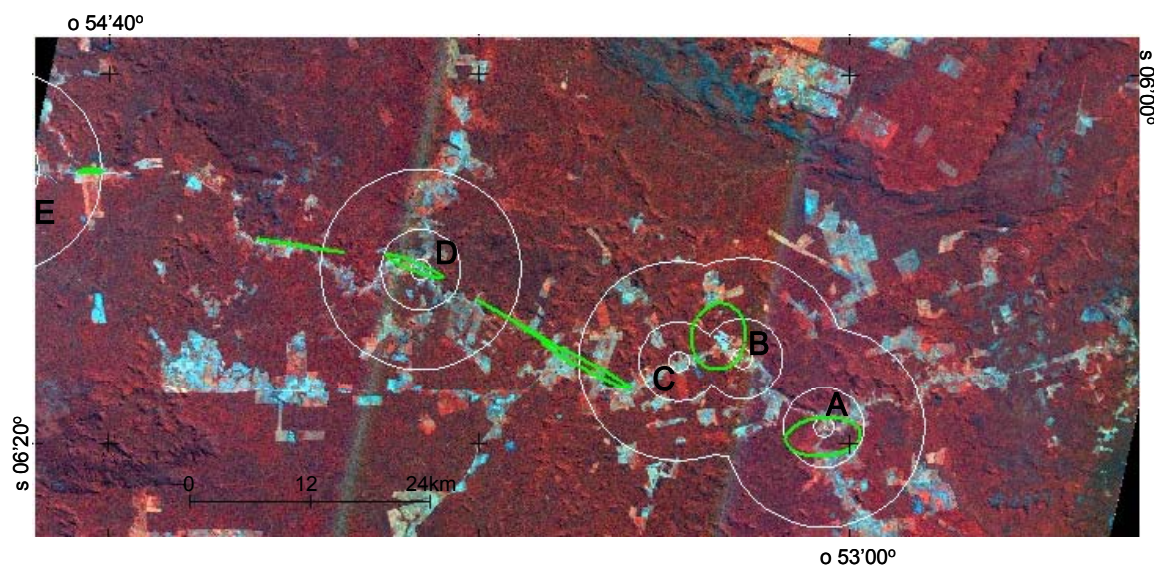


Figura 4 – Áreas de influência das vilas (branco), e elipses resultantes da análise de agrupamento das imagens identificadas durante o sobrevôo – fotos oblíquas e imagens de videografia (verde). Vilas: (A)Central; (B)Crentes, (C)Pontalina, (D)Caboclo, (E)Canopus.

5. Comentários Finais

Este trabalho apresentou a utilidade das imagens de videografia, quando analisadas integradamente à imagem CCD/CBERS2, para estudos de identificação de assentamentos humanos, traduzidos neste trabalho por construções para moradia, numa região de fronteira na Amazônia.

Os resultados comprovaram a eficiência das imagens de videografia como informação de campo, sendo facilmente localizada na imagem CBERS2, e portando informações úteis para estudos de cobertura do solo.

Para a análise dos assentamentos humanos, a restrição de imageamento para a faixa de vôo (400 m), faz com que muitas informações próximas à linha de vôo sejam negligenciadas. Desta forma, a análise e incorporação das fotografias oblíquas, além de ampliarem informações de contexto, permitem aumentar o número de observações, o que é fundamental em áreas tão esparsamente habitadas.

Além de informação básica para validação de classificações digitais de imagens de resolução intermediária, como citado anteriormente, as imagens de videografia podem ser dados básicos em estudos do território. Um exemplo de aplicação foi apresentado na análise espacial de pontos das cenas registradas pela videografia e fotos oblíquas. Ao identificar os agrupamentos de áreas construídas, foi possível comparar com análises anteriores e melhor representar a estrutura de ocupação ao longo da Estrada da Canopus.

Ainda como contribuição, apresentou-se uma primeira proposta de tipologia para classificação dos assentamentos humanos em região de fronteira que pode ser aprimorado e auxiliar nos estudos relacionados à dinâmica de ocupação nestas regiões particulares.

Os resultados apresentados não são conclusivos. Há inúmeras observações e limitações neste estudo, tais como a atribuição de valores para os diferentes tipos de construção, ou ainda para o fato da análise ter sido feita ao longo de uma única trajetória linear. Contudo, apresentou-se uma contribuição para o estudo de assentamentos humanos em regiões de fronteira, e de difícil acesso identificando as limitações e o potencial dos diferentes dados de sensoriamento remoto utilizados.

Referências

- Affonso, A. G. **Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia oriental através de videografia aerotransportada e imagens Landsat7 ETM+** 2003, 120 p.(INPE-10732-TDI/944) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), INPE, São José dos Campos, 2003.
- Amaral, S.; Monteiro, A. M. V.; Câmara, G.; Escada, M. I. S.; Aguiar, A. P. D. Redes e conectividades na estruturação da frente de ocupação do Xingu/Iriri-Pará. **Geografia**, aceito 2006.
- Araújo, J. C.; Vettorazzi, C. A.; Molin, J. P. Estimativa da produtividade e determinação de zonas de manejo em culturas de grãos, por meio de videografia aérea multiespectral. **Acta Sci. Agron.**, v. 27, p. 437-447,
- Block, C. R.; Green, L. A. **The GeoArchive Handbook: A Guide for Developing a Geographic Database an Information Foundation for Community Policing**. Chicago, IL.1994.
- Espírito-Santo, F. D. B.; Shimabukuro, Y. E. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso de imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. **Revista Árvore**, v. 29, p. 227-239, 2005.
- Eva, H.; Lambim, E. F. Burnt area mapping in Central Africa using ATSR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 3473-3497, 1998.
- Fonseca, L. M. G.; Prasad, G. S. S. D.; Mascarenhas, N. D. A. Combined Interpolation-Restoration of Landsat images through a FIR Filter Design Techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, p. 1247-2561, 1993.
- Gonçalves, C. D. A. B.; Souza, Í. d. M. e.; Pereira, M. N.; Freitas, C. d. C. Análise do ambiente residencial urbano visando a inferência populacional a partir do uso de dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução. In: XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais (ABEP), 15, 2004. Caxambu (MG). Anais..., Caxambu (MG): On-line. <http://www.abep.nepo.unicamp.br/site_eventos_abep/PDF/ABEP2004_149.pdf>. Acesso em: 14 nov 2006.
- Moura, S.; Freitas, M. I. C. O uso da videografia no planejamento urbano da cidade de Analândia (SP): resultados parciais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4553-4560. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.10.11/doc/4553.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2006.
- Wang, Y. Q.; Zhang, X. S. A SPLIT model for extraction of subpixel impervious surface information. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 70, p. 821-828, 2004.