

Uso de dados da câmera HRC/CBERS-2B para estudos em áreas de exploração madeireira por corte seletivo

Nara Vidal Pantoja¹
Dalton de Morisson Valeriano²
João Viane Soares²

¹Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA
Rua Veterano Manuel de Barros, 320 - 69907-150 – Rio Branco - AC, Brasil
nara.pantoja@ibama.gov.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{dalton, viane}@dsr.inpe.br

Abstract. This study aims at the analysis of high resolution images to characterize the geometry and radiometric contrast of the most conspicuous feature of the logging activity which are the waiting sites. Size, form of the waiting sites, the distance among them and the radiometric contrast between the sites and the surrounding forest were characterized in order to base the development of a target detection algorithm through image processing techniques applied to medium resolution data. An exploratory analysis of high resolution HRC/CBERS-2B images was conducted to characterize radiometrically and geometrically the waiting sites and to evaluate its utility as a source of ground truth for studies related to logging monitoring. The results showed that the waiting sites have HRC brightness values 57% higher than the surrounding forest, they present in average area of 380 m² and are distributed at the average distance of 460 m. As such, in 20 to 30 m resolution images (400 – 900 m²) the waiting sites are point objects which justifies the proposal of the used of vicinity context for their detection.

Palavras-chave: Amazon, selective logging, digital image processing.

1. Introdução

A Amazônia Brasileira representa um terço das florestas tropicais do mundo e produz 75% da madeira em tora do Brasil (Uhl et al. 2002). A atividade madeireira está entre as principais atividades econômicas da região, porém estima-se que 90% da madeira extraída são provenientes de áreas não manejadas de forma adequada (MMA, 2004).

O corte seletivo refere-se à extração de espécies de interesse comercial que na Amazônia se restringe a um pequeno conjunto de espécies (Stone e Lefebvre, 1998). A retirada de árvores de valor comercial na Amazônia é realizada por meio de dois sistemas de exploração madeireira: convencional e manejo florestal. O sistema convencional é realizado por uma equipe de motosserristas que entra na floresta após um identificador botânico, que possui o conhecimento prévio das espécies, ter indicado a localização das árvores a serem derrubadas. Em seguida, uma equipe de tratoristas constrói as estradas para o transporte das toras, que as empilha e abre os pátios para estocá-las. Posteriormente, as toras são transportadas para as serrarias (Silva, 2004).

O sistema que adota o manejo florestal segue as normas florestais federais para a Amazônia, que vão desde as normas técnicas (leis, decretos, instruções normativas e normas de execução vigentes) até as orientações para os técnicos dos órgãos ambientais durante rotinas de vistorias e análise de projetos florestais (Monteiro et al. 2004). Desta maneira, o arranjo da exploração no manejo sustentável é diferente do sistema convencional, pois uma equipe realiza o planejamento da infra-estrutura da exploração, delimitando as estradas principais e secundárias; seleciona as árvores a serem derrubadas com base no inventário florestal e planeja a distribuição dos pátios de estocagem.

Os estudos de sensoriamento remoto aplicados para detectar exploração madeireira têm sido realizados com limitações e a detecção do corte seletivo a partir de imagens de satélite com resolução moderada (30 metros) apresenta desafios: i) abertura de clareiras devido à perturbação natural (Asner et al. 2002); ii) a abertura do dossel muitas vezes ocorre na escala de sub-pixel, iii) limite de detecção ocorre em até 2-3 anos após a exploração, iv) não há relação direta entre resposta multiespectral e a intensidade da exploração (Souza Júnior et al. 2005).

Sensores de média resolução espacial como TM e ETM da série LANDSAT e o SPOT-4 têm sido bastante utilizados para investigar este problema. Várias técnicas utilizando imagens de satélite já foram testadas para a detecção e quantificação de áreas sob atividade madeireira. As técnicas de mapeamento empregadas vão desde as mais simples, como a interpretação visual (Watrin e Rocha, 1992; Stone e Lefebvre, 1998; Santos et al. 2001), até as mais robustas, como métodos automáticos utilizando modelo linear de mistura espectral e de análise e vetor de mudanças (Souza Júnior et al. 2003; Asner et al. 2005; Graça et al. 2005).

Imagens de satélite de alta resolução, como IKONOS e SPOT-5 também oferecem potencial para esse propósito, porém com altos custos de aquisição. Apesar das imagens da câmera HRC/CBERS de alta resolução serem distribuídas gratuitamente, os estudos envolvendo análise para uso em florestas são ainda restritos (Silva et al. 2009; Servello et al. 2009). Os trabalhos utilizando estas imagens têm se concentrado apenas em poucos temas, como a fusão da HRC com outros sensores (Leonardi et al. 2009) e a avaliação das qualidades radiométrica e geométrica das imagens (Gouvêa e Fonseca, 2009; Silva et al. 2009).

Com o intuito de verificar as possibilidades de utilização destas imagens em estudos florestais, levanta-se a seguinte questão: é possível caracterizar evidências de manejo florestal a partir do uso de imagens HRC/CBERS? Este estudo tem como objetivo descrever padrões de exploração florestal em imagens de alta resolução e verificar sua utilidade como verdade terrestre para estudos no campo florestal.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo apresentada na Figura 1 está localizada na porção norte do estado do Mato Grosso e foi selecionada de acordo com a disponibilidade de imagens de alta resolução nesta região, e por apresentar um histórico de forte pressão por atividade madeireira, com presença de pólos madeireiros de grande importância na Amazônia.

Esta região está situada numa porção coberta por floresta tropical de transição (entre cerrado e floresta ombrófila aberta) e sobre relevo plano a suavemente ondulado. Predominam na região os solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, com boa drenagem. O clima é tropical quente úmido, com quatro meses de estação seca (maio a agosto). A pluviosidade média anual fica em torno de 2000 mm. A temperatura anual varia de 15° a 35° C (RADAMBRASIL, 1981).

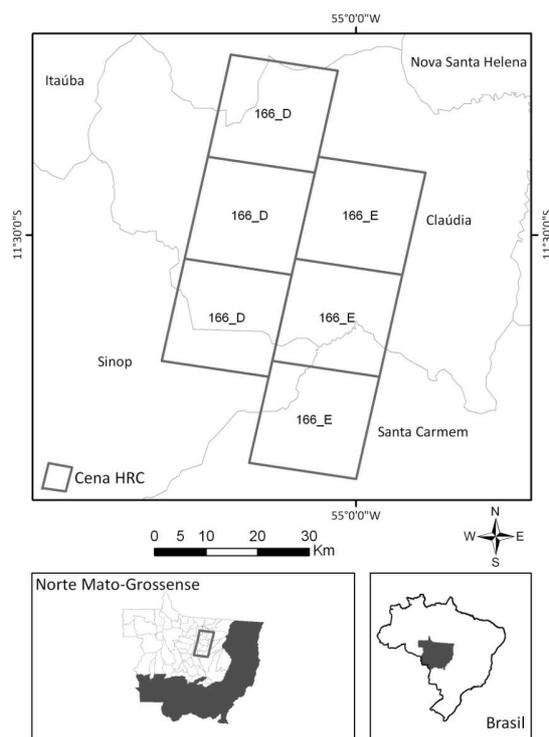


Fig. 1. Localização da área de estudo e grade de cobertura das imagens HRC/CBERS-2B utilizadas neste trabalho.

2.1 Imagens e ambiente de trabalho

Este trabalho utilizou imagens do sensor HRC/CBERS-2B (Tabela 1) obtidas junto à Divisão de Geração de Imagens do INPE (DGI-INPE), sendo consultada através do catálogo eletrônico disponibilizado pela instituição <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. A câmera *High Resolution Camera* (HRC) está presente somente no satélite CBERS-2B e opera em uma única faixa do espectro eletromagnético, que cobre toda a região do visível e parte do infravermelho próximo. A câmera HRC é capaz de imagear uma faixa de 27 km de largura no terreno e possui resolução espacial de 2,7 m. Essas características produzem imagens, que permite a observação detalhada dos objetos imageados na superfície terrestre.

Tabela 1. Imagens HRC/CBERS-2B utilizadas na pesquisa.

Órbita/Ponto	Data de Aquisição	Órbita/Ponto	Data de Aquisição
166-D_113-1	21/08/2008	166-E_113-2	16/09/2008
166-D_113-2	21/08/2008	166-E_113-3	16/09/2008
166-D_113-3	21/08/2008	166-E_113-4	16/09/2008

O processamento das imagens foi realizado com o programa SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O projeto no banco de dados geográficos foi definido utilizando o sistema de projeção UTM, Fuso 21, Datum WGS 1984.

As imagens HRC foram registradas utilizando como referência cenas ortorretificadas, disponíveis na base de dados GeoCover (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>). O procedimento foi

realizado com a identificação de pontos de controle bem distribuídos nas cenas e ajuste de um polinômio de 1° grau para efetuar a associação das coordenadas da imagem HRC com os pontos de controle na imagem de referência. O erro de posicionamento (RMS) foi menor que 0,5 pixel para todas as cenas; considerado aceitável por corresponder a menos de um pixel da imagem.

2.2 Teste de classificação

Foi utilizado o método de classificação supervisionado máxima verossimilhança (MaxVer) que utiliza parâmetros estatísticos de probabilidade para agrupamento de classes a partir de amostras de treinamento, pressupondo que a distribuição de probabilidade das classes seja normal (Schowengerdt, 2007), ou seja, é uma classificação pontual, baseada no valor radiométrico do pixel e nos parâmetros da distribuição Gaussiana de cada uma das classes de treinamento.

2.3 Extração de informações sobre pátios de estocagem

A imagem classificada foi utilizada para representar os pátios de estocagem. Com o intuito de eliminar as áreas de desmatamento classificadas incorretamente como pátio, foi utilizada uma máscara contendo dados de desmatamento obtidas do banco de dados PRODES Digital.

Para explorar as características radiométricas e geométricas dos pátios de estocagem foram selecionados aleatoriamente 30 polígonos de pátios obtidos na imagem classificada. Em seguida, foram extraídos os valores de intensidade dos pixels de cada pátio e seu entorno. A dimensão dos pátios e a distância entre eles foram adquiridas a partir das operações métricas disponível no SPRING, e analisadas posteriormente. As medidas obtidas foram exportadas para planilha eletrônica para posterior análise.

3. Resultados e Discussão

3.1 Mapeamento de pátios e estradas

A partir da interpretação visual das imagens HRC foi possível identificar 428 pátios na área de estudo. A alta resolução espacial das imagens aliada às diferenças de contraste entre o alvo de interesse e o restante da imagem, facilitaram a identificação dos pátios, como pode ser visto na Figura 2.

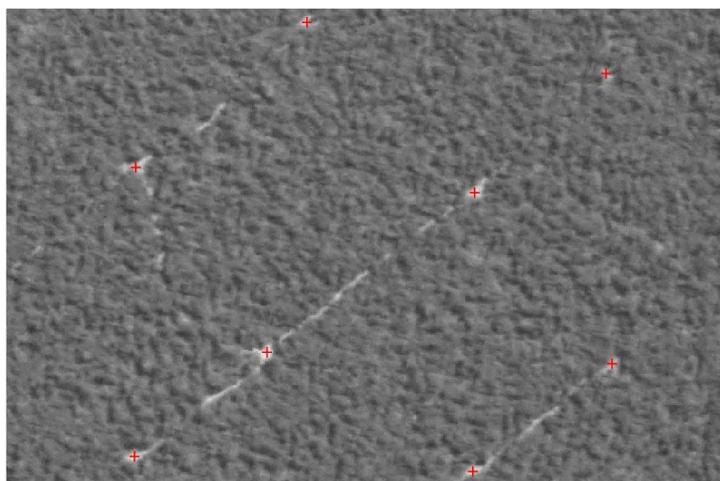


Figura 2. Identificação de pátios (vermelho) a partir da interpretação visual nas imagens HRC/CBERS-2B.

3.2 Características radiométricas e geométricas das feições

A análise permitiu obter informações sobre as características das feições dos pátios, mostrando que estes se apresentam nas imagens de satélite como um ponto de destaque em meio à floresta devido ao contraste entre pátio e vizinhança. Os valores de pixel dos pátios são mais brilhantes do que os valores de floresta e seus diâmetros têm em média a dimensão de 30 metros, ou seja, o tamanho do pixel de uma imagem TM/LANDSAT, por exemplo. A Figura 3 apresenta o gráfico com os resultados obtidos a partir dos perfis extraídos sobre os pátios e a floresta em seu entorno na imagem HRC/CBERS-2B.

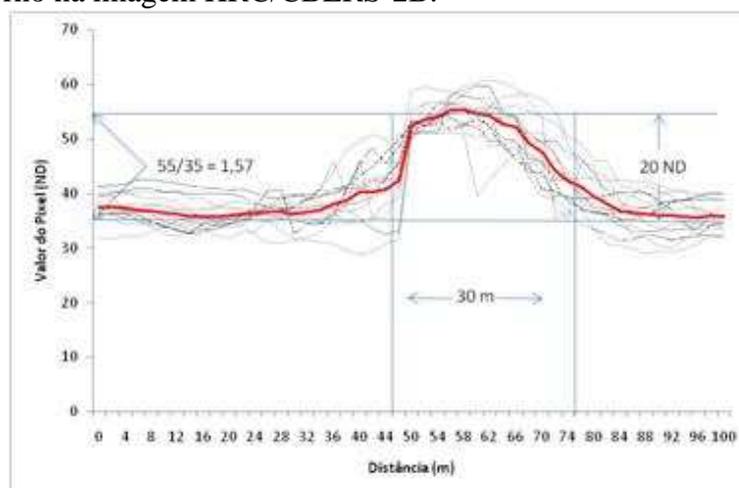


Figura 3. Perfil de distribuição de brilho na imagem HRC em áreas de transição entre pátio e floresta.

Como pode ser observado na Figura 3, as áreas de pátio apresentam brilho maior que seu entorno com valores em média 57% mais brilhantes do que a floresta. Desta forma, o contraste criado pela diferença na quantidade de radiação refletida das superfícies de solo e floresta mostra que o pátio pode ser detectado a partir deste contraste e que sua resposta é sensível aos sensores de média resolução.

3.3 Análise quantitativa dos pátios: área e contraste na borda

A dimensão dos pátios adquirida nas 30 amostras selecionadas mostrou que os pátios apresentaram em média 382 m^2 . De modo que, em geral os pátios construídos em áreas de planos de manejo seguem a recomendação do tamanho de 20×20 metros a 25×25 metros, ou seja, podem variar de 400 m^2 a 625 m^2 .

A Tabela 2 apresenta a área dos pátios observados na imagem classificada. Observa-se que houve uma variação na dimensão encontrada, com pátios medindo cerca de 120 m^2 , bastante inferior ao normalmente estabelecido, assim como pátios com aproximadamente 750 m^2 . Estas variações podem ser explicadas pelo fato de pátios ainda estarem sendo construídos e pátios abertos sem seguir recomendação adotada para planos de manejo, e até mesmo pátios com vegetação em processo de regeneração.

Tabela 2. Dimensão dos pátios mapeada a partir da imagem classificada.

	Área (m ²)		Área (m ²)		Área (m ²)
Pátio 1	754	Pátio 11	439	Pátio 21	222
Pátio 2	342	Pátio 12	418	Pátio 22	367
Pátio 3	149	Pátio 13	723	Pátio 23	279
Pátio 4	3466	Pátio 14	646	Pátio 24	397
Pátio 5	126	Pátio 15	279	Pátio 25	276
Pátio 6	374	Pátio 16	210	Pátio 26	388
Pátio 7	476	Pátio 17	411	Pátio 27	375
Pátio 8	595	Pátio 18	478	Pátio 28	123
Pátio 9	759	Pátio 19	236	Pátio 29	275
Pátio 10	459	Pátio 20	222	Pátio 30	307

A Tabela 3 apresenta os resultados da distância entre pátios encontrada a partir do mapeamento realizado. A variabilidade da distância entre pátios é alta, com distância máxima quatro vezes maior do que a mínima.

Tabela 3. Distância entre pátios mapeada a partir da imagem classificada.

Distância mínima (m)	230
Distância máxima (m)	989
Distância média na área (m)	462

A Figura 4 ilustra esquematicamente exemplos do tamanho de pátio e sua distribuição na estrada de acesso, assim como diferentes distâncias entre pátios. A classificação supervisionada permitiu separar os pátios, estradas e florestas, conforme Figura 5.

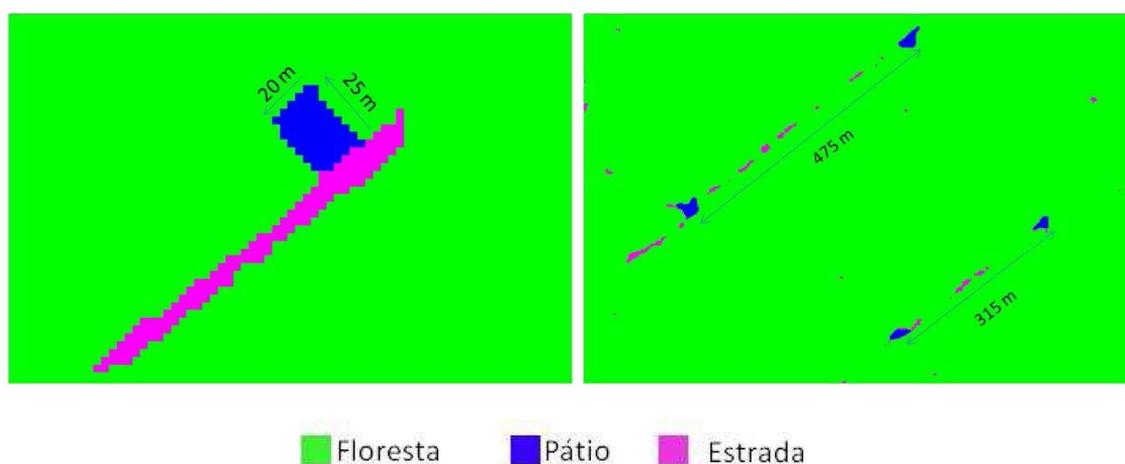


Figura 4. Exemplo de dimensão de pátio e distância entre pátios.

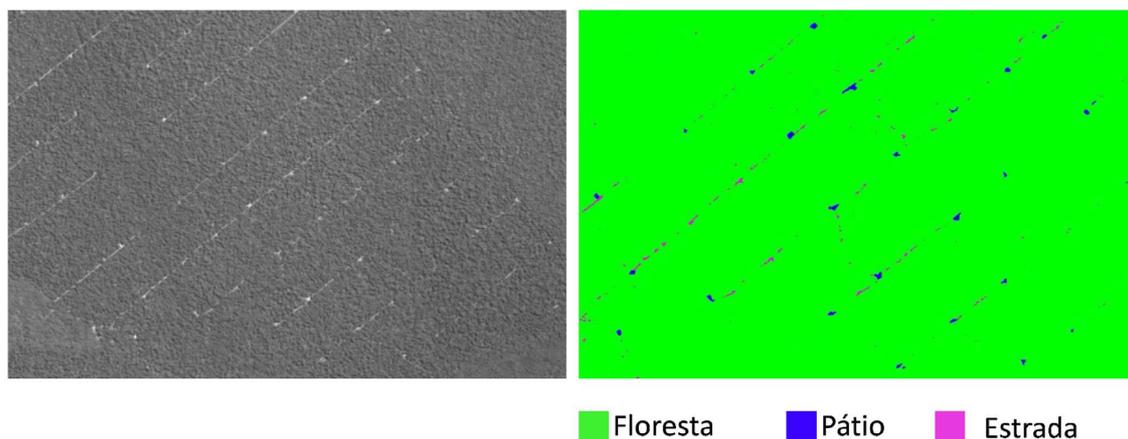


Figura 5. Imagem HRC/CBERS-2B (à esquerda) e imagem classificada (à direita).

3. Conclusão

A análise dos dados HRC/CBERS-2B permitiu identificar com clareza os pátios de estocagem nas áreas de exploração madeireira sob corte seletivo. As imagens de alta resolução são indicadas para uso potencial como fonte de verdade terrestre. Este estudo possibilitou destacar os pátios em meio à floresta, mostrando as características radiométricas – pátio com maior brilho em relação à floresta, e geométricas – tamanho do pátio similar ao pixel de imagem de média resolução (30 metros).

O contraste entre as características radiométricas dos pátios e a cobertura florestal em seu entorno assim como suas dimensões observadas nos dados HRC/CBERS-2B evidenciam a facilidade em se desenvolver métodos de mapeamento dos pátios com imagens de classe LANDSAT. No entanto, a variabilidade encontrada na distância entre pátios é a razão da dificuldade de se desenvolver métodos que convertam os mapeamentos dos pátios em mapeamento de áreas sob exploração madeireira.

Referências Bibliográficas

- Asner, G. P.; Keller, M.; Pereira, R.; Zweede, J. C. Remote sensing of selective logging in Amazonia – Assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 3, p. 483-496, 2002.
- Asner, G. P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J.C., Keller, M. Silva, J.N. Selective logging in the Brazilian Amazon. **Science**. v. 310, n. 5747, p. 480-482, 2005.
- Gouvêa, E. J. C.; Fonseca, L. M. G. Avaliação da qualidade radiométrica das imagens do satélite CBERS-2B. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2041-2048. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15891-PRE/10501). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.53>>. Acesso em: jun. 2010.
- 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: ago. 2010.
- Graça, P. M. L. A. Monitoramento e caracterização de áreas submetidas à exploração florestal na Amazônia por técnicas de detecção de mudanças. 2004. 275 p. (INPE-13644-TDI/1046). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2005/02.15.16.02>>. Acesso em: ago. 2010

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal. Brasília: MMA/SBF, 2004.

Monteiro, A. L., Souza JR, C., Barreto, P., Pantoja, F., Gerwing, J. Impactos da exploração madeireira e do fogo em florestas de transição da Amazônia Legal. **Scientia Forestalis**, n.65, p.11-21, jun. 2004.

RADAMBRASIL. Folha SC. 21 - **Juruena: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, v. 20, 1980, 458 p.

Santos, J.R.; Krug, T.; Araújo, L.S.; Meira Filho, G.; Almeida, C.A. Dados multitemporais TM/Landsat aplicados ao estudo da dinâmica de exploração madeireira na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 1 CD-ROM.

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

Servello, E L.; Shimabukuro, Y. E.; Disperati, A. A.; Silva, F. F.; Kuplich, T. M. Classificação supervisionada de área florestais em imagem satelitária de alta resolução. In: Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 8., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2008. p. 183-289. DVD. ISSN 9788560020058. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/05.10.16.38>>. Acesso em: jul. 2010.

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. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2193-2200. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-16031-PRE/10640). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.21.37>>. Acesso em: jul. 2010.

Silva, F. F.; Servello, E. L.; Fonseca, L. M. G.; Santos, J. R.; Kuplich, T. M. Análise da distribuição de copas de Araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktz.) a partir da fusão de imagens HRC-CCD/CBERS-2B. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2217-2223. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-16039-PRE/10648). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.59.13>>. Acesso em: jul. 2010.

Silva, E. J. V. Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental / Edson José Vidal da Silva. — São Carlos, 2004. Tese (Doutorado) — Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.

Souza Júnior, C.; Firestone, L.; Silva, L. M.; Roberts, D. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT 4 through spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 494-506, 2003.

Souza Júnior, C. M.; Roberts, D.; Monteiro, A. Multitemporal Analysis of Degraded Forests in the Southern Brazilian Amazon. **Earth Interactions**, v. 9, n. 19, p. 1-25, 2005.

Stone, T.A.; Lefebvre, P. Using multi-temporal satellite data to evaluate selective logging in Para, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.19, n.13, p.2517-2526, Sept. 1998.

Uhl, C.; Barreto, P.; Veríssimo, A.; Barros, A. C.; Amaral, P.; Vidal, E.; Souza Júnior., C. Uma Abordagem Integrada de Pesquisa sobre o Manejo dos Recursos Naturais na Amazônia. **A Expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. Editado por Ana Cristina Barros e Adalberto Veríssimo. - Belém: Imazon, 2002.

Watrin, O.S.; Rocha, A.M.A. **Levantamento da vegetação natural do uso da terra no município de Paragominas (PA) utilizando imagens TM/Landsat**. Belém: EMBRAPA-CPATU/PA, 40p. (EMBRAPA-CPATU/PA. Boletim de Pesquisa n.124). 1992.