

## **Monitoramento Do Parque Indígena Do Xingu Em Mato Grosso Por Meio Do Sensor Awifs Do Satélite Irs-P6**

### **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**

Nolan Arrais Ururay de Souza Silva<sup>1</sup>

Marcelo de Carvalho Alves<sup>1</sup>

Luciana Sanches<sup>1</sup>

João Augusto Pádua Salas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso,

Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoinformação (SERGEO)

[Nln\\_21@hotmail.com](mailto:Nln_21@hotmail.com)

**Abstract.** This study aims to monitor the Xingu Indigenous Park for Remote Sensing, comparing satellite images provided by the sensor AWiFS by satellite IRS-P6, at June 11, 2010. Post perform radiometric and geometric correction of images, it was determined the indices (1) soil adjusted vegetation index, (2) leaf area index (LAI) (3), fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR ) (4), albedo (%), (5) solar radiation absorbed solar ( $Wm^{-2}$ ). Based on visual analysis of images it was possible to verify the satisfactory implementation of AWiFS sensor for monitoring water resources and vegetation disturbed areas of the Xingu Valley. Based on the indices determined in this study, we found that areas near the river were disturbed according to the estimated values of the indexes.

Palavras-chave: **remote sensing, image processing, environmental monitoring.**

### **1. Introdução**

A expansão da fronteira agrícola exerceu grande pressão de desmatamento sobre extensas áreas brasileiras. A indústria madeireira, migrante da região sul do país, está se expandindo e explorando o potencial das florestas presentes na região norte do Mato Grosso (Ackerly et al, 1989; Martini et al, 1998; SEPLAN/MT, 1999). Já as queimadas vêm se tornando cada vez mais frequentes nas áreas florestais (Fearnside, 1990). A ampliação da malha viária e a possível expansão das hidrovias contribuem para acelerar os processos de degradação sobre esses ecossistemas (Salomão & Lisboa, 1988).

O monitoramento e a classificação de reservas de florestas naturais, com relação aos períodos de sucessão ecológica, consistem no passo básico para implantação de diversos estudos e ações de manejo. Com base em análises de mapeamentos, são conhecidas quantitativa e qualitativamente as áreas de floresta nativa preservadas, bem como sua distribuição espacial. Informações espaciais obtidas pelo monitoramento de áreas, podem ser utilizadas em estudos de fitossociologia, florística, reintrodução de fauna, recuperação ambiental, educação ambiental, proteção ambiental, estabelecimento de áreas prioritárias para

conservação e florestas de alto valor para conservação, entre outros, além de serem base para averbações e adequações de áreas de reserva legal e de preservação permanente.

As diferentes fases de desenvolvimento florestal são umas das mais importantes unidades de planejamento florestal. Para Whitmore (1984), quando há o interesse em comparar toda a produtividade florestal ou estoque por unidade de área, é necessário estimar a produção nas diferentes fases de desenvolvimento e a área onde cada uma ocorre. As classes de mapa resultantes são as chamadas fases de desenvolvimento florestal, ou estádios de sucessão ecológica. Os métodos de mapeamento dessas fases de desenvolvimento são muitas vezes subjetivos, caros e demorados, requerendo grandes esforços em trabalhos de campo, sendo então requerida a investigação de novas técnicas e tecnologias, que sejam eficientes quanto ao mapeamento do mosaico florestal, vindo a substituir as técnicas tradicionais (Nave, 1999).

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido consideradas como alternativas na quantificação da biomassa florestal, uma vez que a radiação eletromagnética refletida pelo dossel da floresta é registrada pelos sensores remotos, sendo fruto da interação da energia solar refletida, transmitida e absorvida pelos elementos dessa vegetação (Ponzoni e Rezende, 2002, Ponzoni e Rezende, 2004). Todavia, os dados de sensores remotos necessitam ser analisados para que sejam extraídas informações necessárias ao planejamento, manejo e monitoramento dos recursos (Ribeiro, 2003).

A bacia do Rio Xingu encontra-se em condições privilegiadas, pois grande parte dessa área encontra-se no interior do Parque Indígena do Xingu, reduzindo a probabilidade de exploração madeireira ou o corte raso a curto prazo. No entanto, todas as nascentes dos rios que formam o Xingu encontram-se fora do Parque, e portanto estão sujeitas ao impacto da ação antrópica, podendo atingir as comunidades silvícolas que habitam o interior desta reserva indígena e as do entorno.

Neste contexto, pretende-se com este trabalho, contribuir para o conhecimento das informações florestais presentes ao redor do Parque Indígena Xingu, no Estado de Mato Grosso. Dessa forma, objetivou-se avaliar a aplicação de imagens obtidas pelo sensor AWiFS do satélite IRS-P6 para monitorar o estado atual do Parque Indígena Xingu referente a data 11 de junho de 2010.

## **2. Metodologia de Trabalho**

As imagens do sensor AWiFS do satélite IRS-P6, foram obtidas do servidor do INPE, referente ao Parque Indígena Xingu do Estado de Mato Grosso, na data de passagem 11/06/2010 e orbita 321. No momento da passagem do satélite, o azimute solar foi 33,124°, elevação solar 48,178°, com cobertura de nuvens 0%. As coordenadas geográficas referentes ao centro da imagem foram na Latitude Sul -11,606° e Longitude Oeste -53,328° (Figura 02).

O sensor AWiFS opera em quatro bandas espectrais (0,52-0,59 $\mu$ m, 0,62-0,68 $\mu$ m, 0,77-0,86 $\mu$ m e 1,55-1,70 $\mu$ m), com resolução espacial de 56x56m, cobrindo uma faixa de 740 km.

Foi realizado o mosaico de cada uma das cenas após a correção geométrica das imagens.

O sistema de coordenadas adotado foi a projeção conformal cônica de Lambert.

Posteriormente foi realizado a correção radiométrica com base nos coeficiente de calibração definidos por Chander et al. (2009) e NRSA (2003).

O primeiro grupo de produtos gerados foi o índice de vegetação ajustado ao solo (IVAS), definido como (Huete, 1988, Baret e Guyot, 1991) (Equação 1):

$$IVAS = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED}) \times 1,5}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + 0,5} \quad (1)$$

em que  $\rho_{RED}$  e  $\rho_{NIR}$  são valores de reflectância do solo para o vermelho (650 nm) e infravermelho próximo (850 nm) da banda do sensor TM do satélite landsat 5.

O índice IVAS foi selecionado a partir de uma variedade de índices de vegetação, pois é adequado para parametrizar o índice de área foliar (IAF), a fração absorvida de radiação fotossinteticamente ativa (FPAR) e fluxos de energia de superfície (Baret e Guyot 1991, Choudhury, 1994).

O índice de área foliar (IAF) foi derivado de uma relação empírica entre o IAF e o índice de vegetação VI ( $VI = IVAS$ ), com três parâmetros (Asrar et al. 1984, Baret e Guyot, 1991) (Equação 2):

$$VI = a_0 - a_1 \exp(-a_2 * LAI) \quad (2)$$

Resolvendo para IAF obteve-se (Equação 3)

$$IAF = -\left(1/a_2\right) \ln \left(\frac{a_0 - VI}{a_1}\right) \quad (3)$$

Foram adotados os parâmetros  $a_0 = 0,82$ ,  $a_1 = 0,78$ ,  $a_2 = 0,6$  (3) (Choudury et al. 1994).

Outro índice determinado foi referente à fração absorvida da radiação fotossinteticamente ativa (FPAR). Segundo Asrar (1989), as plantas absorvem a radiação solar, principalmente na região 0,4-0,7  $\mu\text{m}$  (radiação fotossinteticamente ativa). A absorção da radiação fotossinteticamente ativa é chamada APAR e a fração absorvida de radiação fotossinteticamente ativa é denominada FPAR. Essas condições estão associadas com a fitomassa verde e produtividade das culturas. Um modelo de três parâmetros podem ser utilizados para aproximar APAR e FPAR (Asrar et al. 1984, Asrar 1989, Wiegand et al. 1990, 1991). (Equação 4)

$$FPAR = C [1 - A \exp(-B \times LAI)] \quad (4)$$

Foram adotados os parâmetros  $C = 1$ ,  $A = 1$  e  $B = 0,4$ .

Com relação ao albedo, a reflectância do comprimento de onda integrado à superfície (reflectância direcional hemisférica) foi usada como substituto para o albedo de superfície (reflectância bi-hemisférica), determinada por: (Equação 5)

$$a = \frac{\int_{0,3\mu m}^{2,5\mu m} \rho(\lambda) d\lambda}{\int_{0,3\mu m}^{2,5\mu m} d\lambda} \quad (5)$$

Uma vez que as maiorias dos sensores de satélites cobrem apenas uma parte da região 0,3-2,5  $\mu m$ , as seguintes hipóteses foram realizadas para extrapolar a região estudada:

Extrapolação para a região de 0,30-0,40  $\mu m$ : (Equação 6)

$$\rho_{0,3-0,4\mu m} = 0,8x\rho_{green} \quad (6) \text{ faixa azul não disponível.}$$

Extrapolação para a região 0,40-0,45  $\mu m$ : (Equação 7)

$$\rho_{0,4-0,52\mu m} = 0,9x\rho_{green} \quad (7) \text{ faixa azul não disponível.}$$

A extrapolação para comprimentos de onda mais longos foi calculada por: (Equação 8)

$$\rho_{2,0-2,5\mu m} = 0,5x\rho_{1,6\mu m} \quad (\text{vegetação com } \rho_{NIR} / \rho_{RED} > 3) \quad (8)$$

A radiação solar absorvida pode ser calculada por: (Equação 9)

$$R_{solar} = \int_{0,3\mu m}^{2,5\mu m} (1 - \rho(\lambda)) E_g(\lambda) d\lambda \quad (9)$$

Em que,  $\rho(\lambda)$  é a refletância do solo,  $1 - \rho(\lambda)$  é a parte da radiação absorvida, e  $E_g(\lambda)$  é o fluxo solar global (direta mais difusa) na superfície.

O cálculo numérico de equação anterior baseou-se nas mesmas premissas relativas à extrapolação das bandas e interpolação de regiões com lacuna de bandas utilizadas para determinar o albedo do solo.

### 3. Resultados e Discussão

Observou-se valores elevados de IVAS, IAF, FPAR, nas regiões no entorno do curso d'água principal Parque Indígena Xingu. Nas áreas desmatadas e com ausência de cobertura vegetal, observaram-se menores valores de IVAS, IAF, FPAR. O IVAS variou de 0 a 0,814, o IAF variou de 0 a 7,261 e a FPAR variou de 0 a 0,945. Observaram-se menores valores de IVAS nas áreas com menor cobertura vegetal do que no IAF, pois segundo Brandão et. al (1996) o IVAS e o IAF podem se diferenciar pois no IVAS, os efeitos da refletância do solo são amenizados. Os maiores valores de FPAR apresentados no mapa comprovaram que nas áreas de vegetação mais densa está havendo maior absorção solar pelas plantas (Figuras 1 e 2).

Com o índice do albedo foi possível constatar o comportamento diferenciado dos alvos na área estudada. Observaram-se maiores valores de albedo nas áreas com ausência de vegetação e desmatadas, seguido por valores intermediários nas áreas vegetadas e menores valores no curso d'água (Figura 2). Essas informações combinadas podem ser muito importantes para identificar os processos de degradação que podem estar ocorrendo em uma determinada área. De forma semelhante, Silva et al.(2009) também observaram níveis de variação de albedo nos intervalos próximos a 0 e 50, na bacia de drenagem do açude Soledade, localizado na microrregião do Curimataú Ocidental do estado da Paraíba.

A radiação solar absorvida variou de 11 a 1023  $Wm^{-2}$  (Figura 2). As áreas com menores valores de  $R_s$  corresponderam provavelmente às áreas desprovidas de vegetação. Por outro lado, as áreas com maior valor de  $R_s$  foram localizadas nas áreas vegetadas e principalmente nas áreas alagadas, tais como no Rio Xingu. Valores intermediários foram observados sob predominância de vegetação rasteira. Bastos et al.(1996) também observaram aplicação satisfatória da radiação solar incidente para monitoramento de água no solo ao estudar uma área no estado da Paraíba com dados do satélite METEOSAT.

Com base no desmatamento observado nas regiões próximas os cursos d'água, pode-se inferir que houve desmatamento no Parque Indígena Xingu. Dessa forma, cabe as autoridades identificar a origem dessa prática ilegal a fim de punir os causadores dessa prática. Segundo Galletti (2001), o uso intenso da agricultura ocorrido de forma irregular e sem planejamento, ou de forma predominantemente extrativista, em regiões do Brasil, demonstram que o papel das populações indígenas na vigilância de áreas naturais não tem inspirado confiança, pois muitas áreas têm sido intensamente degradadas.

As informações apresentadas no presente estudo pode ser para programas de monitoramento do ambiente, a fim de caracterizar ambientes florestais, agrícolas, desastres naturais, inundações, focos de calor e ações antrópicas.

Com relação ao Parque Xingu, as imagens geradas pelos índices determinados a partir das imagens do sensor AWIFS podem ser utilizadas para identificar o uso inadequado de terras Indígenas, bem como auxiliar na preservação ambiental do parque.

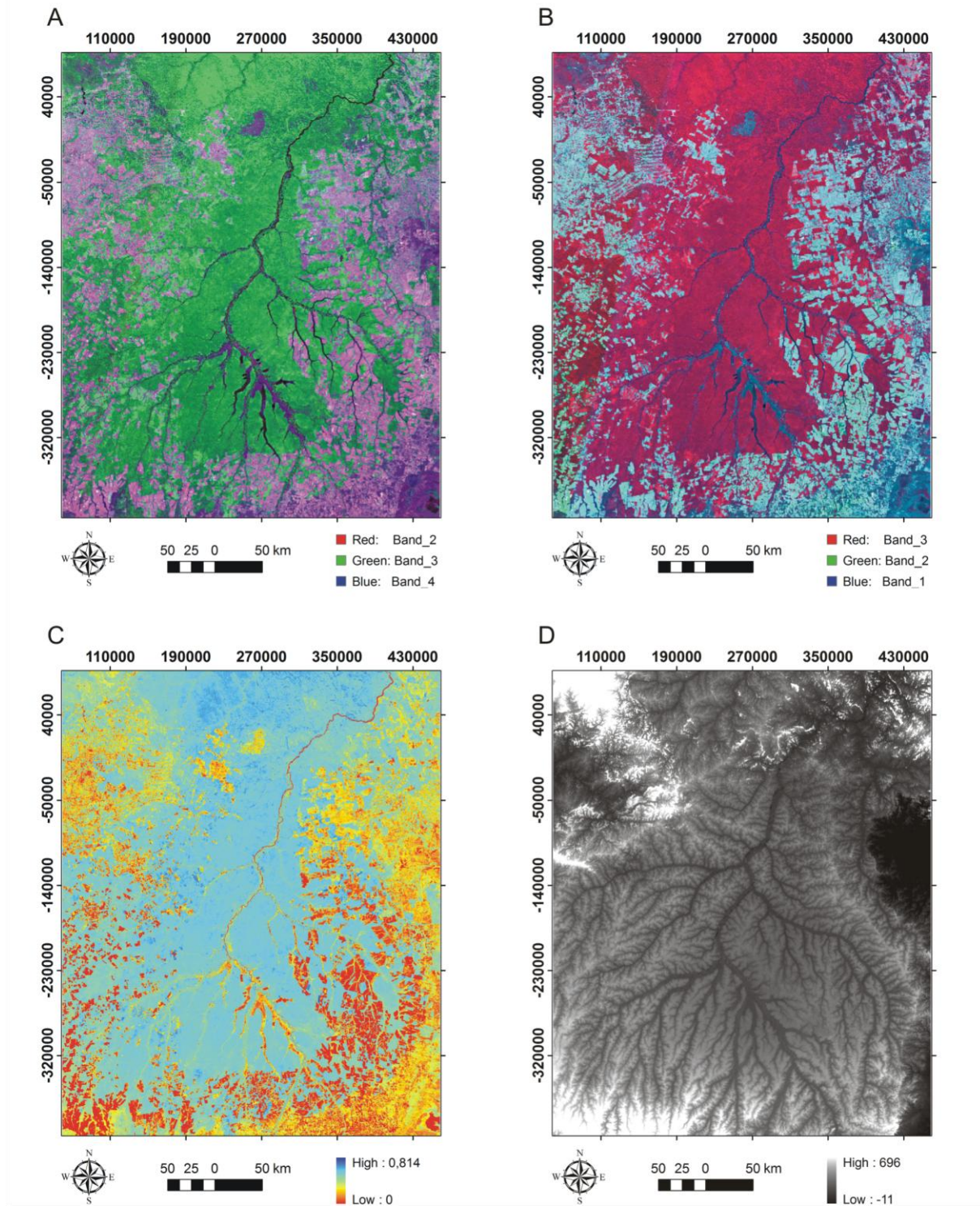


Figura 1. Composição falsa cor 3R2G1B (A), 2R3G4B (B), índice de vegetação ajustado ao solo (C) do sensor AWIFS satélite IRS – P6 e modelo de elevação digital SRTM da área (D).



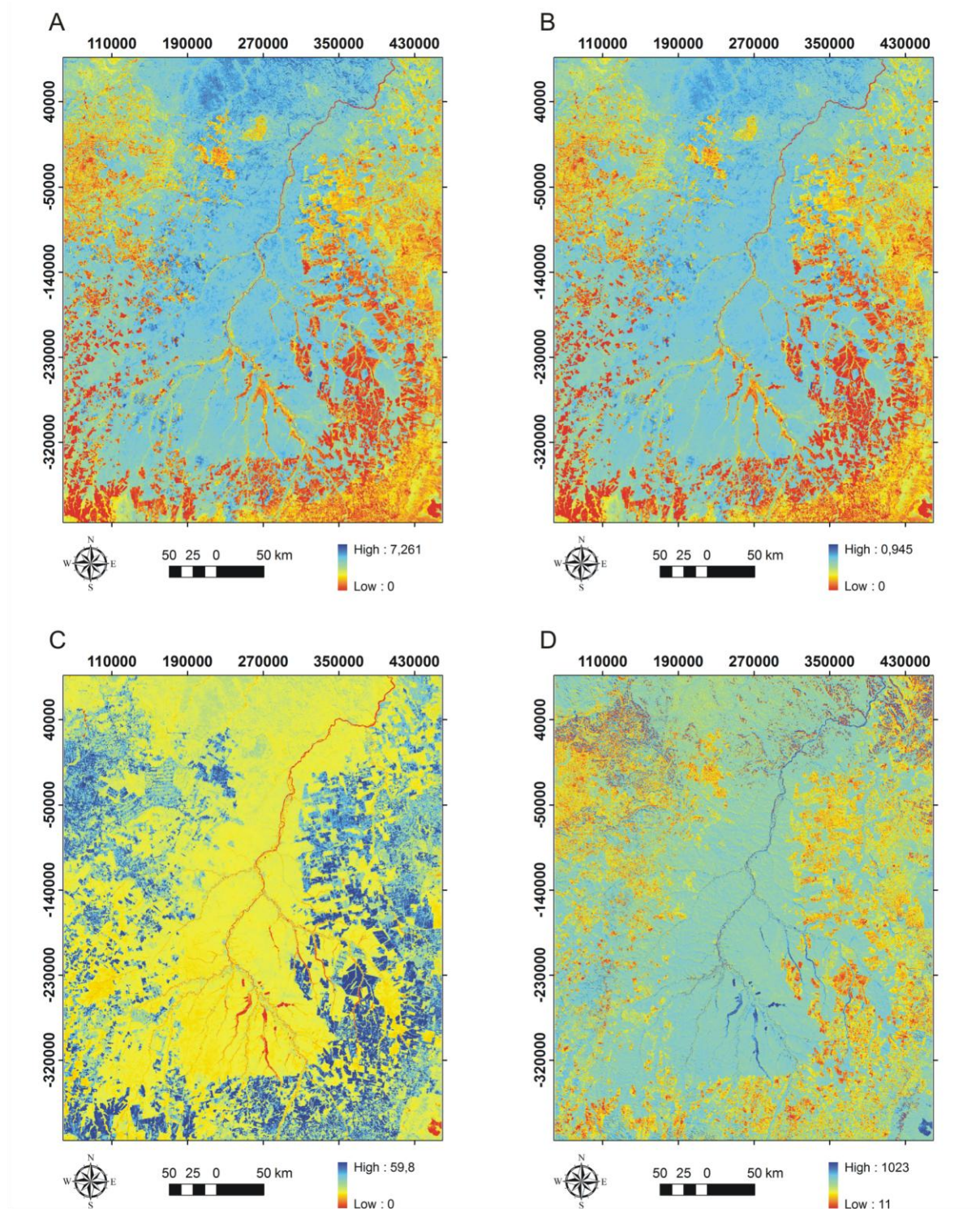


Figura 2. Índice de área foliar (A), fração absorvida de radiação fotossinteticamente ativa (B), albedo (C), radiação solar absorvida (D), caracterizando o parque indígena do xingu por meio do sensor AWIFS do satélite IRS-P6.

#### 4. Conclusões

A quantificação do índice de área foliar, índice de vegetação ajustado ao solo, fração absorvida da radiação fotossinteticamente ativa, albedo e radiação solar absorvida, possibilitaram estabelecer um método prático para interpretar dados obtidos pelo sensor AWiFS IRS-P6.

Os resultados obtidos com base nas imagens ainda devem ser avaliados em outros trabalhos, bem como com sensores instalados no campo.

Observou-se ocorrência de áreas desmatadas no parque indígena Xingu inclusive em localidades situadas nas matas ciliares.

## 5. Referências Bibliográficas

Ackerly, D.D., Thomas, W.W., Ferreira, C.A.C.; Pirani, J.R. 1989. The Forest-Cerrado transition zone in southern Amazonia: Results of the 1985 Projeto Flora Amazônica Expedition to Mato Grosso. *Brittonia*, 4 (12): 113-128.

Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E.T., Hatfield, J.L., 1984. Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy J.*, 76:300-306.

Bastos, E. J. B.; Moraes, E. C.; Amaral, A. S. M. S. 1996 Implementação De Um Método De Estimativa De Radiação Solar Por Satélite. *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 885-889.

Chander, G.; Markham B. L.; Helder, L. D. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, v.113, p. 893-903, 2009.

Fearnside, P.M. 1990. Fire in the tropical rain forest of the Amazon basin. In: Goldammer, J.G. (Ed.). *Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges*. Springer-Verlag, Berlin. *Ecol. Studies*, 84:106-116.

Galetti, M.; Indians within conservation units: lessons from the Atlantic Forest. *Conservation Biology*. v.15, n. 3, p. 798-799, jun. 2001.

NRSA, 2006, Indian National Remote Sensing Agency, <<http://www.nrsa.gov.in/engrsa/sitemap.html>>

Nave, A. G. Determinação de unidades ecológicas num fragmento de floresta nativa, com auxílio de sensoriamento remoto. 1999. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 1999.

Ponzoni, F. J.; Rezende, A. C. P. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.403-410, 2002.

Ponzoni, F. J.; Rezende, A. C. P. Caracterização espectral de estágios sucessionais de vegetação arbórea secundária arbórea em Altamira (PA), através de dados orbitais. **Revista Árvore**, v.28, n.4, p.535-545, 2004.

Ribeiro, M. P. Avaliação de métodos de classificação de imagens IKONOS II para o mapeamento da cobertura terrestre. 2003. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

Salomão, R.P.; Lisboa, P.L.B. 1988. Análise ecológica da vegetação de uma floresta pluvial tropical de terra firme, Rondônia. *Bolm. Mus. paraense Emílio Goeldi Ser. Botanica*, 4 (2):195-233.

Silva, L.; Costa Filho, J. F.; Lima, E. R. V.; Almeida, H. A. Análise do albedo e do índice de vegetação da diferença normalizada (ndvi) em uma bacia hidrográfica, usando o sebal - surface energy balance algorithm for land.

Whitmore, T. C. *Tropical rain forest of the far east*. 2.ed. New York: Oxford University Press, 1984. 352p.



Antunes, M.A.H.; Assad, E.D.; Batista, G.T. Variação das medidas espectrais ao longo do ciclo da soja (*Glicine Max (L.) Merrill.*). In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 7, 1993, Curitiba. **Anais**..Curitiba: INPE, 1993.p.1-9.

Wiegand, C.L., Richardson, A.J., Escobar, D.E., Gerbermann, A.H. Vegetation indices in crop assessments. *Remote Sensing of Environment*, v. 35, p. 105-119, 1991.