

## Verificação de manejo de fogo na Reserva Indígena Krahô – Tocantins, utilizando imagens de satélite.

Bitencourt, Marisa Dantas <sup>1</sup>

Mistry, Jayalxshmi <sup>2</sup>

Berardi, Andrea <sup>3</sup>

(1) Departamento de Ecologia – IB - Universidade de São Paulo, Rua do Matão, travessa 14 # 321, São Paulo – SP, Brasil – CEP 05508-900, e-mail: [tencourt@ib.usp.br](mailto:tencourt@ib.usp.br),

(2) Royal Holloway, University of London – Reino Unido e-mail: [j.mistry@rhul.ac.uk](mailto:j.mistry@rhul.ac.uk),

(3) Open University – Reino Unido, e-mail: [a.berardi@open.ac.uk](mailto:a.berardi@open.ac.uk).

### Abstract

Managing landscape fire is a critical issue in many terrestrial ecosystems, particularly the Cerrado biome. Satellite images can be quite helpful in identifying burn scars. The population of the Krahô Reserve (TO), has declared the use of fire to preserve the Cerrado physiognomies. To check that behavior satellite images and field observations and information were combined in a SIG environment. ETM+ Landsat images were used to map the vegetation cover before the dry period (May 2002) and to map the fire scars (August 2002). Thus, geometric, radiometric, and atmospheric corrections took place before the analysis. The Cerrado physiognomies were classified using NDVI image and literature classes. The fire scars map result from a multispectral statistic classification, segmented in burnt and not burnt. The burnt areas were used to extract the middle infrared spectral response, segmented into recent, old and very old scars classes. 48% of the reserve was burned in the August image, distributed into: recent (the class with fire in the August image); old (late July to early August); and very old (June to early July).

**Key words:** Cerrado physiognomies, burn scars age, NDVI image, GIS, fisionomias de cerrado, idade de cicatrizes de queimada, imagem NDVI, SIG.

### 1. Introdução

A principal característica fisionômica e estrutural do Cerrado é a coexistência de dois tipos de forma de vida contrastantes: lenhosas (árvores e arbustos) e herbáceas (particularmente gramíneas). A proporção relativa desses dois componentes pode variar dramaticamente em resposta a dois principais determinantes: disponibilidade de água e fogo. (Klink & Miranda, www).

O Cerrado é caracterizado pelo acúmulo de biomassa morta durante o período seco, aumentando consideravelmente a ocorrência do fogo, especialmente nas fisionomias abertas onde o acúmulo de necromassa é maior. A quantidade de biomassa acumulada vai depender não só da variação da produtividade primária, mas das taxas de decomposição e por consumo por herbívoros. O conhecimento da dinâmica dos combustíveis e da fenologia em áreas suscetíveis a queima são indispensáveis para a compreensão dos efeitos do fogo e elaboração de estratégias de manejo (Ramos Neto, 2000).

Não obstante, segundo Coutinho (1990), após a queima, o estrato herbáceo/subarbusivo encontra-se num crescimento vigoroso, que em poucos dias apresentam seus órgãos subterrâneos estimulados a rebrotar. O rápido estímulo ou indução à floração, em resposta ao fogo, tem importante papel para as populações que assim se comportam, pois, ao sincronizar a produção de flores, permite a polinização cruzada.

Por outro lado, a quem afirme que a queima do material vegetal provoca a redução da biodiversidade; empobrecimento do solo pela perda de nutrientes; erosão do solo pela sua maior exposição à chuva (Alho e Martins, 1995); poluição no âmbito local, como a causada pelo O<sub>3</sub>; mudanças climáticas regionais; mudança climática em escala global devido ao efeito estufa decorrente da emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (Mueller-Dumbois & Goldammer, 1990).

O uso do fogo em Unidades de Conservação, na imensa maioria dos casos, é uma prática criminosa que pode causar graves danos aos ecossistemas e à biodiversidade. No caso das Áreas Indígenas, a questão é mais complexa. O fogo é uma tecnologia tradicionalmente utilizada pelos índios como técnica de caça e de preparo de áreas para agricultura, entre outras razões. (Miranda *et al.*, 2002).

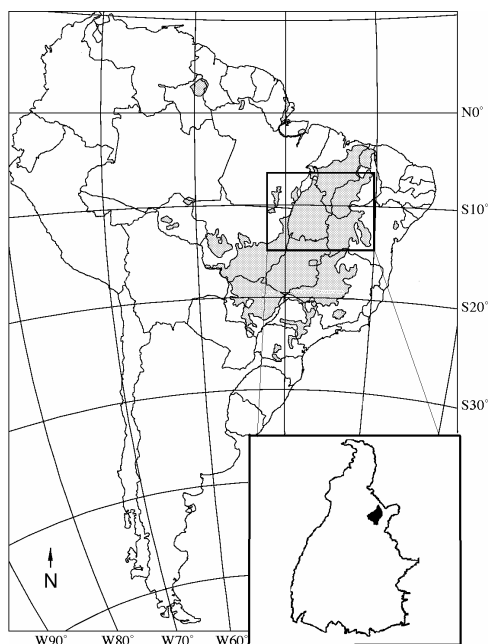
Estudos realizados por Mistry *et al.* (2004), junto à população indígena Krahô, no estado de Tocantins, mostram que além da preparação do terreno para cultivos em roça, caça e coleta do mel, a prática do fogo no período certo favorece a proteção e a manutenção das fisionomias do cerrado, uma forma ecologicamente relevante para a queima da biomassa no ecossistema savânico. Segundo estes autores os Krahôs manejam o fogo dentro da reserva indígena regularmente.

O objetivo deste estudo é avaliar a habilidade destas imagens estimarem as idades das cicatrizes de queimadas no cerrado, de modo a auxiliar no manejo adequado do fogo nesta e em outras áreas.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Material - Área de Estudo

A Reserva Indígena Krahô está localizada a nordeste de Palmas, a uma distância aproximada de 100 Km e encontra-se entre os municípios de Goiatins e Itacajá, mais precisamente entre os rios Manuel Alves e Vermelho. A área de estudo é de 3.200 Km<sup>2</sup>, com 16 aldeias de tamanhos variados, totalizando uma população de 2.000 indivíduos. (Mistry *et al.*, 2004).



**Figura 1:** Domínio de Cerrado, segundo IBGE (1993) – em cinza, e localização da Reserva Indígena Krahô em preto.

A **Figura 1** mostra o mapa do Domínio de Cerrado no Brasil, bem como um detalhe do Estado de Tocantins e da localização da reserva.

A área de estudo apresenta clima distintamente sazonal caracterizado por período chuvoso entre o início de outubro a abril. A pluviosidade média anual varia entre 1.600 e 1.800 mm. A subsequente seca e o período de queimadas normalmente ocorrem de maio podendo se estender até setembro. A paisagem é caracterizada por: cerradão, cerrado s.s (*stricto sensu*), Wrywryt, campos cerrado, campo limpo e sujo, mosaicos de diferentes tipos de vegetação, incluindo florestas perenes e ripárias, gramíneas e vereda (várzeas dominadas por gramíneas e palmeiras da espécie Buriti – *Mauritia vinifera*). A reserva é virtualmente uma ilha, cercada por grandes fazendas onde a vegetação natural tem sido removida e substituída por braqueárias para criação de gado (Mistry et al., 2004).

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Pré-análise

Antes da análise dos dados, foram feitas as correções geométricas necessárias ao registro de cada *pixel*, para melhor executar o processamento das imagens das diferentes datas. Além disso, foi feito também uma correção para compensar as variáveis atmosféricas indesejáveis.

Assim, utilizando-se o programa 6S (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*), converteu-se os números digitais das imagens em grandezas físicas (reflectância real) conforme descrito em Tanré *et al.* (1990) e Vermonte *et al.* (1997).

### 2.2.2 Análise

O índice de vegetação NDVI tem sido usado para indicar o estado e a abundância da cobertura vegetal, em especial de fisionomias de Cerrado (Bitencourt-Pereira 1986; Bitencourt *et al.*, 1997; Valeriano & Bitencourt-Pereira, 1988; Santos, 1988; Mesquita Jr., 1998 e 2003; França & Setzer, 1998; França, 2000). Imagem índice de vegetação espectral será utilizada para produzir um mapa preliminar da cobertura vegetal dentro da reserva, que será aferido com os dados de campo.

O mapa de queimadas será derivado da análise multiespectral das imagens, com as classes resultantes aferidas com dados de campo.

### 2.2.3 Dados de campo

Os trabalhos de campo teve lugar durante o mês de agosto de 2002, quando se registrou observações e informações sobre a idade das queimadas e das fisionomia vegetais lá encontradas.

Toda a verdade de campo foi georreferenciada e transformada em polígonos. Estes dados foram colocados num banco de dados relacional em ambiente de SIG (sistema de informações geográficas). Os 62 polígonos, com 15 classes diferentes, foram utilizados para validar os mapas de cobertura vegetal e de cicatrizes de queimada.

As classes de vegetação foram: cerradão, cerrado, wrywryti, campo sujo e campo limpo, bem como as fisionomias associadas (floresta ripária ou FR, floresta estacional semidecidual ou FESD, e bambu).

As classes de cicatrizes foram: queimadas ocorridas em junho ou início de julho; em julho ou início de agosto; e no final de agosto.

#### 2.2.4. Dados de satélite

A imagem ETM+ Landsat de 27 de maio de 2002, corrigida (reflectância real e correção atmosférica), foi transformada em imagem NDVI. Usando os intervalos de NDVI obtidos pelos modelos de Mesquita Jr. (1998 e 2003), esta imagem foi pré-classificação quanto a cobertura vegetal. Em seguida, foi feita uma matriz de confusão entre as classes derivadas dos modelos e as classes observadas no campo. Desta análise cruzada definiu-se as classes de cobertura vegetal presentes no período de pré-estiagem.

O mapa das cicatrizes derivou de um cluster sobre uma imagem composição colorida (imagens do vermelho, infravermelho próximo e médio), datada de 31 de agosto de 2002, segmentado em queimado e não queimado. As áreas queimadas serviram de janela para a extração da assinatura espectral na faixa do infravermelho médio, que foi segmentada nas mesmas classes anteriormente mencionadas. Estas classes foram aferidas com as observações e os informes obtidos no campo.

### 3. Resultados e Discussão

A pré-classificação resultou dos seguintes intervalos de NDVI utilizados para classificar 206 fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo (Mesquita Jr., 2003 e Bitencourt, 2004).

A **Tabela 1** mostra a matriz de confusão entre 25 polígonos obtidos no campo, relacionados com o bioma Cerrado, que foram comparados com as classes da pré-classificação.

**Tabela 1 - Matriz de confusão dados de campo versus as classes de vegetação da pré-classificação.**

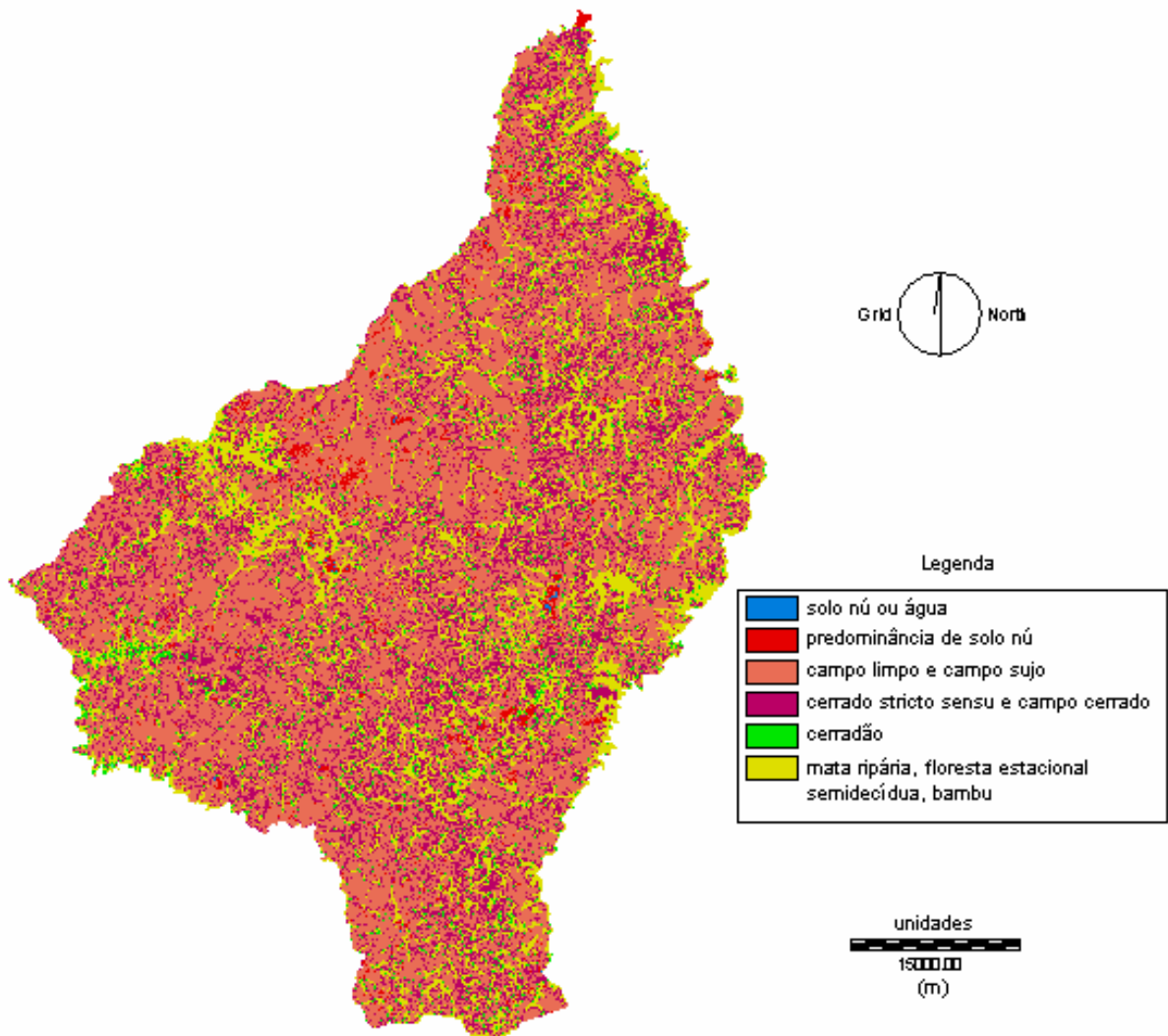
Mapa/Campo	Cerradão	Cerrado	Wrywryti	Campo sujo	Campo limpo	Floresta ripária
<b>Cerradão</b>	(12)					
<b>Cerrado s.s.</b>		(10,21,53,52)	(11,18,19,22)			
<b>Campo cerrado</b>		(9,50, 51, 54)	(45,46)			
<b>Campo sujo</b>				(49)	(31,42,40)	
<b>Campo limpo</b>					(27,41,43, 44)	
<b>Floresta ripária</b>						(14, 17)

Entre parênteses estão os números identificadores de cada polígono.

Analisando esta matriz de confusão, verifica-se que as classes Cerrado s.s., Campo cerrado obtidos na imagem se confundem com as classes Cerrado e Wrywryti observadas no campo. Examinando com mais detalhe as descrições de campo, verificou-se que o índios chamam de Wrywryt trata-se de Cerrado s.s., sobre planaltos do paleozóico e que a classe de campo chamada de Cerrado é de fato Cerrado s.s. e Campo cerrado, juntos. Observou-se também que as classes Campo sujo e limpo em ambas as fontes também se confundem. Assim, decidiu-se pela seguinte legenda no mapa final: Solo nú ou água; Predominancia de solo nú; Campo limpo e campo sujo; Cerrado s.s. (Css); Campo cerrado (CC); Cerradão (Ce);

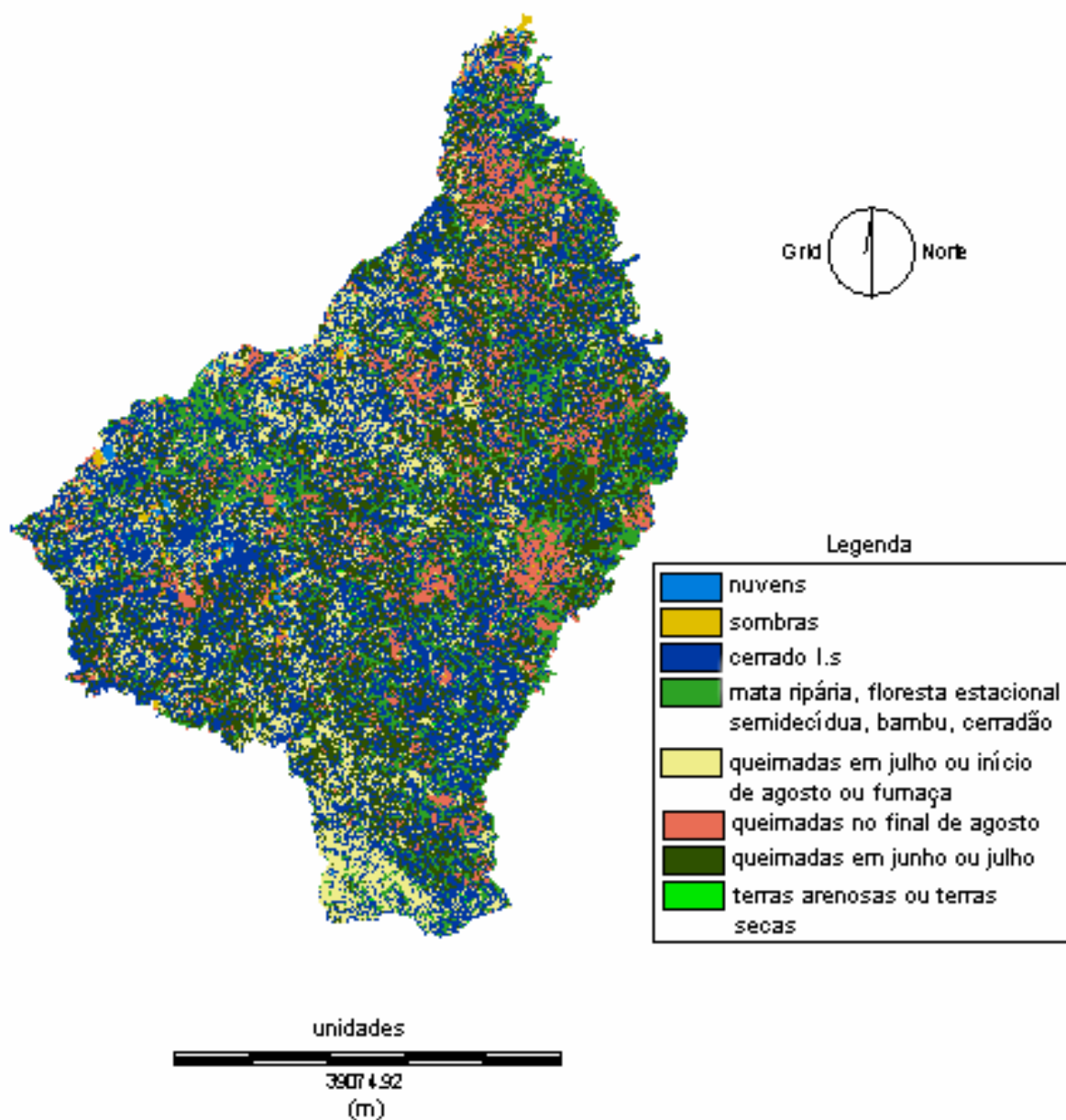
e Floresta ripária (FR) ou Floresta estacional semidecidual (FESD) ou bambu (B), como mostra a **Figura 2**. Analisando o mapa de vegetação verifica-se uma predominância de fisionomias de cerrado indicando que o manejo do fogo feito pelos índios não prejudicou o bioma Cerrado.

O mapa de cicatrizes, obtido da imagem ETM+ Landsat de 31 de agosto de 2002, apresentou as seguintes classes: Nuvens; Sombras de nuvens e de relevo; Cerrado *l.s.* (cerrado *s.s.* + campo cerrado + campo limpo + campo sujo); Floresta ripária e estacional semidecidual e Cerradão; Queimado no final de julho ou início de agosto ou fumaça; Queimado final de agosto; Queimado em junho ou início de julho; e Terra arenosa ou terra seca



**Figura 2:** Mapa com as Fisionomias Vegetais encontradas na Reserva Indígena Krahô em 27 de Maio de 2002.

Analisando-se o mapa de queimadas em ambiente de SIG, registrou-se cicatrizes em praticamente 48% da área da Reserva Indígena (146.441ha). Sendo que estas queimadas se deram entre 28 de maio e 31 de agosto daquele ano, de se deve à prática de manejo executada pela tribo. Não há indícios de fogo oriundo da vizinhança, como pode ser observado na **Figura 3**.



**Figura 3:** Mapa com as cicatrizes de queimadas registradas em 31/08/2002.

As classes: “queimadas em junho ou início de julho” e “queimadas em julho ou início de agosto” foram decididas a partir das observações feitas pelos pesquisadores e pelos depoimentos dos índios. A classe “queimada em final de agosto” foi decidida pela observação de linhas de fogo na imagem composição colorida analisada.

#### 4. Conclusões

- Que as classes NDVI das fisionomias de cerrado na pré estiagem obtidas em fragmentos de Cerrado de São Paulo foram satisfatórias para classificar as mesmas fisionomias na reserva.
- Que o cluster da composição colorida (vermelho, infravermelho próximo e médio) separou de modo satisfatório as cicatrizes de queimadas daquele ano.
- Que a imagem do infravermelho médio mostrou ser possível distinguir idades de queimadas em fisionomias de cerrado. Esta experiência adquirida nesse trabalho sugere pesquisas mais aprofundadas, com delineamento metodológico suficiente para testar a precisão estatisticamente.
- Que os índios de fato ateiam fogo nas áreas de vegetação natural pois a maior parte das queimadas estão muito longe dos limites da reserva.

#### 5. Agradecimentos

Agradecemos a National Geographic Foundation, pelo suporte financeiro nas etapas de campo e nas análises das imagens de satélite, e ao CNPq, pelo apoio aos trabalhos de campo dos pesquisadores estrangeiros.

#### 6. Referências

- Bitencourt, M.D. 2004 – Diagnóstico Cartográfico dos remanescentes de cerrado em São Paulo. In: Marisa Dantas Bitencourt e Renata Ramos Mendonça. **Viabilidade de conservação dos remanescentes de cerrado do estado de São Paulo. Capítulo 1. Ed. Annablumen São Paulo. (in press).**
- Bitencourt, M.D.; Mesquita Jr, H.N.; Mantovani, W.; Batalha, M.A.; Pivello, V.R. – 1997 - Identificação de fisionomias de Cerrado com imagem índice de vegetação. **In:** Laércio Leonel Leite e Carlos Hiroo Saito (Eds.) **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado** - Brasília: UnB, Depto. Ecologia, Cap. 7, pp 316-320.
- Bitencourt-Pereira, M. D. 1986. **Correlação de fitomassa foliar de campo cerrado com dados espectrais obtidos pelo sistema MSS/Landsat e por radiometria de campo.** (INPE-3758-TDI/205). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 90 p.
- Coutinho, L.M. 1990. O Cerrado e a Ecologia do fogo. **Ciência Hoje**. Vol.12(68): 22-30. Rio de Janeiro.
- França, H. 2000 **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no cerrado com imagens AVHRR/NOAA.** 161 pg. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- França, H.; Setzer, A.W. 1998 - AVHRR analysis of a savanna site through a fire season in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**. 19(16):3127-3140.
- IBGE 1993 Mapa da vegetação do Brasil 1: 5.000.000.

- Mesquita JR, H. N. 1998 **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga- SP)**. 127 pg. Tese (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Mesquita JR, H.N. 2003 **Modelagem das variações da resposta espectral das fisionomias de Cerrado em relação às variações climáticas sazonais**. 244 pg. Tese (Doutorado em Ecologia) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Miranda, E.E. 2002. Monitoramento orbital da queimada em Áreas Indígenas e Unidades de Conservação no Brasil em 2001. **Comunicado Técnico. n.8. Embrapa**. Campinas.
- Mistry, J., Berardi, A., Andrade, V., Krahô, T., Krahô, P., Leonards, O. 2004. Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: The case of the Krahô of Tocantins. **Human Ecology** (in press).
- Mueller-Dumbois, D.; Goldammer, J.G. 1990. Fire in the tropical ecosystems and global environmental change: an introduction. In: **Fire in the tropical biota**, Ed. J.G. Goldammer. New York: Springer-Verlag, p. 1-10.
- Santos, J. R. 1988 **Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor Thematic Mapper do satélite Landsat**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Tanré, D.; Deroo, C.; Duhaut, P.; Herman, M.; Morcrette, J. J.; Perbos, J.; Deschamps, P. Y. 1990. Description of a computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum: the 5S code. **International Journal of Remote Sensing**, v. 11, n. 4, p. 659-668.
- Valeriano, D M; Bitencourt-Pereira, M.D. 1988 Relationships between spectral reflectance and phytomass of the ground layer community of neotropical savanna (cerrado). **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, Commission VII, Vol. 27, part B10, p. 649-657,.
- Vermonte, E.F.; Tanré, D.; Deuze, J.L.; Herman, M.; Morcrette, J.J. 1997. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview., **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, n. 35 v. 3, p. 675-686.