

## Sazonalidade das queimadas no Parque Estadual do Jalapão, TO, no bioma Cerrado

Alfredo Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Avenida dos Astronautas, 1758 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
alfredo@dsr.inpe.br

**Abstract.** Dry season fires are a feature of Cerrado biome – Brazilian savanna. There are not regular fire regime data to regions of Cerrado as burned area, frequency and seasonality of fires and this information is relevant to carbon balance inputs in global change models. Fire regime requires fire historical data and remote sensing is the only available to survey them in Brazilian savanna. Areas burned in Jalapão Park in Tocantins state during 2007 was mapped using TM-Landsat-5 images. Three periods were mapped to estimate fire seasonality: early, middle and late dry season. Segmentation of TM bands 3, 4, 5 and 7 and isoseg no-supervised classification was performed. It was observed confusions between burnt vegetation and dry grass that was corrected by manual edition. It was burned 27% of Jalapão Park in 2007 and this number agrees with literature. On the other hand, it was burned 11% of Jalapão Park in early dry season, 07% in middle and 10% in the end, that do not agree with the literature about seasonality fire in Cerrado. Two hypotheses were supposed for that: 1) 2007 was an outlier year; 2) Jalapão Park region has a different fire regime in Cerrado biome. These hypotheses will be checked with others years of fire data from Jalapão Park.

Palavras-chave: savanna; fire regime; carbon balance; savana, regime de fogo, balanço de carbono.

### 1. Introdução

O fogo de origem natural ou antrópica ocorre em quase todas as regiões terrestres, com efeitos diretos e indiretos sobre a estrutura e diversidade das populações, comunidades e ecossistemas. Além disso, as queimadas têm sido relacionadas com outros efeitos prejudiciais ao ambiente, tais como: erosão do solo pela sua maior exposição à chuva (Alho e Martins, 1995; Mueller-Dumbois e Goldammer, 1990); empobrecimento do solo pela perda de nutrientes; poluição no âmbito local, como a causada pelo O<sub>3</sub>, composto resultante de emissão de CO, hidrocarbonetos e NO<sub>x</sub>; mudanças químicas na atmosfera global pela emissão de CO e CH<sub>4</sub>; mudanças climáticas em escala regional e global decorrentes da emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (principais gases responsáveis pelo efeito estufa), aerossóis e material particulado, que influenciam o balanço radiativo e hidrológico (Crutzen e Andreae, 1990; Mueller-Dumbois e Goldammer, 1990).

O bioma Cerrado ocupa cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup> no Brasil, sendo considerado um *hotspot* em conservação ambiental pela sua elevada biodiversidade, alta taxa de endemismo de espécies e pelas ameaças de destruição. A vegetação do Cerrado é denominada genericamente de cerrado *lato sensu*, a qual abrange fitofisionomias florestais (cerradão), savânicas (cerrado *stricto sensu*) e campestres (campo sujo e campo limpo) (Ribeiro e Walter, 1998). As espécies vegetais do Cerrado apresentam diferentes graus de resistência ao fogo, em geral, proporcionada por adaptações morfológicas e fisiológicas. No entanto, mesmo espécies mais resistentes podem apresentar declínios populacionais quando submetidas a queimadas frequentes. Em outro sentido, a completa supressão do fogo acarreta efeitos como o aumento da densidade de plantas lenhosas (Moreira, 1996, 2000).

Estimativas mostram que de 55% a 65% do Cerrado já foi antropizado com atividades agropecuárias (Mantovani e Pereira, 1998, base 1990; Machado *et al.*, 2004; base 2002) e, apesar da utilização de modernas técnicas, a prática de atear fogo no manejo, principalmente pelo baixo custo, ainda é mantida para renovação e limpeza de pastagens, bem como para abertura e limpeza de áreas agrícolas (Coutinho, 1990). Anualmente é queimado cerca de um quarto de sua área, com cerca de 70% a 75% das queimadas ocorrendo na estação seca (França, 2000), quando são melhores as condições para o fogo, pois a parte aérea do estrato herbáceo, formado principalmente por gramíneas, desseca em consequência da falta de água na camada superficial do solo (Coutinho, 1990; Miranda *et al.*, 1996; Oliveira, 1998). A

expansão da agropecuária no Cerrado, ocorrida a partir da década de sessenta causou, em pastagens, uma diminuição no intervalo entre queimadas de três para dois e até um ano (Coutinho, 1990).

A região do Jalapão apresenta características biológicas e geomorfológicas únicas, e ainda está relativamente preservada no bioma Cerrado. Mas, extensas áreas utilizadas como pastagem são queimadas em intervalos de cerca de dois anos para rebrota do capim nativo, o que pode estar modificando populações e comunidades vegetais. Assim, o fogo é um fator importante no manejo de pastagens naturais e, em locais específicos, no manejo do capim-dourado, utilizado para confecção de peças de artesanato (Consórcio CTE/MRS, 2003).

Então, para os trabalhos de conservação e preservação ambiental, no Cerrado em geral e no Jalapão especificamente, é fundamental o planejamento e aplicação de um manejo do fogo que evite ou minimize as perturbações ecológicas, o qual deve ser implantado com bases técnico-científicas. Uma informação essencial para isso é o regime de fogo, definido como o tipo, frequência, sazonalidade, tamanho e intensidade do fogo em uma dada área.

O mapeamento histórico das queimadas a partir de dados de sensoriamento remoto orbital é vital para estudos de três componentes do regime de fogo – frequência, sazonalidade e tamanho – pela completa ausência de registros históricos sistemáticos no Cerrado, e em particular no Jalapão. Por exemplo, inexistem estudos específicos de sazonalidade de queimadas no Cerrado, apesar de informações de que as queimadas são realizadas do meio para o final da estação seca (Coutinho, 1990; Mistry, 1998).

A dimensão espacial é ainda mais limitante em países com condições socioeconômicas e a dimensão do Brasil, com limitados recursos para a área ambiental. Então, dados de sensoriamento remoto são essenciais para estudos de queimadas, tanto pelas suas vantagens inerentes, de obtenção de dados sobre extensões regionais e continentais em intervalos regulares de tempo com adequada resolução espacial, quanto para suprir a ausência ou escassez de dados *in situ*, atuais e históricos (Chuvienco e Martin, 1994).

O presente trabalho analisa preliminarmente, na região do Jalapão, um dos componentes do regime de fogo: a sazonalidade. Assim, o objetivo é estimar e analisar a sazonalidade das queimadas ocorridas em 2007 no Parque Estadual do Jalapão (PEJ), TO, no bioma Cerrado. Além disso, o estudo visa obter subsídios para: 1) a estimativa de três componentes do regime de fogo no PEJ – frequência, sazonalidade e tamanho –, e por extensão na região do Jalapão e no bioma Cerrado; 2) a metodologia de classificação das queimadas no PEJ, e por extensão na região do Jalapão e no bioma Cerrado.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo é o Parque Estadual do Jalapão (PEJ), uma Unidade de Conservação criada em janeiro de 2001 com 158.885 ha, localizada no extremo leste do estado do Tocantins, no município de Mateiros. Este Parque faz parte de um conjunto de seis UCs, três federais e três estaduais, que formam o Corredor Ecológico Jalapão-Mangabeiras. Este está localizado na região do Jalapão, na confluência da porção leste do estado do Tocantins com três das mais conservadas regiões do Cerrado – sul do Maranhão, sul do Piauí e noroeste da Bahia (Mantovani e Pereira, 1998; Machado *et al.*, 2004) –, dentro da área contínua do bioma Cerrado no Planalto Central Brasileiro (Figura 01). O clima apresenta as duas estações contrastantes típicas do Cerrado: uma seca de abril a setembro, quando chove menos de 10% do total anual; e uma chuvosa, de outubro a março (Consórcio CTE/MRS, 2003).

A região do Jalapão é uma das poucas áreas onde o Cerrado ainda está em bom estado de conservação, ocasionado pela dificuldade de acesso, o isolamento em relação às rotas de maior fluxo de circulação e a baixa densidade populacional, inferior a um hab./km<sup>2</sup>. As principais atividades econômicas são a pecuária extensiva em pastagens naturais e a agricultura de subsistência, ambas utilizando práticas agropecuárias tradicionais, incluindo o

uso do fogo. Recentemente, a partir do início do século XXI, o artesanato de capim dourado e o turismo ecológico se tornaram importantes fontes de renda para a população (Consórcio CTE/MRS, 2003).

É uma região de importância biológica extremamente alta, principalmente devido à sua biodiversidade e à presença de espécies raras, endêmicas e algumas em processo de extinção. A vegetação é dominada por fitofisionomias campestres, principalmente campo limpo e campo sujo, e a savânica cerrado *stricto sensu*, quase sempre sobre solo tipo areia quartzosa. Além disso, a região apresenta características geomorfológicas ímpares pela relativa estabilidade geológica, já que participa de lento processo de acomodação, com ações erosivas, pluviais e eólicas, principalmente nos taludes das serras, mostrando constantes alterações na paisagem. O desgaste natural das rochas sedimentares das chapadas (formações areníticas do mesozóico-cretáceo) gera grandes deposições de areia com a formação de dunas (Consórcio CTE/MRS, 2003).

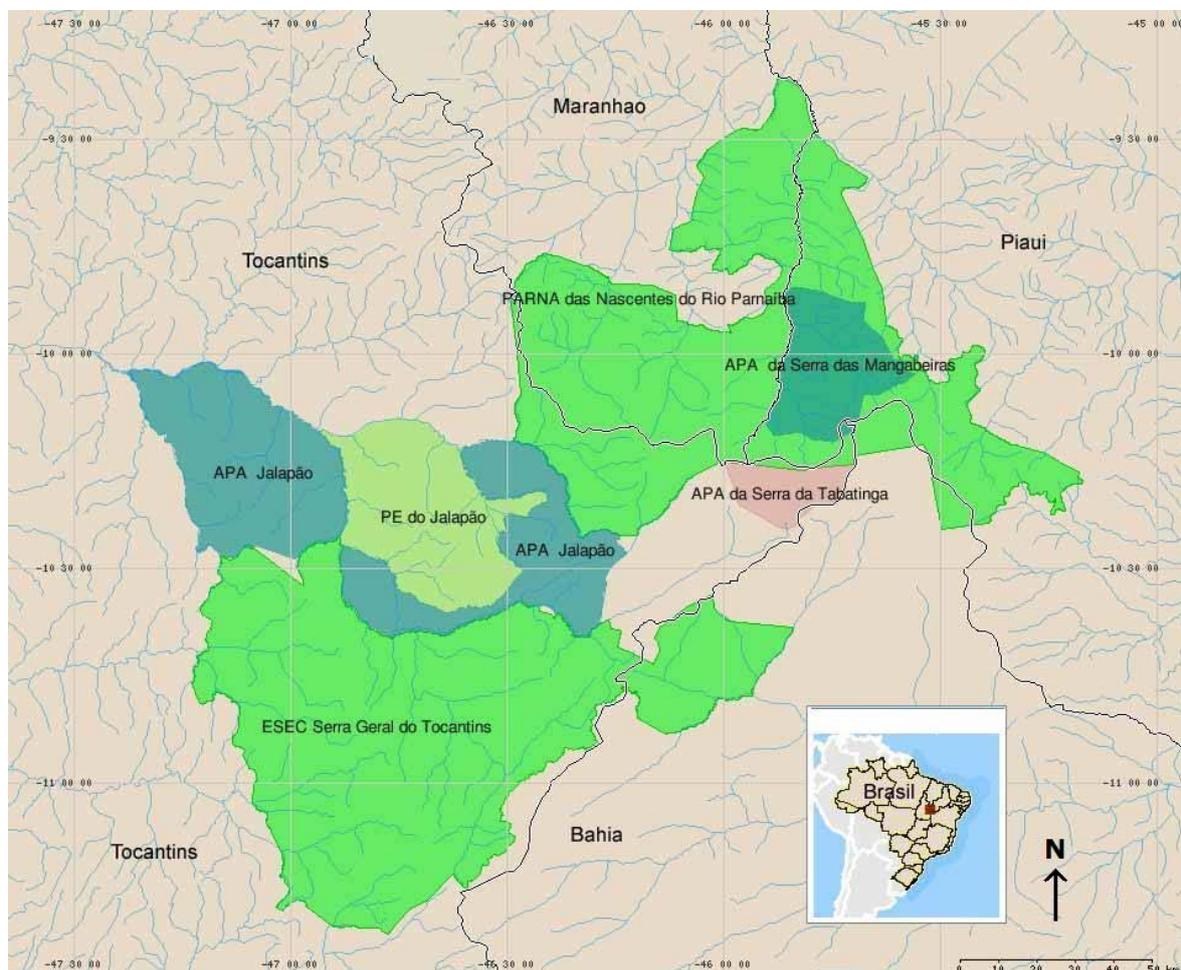


Figura 01. Parque Estadual do Jalapão, TO, inserido no Corredor Ecológico Jalapão-Mangabeira, formado por seis Unidades de Conservação, localizado na região do Jalapão, na confluência dos estados do Tocantins, Piauí, Maranhão e Bahia.

## 2.1 Material

Dois tipos de imagens orbitais foram utilizados no trabalho:

- Mosaico ortorretificado Landsat Geocover 2000, obtidas de forma gratuita no sítio “Landsat Geocover NASA” no endereço <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. O mosaico

tem resolução geométrica de 14,5 m e é composto pelas bandas 2 (0,53-0,61  $\mu\text{m}$ ), 4 (0,75-0,90  $\mu\text{m}$ ) e 7 (2,10-2,35  $\mu\text{m}$ ) de imagens ETM+/Landsat-7 de 2000.

- TM/Landsat-5 órbita/ponto 221/67, obtidas gratuitamente no sítio “Catálogo de imagens INPE” no endereço <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>. Foram utilizadas as bandas 3 (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ), 4 (0,76 - 0,90  $\mu\text{m}$ ), 5 (1,55 - 1,75  $\mu\text{m}$ ) e 7 (2,08 - 2,35  $\mu\text{m}$ ), com resolução geométrica de 30 m, e as datas de 26/maio, 29/julho, 15/setembro e 01/outubro do ano de 2008. A imagem de 15/setembro foi utilizada como apoio para a de 01/outubro porque nesta a área de estudo estava coberta parcialmente por nuvens.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizado para processamento dos dados foi o SPRING 4.3.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (DPI/INPE, 2008). Além disso, foi obtido o limite do Parque Estadual do Jalapão e utilizados aparelhos GPS (Global Position System) em trabalhos de campo.

## 2.2. Metodologia

Todo o processamento das imagens TM/Landsat foi realizado no SPRING. Inicialmente, foi feito o georreferenciamento das imagens em relação ao Landsat Geocover 2000. Em seguida, foi realizada a delimitação das queimadas a partir da segmentação e classificação das imagens e posterior correção por edição manual. A edição foi feita na escala de trabalho de 1:50.000, definida em função da escala final do mapeamento de 1:100.000. Ambas escalas foram definidas principalmente em função da resolução geométrica das imagens TM/Landsat. Na escala do mapeamento, a área mínima representável é 4,0 ha. A classificação e a edição manual foram apoiadas por dois trabalhos de campo.

O **georreferenciamento**, referido no SPRING como **registro**, compreende uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas de uma dada imagem (linha, coluna) com coordenadas geográficas de um sistema de referência (DPI/INPE, 2008). As imagens TM/Landsat foram georreferenciadas em relação ao Landsat Geocover para a projeção UTM (Universal Transverse Mercator) com datum WGS-84 (World Geodetic System - 84). A inserção das imagens em planos de informação (PI) do SPRING foi pelo método do vizinho mais próximo, escolhido por manter os níveis digitais mais próximos dos originais.

A etapa seguinte foi a **segmentação**, a qual divide a imagem em regiões compostas por conjuntos de pixels adjacentes espectralmente uniformes, que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Foi empregado o **crescimento de regiões**, método de segmentação por agrupamento de pixels, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente podem ser agrupadas. No início, este processo rotula cada pixel como uma região distinta e calcula um critério de *similaridade* para cada par de região adjacente espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média dos níveis digitais entre as regiões (DPI/INPE, 2008). A segmentação foi aplicada sobre o conjunto das bandas 3, 4, 5 e 7 da imagem TM/Landsat. Em seguida à segmentação, foi realizada a **classificação** pelo método **isoseg**, que é um classificador não-supervisionado de agrupamento de dados, aplicado sobre o conjunto de regiões da imagem segmentada. Ela agrupa regiões a partir de uma medida limiar entre elas, que consiste na distância de Mahalanobis, de forma que todas as regiões pertencentes a uma dada classe estão distantes da classe por uma distância inferior a esta. Quanto maior o limiar, maior a distância e menor será o número de classes detectadas pelo Iseseg. Em seguida, foi realizada a **edição raster** da classificação, referida no SPRING como **edição matricial**, que foi necessária para corrigir os erros de classificação das queimadas.

A **edição raster** foi realizada sobre duas composições coloridas da imagem TM/Landsat: 3B4G5R (verdadeira) e 3B4R5G (falsa-cor). Em imagens orbitais obtidas da região do espectro óptico nas bandas do visível, infravermelho próximo e médio, as queimadas recentes são facilmente discriminadas pelo contraste entre a cor negra das cinzas e carvão depositados

no solo e a vegetação do entorno (França *et al.*, 2007). Com o passar do tempo, após o desaparecimento das cinzas, as queimadas são discriminadas pelo solo exposto e, na última fase, são discriminadas pela intensa rebrota da vegetação ocorrendo na área queimada, mostrando cor verde intensa na composição colorida verdadeira ou vermelha intensa na falsa-cor (França *et al.*, 2007). Trabalhos de campo realizados em novembro/2005 e maio/2008 apoiaram o trabalho de edição manual da classificação.

Idealmente, para estudos de frequência, sazonalidade e tamanho das queimadas, quatro dados de mapeamentos anuais de devem ser gerados para o período analisado: i) área queimada total; ii) área queimada no período inicial da estação seca, de abril a maio; iii) área queimada no período médio da estação seca, de junho a julho; iv) área queimada no período final da estação seca, de agosto a setembro. Então, três imagens devem ser utilizadas para o mapeamento em cada ano: i) uma do final de maio ou início de junho; ii) uma do final de julho ou início de agosto; iii) uma do final de setembro ou início de outubro.

### **3. Resultados e Discussão**

#### **3.1. Classificação**

Os testes para determinar a similaridade adequada para a segmentação aplicada sobre conjunto das bandas 3, 4, 5 e 7 da imagem TM/Landsat encontrou o valor de 15 unidades. A área mínima utilizada foi de 44 pixels, ou seja, 4,0 ha, que corresponde à área mínima mapeável. Um problema que ocorreu na segmentação das imagens do PEJ foi a confusão entre áreas de campo sujo seco com as de queimadas em estágios mais antigos, incluindo rebrota, principalmente em função do componente solo dessas áreas. Visualmente essas classes são distintas, mas a segmentação não conseguiu separá-las, mesmo a custo do aumento da similaridade. Então, não foi considerado um problema de confusão causado semelhança em termos espectrais e radiométricos. Uma suposição seria alguma limitação do algoritmo de segmentação. Essa confusão é relevante no levantamento de queimadas no Cerrado e deverá ser objeto de estudos futuros para verificação de possível causa e solução. Inclusive será testada a segmentação sobre imagens-fração geradas pelo “modelo linear de mistura espectral” e sobre as bandas das “componentes principais”.

Os testes com o classificador de imagem segmentada isoseg determinou o limiar de 90% como o mais adequado. Com esse limiar restaram ainda cerca de trinta e cinco classes, as quais foram agrupadas posteriormente em cinco classes de queimadas: duas de queimadas mais recentes, com as cinzas sendo o componente predominante do sinal, sendo uma com completa cobertura de cinzas e outra com incompleta; duas de queimadas mais antigas, com o solo sendo um componente relevante; e outra de rebrota. Apesar do resultado da classificação ter sido satisfatório, serão realizados testes com classificadores de imagem segmentada supervisionada, como o Bhattacharya, para verificar a possibilidade de diminuição do trabalho de edição.

#### **3.2. Levantamento de Queimadas**

A área de estudo, Parque Estadual do Jalapão (PEJ), foi estimada em 159.517 ha, ocorrendo uma diferença de 632 hectares (0,4%) em relação a medida de 158.885 ha, fornecida pela Naturatins, o órgão ambiental do estado do Tocantins. Essa diferença pode ser explicada pela baixa precisão e acurácia dos atuais limites do PEJ, o que pôde ser visualizado nos fronteiras que correspondem a rios, onde quase sempre foi observado deslocamentos nos limites. Isso deverá ser corrigido em levantamentos futuros que deverão ser realizados em função de alterações propostas para os limites do PEJ.

A área total queimada em 2007 foi de 43.998,16 ha, correspondente a 27,6% da área do PEJ (Tabela 1). É um valor esperado conforme o levantado por França (2000), que estimou

em um quarto a área do Cerrado queimada no período de maio de 1998 a abril de 1999, e por Lombardi (2005), que estimou a proporção queimada entre 4% (2000) e 27% (1998) em duas regiões distintas no Cerrado, no período entre 1996 e 2000.

Por outro lado, em relação à sazonalidade das queimadas, as estimativas para o PEJ em 2007 mostram uma perspectiva diferente das citadas por Coutinho (1990) e Mistry (1998), de que as queimadas ocorrem em maior área no período final da estação seca. Considerando a divisão da estação seca em dois períodos (a mais comumente empregada na literatura), no período inicial, até o final de julho, a área queimada correspondeu a 17,9% do PEJ e a 65,1% da área queimada total. Assim, no período final da estação seca, de agosto a setembro, a área queimada correspondeu a 9,3% do PEJ e a 34,9% da área queimada total. Portanto, a área queimada no período inicial foi o aproximadamente o dobro da do final (Tabela 1). Duas hipóteses são aventadas para esse evento:

- 2007 foi um ano atípico em termos de sazonalidade das queimadas para o PEJ;
- a sazonalidade das queimadas no PEJ e na região do Jalapão é diferente de outras regiões do Cerrado pelas suas características ímpares.

Todas as duas hipóteses são plausíveis e serão verificadas com a continuação dos trabalhos de levantamento de queimadas em outros anos e a realização de trabalhos de campo. O plano de trabalho prevê o ano inicial do levantamento como 1996, ou seja, cinco anos antes da criação do Parque, e o final como 2008. Além disso, trabalhos de campo serão programados para auxiliar na verificação das hipóteses, incluindo entrevistas com os administradores e moradores do Parque, assim como com coleta de dados *in loco* de queimadas.

Tabela 1 – Área queimada no Parque Estadual do Jalapão (PEJ) na estação seca de 2007.

Período da estação seca	Data da imagem	Área total queimada	
		(ha)	(%)
Início	26 maio	17.704,17	11,1%
Meio	24 jul.	10.920,87	6,8%
<b>Subtotal</b>	---	28.625,04	17,9%
Final	15 set./01 out.	15.373,12	9,6%
<b>Total</b>	---	43.998,16	27,6%

#### 4. Conclusões

A segmentação aplicada sobre conjunto das bandas 3, 4, 5 e 7 da imagem TM/Landsat seguida da classificação não supervisionada pelo algoritmo isoseg foi satisfatória, mas restou confusão entre áreas de campo sujo seco e de estágios de queimadas mais antigas. Visando diminuir o trabalho de edição, análises deverão ser realizadas com a segmentação sobre imagens-fração geradas pelo “modelo linear de mistura espectral” e sobre as bandas das “componentes principais” e com classificadores de imagem segmentada supervisionada, como o Bhattacharya.

O Parque Estadual do Jalapão (PEJ) apresentou em 2007 uma sazonalidade atípica para o Cerrado com maior área queimada no período inicial da estação seca, de abril a julho, do que no período final, de agosto a setembro. Os motivos desse evento deverão ser investigados, o que incluirá o processamento de dados de outros anos e trabalhos de campo. Por outro lado, a área queimada total estava dentro do esperado com a queima de 27% da área do Parque

Estadual do Jalapão, ou seja, cerca de um quarto da área. O processamento de dados de outros anos permitirá estimar a frequência das queimadas no PEJ.

### **Agradecimentos**

Agradeço ao apoio do corpo técnico e de infra-estrutura da Coordenadoria de Geoprocessamento (COGEO) e do Parque Estadual do Jalapão, ambos componentes da Fundação Natureza do Tocantins (NATURATINS), órgão ambiental do governo do estado do Tocantins.

### **Referências Bibliográficas**

- Alho, C.J.R.; Martins, E.S. **De grão em grão, o Cerrado perde espaço - Cerrado: impactos do processo de ocupação**. Brasília: Fundo Mundial para a Natureza (WWF), 1995. 66 p.
- Chuvieco, E.; Martin, M.P. Global fire mapping and fire danger estimation using AVHRR images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 60(5):563-570, 1994.
- Consórcio CTE/MRS. **Plano de manejo do Parque Estadual do Jalapão: Diagnóstico e Planejamento**. Palmas, TO: Consórcio CTE/MRS / Naturatins, 2003. 96 p.
- Coutinho, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G. (Ed.) **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 6, p. 82-105.
- Crutzen, P.J.; Andreae, M. O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, 250:1669-1678, 1990.
- Divisão de Processamento de Imagens / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DPI/INPE). **SPRING**. Disponível em <[www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring)>. Acesso em 17/novembro/2008.
- França, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. 2000. 161 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2000.
- França, H.; Ramos Neto, M.B.; Setzer, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2007. 140 p.
- Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.G.P.; Caldas, E.F. Gonçalves, D.A.; Santos, N.S.; Tabor, K.; Steininger, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional Brasil, 2004. 23 p. Relatório Técnico.
- Mantovani, J.E.; Pereira, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal do Cerrado através de dados TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9., 1998, Santos. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998. p. 1455-1466. CD-ROM, On-line. ISBN: 85-17-00015-3. Disponível em: <[http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57/doc/2\\_168p.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57/doc/2_168p.pdf)>. Acesso em: 17/Nov/2008.
- Miranda, H.S.; Rocha e Silva, E.P.; Miranda, A.C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: Miranda, H.S.; Saito C.H.; Dias, B.F.S. (Eds). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Departamento de Ecologia (ECL) / Universidade de Brasília (UnB), 1996. p. 1-10.
- Mistry, J. Decision-making for fire use among farmers in savannas: an exploratory study in the Distrito Federal, central Brazil. **Journal of environmental Management**, 54:321-334, 1998.
- Moreira, A. G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de cerrado. In: Miranda, H.S.; Saito C.H.; Dias, B.F.S. (Eds). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Departamento de Ecologia (ECL) / Universidade de Brasília (UnB), 1996. p 112-121.
- Moreira, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, 27: 1021-1029, 2000.
- Mueller-Dumbois, D.; Goldammer, J.G. Fire in the tropical ecosystems and global environmental change: an introduction. In: Goldammer, J.G. (Ed.) **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. p. 1-10.
- Oliveira, P.E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano, S.M.;Almeida, S.P. (Eds). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-Cerrados, 1998. p. 169-192.
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Cerrado. In: Sano, S.M.;Almeida, S.P. (Eds). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-Cerrados, 1998. p. 89-166.