

## **Análise espacial de focos ativos nas áreas prioritárias para conservação e áreas antropizadas no estado de Minas Gerais durante o período de 2000 a 2011.**

Allan Arantes Pereira<sup>1</sup>  
Fausto Weimar Acerbi Júnior<sup>2</sup>  
Marcelo Dias Teixeira<sup>2</sup>  
Thomaz Alvisi de Oliveira<sup>1</sup>,  
José Roberto Soares Scolforo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS/  
Campus Poços de Caldas  
Caixa Postal 37-701-642 – Poços de Caldas - MG, Brasil  
allan.pereira@ifsuldeminas.edu.br, thomaz.oliveira@ifsuldeminas.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras - UFLA  
Caixa Postal 37-200-000 - Lavras - MG, Brasil  
fausto@dcf.ufla.br, mxdtx@yahoo.com, jscolforo@dcf.ufla.br

**Abstract.** Forest fires can result in the loss of biodiversity due to the destruction of natural habitats and are considered a misdemeanor, as defined by Federal Law n°. 12.727/12. Areas protected by law, located around the agricultural and forestry production, besides hosting species of fauna and flora of ecological importance, may show high combustibility. This study aimed to map the intensity of foci of fires active in the period from 2000 to 2011, in areas of high biodiversity and anthropogenic alteration of the state of Minas Gerais, according to indexes integrity of the flora of Ecological and Economic Zoning of Minas Gerais. Data on active foci are derived from NOAA satellites 12 and 15, sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), with spatial resolution at nadir of 1.10 km<sup>2</sup> and revisits in the same point every 12 hours. From the use of the method Kernel of interpolation, we sought to characterize the areas of high ecological importance where wildfires occur frequently and anthropized areas where fire is used for the management of land use in the form of controlled burning. The methodology utilized allowed to characterize the areas according to the intensity of active foci in the period considered. The result was the identification of areas of high ecological relevance where forest fires are frequent and recurrent and the areas where fires probably occurred for agricultural or forestry purposes.

**Palavras-chave:** Forest fires, Map of fires, Biodiversity, Incêndios florestais, mapa de incêndios, biodiversidade.

## 1. Introdução.

Incêndios florestais quando recorrentes, provocam a perda da biodiversidade devido a destruição dos habitats naturais, poluem a atmosfera provocando doenças respiratórias, além de propiciar o aceleração dos processos erosivos com a remoção da vegetação e exposição do solo às intemperes. Portanto, promovem a degradação do meio ambiente e são considerados como contravenção penal, tal como preconiza a Lei Federal nº 12.727/12.

No entanto, em alguns casos a Lei autoriza o uso do fogo no meio rural mediante técnicas de queima controlada, regulamentada pelo Decreto Federal nº 2.661/98. Em atividades agropecuárias e silvícolas, a prática do uso do fogo é comum para a conversão de uso da terra, preparo do plantio ou para facilitar a colheita como no caso da cana de açúcar. Porém, quando realizada sem as devidas precauções, o fogo pode perder o controle e provocar incêndios florestais de grande proporção, principalmente quando encontra condições propícias de baixa umidade e material combustível. Neste caso, a prática é considerada crime ambiental com sanções penais previstas na Lei Federal nº 9.605/98, que trata de Crimes Ambientais.

As áreas protegidas pela Legislação (Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal, Unidades de Conservação e Florestas sob o domínio de Mata Atlântica) são áreas circunvizinhas à produção agropecuária e silvícola que não só abrigam espécies da fauna e flora de relevância ecológica, como também apresentam alta combustibilidade. Em condições de baixa umidade tornam-se susceptíveis aos incêndios e apesar da Lei Federal nº 12.727/12 e Lei Federal nº 9.985/00 proibirem o uso do fogo nestas áreas, ainda são frequentes os incêndios florestais (SOARES & SANTOS, 2002; KOPROSKI et al., 2004; MEDEIROS et al., 2004; FIEDLER et al., 2006; COSTA et al., 2009; GONÇALVES et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2012; PEREIRA et al., 2012). Tal fato impõe cuidado com a prevenção e controle do fogo deve ser redobrado.

O planejamento de ações preventivas e de combate ao fogo requer a abordagem das questões estruturais, referentes aos equipamentos utilizados e à formação de brigadistas, por exemplo, e das questões de pesquisa e conhecimento da dinâmica dos incêndios, a partir do estudo dos locais de ocorrência, períodos e características do processo. Um dos principais fundamentos para os planos de prevenção de em áreas protegidas é a pesquisa sobre o histórico do fogo na unidade de conservação.

Dados históricos possibilitam a geração de mapas de áreas críticas e o direcionamento dos trabalhos de prevenção. Os mapas sobre distribuição geográfica, quantidade e qualidade dos recursos naturais são os pontos iniciais da maioria dos trabalhos de planejamento e são elaborados a partir dos dados históricos, geofísicos, bióticos e sócio-demográficos.

No Brasil, dados históricos sobre os incêndios florestais são ainda incipientes e restritos a algumas unidades de conservação. Em áreas remotas, por exemplo, o registro dos incêndios é tarefa difícil, o que compromete o direcionamento de políticas públicas de prevenção e combate dos mesmos em escala nacional e/ou estadual. Neste sentido, os satélites oferecem boa opção aos trabalhos de investigação de focos ativos de incêndio, uma vez que possibilitam o armazenamento dos dados coletados por imageamento da superfície, com informações cronológicas e locais das áreas investigadas. (BATISTA, 2004). Dados de satélites disponibilizam, ainda, informações espaciais por meio das séries históricas. (PEREIRA et al., 2007; ANDRADE et al., 2009; FONSECA et al., 2009). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibiliza em seu *site* dados de focos ativos em tempo quase real e também a série histórica (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). As análises espaciais dos focos ativos possibilitam verificar a as áreas onde o fogo é mais frequente (COELHO & GUASSELLI, 2009; COUTINHO, 2009, LOPES & SOUZA, 2009).

Este trabalho objetivou o mapeamento da intensidade de focos ativos no período de 2000 a 2011, em áreas de maior biodiversidade e antropização do estado de Minas Gerais, segundo o índice de integridade da flora do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais.

## 2. Materiais e Métodos.

O estado de Minas Gerais, inserido na região sudeste do Brasil, tem área de 58.664.867 ha, 853 municípios e população de 19.855.332 habitantes. É o segundo estado mais populoso do Brasil (IBGE, 2010). Insere-se sob os domínios dos biomas Mata Atlântica e Cerrado e dentro destes biomas estão presentes as fitofisionomias de Floresta Ombrófila, Florestas Estacionais Decíduas e Semi-decíduas, Campos, Campos Rupestres, Campos Cerrados, Cerrados, Cerradões e Veredas (CARVALHO & SCOLFORO, 2008).

O índice de integridade da flora é um fator condicionante para o índice de vulnerabilidade natural, que integra o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais. A integridade da flora foi calculada através da heterogeneidade das fitofisionomias; grau de conservação da vegetação nativa; relevância regional das fitofisionomias e áreas prioritárias para a conservação segundo a Fundação Biodiversitas (SCOLFORO et al, 2007).

Para este trabalho foram consideradas as áreas com índices de integridade da flora “muito alto”, onde se encontra uma maior relevância para conservação no estado de Minas Gerais e as áreas com integridade da flora “muito baixa” sendo aquelas completamente antropizadas e que não são prioritárias para conservação (SCOLFORO et al, 2007). Desta forma, procurou-se caracterizar as áreas de alta importância ecológica onde são frequentes os incêndios florestais e áreas antropizadas onde o fogo é utilizado para manejo do uso do solo sob a forma de queimada controlada.

Os dados de focos ativos são provenientes do satélite NOAA 12 e NOAA 15, os quais fazem parte da série de satélites polares do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). O sensor presente nesta série de satélites NOAA é o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) e possui cinco canais, incluindo visível, infravermelho próximo, infravermelho médio e dois infravermelhos termais (KAMPEL, 2004). A resolução espacial no nadir é de 1,10 km<sup>2</sup> e a revisita ao mesmo ponto ocorre a cada 12 horas (LIU, 2007). A utilização desses satélites se deu devido à disponibilidade da série histórica (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>) e por serem utilizados como referência na detecção de focos ativos.

Devido a baixa resolução espacial dos satélites utilizados, o índice de integridade da flora foi reamostrado com um pixel de 270 x 270m para 1 x 1 km. Após a reamostragem, os dados foram convertidos do formato raster para o formato vetorial e então feita a junção espacial de atributos. Dessa forma foi possível separar os focos ativos que caíram em áreas de integridade da flora muito alta de focos ativos em áreas antropizadas. A partir desses dados foi calculada a densidade de kernel para os focos nas duas situações supracitadas. O estimador Kernel é um interpolador, que calcula a intensidade de um evento em toda a área, sendo utilizado em diversos campos de pesquisa, especialmente nos bancos de dados georreferenciados. (SANTOS e ASSUNÇÃO, 2003). Nesse trabalho, cada foco ativo dos satélites NOAA 12 e NOAA 15 em Minas Gerais no período de 2000 a 2011, é considerado como um evento para a estimativa de intensidade.

A interpolação de Kernel deu origem a 7 classes. Para melhor visualização cartográfica das áreas críticas, procedeu-se a uma reclassificação dessas classes através do algoritmo natural breaks, o qual originou quatro classes: Baixa, Alta, Muito Alta e Extrema. A Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada.

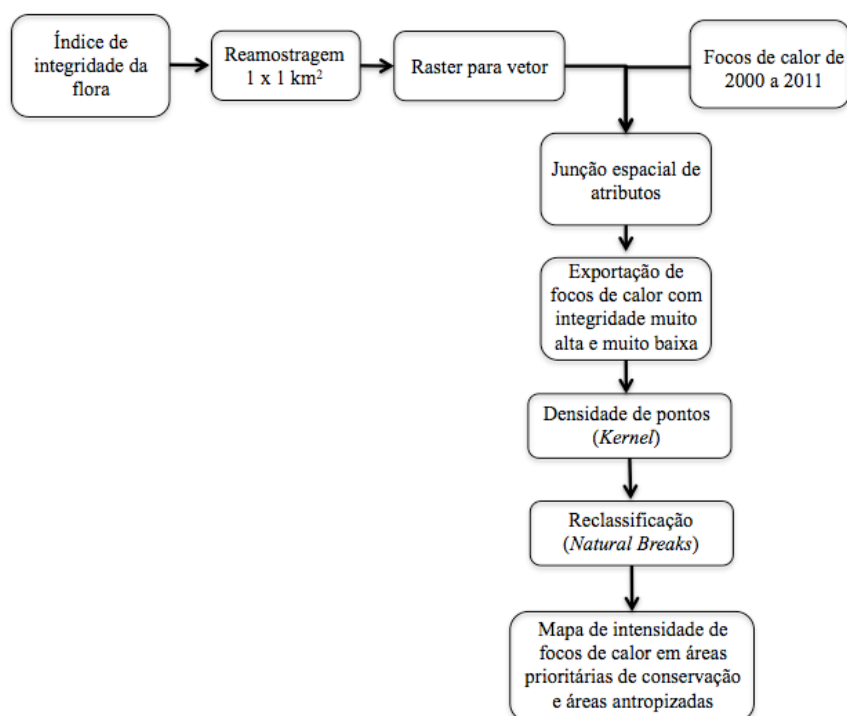


Figura 1: Fluxograma da metodologia utilizada.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Integridade “Muito Alta” da Flora.

O mapa gerado pelo cálculo de densidade de Kernel permitiu a análise qualitativa dos focos ativos em áreas de relevância ecológica no estado de Minas Gerais (Figura 2).

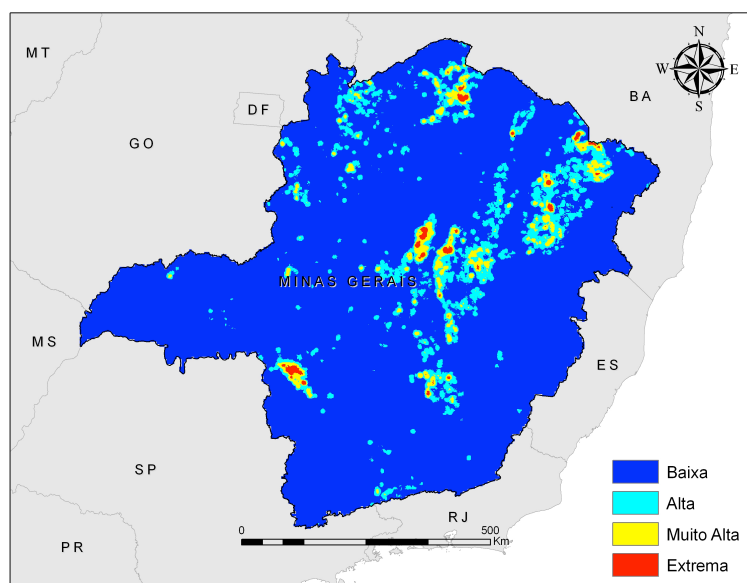


Figura 2: Mapa de intensidade dos focos de calor de 2000 a 2011 nas áreas com índice de integridade “muito alta” da flora.

A classe em vermelho representa áreas com índice Extremo de intensidade dos focos ativos, ou seja, onde os mesmos foram mais frequentes no período de 2000 a 2011. Esta

frequência decresce na medida em que passa para o amarelo, azul claro e azul escuro (considerado nulo). As áreas de alta diversidade no Estado de Minas Gerais que apresentaram maior frequência de focos de calor são: Serra da Mantiqueira, próximo à divisa de estados do Rio de Janeiro e São Paulo; Serra da Canastra, sudoeste do estado; região da Área de Proteção Ambiental (APA) Centro Sul, nas proximidades de Belo Horizonte e Ouro Preto; Serra do Espinhaço e Serra do Cabral na região central do Estado; região da APA Serra do Sabonetal e Parque Estadual Lagoa do Cajueiro no norte do estado ao lado leste do rio São Francisco; o Rio Pandeiros e proximidades do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, ao norte do Estado; oeste do rio São Francisco, nas proximidades do Parque Estadual Serra Nova; região do vale do Jequitinhonha e parte do noroeste do estado.

Na região da Serra da Canastra, Serra do Espinhaço, Serra do Cabral e APA Sul, há predominância da fitofisionomia de campo rupestre. Esta vegetação possui uma alta inflamabilidade, ou seja, pega fogo com muita facilidade, principalmente nos períodos de baixa umidade relativa do ar. São, ainda, áreas são de difícil acesso, o que dificulta o combate aos incêndios. É comum, entre os moradores da região, o uso do fogo para manejo da pastagem sem as devidas precauções, culminando na instalação de incêndios florestais. Isto acontece também nas áreas de campo nativo na região de divisa entre Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, próximo ao Parque Nacional Itatiaia.

Nas regiões norte, noroeste e vale do Jequitinhonha, o fogo também é usado como manejo de pastagem, porém é mais comum seu uso para conversão do uso da terra. Segundo dados do monitoramento de Minas Gerais, estas áreas são as que mais desmatam no estado (VIEIRA, 2011). Um estudo que correlacione focos de calor com áreas desmatadas vem complementar esta análise.

### 3.2 Integridade “Muito Baixa” da Flora.

O mapa abaixo ilustra a intensidade de focos ativos nas áreas mais antropizadas do estado de Minas Gerais. Em vermelho estão representadas as áreas onde a intensidade de focos de calor foi Extrema. Esta frequência decresce no mapa e são representadas pelas classes amarela (muito alta), azul clara (alta) e azul escura (baixo ou nulo) (Figura 3).

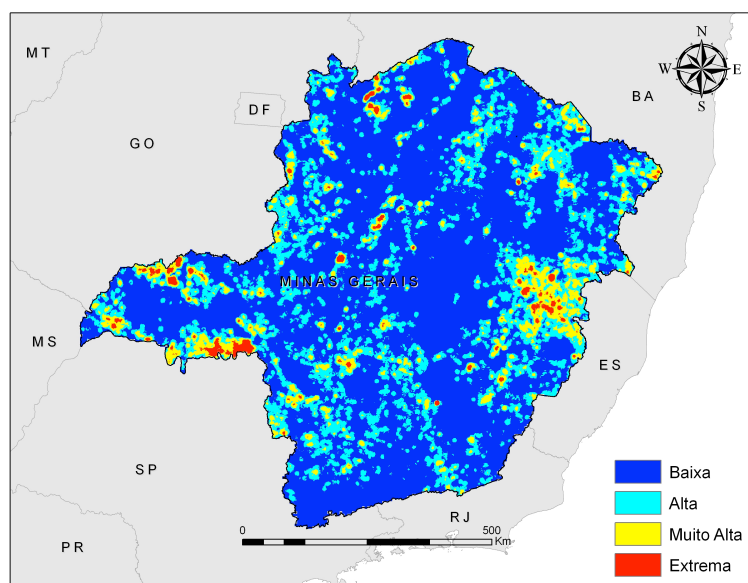


Figura 3: Mapa de intensidade dos focos ativos no período de 2000 a 2011 em áreas com índice de integridade “muito baixo” da flora.

Por se tratar de áreas antropizadas, presume-se que sejam áreas ocupadas por agropecuária ou silvicultura. Na região do Triângulo Mineiro, divisa com os estados de São Paulo e Goiás e na região sudeste do Parque da Serra da Canastra, há uma predominância no cultivo da cana de açúcar, onde é comum o uso do fogo para facilitar a colheita. Já na região próxima a represa de três Marias e centro-oeste do Estado, a predominância da silvicultura pode estar relacionada com o uso do fogo na região. A leste do Estado, região do vale do Rio Doce, o uso do fogo é recorrente no manejo e limpeza da pastagem. Esta prática também é muito comum no sul de Minas Gerais, Zona da Mata e na região do vale do Jequitinhonha. Na região noroeste do Estado o agronegócio e o uso intensivo do solo podem estar relacionados com o uso do fogo.

#### 4. Conclusões

A metodologia abordada permitiu caracterizar as áreas frente a intensidade de focos ativos, no período de 2000 a 2011. Permitiu também identificar as áreas onde possivelmente ocorreram incêndios florestais, que são de alta relevância ecológica e áreas onde provavelmente ocorreram queimadas, sendo essas consideradas antropizadas.

#### 5. Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq pela bolsa de apoio técnico concedida durante o período desta pesquisa, ao Laboratório de Estudos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras e ao Instituto de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais pelo apoio logístico que possibilitou a realização deste trabalho.

#### 6. Referências Bibliográficas

ANDRADE, J. B. de et al. Monitoramento dos focos de incêndios na Mesorregião Oeste do Estado do Maranhão. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: Inpe, 2009. p. 1223 - 1230. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.17.40.42/doc/1223-1230.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2012.

Banco de dados de queimadas. Disponível em: (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). Acessado em 10 mar. 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2012.

BRASIL. **Decreto Federal n. 2.661, de 8 de julho de 1998.** Estabelece normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br>> Acesso em: 4 set. 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2012.

BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de

1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em 27 set. 2012.

BATISTA, A.C. Detecção de Incêndios Florestais por Satélites. **Revista Floresta** 34 (2), 237-241, Curitiba, Pr, Mai/Ago., 2004.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S. **Inventário florestal de Minas Gerais: monitoramento da flora nativa 2005-2007**. Lavras: UFLA, 2008. 318 p.

COELHO, F. F.; GUASSELLI, L. A. Análise espacial dos focos de calor, no período entre 2000 e 2006, no Estado do Rio Grande do Sul. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: Inpe, 2009. p. 5151 - 5158. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.13.18.31/doc/5151-5158.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

COSTA, E. P. et al. Incêndios florestais no entorno de unidades de conservação — estudo de caso na estação ecológica de águas emendadas, Distrito Federal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 19, n. 2, p.195-206, abr. 2009.

COUTINHO, A. C. Padrões da distribuição espacial de queimadas no Estado de Mato Grosso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. 1 CD-ROM.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. de. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 2, p.153-161, 06 jun. 2006.

FONSECA, P. A. M. et al. Monitoramento de focos de calor, risco de fogo, chuvas e previsão do tempo na Amazônia Sul-ocidental: a experiência dos boletins diários para a Região MAP (Madre de Dios-Peru, Acre-Brasil, Pando-Bolívia). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: Inpe, 2009. p. 5227 - 5233. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.05.11/doc/5227-5233.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2012.

GONÇALVES, C. N. et al. Recorrência dos Incêndios e Fitossociologia da Vegetação em Áreas com Diferentes Regimes de Queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 2, p.161-179, 2011.

IBGE 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mg>>. Acesso em 10 set. 2012.

KAMPEL, M. Características Gerais dos satélites NOAA: Histórico, Instrumentos e comunicação de dados. In: FERREIRA, J. F. (Coordenador). **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo. Ed. Oficina de Textos. 2004.

KOPROSKI, L., BATISTA, A., SOARES, R. Ocorrências de incêndios florestais no parque nacional de Ilha Grande - Brasil. **Floresta**, Curitiba, 34, mai. 2005. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2395>>. Acesso em: 16 Nov. 2012.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2007. 908 p.

LOPES, L. H. M.; SOUZA, C. M. A. de. Análise temporal de focos de calor na terra indígena Parakanã, Pará - Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais...**Natal: Inpe, 2009. p. 5295 - 5300. Disponível em:

<<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/10.28.18.53/doc/5295-5300.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2012.

MAGALHÃES, Simone Rodrigues de; LIMA, Gumercindo Souza; RIBEIRO, Guido Assunção. AVALIAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS OCORRIDOS NO PARQUE NACIONAL Avaliação dos incêndios florestais ocorridos ... 135 DA SERRA DA CANASTRA - MINAS GERAIS. **Cerne**, Lavras, Mg, v. 18, n. 1, p.135-141, mar. 2012.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no parque da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2003.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, L. C.; VALADARES, R. Monitoramento dos incêndios florestais no estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 4535-4540.

PEREIRA, A. A. et al. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 335-343, abr./jun. 2012.

SANTOS, A. A. da C.; ASSUNÇÃO, R. M. Aplicação de estruturas de dados espaciais eficientes na estimação de intensidade de processos pontuais. **Brazilian Symposium on GeoInformatics-GEOINFO'2003**. Campos do Jordão, 2003 [online]. Disponível em: <<http://www.geoinfo.info/geoinfo2003/papers/geoinfo2003-54.pdf>> Acesso em 24 ago. 2012.

SCOLFORO, J. R. et al. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2008. 161 p.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 219-225, jul. 2002.

VIEIRA, S. R. Investigating the Driving Forces of Deforestation in the State of Minas Gerais, Brazil. 91 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, 2011.