

Análise dos Focos Ativos em Minas Gerais entre os anos de 2008 a 2013

Allan Arantes Pereira^{1,2}
Luis Marcelo Tavares de Carvalho²
Fabiano Morelli³
Fausto Weimar Acerbi Júnior²

¹Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais –
IFSULDEMINAS/Campus Poços de Caldas
CEP 37701-103 – Poços de Caldas - MG, Brasil
allan.pereira@ifsuldeminas.edu.br

²Universidade Federal de Lavras – UFLA
Caixa Postal 37200-000– Lavras - MG, Brasil
passarinho@dcf.ufla.br; fausto@dcf.ufla.br

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
fabiano.morelli@cptec.br

Abstract. The aim of this work is verify which areas active focus are more frequent and recurrent in the Minas Gerais state. For this, we calculated the average annual density and recurrence of active focus from the AQUA-M between the years 2008 to 2013, in boxes of 10 x 10 km over the Minas Gerais state. After, the average annual density and recurrence were reclassified into Low, Medium and High. From the combination of these classes, were generated nine classes that represent the frequency and recurrence of active focus. These classes were analyzed by occupation of native vegetation and commercial reforestation. It was found that 7.5% of the native remaining forests are areas with high frequency and high recurrence, providing a scenario of loss of biodiversity. The seasonal Dry Forests, Cerrado and Campo Cerrado and Campo were the forest types with greater density and recurrence. These kind of forest may be considered at higher risk of fire when compared to the other classes. In contrast, the rainforests Forests, Savanna and semideciduous seasonal forests had lower density and recurrence. These kind of forest can be considered lower risk of fire when compared to the other classes. The economic use of forests (Eucalyptus and Pinus) had areas that indicate frequent and recurrent fires, causing economic losses.

Palavras-chave: active focus, spatial analysis, wildfire, focos ativos, analise espacial, incêndios florestais.

1. Introdução.

Conhecer onde, quando e como ocorrem os incêndios florestais é de interesse para o manejo, a prevenção e o combate a esse sinistro. Porém, em áreas remotas e de difícil acesso, a coleta da informação no campo não é uma tarefa trivial. Nesse contexto, o sensoriamento remoto é uma ferramenta indispensável, uma vez que é possível coletar informações sem a necessidade de ir ao local.

No Brasil, o registro diários de focos ativos obtidos por sensoriamento remoto iniciou-se em 87, projeto SEQE – Sensoriamento Remoto de Queimadas por Satélite, através de uma parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), órgão extinto em 89, após a criação do IBAMA (SETZER et al., 1992).

Os focos ativos fornecem informações sobre onde e quando estão acontecendo as queimadas e, apesar de serem dados pontuais e adimensional, ainda assim, são utilizados em vários estudos para análise de séries históricas (OLIVEIRA DE SOUZA et al., 2012; PEREIRA et al., 2014).

Para melhor compreensão da ocorrência das queimadas, diversos estudos foram desenvolvidos com intuito de caracterizar focos ativos e suas relações com variáveis

ambientais, sociais e econômicas, (CHUVIECO et al., 2008; OLIVEIRA DE SOUZA et al., 2012).

No entanto, a heterogeneidade das variáveis supracitadas e os diferentes motivos do início das queimadas antrópicas, dificultam um modelo global generalista que explicaria as relações do uso do fogo com as questões sociais, econômicas e ambientais.

O Estado de Minas Gerais possui dimensões maiores que países como França e Espanha, Minas Gerais possui uma grande variação geomorfológica, climática, vegetação, o que influencia diretamente no uso do fogo e na propagação dos incêndios florestais. Devido a extensão territorial do Estado e a ocorrência de grandes incêndios em áreas remotas, o registro sistemático das queimadas é limitado a apenas algumas unidades de conservação.

O objetivo deste trabalho é analisar a Densidade Média Anual e a recorrência dos focos ativos em Minas Gerais, com o intuito de responder as seguintes questões: 1) Quais as áreas de Minas Gerais onde os focos ativos são mais frequentes e recorrentes e; 2) Quais tipologias florestais de Minas Gerais onde os focos ativos são mais frequentes e recorrentes.

2. Metodologia de trabalho.

2.1 Área de Trabalho:

A área de estudo abrange os limites do estado de Minas Gerais, localizado na região sudeste do Brasil, com 853 municípios e uma população de aproximadamente 20 milhões de habitantes (IBGE, 2010).

A área do estado é de 586.528km², com altitudes que varia de 60 m a 2891 m e condições climáticas com áreas sub-úmidas no sul do estado, passando a condições de semi-árido ao norte. Segundo resultados apresentados no Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais, o Estado é caracterizado pela diversidade de ecossistemas, geomorfologia, condições climáticas, socioeconômicas e culturais (SCOLFORO et al., 2007).

2.2 Focos Ativos

Para este trabalho, foram utilizados dados dos focos ativos do satélite MODIS sensor AQUA, produto da Universidade de Maryland, utilizado como referência para comparações estatísticas (FAQ de queimadas, INPE). A resolução espacial das imagens provenientes desse sensor é de 1x1km no Nadir e uma frequência temporal de duas passagens por dia (manhã e tarde). Os focos ativos foram adquiridos por meio de download do site de queimadas em 01/05/2014 já no formato shapefile e com atributos como local, data e hora da detecção.

2.3 Mapa de vegetação

O mapeamento da vegetação do Estado teve início em 2003 através do projeto intitulado Inventário Florestal de Minas Gerais, com base em imagens Landsat5 TM e, desde então, vem sendo atualizado pelo projeto Monitoramento da flora de Minas Gerais (CARVALHO & SCOLFORO, 2008). Foi utilizado o mapa de vegetação do ano de 2009 que contém 17 classes temáticas, sendo 13 tipologias vegetais, 2 classes de reflorestamentos, corpos d'Água e área urbana.

Para esse trabalho considerou-se 11 tipologias florestais sendo 9 classes de florestas nativas (Cerrado, Campo Cerrado, Cerradão, Campo, Campo Rupestre, Veredas, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila) e duas classes de reflorestamento. Não foi considerado a divisão entre Florestas Montana e Submontana para as tipologias de Mata Atlântica, devido a baixa Densidade Média Anual de focos nessas classes.

2.3 Densidade Média Anual (AFD) e recorrência de focos ativos.

Para a análise da densidade média anual e da recorrência do fogo, dividiu-se os limites do estado de Minas Gerais em quadrículas de 10x10km. A densidade média de fogo (ADF) é

igual a soma de todos focos ativos dividido pelo total de número de anos analisados (neste estudo representam seis anos). A análise da recorrência representa quantos anos tiveram presença de focos ativos na quadrícula em análise.

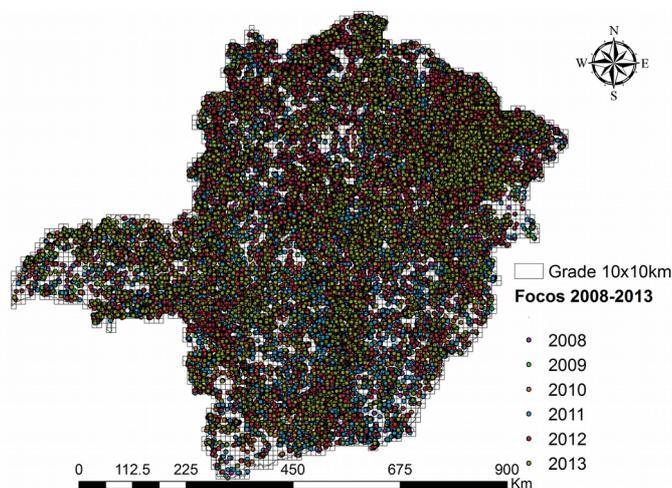


Figura 1. Limitófes do Estado de Minas Gerais dividido em quadrículas de 10 x 10km, durante os anos de 2008 a 2013.

Para melhor interpretação dos resultados, a AFD foi multiplicado por 10000. Após o cálculo para cada quadrícula, os resultados da Densidade Média Anual e recorrência para Minas foram reclassificados em três classes temáticas sendo a AFD dividida pelo método quantil em **Alta (H)**, **Moderada (M)** e **Baixa (L)**; e a recorrência dividida da seguinte forma; **Baixa** para quadrículas com recorrência de focos em 0 a 2 anos; **Média** para quadrículas com recorrência de focos em 3 e 4 anos; **Alta** para quadrículas com recorrência de focos em 5 e 6 anos.

Em seguida, a combinação das classes de AFD e recorrência criou-se nove classes que representa a AFD e a recorrência de focos ativos no estado de Minas Gerais (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de Densidade Média Anual e recorrência e a sua interpretação.

Sigla	Frequência	Recorrência	Interpretação
HH	Alta	Alta	Áreas com grandes queimadas e recorrência praticamente todo ano.
HM	Alta	Moderada	Áreas com grandes queimadas e recorrência quase todos os anos.
HL	Alta	Baixa	Áreas com queimadas muito grandes, recorrentes em poucos anos.
MH	Moderada	Alta	Áreas com queimadas médias e recorrência praticamente todos os anos
MM	Moderada	Moderada	Áreas com queimadas médias recorrência em quase todos os anos
ML	Moderada	Baixa	Áreas com queimadas médias e recorrência em poucos anos
LH	Baixa	Alta	Áreas com pequenas queimadas e recorrência praticamente todos os anos
LM	Baixa	Moderada	Áreas com pequenas queimadas, recorrentes quase todos os anos
LL	Baixa	Baixa	Áreas com muito pouca ou nenhuma incidência de focos ativos

3. Resultados.

3.1 Análise da Densidade Média Anual e Recorrência de focos ativos em Minas Gerais

Os resultados de AFD e Recorrência mostraram uma tendência clara de áreas críticas no noroeste do Estado. Porém, outras áreas de relevância ecológica tiveram altos valores de

densidade média anual e recorrência. As figuras 2 e 3 mostram os valores de densidade média anual e recorrência para o estado de Minas Gerais nos anos de 2008 a 2013.

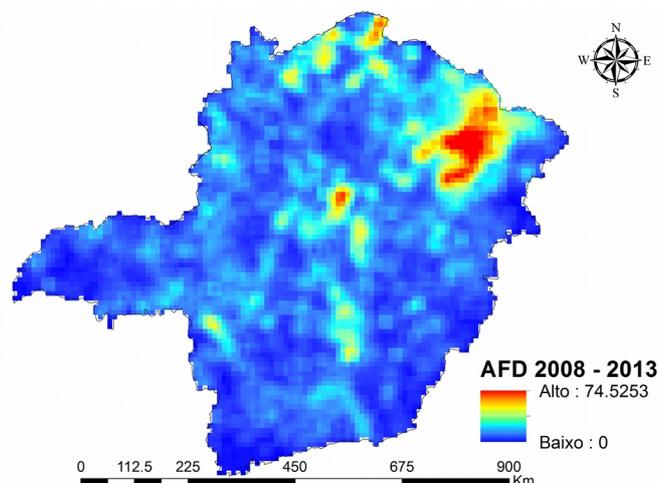


Figura 2. Densidade Média Anual (ADF) dos focos ativos entre os anos de 2008 a 2013.

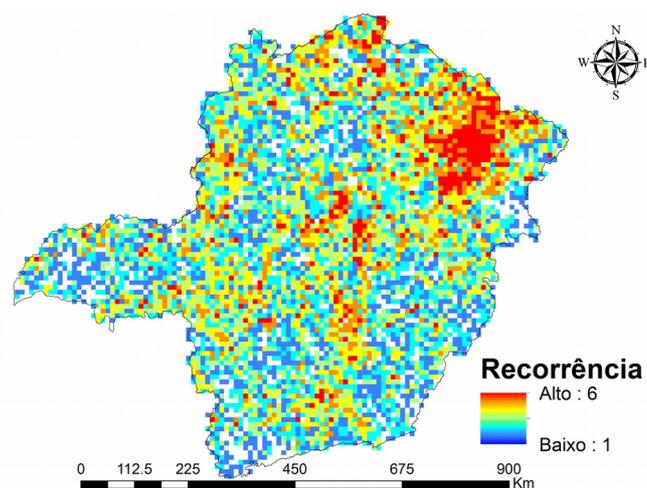


Figura 3. Recorrência Anual dos focos ativos entre os anos de 2008 a 2013.

Com a finalidade de verificar as áreas de alta densidade e áreas em que o fogo é recorrente praticamente todos os anos, os mapas acima foram reclassificados e combinados, gerando nove classes conforme apresentado na metodologia. Dessa forma, as áreas de alta densidade e alta recorrência são consideradas as áreas mais críticas quanto as queimadas. Porém, classe intermediárias como alta densidade e moderada recorrência, ou então moderada densidade e alta recorrência, também são áreas que merecem atenção.

Em contraste, áreas de baixa frequência e baixa recorrência é o cenário mais desejado, seguido de áreas de baixa a moderada nas classes de combinações entre densidade média anual e recorrência. A figura 4 mostra as classes de regime de focos ativos fogo mostram as nove classes derivadas da combinação entre ADF e recorrência.

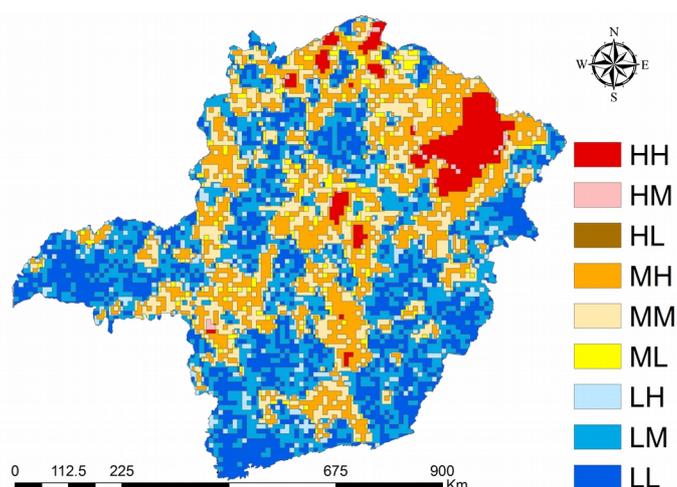


Figura 4. Classificação do regime de focos ativos em Minas Gerais

Sendo considerado o cenário mais crítico quanto as queimadas a classe de alta densidade média anual e alta recorrência (HH), o Nordeste é a região mais crítica de Minas Gerais. Essa região está inserida no domínio da mata atlântica, com presença de floresta estacional decidual (CARVALHO & SCOLFARO, 2007).

Outras regiões consideradas críticas são a Serra do Cabral e Serra do Espinhaço (pouco acima do centro do Estado) e região do Norte. Nessas áreas, a vegetação de Campo nativo e Campo Cerrado favorece a criação de gado de baixa ou nenhum nível de tecnificação. Assim, o produtor rural utiliza do fogo para manejo do pasto e devido as características de alta combustibilidade dessa fitofisionomia, em condições de baixa umidade e vento, o fogo se alastra podendo causar grandes áreas queimadas. O difícil acesso também é um fator determinante para a grande quantidade de focos ativos, pois isso prejudica a chegada de brigadas para controlar os incêndios.

Nas áreas críticas ao Norte do estado estão o mosaico de Unidades de Conservação, sendo o sistema de áreas protegidas do Jaíba ao leste do rio São Francisco, e ao oeste do rio as Áreas de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros e Rio Cochá e Gibão, além do Parque Estadual da Serra das Araras, Parque Nacional Grande Sertão Veredas e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Veredas do Acari.

Outras regiões que merecem atenção são: região sudoeste, onde se encontra o Parque Nacional da Serra da Canastra e na região centro-sul, na área de proteção ambiental centro-sul, que abrange o mosaico de unidades de conservação da APA Centro Sul. São áreas de alta relevância ecológica onde os focos ativos são frequentes e recorrentes.

3.2 Análise das classes de regime de focos ativos nas tipologias florestais;

Os resultados da análise das classes de regime de focos ativos mostraram que 24% da área recoberta pelas tipologias florestais analisadas, há presença de focos ativos praticamente todos os anos e com uma Densidade Média Anual moderada. A tabela 2 apresenta as classes de regime de focos ativos e a ocupação por classes de tipologia vegetal em quilômetros quadrados.

Tabela 2. Área de ocupação das classes de queimadas por classe de tipologia florestal (km²)

Classes	HH	HL	HM	MH	ML	MM	LH	LL	LM	Total
Campo	1245	15	307	10950	1928	9641	2185	5001	7015	38287
Campo cerrado	3451	2	167	4060	452	2936	568	1133	2001	14771
Campo rupestre	895	0	68	2635	307	1722	111	62	357	6157
Cerradao	0	0	0	206	47	182	268	1796	1022	3520
Cerrado	4084	43	382	14207	3612	10944	2785	8924	9521	54502
Eucalipto	413	0	12	2407	765	3435	648	2862	3248	13792
Floresta Estacional Decidual	4646	29	329	4955	1822	4036	602	1182	1525	19126
Floresta Estacional Semidecidual	1813	1	273	10815	1669	8020	3412	12829	12791	51622
Floresta Ombrófila	0	0	0	35	4	3	186	1421	586	2234
Pinus	130	0	0	411	85	161	112	342	189	1430
Urbanizacao	53	0	2	1402	118	467	221	258	510	3032
Vereda	135	3	12	514	160	542	195	1341	1157	4059
Total	16985	94	1570	53184	11238	50791	11603	39670	41464	226599
Total %	7.5	0.0	0.7	23.5	5.0	22.4	5.1	17.5	18.3	100.0

Outra informação importante apresentada por essa análise é que 7,5% das áreas recobertas pelas tipologias florestais analisadas pegaram fogo todos os anos e apresentaram uma alta intensidade de focos ativos. Ao analisarmos apenas as tipologias florestais nativas, podemos verificar que 16542 km² da vegetação nativa do Estado de Minas Gerais estão em áreas com alta Densidade Média Anual e recorrência de focos ativos, podendo levar a perda da biodiversidade.

As áreas de baixa Densidade Média Anual e alta recorrência de focos ativos ocuparam 5% da área total analisada. Esse regime de focos ativos pode indicar queimadas menores, porém, com recorrência quase todos os anos.

Em contraste, a classe de alta Densidade Média Anual e baixa recorrência pode indicar áreas em que apenas um ou dois anos tiveram grandes queimadas e portanto foram responsáveis pela alta Densidade Média Anual. Entretanto essa classe não teve representatividade (menos de 1%). A classe de alta Densidade Média Anual e moderada recorrência também pode indicar poucos eventos responsáveis por grandes áreas queimadas e também teve baixa representatividade (1%).

Os resultados mostraram também que as fitofisionomias com focos ativos mais frequentes e recorrentes foram as Florestas Estacionais Deciduais, Cerrado e Campo Cerrado. No entanto, essa análise tende a esconder informação uma vez que não considera a área de ocupação dessa fitofisionomia. Frente a isso, foram calculadas a porcentagem de ocupação de cada classe de regime de focos ativos, para cada uma das classes de tipologias florestais analisadas. A tabela 3 apresenta a porcentagem da área de cada vegetação nas classes de regime de focos ativos.

Tabela 3. Porcentagem de ocupação da vegetação em cada classe de regime de fogo.

Tipologias Florestais	HH	HL	HM	MH	ML	MM	LH	LL	LM
Campo	3	0	1	29	5	25	6	13	18
Campo cerrado	23	0	1	27	3	20	4	8	14
Campo rupestre	15	0	1	43	5	28	2	1	6
Cerradao	0	0	0	6	1	5	8	51	29
Cerrado	7	0	1	26	7	20	5	16	17
Eucalipto	3	0	0	17	6	25	5	21	24
Floresta Estacional Decidual	24	0	2	26	10	21	3	6	8
Floresta Estacional Semidecidual	4	0	1	21	3	16	7	25	25
Floresta Ombrófila	0	0	0	2	0	0	8	64	26
Pinus	9	0	0	29	6	11	8	24	13
Vereda	3	0	0	13	4	13	5	33	28

Essa análise permitiu verificar com maior cautela as vegetações de baixa representatividade de área no geral, porém, com importância ecológica ou econômica, como no caso das veredas, eucalipto e pinus.

As veredas são caracterizadas pelo fogo subterrâneo, e por isso só é captado pelo sistema orbital quando o fogo passa para as copas dos buritizeiros e tomam maior proporção. Devido a sua importância ecológica e baixa resiliência ao fogo, esse bioma deve ser monitorado com maior fiscalização, pois o sistema de monitoramento orbital de baixa resolução espacial não é o mais adequado para registrar queimadas nessa vegetação.

O eucalipto teve a maioria da sua área na classe moderada Densidade Média Anual e moderada recorrência (25%). Provavelmente são áreas onde é comum o uso do fogo em limpeza para plantio. No caso do pinus, a maioria da área está em classe de moderada Densidade Média Anual e alta recorrência (29%). Isso pode indicar incêndios florestais com prejuízos econômicos, vez que o ciclo dessa cultura é maior que o regime de fogo. Todavia, sugere-se uma investigação mais detalhada para verificar tal fato.

A floresta ombrófila apresentou quase toda na classe de baixa Densidade Média Anual e baixas recorrências. Essas florestas são mais úmidas quando comparadas as outras tipologias florestais, o que explica não estarem nas classes de maiores Densidade Média Anual e recorrências.

As Floresta Estacional Semidecidual e Campo Cerrado, são as fitofisionomias com maior porcentagem de ocupação em áreas críticas, sendo 24% e 23% respectivamente.

4. Conclusões

As áreas onde o fogo é mais frequente e recorrente se encontram no Noroeste do estado, Norte (Mosaico de Unidades de Conservação do Alto Médio São Francisco), Centro (Serra do Cabral e Serra do Espinhaço), Centro Sul (APA Centro Sul), Sudeste (Parque Nacional Serra da Canastra).

As Florestas Estacionais Deciduais, Campo Cerrado e Cerrado e Campo, foram as tipologias florestais com maior densidade média anual e recorrência. Essas tipologias florestais podem ser consideradas de maior risco de fogo quando comparada as outras classes.

Em contraponto, as Florestas Ombrófilas, Cerradão e Florestas Estacionais Semideciduais tiveram menores densidade média anual e recorrência. Essas tipologias florestais podem ser consideradas de menor risco de fogo quando comparada as outras classes. As Florestas de uso econômico (Eucalipto e Pinus) apresentaram áreas que indicam incêndios frequentes e recorrentes, causando prejuízos econômicos.

5. Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) pelo apoio logístico que possibilitou a execução desse trabalho e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da Bolsa do Programa de Formação Doutoral Docente do IFSULDEMINAS.

6. Referências bibliográficas

Carvalho, L. M. T.; Scolforo, J. R. S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da flora nativa 2005 – 2007**. Lavras-MG, Editora UFLA, 2008. 357 p.

Chuvieco, E.; Giglio L.; Justice, C. Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. **Global Change Biology**, 14 (2008), p. 1502–1588

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações gerais**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 6 mai. 2014.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Bdqueimadas – Banco de Dados de Queimadas**. São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 10 de jul. 2014.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Bdqueimadas – Perguntas Frequentes**. São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/faq.php>>. Acesso em: 10 de jul. 2014.

Oliveira de Souza A. M.; Pereira, J. M. O. C.; Mota B. W. C.; Santos, J. R. dos. Análise da distribuição de fogos ativos detectados pelo sensor ATSR 2 e sua relação com variáveis Demográficas, ambientais e infra-estruturais: comparabilidade entre métodos de regressão OLS e GWR. **Revista Brasileira de Cartografia**. 2012, N. 64, v. 5. p. 703-721.

Pereira, A. A.; Barros, D. A. de; Pereira, J. A. A; Acerbi Júnior, F. W.; Morelli, F.; & Scolforo, J. R. S. Frequência espaço-temporal dos focos ativos em Minas Gerais durante o período de 1999 a 2009. **CERNE**, 2014. n. 20, v. 3, p. 459-469.

Scolforo, J. R. S.; Carvalho, L. M. T.; Oliveira, A. D. **Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais. Componente Geofísico e Biótico**. Lavras-MG,: Editora UFLA, 2008.

Setzer, A.; Pereira, M.C.; Pereira JR, A.C. O uso de satélites NOAA na detecção de queimadas no Brasil. **Climanálise**, 1992, n. 7, v. 8, p. 40-53.