

Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 701-712
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

QUANTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS FOCOS DE CALOR NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA E ENTORNO NO PERÍODO DE 2007 A 2016

Measurement and Evaluation of Hot Spots in the Chapada Diamantina National Park and Buffer Zone in the Period 2007 to 2016

**Sarah Moura Batista dos Santos¹, Washington de Jesus Sant'Anna da Franca-Rocha¹,
Antônio José Bento-Gonçalves² & Gustavo Macedo de Mello Baptista^{1,3}**

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS
Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente
Av. Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, Feira de Santana - BA, CEP:44036-900, Brasil
saamoura@gmail.com; wrocha@uefs.br

² Universidade do Minho – UMINHO
Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Geografia
Campus de Azurém, Azurém, Guimarães – Portugal, 4800-058
bento@geografia.uminho.pt

³ Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Geociências
Campus Darcy Ribeiro, ICC, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70919-970, Brasil
gmbaptista@unb.br

Recebido em 18 de Fevereiro, 2017/ Aceito em 3 de Abril, 2017
Received on February 18, 2017/ Accepted on April 3, 2017

RESUMO

Compreender a dinâmica dos incêndios na vegetação é essencial na avaliação dos impactos gerados pela ação do fogo, considerando que a queima de biomassa nos ecossistemas tem sido apontada como um dos principais fatores que causam impactos no clima e na biodiversidade. Uma área sob influência do Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) foi selecionada, por ser uma Unidade de Conservação de proteção integral inserida na zona núcleo de três Reservas da Biosfera (Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga). A abordagem utilizada neste trabalho faz uso das informações derivadas das imagens dos satélites NOAA e AQUA/TERRA MODIS, com o objetivo de quantificar e avaliar o comportamento espacial e temporal dos focos de calor detectados na área, considerando na análise um monitoramento no período 2007 - 2016). Para atingir esse objetivo em ambiente SIG foi modelado o padrão de distribuição espacial dos focos, utilizando o estimador de densidade *Kernel*. Com o tratamento empregado, pôde-se modelar espacialmente a distribuição dos focos de calor para os anos estudados no PNCD e área de entorno, observando-se assim o comportamento espacial e temporal do fenômeno. Conclui-se que os meses com maior número de focos de calor são os meses de setembro a dezembro, e que os anos que apresentam maior números de focos são 2008 e 2015 correspondendo aos anos de ocorrência de El

Niño. O estimador de densidade *Kernel*, utilizado para modelar a distribuição espacial dos focos de calor na área de estudo, teve grande relevância e a partir da sua aplicação foi possível obter informações qualitativas sobre o provável padrão de ocorrência de incêndios na região para o período estudado.

Palavras chave: Incêndios Florestais, Monitoramento, Geotecnologias, Unidade de Conservação.

ABSTRACT

Understanding the dynamics of vegetation fires is essential in assessing the impacts generated by fire action, considering that the burning of biomass in ecosystems has been identified as one of the main factors that cause impacts on climate and biodiversity. The National Park of the Chapada Diamantina (PNCD) (Bahia State) was selected as study area, as a Conservation Unit of integral protection inserted in the core zone of three Biosphere Reserves (Mata Atlântica, Cerrado and Caatinga). The approach used in this work makes use of the information derived from the images of the NOAA and AQUA / TERRA MODIS satellites, with the objective of quantifying and evaluating the spatial and temporal behavior of the hot spots detected in the area, considering in the analysis a monitoring in the period 2007 - 2016. To achieve this goal in the GIS environment, the spatial distribution pattern of hot spots was modeled using the Kernel density estimator. With the treatment used, the spatial distribution of the hot spots for the years studied in the PNCD and surrounding area could be spatially modeled, thus observing the spatial and temporal behavior of the phenomenon. It is concluded that the months with the greatest number of hot spots are the months of September to December, and that the years with the highest numbers of hot spots are 2008 and 2015, corresponding to the years of El Niño occurrence. The Kernel density estimator, used to model the spatial distribution of hot spots in the study area, was of great relevance and from its application it was possible to obtain qualitative information about the probable pattern of occurrence of fires in the region for the period studied.

Keywords: Forest Fires, Monitoring, Geotechnologies, Conservation Unit.

1. INTRODUÇÃO

O fogo faz parte da ecologia de muitos ecossistemas (BENTO-GONÇALVES *et al.*, 2012) e sempre esteve presente na história e desenvolvimento da sociedade, uma vez que tem sido utilizado como modo de limpeza de clareiras abertas na floresta para implantação de atividades agrícolas e de pastagem. Dessa forma, assume o papel de “fator ecológico” crucial para o desenvolvimento ou regressão dos sistemas florestais em todo o mundo (FERREIRA-LEITE *et al.*, 2013). O fogo, no entanto, de modo não-controlado, pode configurar uma grande ameaça em muitos ecossistemas (GRANGED *et al.*, 2011), sendo considerado uma das temáticas mais importantes na área das ciências ambientais.

Nota-se que, atualmente, os estudos que buscam entender as dinâmicas que envolvem os incêndios e o ambiente são cada vez mais relevantes. Essa preocupação por parte da sociedade tem como consequência benéfica o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes que contribuem para o entendimento dessa problemática, considerando que a queima de biomassa nos ecossistemas tem sido apontada como um dos principais fatores que causam impactos no clima e na biodiversidade.

No Brasil, o Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) é uma das regiões mais assoladas por constantes queimadas (GONÇALVES *et al.*, 2011; MESQUITA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2013). A elevada frequência do fogo é preocupante, pois essa é uma região de grande diversidade de paisagem no Brasil (FUNCH *et al.*, 2008). Alguns estudos apontam, entretanto, que embora a Unidade de Conservação venha sofrendo queimadas depois da sua criação, determinadas regiões do PNCD não são afetadas por incêndios há muitos anos (MESQUITA *et al.*, 2011).

No entanto, historicamente, antes da criação do Parque Nacional da Chapada Diamantina, grandes extensões de vegetação campestre serviram como fonte natural de alimento para pecuária extensiva, chegando a comportar milhares de cabeças de gado e outros animais de criação (ICMBIO, 2007; GONÇALVES, 2003). As áreas de vegetação campestres, assim como outras tipologias savânicas, sofrem recorrentes incêndios ao longo do tempo (FUNCH *et al.*, 2009; NEVES & CONCEIÇÃO 2010; GONÇALVES *et al.*, 2011; MESQUITA *et al.*, 2011).

A frequência, intensidade e dimensão dos incêndios, no período de estiagem, pode

ser atribuída a causas naturais e sobretudo, resultantes da ação antrópica decorrente da proximidade com assentamentos humanos, de zonas limítrofes com estradas de intensa circulação de veículos e mesmo, de descuidos nos momentos turísticos e de recreação no interior da Unidade de Conservação.

A necessidade de monitorar e quantificar de forma sistemática os incêndios na vegetação leva ao uso intensivo de geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), como ferramentas com capacidade de fornecer a informação necessária para o processo de mapeamento e interpretação de dados provenientes de focos de calor e possíveis incêndios. Assim, mapear os incêndios ocorridos ao longo do tempo possibilita gerar um banco de dados históricos que permite acompanhar as tendências e as causas das modificações do uso do solo e, assim, estabelecer políticas públicas voltadas à proteção e à recuperação dos remanescentes florestais (CARVALHO *et al.*, 2008).

No Brasil, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolve trabalhos de monitoramento desde a década de 1980 (SETZER, 1993; SOUZA *et al.*, 2004), sendo disponibilizado, na internet, um banco de dados com informações sobre focos de calor (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>).

Os dados disponibilizados pelo CPTEC/INPE consideram que a expressão focos de calor é utilizada para interpretar o registro de calor captado na superfície do solo pelo sensor do satélite de referência. Sendo que, esse sensor capta e registra qualquer temperatura acima de 47° C e a interpreta como sendo um foco de calor, ressaltando-se que os mesmos não são necessariamente um foco de fogo ou incêndio (ANTUNES, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2011).

Tais informações são utilizadas por diferentes usuários, como instituições governamentais, pesquisadores, mídia, entre outros, que são responsáveis pela prevenção, combate e o monitoramento de incêndios, como o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO); Sistema Nacional de

Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PrevFogo), vinculado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ao nível estadual, por exemplo, o Programa Bahia Sem Fogo está vinculado ao Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA).

Silva *et al.*, 2013 analisaram o comportamento espacial e temporal dos focos de calor detectados na área do PNCD durante os anos de 2000 a 2011, evidenciando o padrão espaço/temporal na área de ocorrência. Concluíram que, a disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e extensão das áreas queimadas é fundamental para monitorar mudanças no uso e cobertura da terra, elaborar modelos atmosféricos e de impactos climáticos devidos à queima de biomassa, e assim entender a dinâmica de ocorrência dos incêndios (SILVA *et al.*, 2013).

Considerando que, os dados de focos de calor extraídos de imagens de satélites para identificação das áreas de ocorrência de incêndios contribuem de forma eficaz na prevenção, no monitoramento e no combate desses eventos, concebeu-se como objetivo deste trabalho, quantificar e analisar o comportamento espacial e temporal dos focos de calor detectados na área do PNCD e entorno para os últimos 10 anos, definindo assim uma série histórica e também atualizando e expandindo o trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2013).

2. METODOLOGIA

Para realização do presente estudo foi necessária a definição das etapas metodológicas descritas a seguir.

2.1 Definição da área de estudo

O recorte espacial para o desenvolvimento deste estudo contempla os limites do Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua área de entorno (Figura 1), criado pelo Decreto Federal nº 91.655, de 17 de setembro de 1985, com o objetivo de proteger áreas representativas da Serra do Sincorá, assegurando assim a preservação de seus recursos naturais e proporcionando oportunidades controladas para a visitação, a pesquisa científica, a conservação de sítios e a estruturação de interesses histórico-culturais (ICMBIO, 2007).

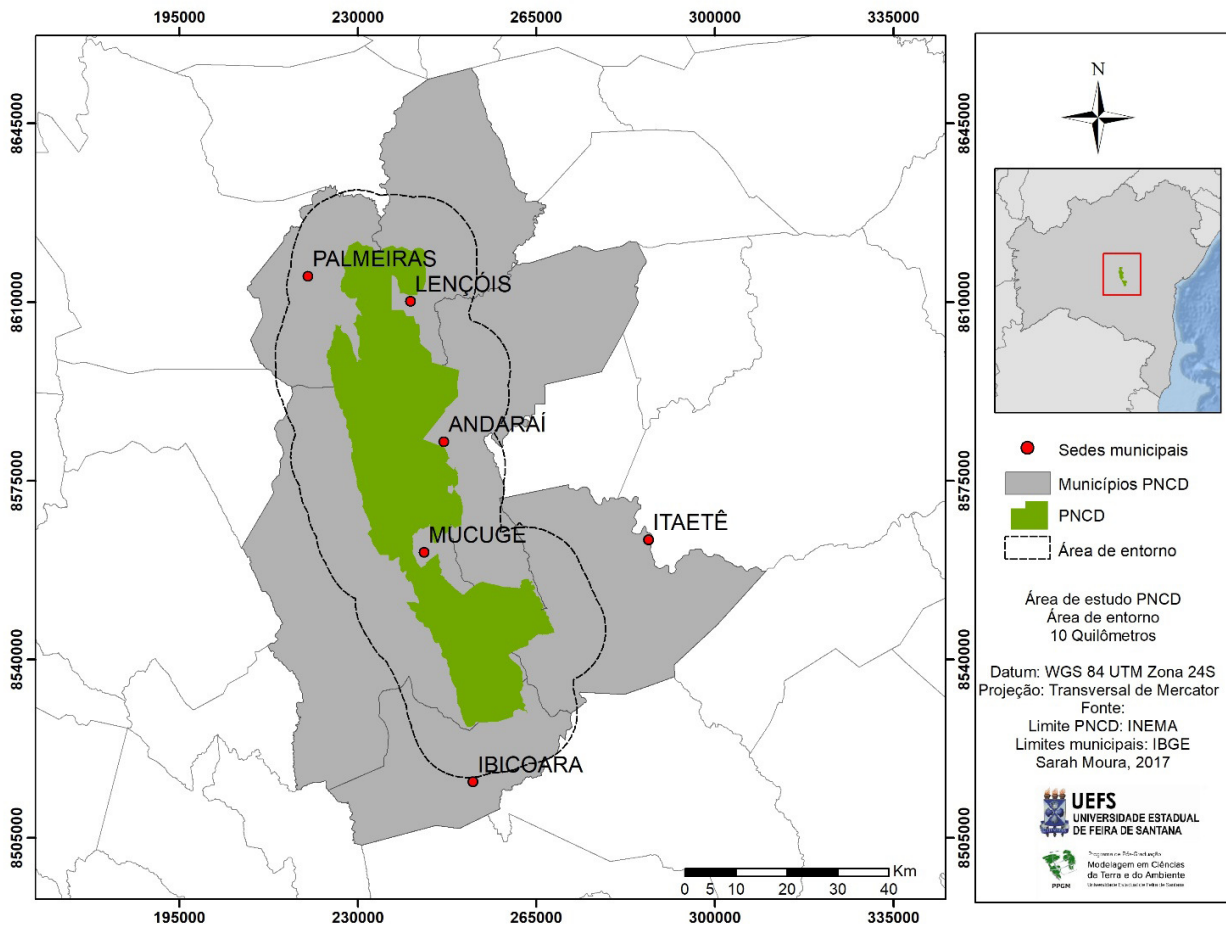


Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo. Parque Nacional da Chapada Diamantina e os municípios que o compõem.

O PNCD compreende uma área de aproximadamente 152.400 hectares, estando situado na parte central do Estado da Bahia, a 425 km de Salvador, e inserido nos municípios de Andaraí, Ibicara, Itaeté, Lençóis, Mucugê e Palmeiras, onde se encontra a sua sede administrativa (Figura 1).

Em relação às suas características físicas, o PNCD corresponde à porção norte da Cadeia do Espinhaço, uma das regiões mais elevadas do Estado da Bahia, formada por um conjunto de serras que em sua maioria possui mais de 500 m de altitude (FUNCH *et al.*, 2008). O embasamento rochoso da Chapada Diamantina se constitui, basicamente, de rochas metassedimentares dos grupos Chapada Diamantina e Bambuí (NOLASCO *et al.*, 2008).

O PNCD compreende a zona núcleo de três Reservas da Biosfera: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga (ICMBIO, 2007). Na área estudada, prevalece a vegetação de campo rupestre, que é um dos tipos vegetacionais encontrados nas

savanas brasileiras (BATALHA 2011). Os campos rupestres, assim como outras tipologias savânicas, sofrem recorrentes incêndios (FUNCH *et al.*, 2009; NEVES & CONCEIÇÃO 2010; GONÇALVES *et al.*, 2011; MESQUITA *et al.*, 2011) e possuem espécies capazes de recolonizar áreas queimadas. Outro aspecto importante a ser considerado é a hidrografia da região, visto que estão localizadas as cabeceiras dos rios das bacias do Paraguaçu, do Jacuípe e do Rio de Contas (FUNCH *et al.*, 2008).

2.2 Coleta e processamento de dados

A análise e a coleta de dados foram organizadas a partir do planejamento e aplicação das etapas representadas no fluxograma metodológico (Figura 2). Para tanto, foi realizado o levantamento dos dados geográficos referentes ao limite da área estudada e dos focos de calor, em formato vetorial, existentes para o PNCD e sua área entorno (10 km) e estruturou-se uma base de dados geográficos. Os dados de focos de calor

se baseiam em pontos que contém informações sobre os focos, possuindo as seguintes variáveis: coordenadas geográficas (latitude e longitude), data da observação do foco de calor (dia, mês e ano), tipo de satélite e município.

Os dados de focos de calor utilizados nesta pesquisa foram provenientes de sensores a bordo dos satélites da série NOAA/AVHRR para os

anos de 2005 a 2009 e dos satélites AQUA e TERRA/ MODIS para os anos de 2010 a 2016 (Tabela 1), cujos dados e informações estão disponíveis aos usuários no Banco de Dados de Queimadas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), e que podem ser encontrados no endereço eletrônico <http://www.cptec.inpe.br/queimadas>.

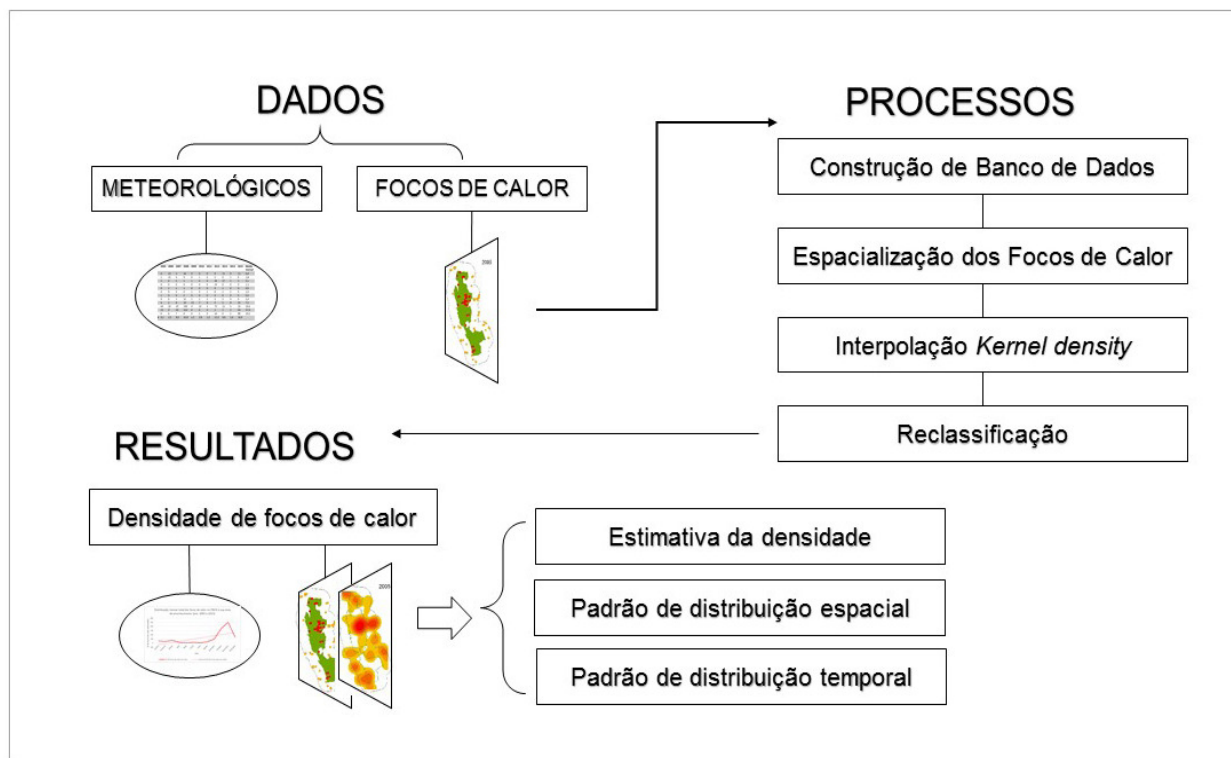


Fig. 2 – Fluxograma metodológico.

Tabela 1: Características dos satélites de referência utilizados pelo INPE para identificação dos focos de calor

Satélite	Resolução espacial (Km)	Resolução temporal	Canal termal
AQUA/TERRA	1 x 1	2x2/dia	20 (3.66-3.84 μm)
Série NOAA	1,1 x 1,1	2x2/dia	3 (3,55-3,93um)

Fonte: Modificado de Pereira, 2009.

Em seguida, em ambiente SIG, foi modelado o padrão de distribuição do conjunto georreferenciados de pontos de calor, utilizando-se o estimador de densidade (*Kernel*). Este estimador é comumente utilizado para gerar uma superfície contínua por meio da interpolação de dados amostrais (SILVA *et al.*, 2013). Este

interpolador desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança, o valor para a célula é a soma dos valores *kernel* sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986).

Para a configuração do *Kernel* foi atribuído o valor de 200m para a resolução “*cell size*”. No campo seguinte definimos um raio para a pesquisa de vizinhança de 4935m, foi aplicado a ferramenta *Calculate Distance Band from Neighbor Count* (ArcGis 10.3) que nos permite avaliar com rigor o valor do raio, ou seja, distância máxima entre os pontos. O resultado cartográfico final dependerá muito do valor que seja inserido neste campo.

Esse procedimento possibilita uma visão

qualitativa dos focos de calor em uma dada região de interesse. Para o processamento foi utilizado o software *ArcGIS 10.3* e a sua extensão *Spatial Analyst*. Para fins de melhor representação e análise dos resultados da interpolação, foram definidas cinco classes de densidade: 1) muito baixa, 2) baixa, 3) média, 4) alta e 5) muito alta.

Para a identificação dos índices pluviométricos da área estudada, foram utilizados dados de valores acumulados mensais de pluviosidade da estação meteorológica de Lençóis – BA, para os anos de 2007 a 2016, obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no endereço eletrônico <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os anos de 2007 a 2016 foram registrados 1.201 pontos de focos de calor para as áreas do PNCD e entorno, assim, foi estruturada uma tabela com o número de focos anuais para cada mês (Tabela 2) e se verificou que os anos de maior incidência de focos de calor na área

de estudo são 2008, com 475 focos detectados, seguido de 2015, com 250 focos detectados e 2012, com 163 focos. O valor registrado em 2008 representa 39,5% do total de focos de calor, já o registrado em 2015 corresponde a 20,8%. Já o ano de 2012 registrou 13,5% do total de focos de calor, para os outros anos foram registrados valores que variam desde 8% a 1% dos focos registrados.

Os dados mostram uma forte concentração da ocorrência de focos de calor nos anos de 2008 e 2015. Esse fato pode ser relacionado aos fenômenos meteorológicos ocorridos nesses anos, ou próximos a eles, como o longo período de estiagem e o El Niño, um fenômeno climático que no Brasil produz secas extremas, visto que, eleva as temperaturas, como avaliado por Silva *et al.* (2013). Os dados encontrados por Mesquita *et al.* (2011) mostram que um forte componente climático tem influenciado a intensidade dos eventos de fogo, considerando que os principais eventos de ocorrência de incêndios coincidem com os anos nos quais ocorreram o fenômeno El Niño.

Tabela 2: Focos de calor detectados entre 2007 e 2016 no PNCD e entorno pelos satélites NOAA e AQUA/TERRA MODIS

Ano Mês	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total mensal
	Janeiro	2	16	0	0	0	0	11	0	11	
Fevereiro	4	9	0	1	0	5	0	1	0	0	20
Março	5	1	1	0	0	28	27	1	3	0	66
Abril	0	0	0	0	0	14	0	0	0	04	18
Mai	1	1	0	0	0	4	1	0	0	08	15
Junho	5	0	1	0	2	8	2	2	0	08	28
Julho	0	2	0	0	0	4	0	0	0	02	8
Agosto	1	12	1	2	3	5	3	0	0	01	28
Setembro	8	10	13	7	8	4	5	8	25	03	91
Outubro	29	100	4	32	4	73	12	5	19	0	278
Novembro	49	324	0	6	0	2	2	2	94	0	479
Dezembro	7	0	0	2	0	16	0	2	98	0	125
Total anual	111	475	20	50	17	163	63	21	250	31	

Fonte: CPTEC, INPE, 2016.

A Figura 3 compreende toda a série histórica do período estudado, onde se observa o quantitativo acumulado de focos de 2007 a 2016 para cada mês, visualizando-se conjuntamente

todo o número de focos detectados. Ao serem analisados, esses dados revelam um padrão de distribuição ao longo dos meses, nos quais se verifica uma tendência de crescimento do

número de focos entre os meses de setembro a novembro com um declínio entre os meses de novembro e dezembro, corroborando com a delimitação de uma temporada de incêndios para a região do PNCD, como é avaliado por Silva e colaboradores (2013).

Pode-se relacionar esse fato a resultados observados por Mesquita *et al.* (2011), de que

em 2008 as condições extremamente favoráveis à ocorrência de incêndios se deram nos meses de outubro e novembro. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia para esse mesmo ano, mostram que o volume de chuvas ficou em 9,4 mm no mês de outubro, fato que propicia a perda da capacidade fotossinteticamente ativa da cobertura vegetal (CONCEIÇÃO & PIVELLO, 2011).

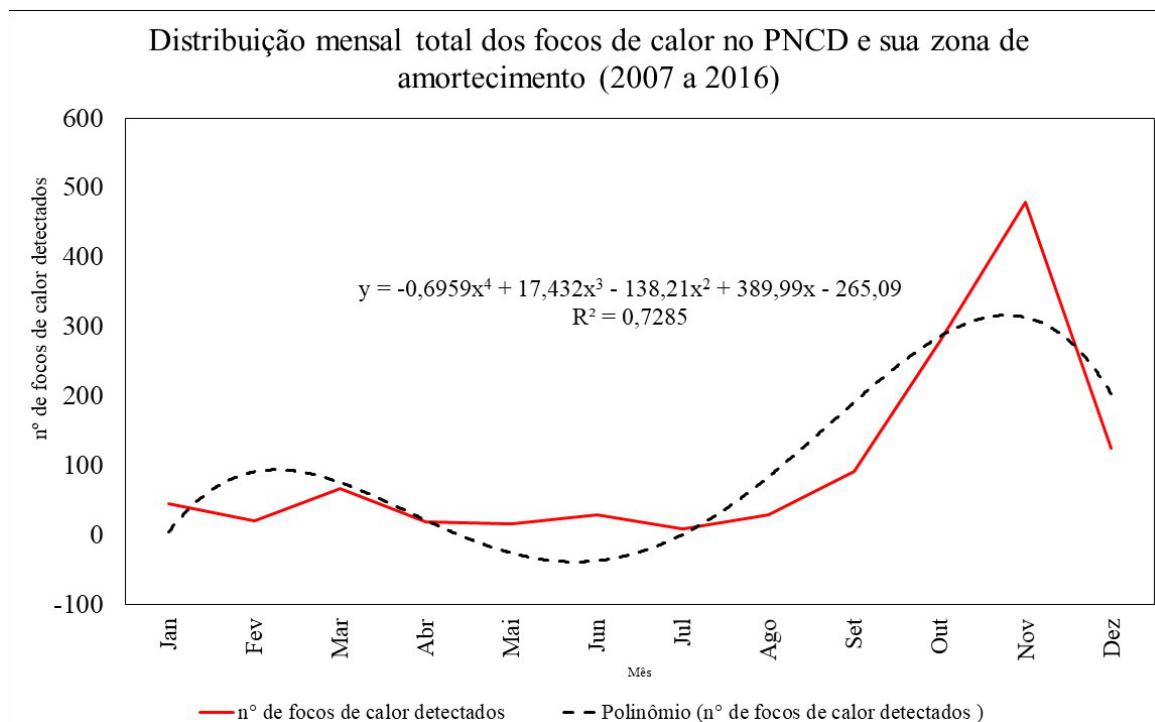


Fig. 3 – Gráfico da distribuição mensal total dos focos de calor no PNCD e entorno para os anos de 2007 a 2016. A linha em vermelho representa os dados de focos de calor por mês. A linha tracejada representa a função polinomial ajustada. Fonte: CPTEC – INPE, 2016.

Para o período estudado (2007 a 2016) o déficit hídrico ocorreu ao longo de todo o período seco o que condiciona um maior risco ao fogo. Nesse período do ano, o material combustível torna-se altamente inflamável, pois há uma redução acentuada nos níveis de umidade, bem como, aumento da temperatura. Fato relacionado aos níveis de precipitação nos meses anteriores ao início da temporada de incêndios, os quais apresentam níveis baixos de precipitação entre os meses de maio e setembro, tal como o aumento da temperatura máxima nos meses de julho, agosto, setembro e outubro (Figura 4), possibilitando assim condições propícias para o desenvolvimento de incêndios.

Em um estudo experimental sobre o combustível disponível para a ocorrência de incêndios em vegetação, na área circundante

ao Parque Nacional da Chapada Diamantina, Conceição e Pivello (2011) observaram que o período com precipitação reduzida que ocorreu 30 dias antes das queimadas experimentais favoreceu a combustão do material, uma vez que, atuou perda da capacidade fotossinteticamente ativa da cobertura vegetal.

Não só as condições de umidade e temperatura, mas também a quantidade de material vegetal morto é importante para o favorecimento do desencadear de incêndios. Para tanto, os autores ainda consideram que a vegetação campestre é considerada uma das mais inflamáveis devido à grande quantidade de combustível fino, o qual ocorre em 76,8% do PNCD, bem como nas formações campestres de Cerrado no entorno do Parque Nacional (FUNCH *et al.*, 2009; CONCEIÇÃO & PIVELLO, 2011).

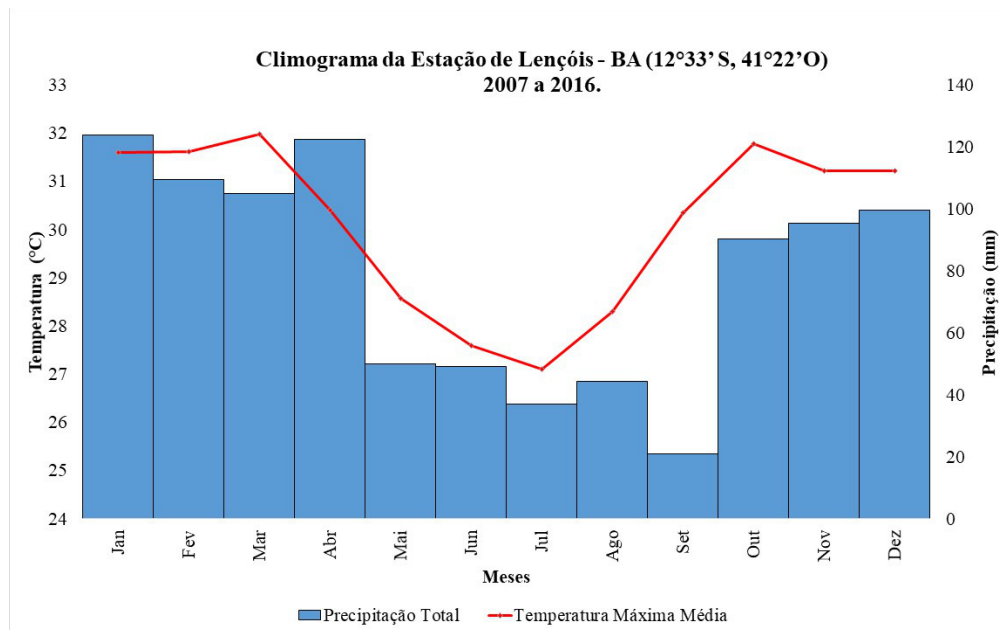


Fig. 4 - Precipitação e temperatura média mensal. O aumento da temperatura a partir do mês de agosto, após meses de pouca chuva, favorece a deflagração de incêndios na vegetação. Fonte: INMET, 2016.

Conseqüentemente, a ocorrência anual dos focos registrados pelos sensores revela o comportamento espacial dos mesmos, na área estudada ao longo de uma escala temporal (10 anos). Para tanto, a ocorrência dos focos para a área do PNCD e no entorno variam ao longo dos anos (Figura 5), tendo os anos de 2008, 2013, 2014 e 2015 registrando maior número de ocorrências de focos de calor, dentro dos limites

da unidade de conservação.

Logo, é importante chamar atenção para os anos de 2008 e 2015, uma vez que, foram os anos que apresentaram maior número de focos registrados. Em 2008 para o total dos focos identificados, 51,9% ocorreram na área do PNCD e 47,1% na área entorno. Já para ano de 2015, 71,2 % dos focos ocorreram dentro dos limites do PNCD e apenas 28,8% na área entorno.

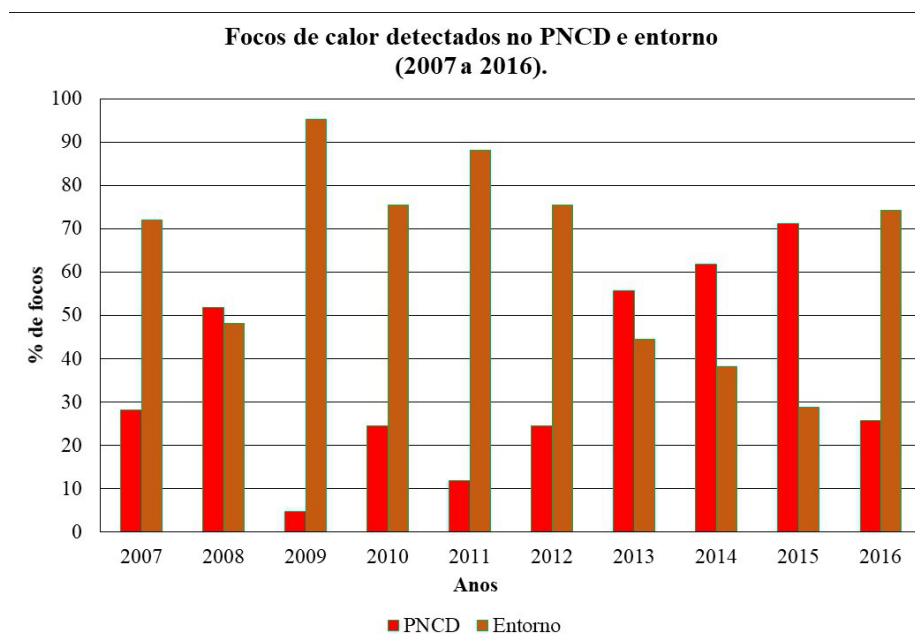


Fig. 5 - Porcentagem da ocorrência dos focos de calor detectados entre os anos de 2007 a 2016 para a área do PNCD e entorno pelos satélites NOAA e AQUA/TERRA MODIS. Fonte: CPTEC – INPE, 2016.

Nos mapas de distribuição espacial dos focos (Figura 6), aplicou-se o estimador de densidade *Kernel* para o total de focos registrados durante os 10 anos estudados, para se ter uma visão geral da distribuição espacial dos pontos, sendo possível apurar a intensidade pontual dos focos de calor de toda área do PNCD e área entorno e com isso verificar as regiões críticas dentro desta delimitação para o período abrangido neste trabalho, que vai de janeiro de 2007 a dezembro de 2016.

Souza *et al.* (2013) aplicaram metodologia similar baseada no estimador de densidade

Kernel para analisar focos de desmatamento e focos de calor em uma unidade de conservação. Foi observado pelos autores que os resultados encontrados pelo estimador de densidade auxiliaram na análise visual para a identificação de alta densidade da ocorrência de determinado fenômeno estudado. Nesse sentido, consideramos que a análise empregada com base no cálculo de densidade dos focos de calor para o Parque Nacional da Chapada Diamantina e entorno apresentam potencial para identificar áreas críticas para a ocorrência de focos de calor na unidade de conservação estudada no período proposto.

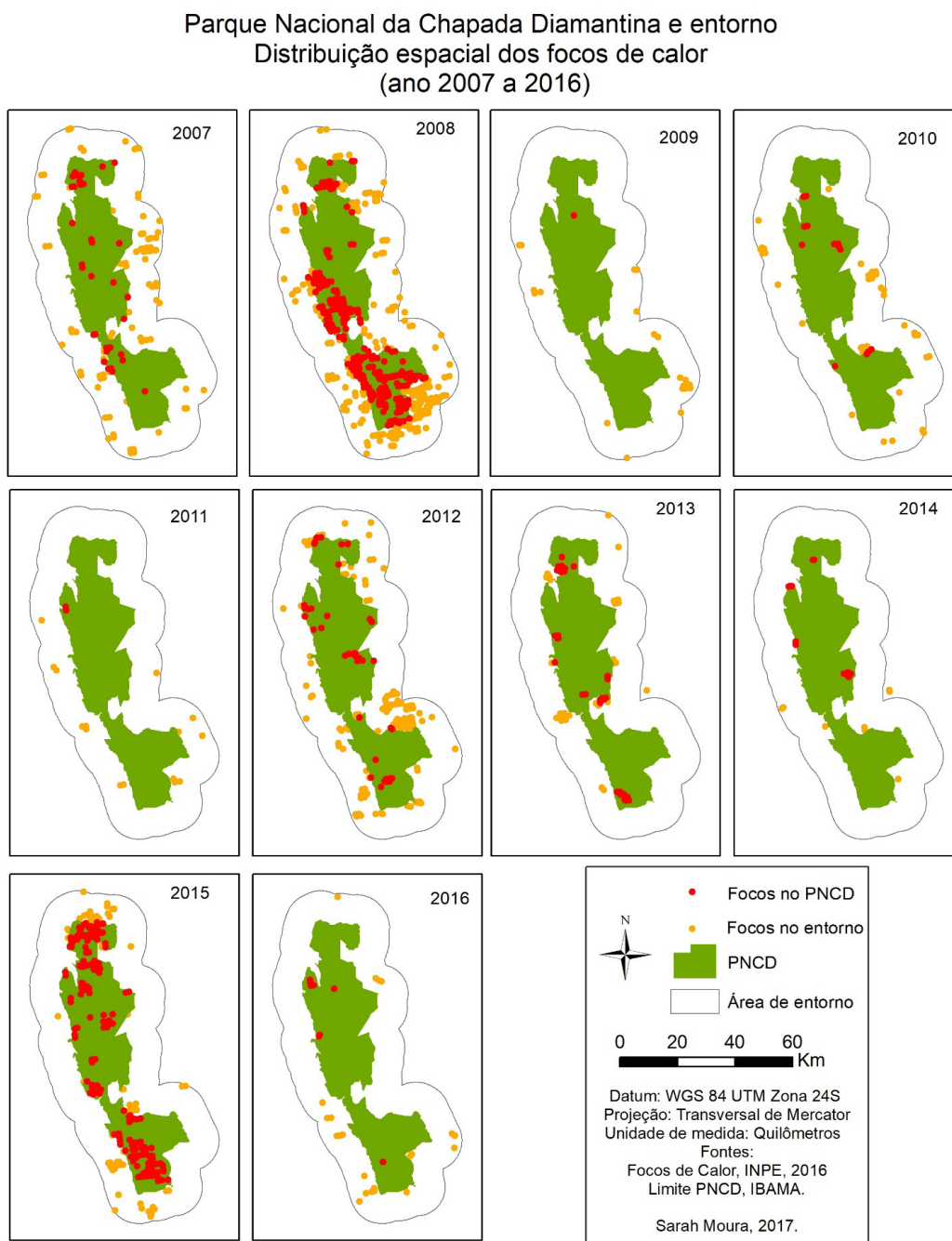


Fig. 6 - Mapas de distribuição espacial dos focos de calor detectados pelos sensores dos satélites NOAA e AQUA/TERRA MODIS para os anos de 2007 a 2016.

Os mapas de *Kernel* para os anos de 2007 a 2016 (Figura 7) evidenciam os resultados da interpolação dos focos de calor, estimando a densidade, considerando que melhoram a análise em relação à sua distribuição. Assim,

os dados apurados demonstram que para o período estudado as regiões norte e sul do PNCD apresentam densidade muito alta de ocorrência de focos de calor.

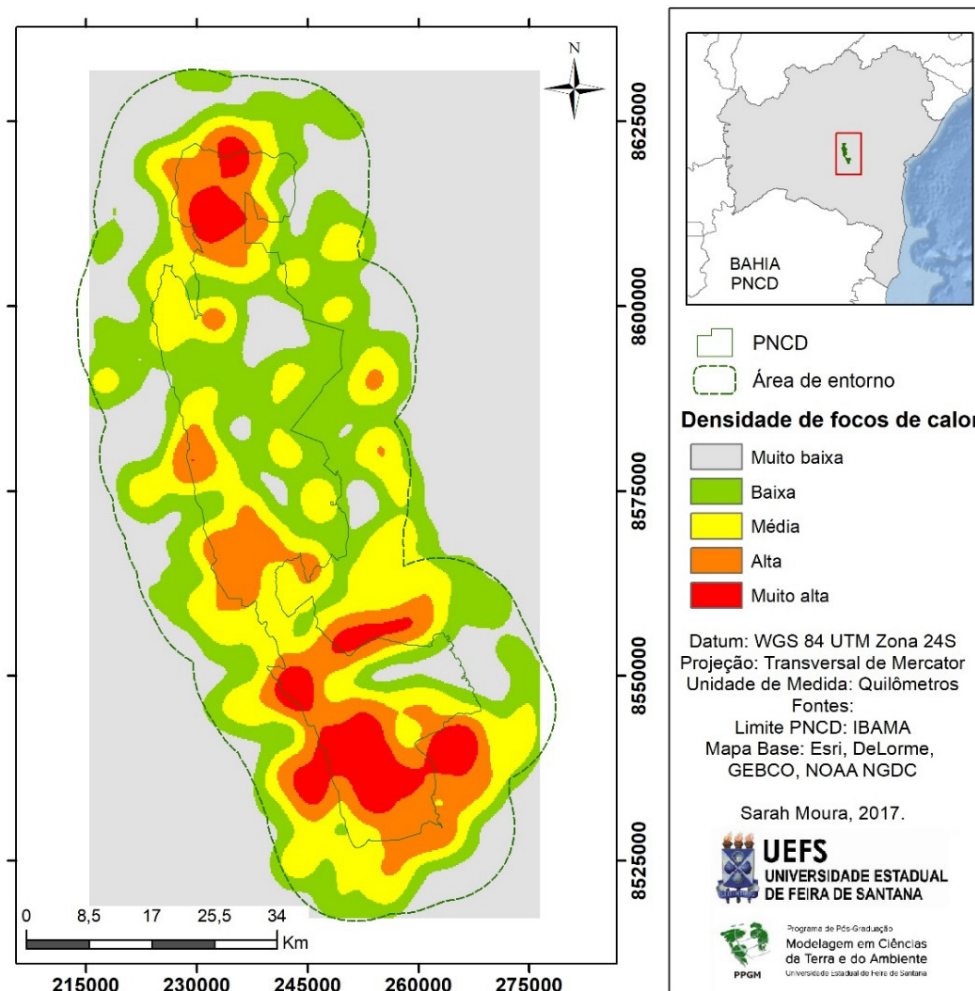


Fig. 7 - Mapa de densidade dos focos de calor detectados pelos sensores dos satélites NOAA e AQUA/TERRA MODIS para os anos de 2007 a 2016 gerada pelo estimador de densidade *kernel*.

Analisando os dados e os resultados obtidos com base na implementação dos processos de modelagem espacial da distribuição dos focos de calor para os anos de 2007 a 2016 no PNCD e área de entorno, verificamos a existência de áreas com densidade muito alta para a ocorrência dos focos nas regiões Norte e Sul da Unidade de Conservação estudada.

Para essa categoria as tipologias de vegetação predominantes são Caatinga arbustiva, Cerrado, Campo Limpo, Campo Rupestre para a região norte. Já para o sul do Parque Nacional as tipologias se repetem com a exceção da Caatinga que não se apresenta e a inclusão de áreas de

agricultura no entorno a oeste da unidade de conservação.

É importante considerar que na região central onde se verifica áreas com alta densidade de focos de calor, a vegetação predominante é do tipo Campo Limpo e Campo Rupestre.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como primeira conclusão, podemos considerar que na análise do comportamento temporal, os meses com maior número de focos de calor são os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, e que os anos que apresentaram maior número de focos foram os

de 2008 e 2015, que correspondem aos anos de ocorrência de El Niño.

O estimador de densidade *Kernel*, utilizado para modelar a distribuição espacial dos focos de calor na área de estudo, teve grande relevância e a partir da sua aplicação foi possível obter informações qualitativas sobre o provável padrão de ocorrência de incêndios na região para o período estudado. Porém, é necessário realizar estudos complementares para tentar entender o padrão de distribuição, considerando a análise de sobreposição de áreas com diferentes densidades para os diferentes anos.

Cabe ressaltar que os dados de focos de calor são indicadores de queimadas, apesar disso, não fornecem informações diretas sobre a extensão da área queimada e sua severidade. No entanto, tais produtos representam bem os aspectos da distribuição espacial e temporal dos focos e podem ser usados como elemento de análise de áreas queimadas, especialmente na ausência de registros de queimadas.

Por fim, o desenvolvimento deste estudo demonstra a necessidade de entender melhor a dinâmica dos incêndios na região do Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua área entorno em função das atividades humanas e da vegetação e fazer análises comparativas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), pela concessão da bolsa de mestrado (Nº BOL0141/2015). Ao Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas). Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente. Ao Campus Avançado da Chapada Diamantina da Universidade Estadual de Feira de Santana. E ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) por todo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, M. A. H. Uso de satélites para detecção de queimadas e para avaliação do risco de fogo. **Ação Ambiental**. v. 12, p. 24-27, 2000.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**. v. 11, p. 21-24, 2011.

BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A.; ÚBEDA, X.; MARTIN, D. Fire and soils: key

concepts and recent advances. **Geoderma**. v. 191, p. 3-13, 2012.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S.; CANDEIAS, H. Tendências de ocupação do solo nas áreas modificadas. In: Carvalho, L. M. T.; Scolforo, J. R. S. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais**. Lavras: UFLA. v. 1, p. 329-354, 2008.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIVELLO, V. R. Biomassa combustível em campo sujo no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Biodiversidade Brasileira**. Ano I, Nº 2, 146-160, 2011.

FERREIRA-LEITE, F.; LOURENÇO, L.; BENTO-GONÇALVES, A. Large forest fires in mainland Portugal, brief characterization. **Méditerranée**. p. 121 53-66, 2013.

FUNCH, L. S.; FUNCH, R.; QUEIROZ, L. P. **Serra do Sincorá - Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Feira de Santana: Radami, 2008. 251p.

FUNCH, R. R.; HARLEY, R. M.; FUNCH, L.S. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9(2). p. 21-30, 2009.

GONÇALVES, C.N. Dezoito mil cabeças de gado que ameaçavam o Parque Nacional da Chapada Diamantina – análise do problema e perspectivas oriundas da retirada dos animais. **Informativo PNCD**. v.2. p.10-11, 2003.

GONÇALVES, N. G.; MESQUITA, F. W.; LIMA, N. R. G.; COSLOPE, L. A.; LINTOMEN, B. S. Recorrência dos Incêndios e Fitossociologia da Vegetação em Áreas com Diferentes Regimes de Queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Biodiversidade Brasileira**. Ano I, n. 2, p. 161-179, 2011.

GRANGED, A. J.P.; JORDÁN, A.; ZAVALA, L. M.; MUÑOZ-ROJAS, M.; MATAIX-SOLERA, J. Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). **Geoderma**, n. 167-168, p. 125-134, 2011.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 08/05/2015.

- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 16/01/2017.
- MESQUITA, F. W.; LIMA, N. R. G.; GONÇALVES, C. N.; BERLINCK, C. N. E LINTOMEN, B. S. Histórico dos incêndios na vegetação do Parque Nacional da Chapada Diamantina, entre 1973 e abril de 2010, com base em imagens Landsat. **Revista Biodiversidade Brasileira**, n.2, p. 228-246, 2011.
- NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botanica Brasílica**. 24(3), p. 697-707, 2010.
- NOLASCO, M. C.; LIMA, C. C. U.; FRANCA-ROCHA, W. J. S.; REGO, M. J. M. Aspectos Físicos da Serra do Sincorá - Chapada Diamantina (Bahia). In: FUNCH, L. S.; FUNCH, R.; QUEIROZ, L. P. (Org.). **Serra do Sincorá - Parque Nacional da Chapada Diamantina**. 1ed. Feira de Santana: Radami Editora, v. 1, p. 17-34, 2008.
- PEREIRA, A. A. Uso de geotecnologia para detecção e análise de queimadas e focos de calor em unidades de conservação no norte de Minas Gerais. **Dissertação de Mestrado** – Lavras: UFLA. p. 91, 2009.
- RODRIGUES, R. R.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. Identificação das zonas de ocorrência de incêndios no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p. 8043-8050.
- SETZER, A. W. Operational satellite monitoring of fires in Brazil. **International Forest Fire News**, v 9, p. 8-11, 1993.
- SILVA, T. B.; FRANCA-ROCHA, W. J. S.; ANGELO, M. F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p. 6969-6976.
- SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Nova York: Chapman and Hall, 1986.
- SOUZA, N. P.; SILVA, E. M. G. C; TEIXEIRA, M. D.; LEITE, L. R.; REIS, A. A.; SOUZA, L. N.; JUNIOR, F. W. A.; RESENDE, T. A. Aplicação do Estimador de Densidade kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p. 4958-4965.
- SOUZA, P. A. L.; SISMANOGLU, R. A.; LONGO, K. M.; MAURANO, L. E.; RECUERO, F. S.; SETZER, A. W.; YOSHIDA, M. C. Avanços no monitoramento de queimadas realizado no INPE. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13. 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004.