

Detecção de focos de calor através de satélites nos distintos biomas Brasileiros de 1999 a 2015.

Maria Flaviane Almeida Silva ¹
Benjamin Leonardo Alves White ²

¹ Universidade Federal de Sergipe - UFS
Avenida Vereador Olímpio Grande, 503 – s/n, Itabaiana - SE, Brasil, CEP 49500-000
flavianesilvaufs@gmail.com

² Universidade Federal de Sergipe - UFS
Avenida Vereador Olímpio Grande, s/n – Itabaiana, – SE, Brasil, CEP 49500-000
benjmk@hotmail.com

Abstract. The use of satellite remote sensing to detect hot spots on the earth's surface has become one of the most used techniques for detecting large burns and wild fires, which are responsible for negative impacts to the environment. The loss of the fauna and flora biodiversity and the release of greenhouse gases are the main issues. This study analyzed the number of hot spots recorded in the six Brazilian biomes through data from INPE reference satellites, for the period of 1999 to 2015. A total of 2,990,145 hot spots were detected during the seventeen years. The year 2010 had the highest incidence and 2000 the least. The months with the highest overall record were, in decreasing order, September, August, October, November, July and December. Amazon was the Brazilian biome with the highest number of hot spots, followed by the Cerrado, Caatinga, Atlantic Forest, Pantanal and Pampas. Taking into account the size area for each biome, the Pantanal had the highest record of hot spots incidence per km². The obtained data can be used by government agencies in the implementation of prevention and fire suppression activities. They can also be an instrument for the development of public policies consistent with the need to preserve the biomes.

Palavras-chave: control burns, forest fires, fire prevention, queimadas, incêndios florestais, prevenção.

1. Introdução

O uso do fogo pelo homem é uma técnica antiga, usada por agricultores para limpeza do terreno, redução de pragas, de doenças, de gastos com mão de obra para o manejo do terreno, atenuação dos custos de produção, dentre outras finalidades (Miranda et al., 2010).

As queimadas e, principalmente, os incêndios florestais são uma das maiores ameaças à preservação da biodiversidade do planeta. Além dos seus impactos direto sobre a fauna e a flora, contribuem, indiretamente, com a degradação ambiental, deixando o solo mais susceptível a processos erosivos e liberando na atmosfera grande quantidade de gases responsáveis pelo efeito estufa (Soares e Batista, 2007; White e Ribeiro, 2011). Além disso, a queima da biomassa vegetal pode gerar problemas para saúde humana, especialmente doenças respiratórias (Arbex et al., 2004).

A detecção de queimadas e incêndios florestais através de satélites é uma tecnologia relativamente antiga, iniciada na década de 1980 (Wang et al., 2012). Em geral, a nível global, os satélites da série *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), e o *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) são os mais utilizados. As fotografias tiradas pelos sensores termais e infravermelho instalados nestes satélites são enviadas para o centro de controle onde são processadas através de algoritmos de detecção que indicam ou não a presença de foco de calor (Batista, 2004; Wang et al., 2012). Um foco de calor não significa, necessariamente, que esteja ocorrendo uma queimada ou incêndios florestal, mas sim que uma determinada área apresenta uma temperatura superior a 47° C (Batista, 2004).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através de seu portal de “Monitoramento de Queimadas e Incêndios por satélite em tempo quase-real”, faz o monitoramento de focos de queimas e incêndios florestais em toda a América do Sul. Apesar de receberem imagens de diversos satélites em operação (NOAA-15, NOAA-16, NOAA-18, NOAA-19, NASA, TERRA, AQUA, GOES-12, GOES-13 e MSG-2), o “satélite de referência” é utilizado para compor a série temporal ao longo dos anos e, assim, permitir a análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões em períodos de interesse. De 1999 a agosto de 2007, o INPE utilizou o NOAA-12 como “satélite de referência”, e a partir de então o AQUA_M-T. Mesmo indicando apenas uma fração do número real de focos, os dados do “satélite de referência” permitem analisar as tendências espaciais e temporais dos focos, já que utilizam o mesmo método e o mesmo horário para captura das imagens ao longo dos anos (INPE, 2016).

O presente trabalho tem por objetivo quantificar todos os focos de calor detectados pelos “satélites de referência” do INPE durante o período de 1999 – 2015, totalizando 17 anos, nos distintos biomas Brasileiros. O mesmo se baseia na necessidade de informações acerca dos registros de incêndios florestais e queimadas e sua distribuição geográfica. Os resultados obtidos servirão de subsídio para a adoção de medidas de prevenção mais eficientes, buscando assim, minimizar tais eventos.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da área de estudo

O Brasil ocupa uma área aproximada de 8,5 milhões de km² possuindo 26 estados e um Distrito Federal. Ao leste é banhado pelo Oceano Atlântico, e ao norte, ao oeste e ao sul limita-se com todos os países do continente sul-americano, exceto o Chile e o Equador (IBGE,2010). Apresenta, ao total, seis distintos biomas, cada um deles formado por diferentes tipos de ecossistema que possuem um certo nível de homogeneidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Área aproximada dos biomas Brasileiros.

Bioma	Área aproximada (km ²)	Área / Total do Brasil
Amazônia	4.196.943	49,29%
Cerrado	2.036.448	23,92%
Mata Atlântica	1.110.182	13,04%
Caatinga	844.453	9,92%
Pampa	176.496	2,07%
Pantanal	150.355	1,76%
Área Total Brasil	8.514.877	100%

O bioma Amazônia ocupa cerca de 49% do território nacional e sua vegetação divide-se em três categorias: matas de terra firme, matas de várzea e matas de igapó. Na região amazônica chove bastante e a temperatura é elevada, normalmente variando entre 22°C e 28°C. É o chamado clima equatorial úmido, que caracteriza algumas áreas próximas à linha do Equador (Moraes, 2008).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central. O clima dessa região é estacional, onde um período chuvoso, que dura de outubro a março, é seguido por um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500mm e as

temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22°C e 27°C em média (Ribeiro e Walter, 1998).

A vegetação no bioma de Mata Atlântica pode ser classificada em 5 distintas fitofisionomias: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Decídua; Floresta Estacional Semidecidual; Campos de Altitude; Restinga; e, Manguezais. A Mata Atlântica tem um fator climático comum na maior parte do seu território, os ventos úmidos que sopram do oceano. As regiões de maior pluviosidade do Brasil encontra-se em sua região Sudeste, com índice pluviométrico variando entre 1.800 e 3.600 mm por ano (Ab'Sáber, 2003).

A cobertura vegetal da Caatinga é diversificada em decorrência do clima, da influência do solo, topografia, e atividades antropogênicas, sendo suas formações dominantes xerófilas. Além disso, ocorrem também as florestas de relevo e as florestas ripárias e os cerrados (Alves et al., 2009). Seus índices pluviométricos são de 250 a 900 mm anuais, valores baixos, com médias mensais de temperaturas pouco variáveis, contudo, durante o dia as variações de temperatura e umidade são acentuadas nas áreas de planície e nas de planalto (Alves, 2007).

A vegetação do bioma Pantanal é representada por um mosaico fragmentado, dominado por cerrado, com formações que variam de seus tipos arbóreo-densa a gramíneo-lenhosa, podendo-se, também, encontrar feições de estepes sujeitas à inundação (campos inundáveis) e floresta estacional em locais com pouca ou nenhuma inundação, tais como cordilheiras, capões e borda da planície (Pott e Pott, 2004). O clima predominantemente tropical, apresenta características de continentalidade, com diferenças bem marcantes entre as estações seca e chuvosa. A precipitação pluviométrica anual está entre 800 e 1.400 mm, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos (Silva et al., 2000).

O bioma dos Pampas é encontrado somente no Rio Grande do Sul. Em suas paisagens naturais predominam campos nativos, apresentando também matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, entre outros. O clima da região é o subtropical úmido, sendo os verões quentes e os invernos frios. Costuma chover regularmente durante todo o ano (Moraes, 2008).

2.2. Obtenção dos dados de focos de calor.

Foram obtidos junto ao portal do INPE os dados referentes à ocorrência de focos de calor no Brasil, utilizando-se os satélites de referência, para o período de 01/01/1999 à 31/12/2015, totalizando 17 anos. Os valores foram quantificados e separados em função do mês de ocorrência e em função do bioma em que foi registrado.

3. Resultados e Discussões

Ao todo, foram detectados 2.990.145 focos de calor pelos satélites de referência do INPE em todo o Brasil entre 1999 e 2015, sendo o ano de 2000 com o menor número de focos e o ano de 2010 com o maior (Figura 1).

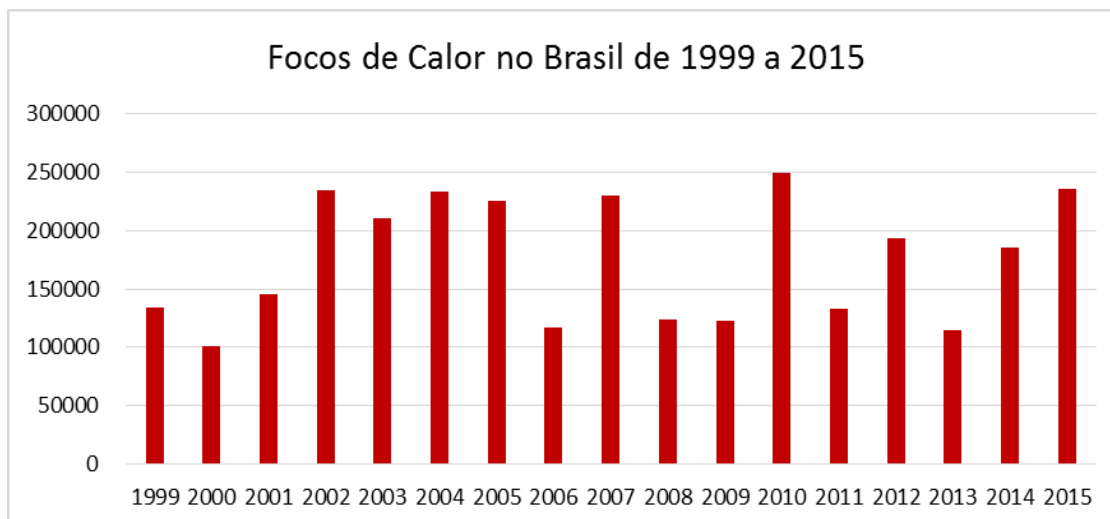


Figura 1 - Número de focos de calor registrados pelos satélites de referência do INPE entre 1999 e 2015 no Brasil.

Os meses com maior ocorrência de focos de calor foram, em ordem decrescente, Setembro, Agosto, Outubro, Novembro, Julho e Dezembro. Enquanto que os meses com menor ocorrência foram, em ordem crescente de focos, Abril, Fevereiro, Março, Janeiro, Maio e Junho (Figura 2). Tais resultados estão próximos de estudos anteriores realizados por Soares e Santos (2002) e Santos et al. (2006) que afirmam que o período de Julho a Outubro compreende a principal estação de incêndios no Brasil.

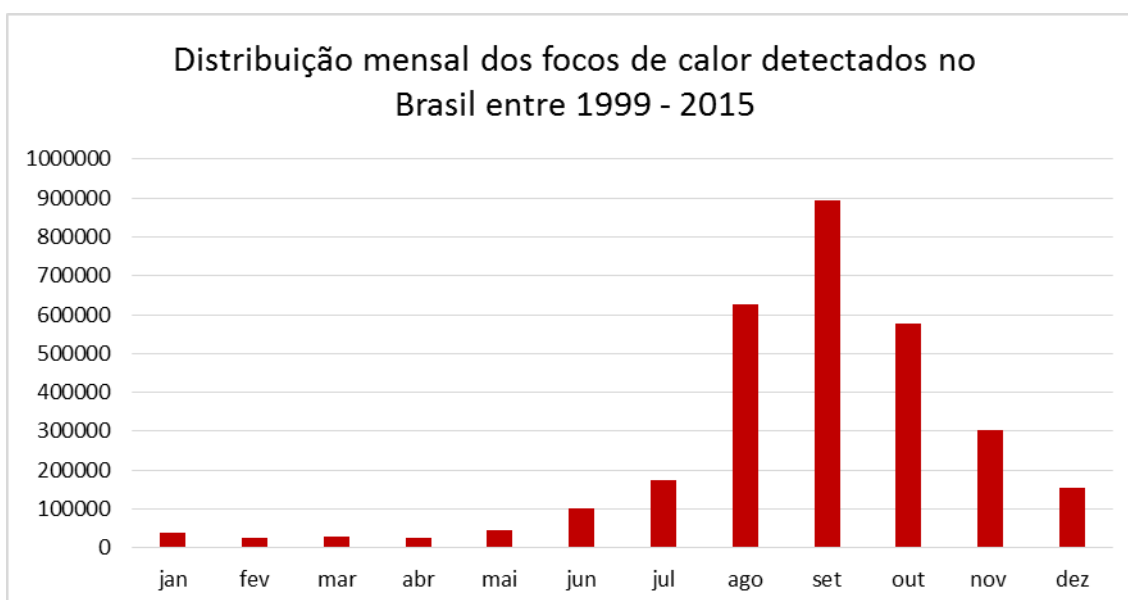


Figura 2- Focos de calor detectados pelos satélites de referência do INPE no Brasil de 1999 a 2015 distribuídos de acordo com os meses do ano.

O relatório de ocorrência de incêndios em Unidades de Conservação Federais (IBAMA, 2007), evidencia que as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste seguem o padrão nacional, com maior registro de ocorrências no mês de Setembro, com alguma pequena variação na época crítica de incêndios dependendo do estado. Na região Norte, Outubro é o mês onde se concentram os incêndios, apresentando um pequeno atraso em relação à tendência nacional. Roraima e Amapá, que têm a maior parte de seus territórios no hemisfério norte, fogem da tendência nacional, uma vez que os incêndios ocorrem principalmente em

Dezembro e Janeiro. No Nordeste, a época em que se concentram os incêndios também tende a atrasar em relação ao período nacional, como na região Norte. Em particular, sul da Bahia, Pernambuco e Paraíba tendem a ter esse atraso mais pronunciado, queimando mais em dezembro e no início do ano.

White e Ribeiro (2011) afirmam que em função da grande extensão territorial e consequente diversidade climática presente no país, algumas regiões apresentam regimes de queimadas e incêndios florestais distintos. De acordo com os mesmos autores, a Zona da Mata, faixa costeira do Nordeste (até 300 km do litoral) que se estende do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, por exemplo, apresenta verão seco e inverno chuvoso, sendo os meses de Dezembro a Março com maior ocorrência de incêndios florestais e consequente maior detecção de focos de calor.

A grande maioria dos focos de calor foram detectados no bioma da Amazônia, que apresentou uma média de 80.989 focos por ano. O bioma do Cerrado ficou em segundo lugar, com uma média de 60.639 focos anuais. A Caatinga ficou em terceiro lugar (16.983 focos por ano), seguido pelo bioma de Mata Atlântica (11.668 focos por ano) e pelo bioma Pantanal (5.137 focos por ano). O Bioma que apresentou o menor número foi os Pampas: 438 focos de calor registrados por ano (Figura 3).

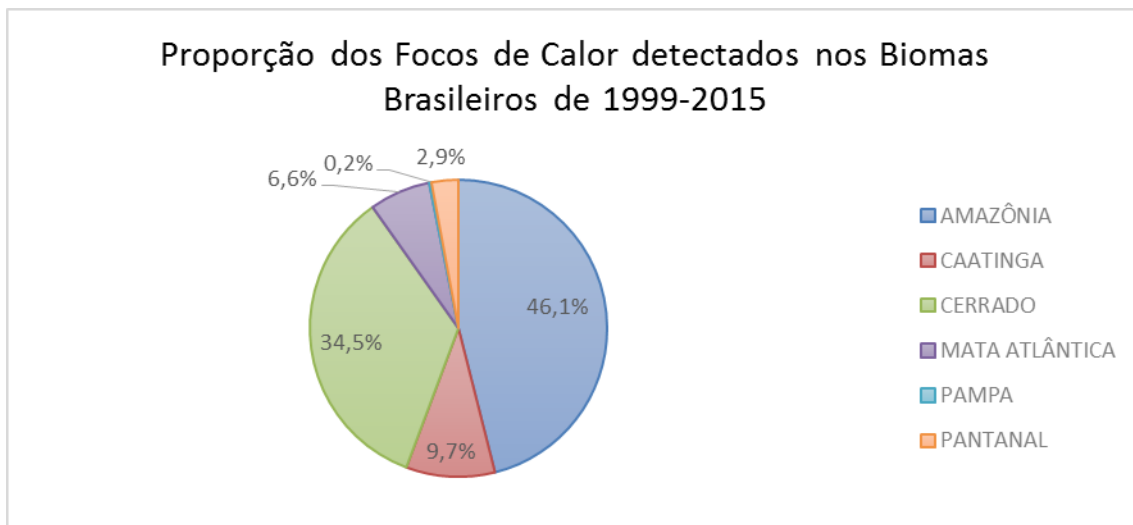


Figura 3- Proporção dos Focos de Calor detectados pelos satélites de referência do INPE nos biomas Brasileiros de 1999 a 2015.

Essa maior quantidade de focos de calor no bioma Amazônia tem relação direta com o desmatamento, já que, em estado natural, a vegetação presente na Floresta Tropical Amazônica apresenta elevados valores de umidade, o que dificulta a ocorrência e propagação do fogo. Apenas com a derrubada e morte da vegetação, a mesma passa a secar e perder sua umidade, tornando-se assim capaz de sustentar e propagar o fogo caso uma fonte de ignição seja acionada (Soares e Batista, 2007; White et al., 2014).

A pressão que essas áreas florestais sofrem devido à necessidade de novas áreas destinadas às atividades agropecuárias têm aumentado consideravelmente o número de incêndios e a extensão das áreas queimadas (Batista, 2004). De acordo com Margulis (2003), a conversão de áreas para pastagens, agricultura familiar e o cultivo de grãos para agroindústria constituem os principais fatores associados ao desmatamento na região.

Contudo, é importante ressaltar que mesmo nas áreas que apresentam um processo de ocupação mais antigo, a exemplo da Mata Atlântica, registram-se números elevados de focos de calor. Esse fato decorre, principalmente, do intenso uso dos solos para monoculturas

canavieiras, onde o tratamento dos solos no processo produtivo, está intrinsecamente relacionado à prática de queimadas (Roquim, 2010).

Na Caatinga, diferente da Floresta Tropical Amazônica, a vegetação, na maior parte do ano, apresenta-se seca e propícia a entrar em processo de ignição (White et al., 2014). Neste bioma as queimadas e incêndios florestais estão associados à exploração dos recursos para atividades agropecuária (Alves et al., 2009).

As práticas de queimadas no Cerrado Brasileiro são bastante antigas, no entanto se intensificaram nas três últimas décadas do século XX, com o desenvolvimento da agropecuária na região (Riveira-Lombardi, 2003). Boa parte da vegetação neste bioma está adaptada e dependente das queimadas, já que muitas plantas necessitam do fogo para brotar, florescer e propagar, ou seja, desenvolver as sementes, contribuindo de forma decisiva para a manutenção desse ciclo (França et al., 2001).

A presença do fogo no Pantanal é anterior à do gado e do homem, provavelmente menos frequente, mas muito mais severo do que atualmente, devido ao acúmulo de biomassa de gramíneas não pastadas (Pott, 2007). As queimadas ocorrem, sobretudo, associadas às atividades pecuárias com adoção de processos produtivos rudimentares e emprego de baixos níveis tecnológicos. Durante a época de estiagem, ocorre um significativo aumento da incidência de queimadas sobre as áreas de pastagens naturais ou plantadas, praticadas com a finalidade de estimular a rebrota do capim e promover a renovação da oferta de alimento aos rebanhos (Coutinho e Cornélio, 2010).

Embora seja relativamente pequena a ocorrência de queimadas e incêndios florestais nos Pampas, quando comparado com os demais biomas, geram danos socioambientais em todo o estado do Rio Grande do Sul. De acordo com Aguiar (2008), as queimadas predominam nos meses de julho, agosto e setembro, sendo utilizada como técnica de manejo de pastagens.

Considerando que os biomas analisados apresentam distintas extensões territoriais foi realizada uma análise a fim de identificar, proporcionalmente, quais apresentam uma maior incidência de focos de calor por unidade de área. Com uma média de 0,58 focos por km², o bioma do Pantanal é o que apresenta uma maior incidência de incêndios florestais e queimadas de acordo com dados dos satélites de referência do INPE, seguido pelo Cerrado (0,51 focos por km²) e Caatinga (0,34 focos por km²). O bioma da Amazônia, no qual foram detectados o maior número de focos de calor, caiu para a quarta posição na análise proporcional (0,33 focos por km²), à frente apenas da Mata Atlântica (0,18 focos por km²) e dos Pampas (0,04 focos por km²).

Em função do Pantanal ser o menor bioma em extensão territorial no Brasil, com aproximadamente 150 mil km² (apenas 1,76% da área total do Brasil), a incidência de queimadas e incêndios florestais na região foi, proporcionalmente, a mais alta dentre os biomas Brasileiros. Os resultados dessa análise comparativa são, no mínimo, curiosos, já que pouco se discute na literatura sobre o fogo nesse bioma, priorizando-se a discussão acerca do fogo no Cerrado e na Amazônia.

4. Conclusões

Ao todo, foram detectados 2.990.145 focos de calor pelos satélites de referência do INPE em todo o Brasil entre 1999 e 2015. Os meses com maior registro foram, respectivamente, Setembro, Agosto, Outubro, Novembro, Julho e Dezembro. Enquanto que os meses com menor ocorrência foram, respectivamente, Abril, Fevereiro, Março, Janeiro, Maio e Junho.

Amazônia foi o bioma Brasileiro com maior registro de focos de calor durante o período avaliado, seguido pelos biomas Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e

Pampas, respectivamente. Na análise proporcional, o bioma Pantanal foi o que apresentou um maior registro de focos de calor por unidade de área, seguido pelos biomas Cerrado, Caatinga, Amazônia, Mata Atlântica e Pampas.

Com base nos resultados advindos deste estudo é possível verificar quais os meses dos anos e as regiões do país que apresentaram uma maior incidência de incêndios e queimadas. Tais dados poderão vir a ser utilizado pelas entidades governamentais para aplicação de atividades de prevenção e combate que apresentem maior eficiência. Além disso, constituem um importante mecanismo para a elaboração de políticas públicas condizentes com a necessidade de preservação dos biomas.

Agradecimentos

À FAPITEC/SE pela bolsa de estudo concedida ao autor.

Referências bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVES, J. J. A. Geoecologia da caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v.2, n.1, p. 58-71, 2007.

ALVES, J. J. A.; ARAUJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**. v.22, n.3, p. 126-135, 2009.

AGUIAR, J. B. S. Pecuaristas ainda usam fogo – O Rio Grande queima. 2008. Disponível em: <<http://www.agirazu.com/eds/ed6/q1.htm>>. Acesso em: 22.jun.2016.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.30, n.2, p. 158-175, 2004.

BATISTA, A.C. Detecção de incêndios florestais por satélite. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, p. 237-241, 2004.

COUTINHO, A. C.; CORNÉLIO, G. Precisão posicional dos dados de queimada na região do pantanal brasileiro. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2010, Cáceres. **Anais...** p. 676-682, 2010.

FRANÇA, H.; SETZER, A. AVHRR analysis of a savanna site through a fire season in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 22, n. 13, p. 2449-2461, 2001.

IBAMA. Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2006. Brasília: IBAMA - PREVFOGO, 2007. 28 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 20.jun.2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. 2016. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>> Acesso em: 28.abr.2016.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. 1ª ed. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100 p.

MIRANDA, H. S.; NETO, W. N.; NEVES, B. M. C. Caracterização das queimadas de Cerrado. In: MIRANDA, H. S. (Org.). **Efeito do regime de fogo sobre a estrutura de comunidade de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília: IBAMA, 2010.

MORAES, D. **Bioma Campos Sulinos e Bioma Amazônia**. 2008. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=965&sid=2&tpl=printerview>>. Acesso em: 20.jun.2016.

POTT, A.; POTT, V. J. Features and conservation of the Brazilian Pantanal wetland. **Wetlands Ecology and Management**, v. 12, p. 547-552, 2004.

POTT, A. Dinâmica da Vegetação no Pantanal. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Org.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 89-168, 1998.

RIVERA-LOMBARDI, R. J. **Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat**. São José dos Campos: INPE, 2003. 172 p.

ROQUIM, C. C. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. Campinas: Embrapa monitoramento por satélite, 2010. 45 p.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93–100, 2006.

SILVA, M. P.; MAURO, R.; MOURÃO, G.; COUTINHO, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 2, p. 143-152, 2000.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007. 264 p.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos Incêndios Florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 219-232, 2002.

WANG, S. D.; MIAO, L. L.; PENG, G. X. An Improved Algorithm for Forest Fire Detection Using HJ Data. **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p. 140–150, 2012.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, v. 24, n.3, p. 699-706, 2014.