

CAPÍTULO 14

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DO PIAUÍ

Francisco de Assis Gomes Junior
Elisa Bandeira Pereira
Bruno Laecio da Silva Pereira
José da Silva Cerqueira Neto
Marlei Rosa dos Santos
Clarice Souza Moura
Fabício Custódio de Moura Gonçalves

RESUMO

Ao longo dos anos a incidência indiscriminada de incêndios tem causado impactos extremamente nocivos à biodiversidade. Esses impactos têm se intensificado em regiões que apresentam altas temperaturas do ar, baixa umidade relativa e baixos índices pluviométricos. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espaço-temporal dos focos de queimadas no estado do Piauí entre o período de 1999 a 2020, bem como relacionar sua ocorrência com alterações na pluviosidade, temperatura e umidade relativa. Para tanto, foram utilizadas imagens do acervo do projeto Mapbiomas referente ao período de 1999 a 2020, derivadas dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, cuja resolução espacial é de 30m (30mx30m). Os dados climatológicos utilizados na pesquisa foram obtidos através da plataforma BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, gerenciada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizou-se dados mensais de precipitação, temperatura média condensada e umidade relativa de 13 estações meteorológicas convencionais gerenciadas pelo INMET no estado do Piauí, incluindo Bom Jesus do Piauí, Caldeirão, Caracol, Esperantina, Floriano, Luzilândia (Lagoinha do Piauí), Parnaíba, Paulistana, Picos, Piripiri, São João do Piauí, Teresina e Vale do Gurgueia (Cristino Castro). Dos resultados, verifica-se que a precipitação pluviométrica possui papel importante na distribuição dos focos de calor no estado do Piauí, mas não é a única variável que pode impactar a sua ocorrência. Outras informações como a umidade, temperatura, uso e forma de ocupação do solo pela agricultura também devem ser consideradas. Conclui-se que, a precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa, uso e ocupação do solo associado ao tipo de agricultura são agentes importantes na distribuição dos focos de calor no estado do Piauí.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento. Mapbiomas. Climatologia.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o líder entre os países da América do Sul em queimadas, sendo que esse fenômeno se concentra nas regiões, respectivamente, Centro-Oeste, Norte e Nordeste (INPE, 2014). As ações humanas são as principais causadoras das queimadas, pois o uso indiscriminado dessa prática é responsável por provocar incêndios descontrolados (EMBRAPA, 2010). Nas últimas décadas, o uso do fogo recorrente ocasiona susceptibilidade das florestas tropicais e impactos negativos a biodiversidade (SILVEIRA *et al.*, 2016), além da domesticação e transformação de alguns ecossistemas naturais (PAUSAS; KEELEY, 2009).

Os efeitos prejudiciais das queimadas na biodiversidade, na precipitação, na dinâmica da circulação atmosférica, na saúde humana, na estrutura da floresta, na biomassa e no estoque de carbono tem sido reconhecido na literatura (FONSECA *et al.*, 2015). Além disso, a queima



de biomassa é uma fonte considerável de poluição atmosférica, que inclui o dióxido de carbono, o maior responsável pelo efeito estufa (VEDOVATO *et al.*, 2015).

Mediante essa perspectiva, Santos *et al.* (2011) afirmam que as geotecnologias surgem como um importante recurso de subsídio na identificação das queimadas permitindo localizar, quantificar e fazer estudos de análises espaço - temporais das áreas onde ocorrem incêndios. Nesse sentido, uma ferramenta importante para essa identificação é o Sensoriamento Remoto que permite cruzar informações georreferenciadas e saber a quantidade e a localização dos focos de calor (TOMZHINSKI *et al.*, 2011).

Desde 1980 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem aperfeiçoando um sistema que utiliza imagens de sensores de satélites polares e geoestacionários para a detecção de queimadas (GONTIJO *et al.*, 2011), um dos objetivos é descrever a distribuição espacial de fragmentos florestais (PIROVANI *et al.*, 2014), buscando desenhar melhores estratégias de conservação fundamentadas em evidências científicas. Os dados sobre o uso do solo a partir de sistemas de informações geográficas estão cada vez mais disponíveis e também podem ser derivados de dados de sensoriamento remoto (STOJANOVA *et al.*, 2012), assim como os focos de queimadas cujos estudos mais complexos sobre a distribuição espaço - temporal necessitam do conhecimento da atividade antrópica e da cobertura do solo na área de ocorrência das queimadas (MATAVELI; CHAVES, 2014).

Por meio da análise dos focos de queimadas e seus impactos é possível fornecer informações para obtenção de políticas públicas com o objetivo de reduzir os prejuízos causados. Ainda são poucas as publicações que são direcionadas à temática do clima e seus efeitos em eventos de queimadas na região, dentre estas podem-se mencionar os estudos recentes de Silva *et al.* (2017) que avaliaram os impactos da seca no Maranhão durante o período compreendido de 2010 - 2016 e Aragão *et al.* (2018) que avaliaram a contribuição das emissões de dióxido de carbono decorrentes de focos de queimadas para toda a área da Amazônia legal.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a distribuição espaço-temporal dos focos de queimadas em regiões estratégicas do estado do Piauí no período de duas décadas, compreendido de 1999 a 2020, bem como relacionar sua ocorrência com alterações na pluviosidade, temperatura e umidade relativa.



2. METODOLOGIA

2.1 Aquisição de imagem e operacionalização na plataforma MAPBIOMAS

Foram utilizadas imagens do acervo do projeto Mapbiomas referente ao período de 1999 a 2020, derivadas dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, cuja resolução espacial é de 30m (30x30). O Mapbiomas utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine*, tendo melhor aplicação em escalas de até 1:100.000. A acurácia geral dos mapas utilizados é de 83,4%, a discordância de alocação é de 4,4% e a discordância de área 12,2% (MAPABIOMAS, 2020).

Os dados climatológicos utilizados na pesquisa foram obtidos através da plataforma BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, gerenciada pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Foram utilizados dados mensais de precipitação, temperatura média condensada e umidade relativa de 13 estações meteorológicas convencionais gerenciadas pelo INMET no estado do Piauí, sendo Bom Jesus do Piauí, Caldeirão, Caracol, Esperantina, Floriano, Luzilândia (Lagoinha do Piauí), Parnaíba, Paulistana, Picos, Piripiri, São João do Piauí, Teresina e Vale do Gurgueia (Cristino Castro). Após a coleta dos dados foi realizada uma filtragem, onde o critério de utilização foi a quantidade de observações para cada localidade. A partir desse foram processados os dados do período de 1999 - 2020 (20 anos de observações).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na perspectiva de realizar a análise espaço - temporal das ocorrências de queimadas no estado do Piauí, no período compreendido entre os anos de 1999 a 2019, e no intuito de quantificar e qualificar as informações obtidas dentro do contexto progressivo e/ou regressivo, os dados de ocorrências foram processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), atrelado a um banco de dados estruturado na presente pesquisa.

Tabela 1: Distribuição das queimadas pela ação antrópica no estado do Piauí, no período compreendido de 2009 a 2019.

Classe	Foco de queimadas (Km ²)					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Antrópico	125273,10	129955,80	132720,50	147180,40	149467,40	151566,70
Uso Natural	496398,00	498925,90	501198,80	523450,50	531837,70	570835,70
Classe	2015	2016	2017	2018	2019	
Antrópico	154389,80	164722,40	167389,00	174931,90	185309,70	
Uso Natural	586417,60	634853,60	664360,70	731652,60	884703,20	

Fonte: Autoria própria (2021).

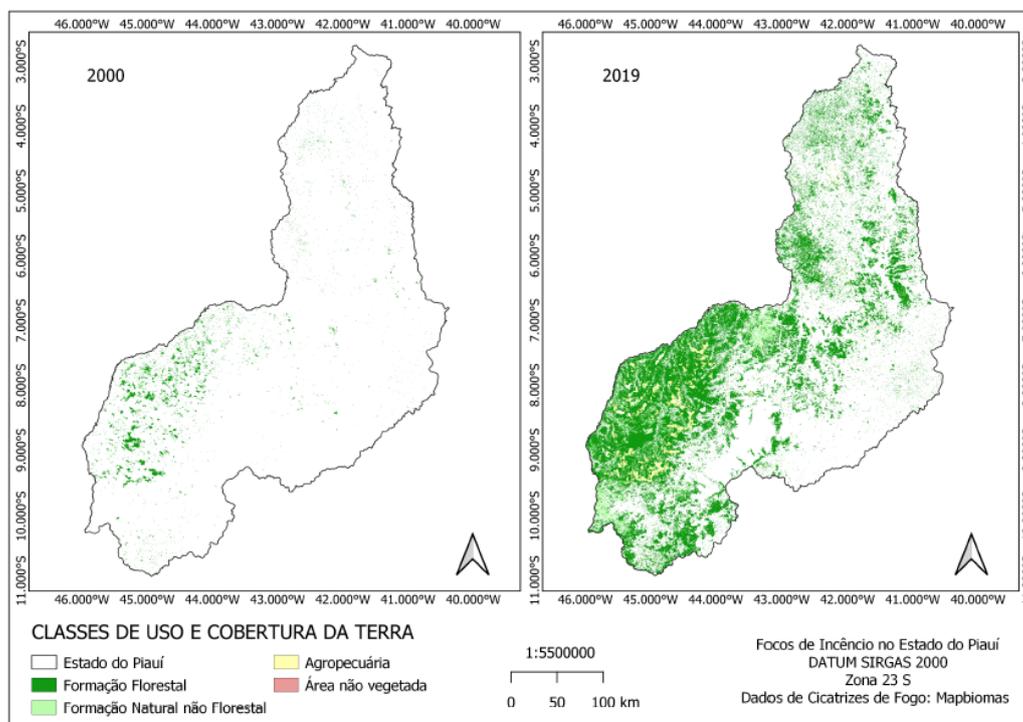
No período compreendido de 2009 a 2019 é evidente que a distribuição das queimadas no estado do Piauí tem relação direta com ação humana e aumento no decorrer dos anos.



Interessante esse aumento acontece também de forma natural ao longo dos anos (Tabela 1). A incidência de focos de calor em grandes períodos de estiagem aumenta quase 84% em comparação com anos em condições de seca menores, isso devido à suscetibilidade que a vegetação possui em ser queimada, podendo ser intensificada por ação antrópica (VASCONCELOS *et al.*, 2015).

Com base na Figura 1 é possível observar que a severidade das queimadas possibilita entender diretamente os efeitos da perturbação, principalmente sobre a sobrevivência e a estrutura da vegetação dominante. A imagem no mapa do ano 2000 corresponde aos focos de incêndio ocorrido no mesmo ano, já em 2019, têm-se os dados de incêndio acumulado no intervalo de tempo apresentado (2000-2019), sendo apresentada a ocorrência dos focos de incêndio nas classes de uso e ocupação de acordo com a classificação do Mapbiomas (Formação Florestal, Formação Natural não Florestal, Agropecuária e Área Não vegetada). Mediante as evidências na literatura, observa-se que as ocorrências de queimadas, provavelmente são oriundas de ações antrópicas como a limpeza de áreas para prática agrícola, e às margens da rodovia que podem ser provindos do tráfego, lançamento de resíduos e faíscas causadas pelo atrito dos pneus em período de seca na região (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Figura 1: Análise temporal e espacial dos focos de incêndio no estado do Piauí, no período compreendido de 2000 a 2019.



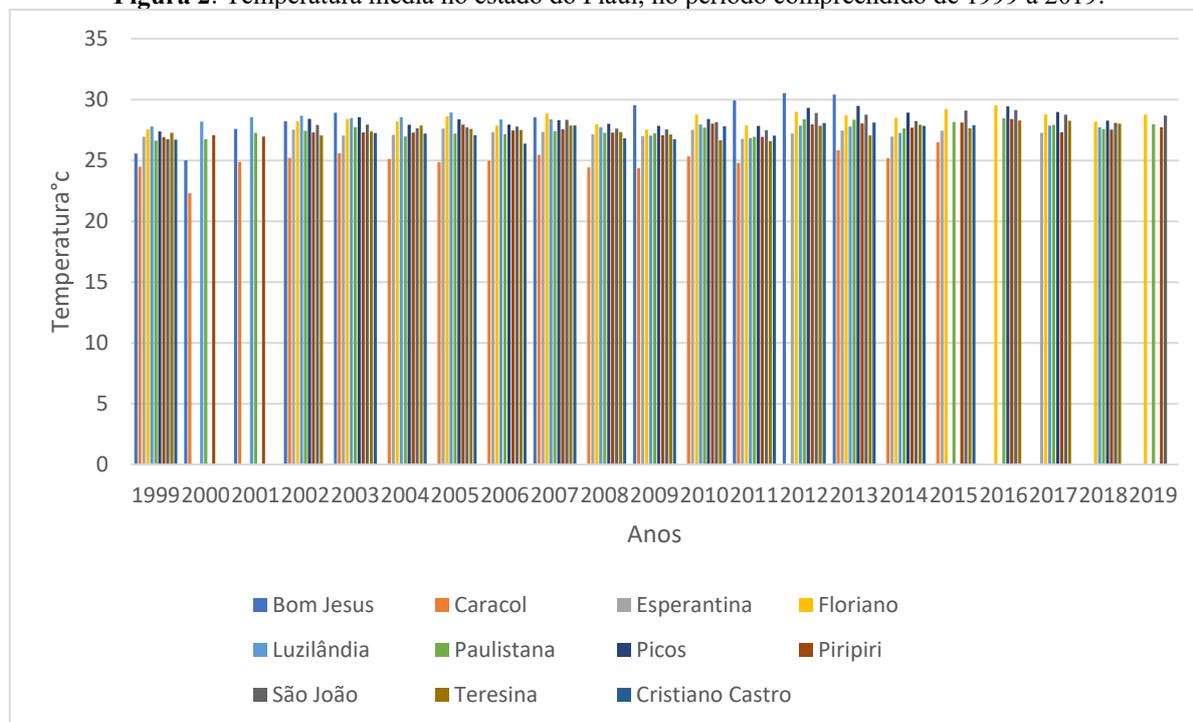
Fonte: Autoria própria (2021).

Ao comparar os dados de focos de incêndios com os dados obtidos através da análise dos anos, é possível verificar a enorme diferença sofrida na vegetação durante o período



estudado (Figura 1). Este fato é justificado pelo registro de elevadas temperaturas no estado do Piauí (Figuras 2). Na região Nordeste do Brasil, Melo *et al.* (2020) verificaram aumento no número de focos de calor nos meses de setembro e outubro, os quais concentram os períodos mais quentes do ano, para região, acrescentam ainda que nesse período aconteceu aumento no número de ocorrências de focos de calor.

Figura 2: Temperatura média no estado do Piauí, no período compreendido de 1999 a 2019.



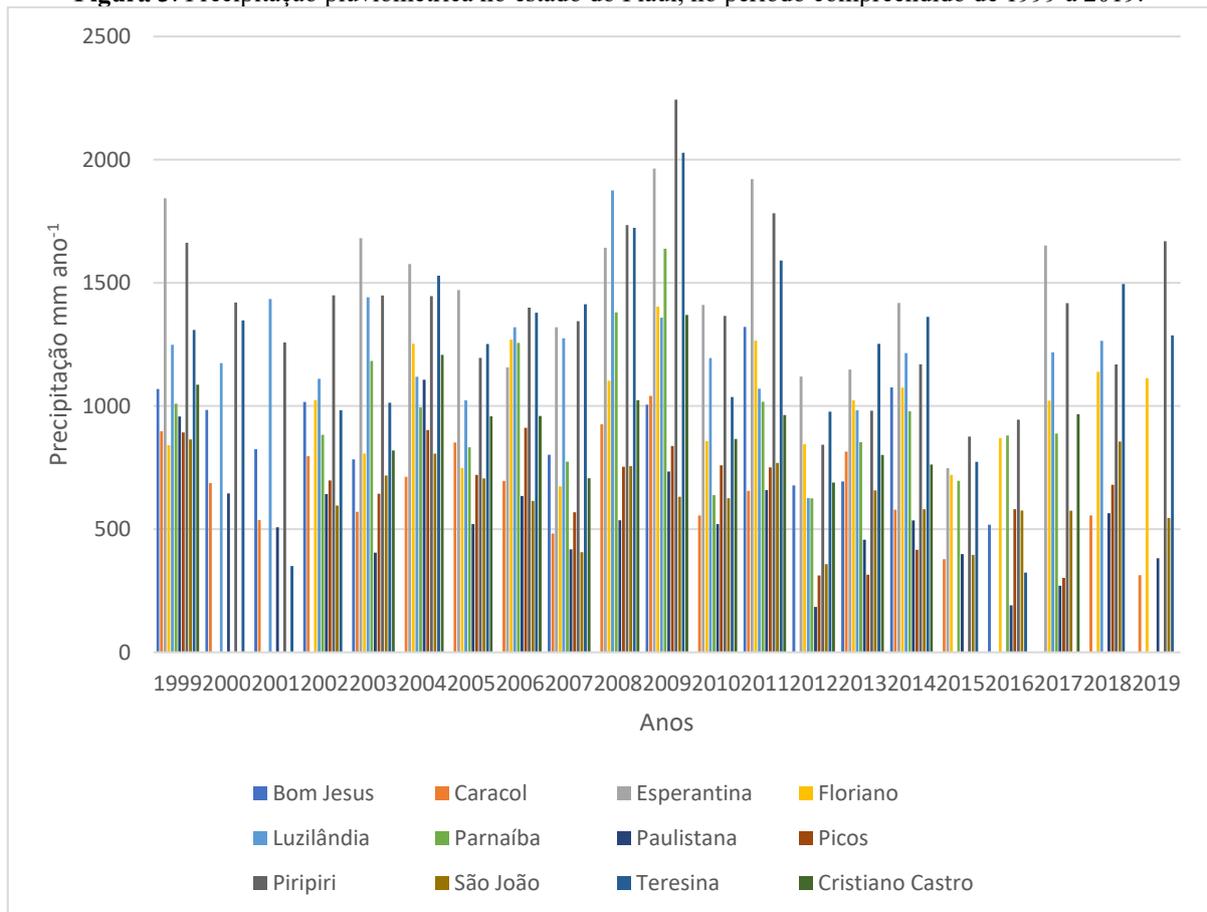
Fonte: Autoria própria (2021).

Além disso, a influência de sua tropicalidade, aliado à irregularidade temporal e espacial das chuvas no semiárido brasileiro e área de entorno, tende a ser um potencializador para o aumento dos incêndios florestais/queimadas, e que são quantificados como focos de calor pelos sensores remotos (Figuras 1, 2 e 3).

O regime pluviométrico do semiárido é grande a variação que se manifesta ao longo do período chuvoso e de acordo com a região em estudo, bem como nos totais anuais das chuvas entre diferentes anos em uma mesma localidade, sendo que a estação chuvosa tem duração de três a cinco meses e o período seco é de sete a nove meses (Figura 3).



Figura 3: Precipitação pluviométrica no estado do Piauí, no período compreendido de 1999 a 2019.

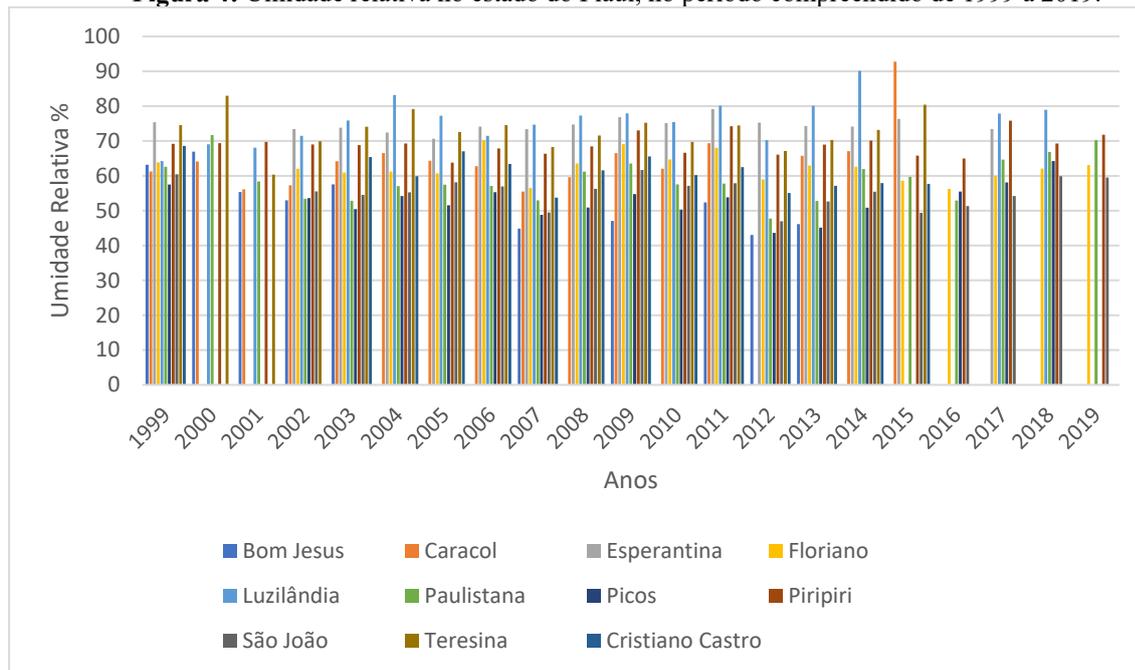


Fonte: Autoria própria (2021).

Além disso, os fenômenos climáticos podem influenciar os focos de calor quando ocorrem em intensidade forte, sendo a sazonalidade das chuvas um dos fatores associado à ocorrência dos focos de calor, de forma que as chuvas que ocorreram no período seco não foram suficientes para controlá-los, pois as condições mais secas deste período favorecem o uso do fogo como forma de manejo do solo (VASCONCELOS *et al.*, 2015; PEREIRA; SILVA, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2020).



Figura 4: Umidade relativa no estado do Piauí, no período compreendido de 1999 a 2019.



Fonte: Autoria própria (2021).

Em estudo realizado numa porção do Nordeste do Cerrado, incluindo parte dos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí concluíram que as áreas do bioma Cerrado, as últimas décadas de uso e ocupação irracional do espaço natural e a crescente expansão da fronteira agrícola, provocaram o agravamento das queimadas com a elevação do poder de destruição e ampliação (RAMOS *et al.*, 2015), como registrado no presente estudo (Figura 1). Para Campos *et al.* (2005) o fogo altera a temperatura e a amplitude térmica do solo, expondo sua superfície por meio da destruição da cobertura vegetal, acelerando o escoamento superficial da água, contribuindo para o surgimento de processos erosivos.

No geral, a análise espacial empreendida na presente pesquisa possibilita a realização de importantes interpretações que permeiam o espaço geográfico, sendo possível configurar os cenários das ocorrências dos focos de calor no estado do Piauí, podendo assim subsidiar, conforme os dados apresentados, a tomada correta de decisões por parte dos órgãos ambientais competentes, tanto a nível municipal, quanto estadual (Figuras 1, 2, 3 e 4).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa, uso e ocupação do solo associado a atividade agrícola são agentes importantes na distribuição dos focos de calor no estado do Piauí.



A detecção de focos de queimadas por meio do sensoriamento remoto representa uma forma viável de monitoramento para o estado do Piauí, independente da diversidade de cobertura vegetal e extensão territorial.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, L. E. O. C. *et al.* 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, p. 536, 2018. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41467-017-02771-y>>. Acesso em: 07 de mai. 2021.

ARAÚJO, L. O. *et al.* Ação antrópica na incidência dos focos de calor na Microrregião de Paragominas, Estado do Pará, Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.7, n.17, p. 1153–1164, 2020. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n17/v07n17a08.pdf>>. Acesso em: 07 de mai. 2021.

CAMPOS, J. B. *et al.* **Unidades de conservação: Ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba: IAP, 2005. Xp. Acesso em: 07 de fev. 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. **Alternativas para a Prática das Queimadas na Agricultura**. 2010. Xp. Disponível em: <http://www.queimadas.cnpm.embrapa.br/qmd_2000/index.htm>. Acesso em: 07 de mai. 2021.

FONSECA, M. G. *et al.* “Avaliação preliminar da modelagem de queimadas na Amazônia brasileira utilizando o princípio da Máxima Entropia”. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais... Joao Pessoa – PB, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/290379430>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

GONTIJO, G. A. *et al.* Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba/PR. Anais... São Jose dos Campos: INPE, 2011. p. 7966-7973. Internet. Disponível em: <<http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.21.14.32/doc/p1587.pdf>>. Acesso em: 07 de mai. 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Queimadas (Monitoramento de Focos)**. 2014. Xp. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 07 de mai. 2020.

MATAVELI, G. A. V.; CHAVES, M. E. D. Análise da distribuição espacial dos focos de queimada no estado de Minas Gerais entre 2009 e 2012. In: I Simpósio Mineiro de Geografia. Anais... Alfenas-MG: 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/289534110>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

MELO, D. F. *et al.* Análise espaço-temporal de focos de queimadas no Município de Santa Helena de Goiás. **Research, Society and Development**, v. 9, n.7, e858974068-e858974068,



2020. Disponível em:<<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4068>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 1.ed. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 250

OLIVEIRA, J. P. M.; SHITSUKA, R.; SHITSUKA, D. M. Queimadas e Incêndios: Um Estudo por meio de Cartoons da Web. **Research, Society and Development**, v.8, n.11, p. 1 – 12, 2019. Disponível em:<<https://www.redalyc.org/journal/5606/560662202033/html/>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. **BioScience**, v.59, n.7, p. 593–601, 2009. Disponível em:<<https://academic.oup.com/bioscience/article/59/7/593/334816?login=false>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

PEREIRA, J. A. V.; SILVA, J. B. Detecção de focos de calor no Estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.10, n.1, p. 5–16, 2016. Disponível em:<<https://revista.ufr.br/rga/article/view/3173>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

PIROVANI, D. B. *et al.* Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014. Disponível em:<<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/10536>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

RAMOS, R. C.; CARDOZO, F.S.; SANTOS, P.R. Análise das áreas queimadas na porção nordeste do bioma Cerrado no ano de 2013. **Revista Territorium Terram**, v.3, n.5, p. 2-16, 2015. Disponível em:< https://seer.ufsj.edu.br/territorium_terr/am/article/view/1086>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

SANTOS, C. A. P. D.; SOUZA, U. B. D.; SILVA, W. L. Quantificação dos focos de calor na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais. São Jose dos Campos: INPE, 2011. p. 7926- 7933. Internet. Disponível em: <<http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.21.17.15/doc/p1541.pdf> >. Acesso em: 07/05/2020.

SILVA, M. N. *et al.* A seca no Maranhão no período de 2010 a 2016 e seus impactos. **Parc. Estrat. Brasília-DF**, v.22, n.44, p. 119-138, 2017. Disponível em:<https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/article/view/848>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

SILVEIRA, J. M. *et al.* A Multi-Taxa Assessment of Biodiversity Change After Single and Recurrent Wildfires in a Brazilian Amazon Forest. **Biotropica**, v.48, p. 170–180, 2016. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/btp.12267>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

STOJANOVA, D.; KOBLER, A.; DZERSOKI, S. Estimating the risk of fire outbreaks in natural environment. **Data Min Knowl Discov**. 2012. Disponível em:<<https://link.springer.com/article/10.1007/s10618-011-0213-2>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.



TOMZHINSKI, G. W.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. C. Avaliação da Detecção de Focos de Calor por Sensoriamento Remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, n.2, p. 201-211, 2011. Disponível em:<https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2011_Tomzhinski_et_al_Avaliacao_deteccao_ICMBIO.pdf>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

VASCONCELOS, S. S. *et al.* Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, 2015. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/yVRPYmwBbms3yYxdVxp5jsc/>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

VEDOVATO L. B. *et al.* Detection of burned forests in Amazonia using the normalized burn ratio (NBR) and linear spectral mixture model from Landsat 8 images. **Anais ... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 2015. Disponível em:<<https://www.researchgate.net/publication/279189037>>. Acesso em: 07 de fev. 2023.