

ANÁLISE DAS QUEIMADAS NO BIOMA CAATINGA ENTRE 2001 E 2020: UMA ABORDAGEM USANDO GEOPROCESSAMENTO EM NUVEM

Alaine de Sousa Pereira ¹

Maria Cecília Silva Souza ²

Jeniffer Marinho do Nascimento Fernandes ³

Clara Tavares Gadelha ⁴

Tuany Kerolayne de Oliveira Ferreira ⁵

Arthur Henrique Alves Soares ⁶

Richarde Marques da Silva ⁷

INTRODUÇÃO

Todos os anos, aproximadamente 10 milhões de hectares de florestas são afetadas pela ocorrência de queimadas, decorrente da exploração para a limpeza de áreas para expansão da agricultura e pastagens (CURT e RIGOLOT, 2020). As queimadas representam um grave fator de perturbação que impacta a fauna e flora (ADÁMEK et al., 2015). Segundo Lopes et al. (2018), no Brasil, as queimadas são consideradas um dos principais problemas ambientais que contribuem para a destruição da biodiversidade dos ecossistemas. As queimadas são registradas em todos os biomas no Brasil. No entanto, esse problema é ainda mais severo no bioma da Caatinga devido ao tipo de vegetação e das condições climáticas desse bioma (ARAÚJO FILHO e BARBOSA, 2000; PIROMAL et al., 2008; SILVA JÚNIOR, 2020), sendo considerado um dos biomas mais ameaçados do Brasil (MACIEL, 2010). Nas últimas décadas, a Caatinga tem sofrido constantemente com as queimadas, devido tanto a sua formação vegetativa que é propensa a incidência de incêndios, como também pode ser criminosa.

As queimadas influenciam significativamente as mudanças no uso do solo, resultando em degradação ambiental, na perda de biodiversidade e em alterações nos ecossistemas. Essas práticas impactam a fertilidade do solo, promovem a desertificação e

¹ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, alainejosefa.45@gmail.com;

² Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental/CT/UFPB. Bolsista de Pós-Doutorado. ceciliasilvalegat@gmail.com;

³ Programa de Pós-graduação em Geografia (Mestrado) da Universidade Federal da Paraíba, jeniffer.marinho@hotmail.com;

⁴ Programa de Pós-graduação e Geografia/CCEN/UFPB, João Pessoa – PB. gadelha.clara@gmail.com;

⁵ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, tuanykerolayne@gmail.com;

⁶ Curso de Geografia. Bolsista de Iniciação Científica/CNPq, João Pessoa – PB. ahasoares456@gmail.com;

⁷ Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, richarde.marques@academico.ufpb.br.

forçam a mudança de áreas agrícolas e florestais para outros usos, afetando a sustentabilidade e a qualidade de vida das comunidades locais (SILVA et al., 2023). Além dos problemas decorrentes da destruição da vegetação, que geram com impactos ambientais imensuráveis, o clima seco dessa região do Brasil em algumas épocas do ano, acaba tornando propício o alastramento do fogo. Um dos grandes problemas ambientais que o planeta enfrenta nos dias de hoje são os focos de incêndios (ALVES et al., 2021). Essas ações causam danos na fauna, flora, degradação do solo e perda da biodiversidade (VIEIRA, 2021). Diante disto, se faz necessário analisar sua variação espaço-temporal para buscar minimizar e evitar essas consequências. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a variação espaço-temporal das áreas queimadas no bioma caatinga entre 2001 e 2020.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O bioma Caatinga está situado na região de clima semiárido no Brasil, onde possui diversos sistemas de chuva, extremamente irregulares anualmente. Esse bioma está localizado entre as coordenadas 4° 43' e 14° 45' de latitude Sul; e 34° 31' e 49° 32' de longitude Oeste (Figura 1). Esse bioma ocupa uma área de 862.818 km², que corresponde a 10% do território brasileiro (IBGE, 2019), abrangendo alguns estados como o Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia Piauí e Minas Gerais. A Caatinga apresenta temperaturas medias variando entre 20°C a 36°C durante o ano e uma baixa pluviometria, com precipitação anual média variando entre 400 e 1200 mm (SILVA, 2023; FRANCISCO et al., 2020).

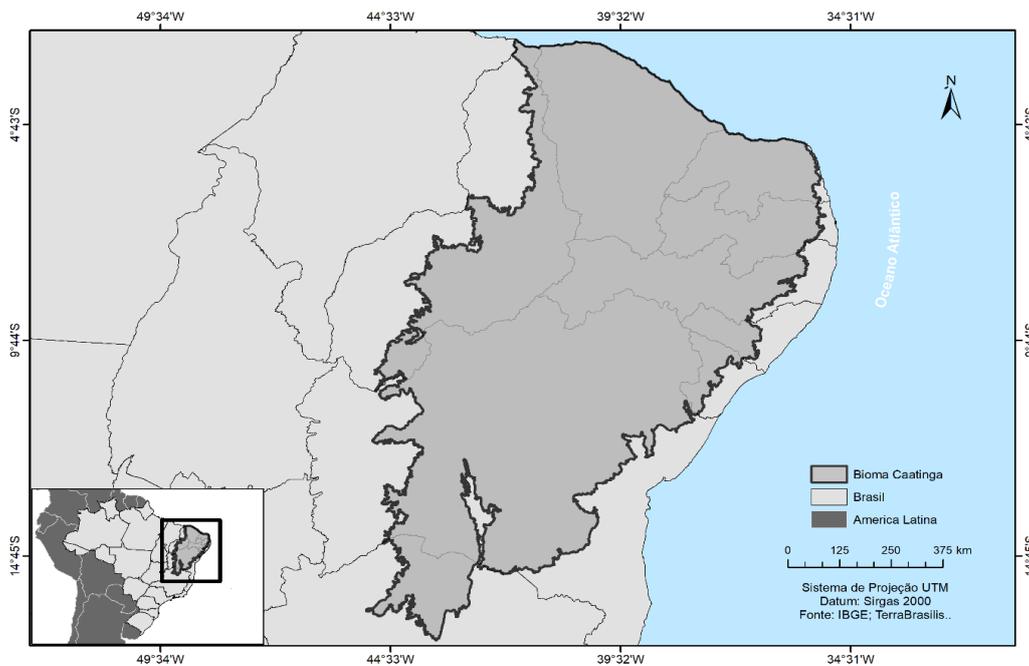
Mapeamento das queimadas

Os dados espaciais de queimadas utilizados neste estudo foram retirados do produto MCD64A1, que são coletados pelo sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) que está a bordo dos satélites Terra e Aqua, fornecidos pela National Aeronautics and Space Administration (NASA). Neste estudo definimos como período temporal, o intervalo de 2001 a 2020. No que tange a coleta desses dados, todo o procedimento de coleta e análise foi realizado no Google Earth Engine (GEE), uma plataforma para processamento de imagens de satélite em escala global (ZURQANI et al., 2018).

O produto MCD64A1 possui resolução espacial de 500 m e resolução temporal

diária. Esse produto, analisa a dinâmica de refletância de superfície diária para localizar mudanças rápidas da cobertura vegetal, sendo possível usar essa informação para detectar a data aproximada do foco de incêndio e mapear apenas a extensão espacial de incêndios recentes (GIGLIO et al., 2018).

Figura 1 – Localização geográfica do bioma Caatinga no Brasil

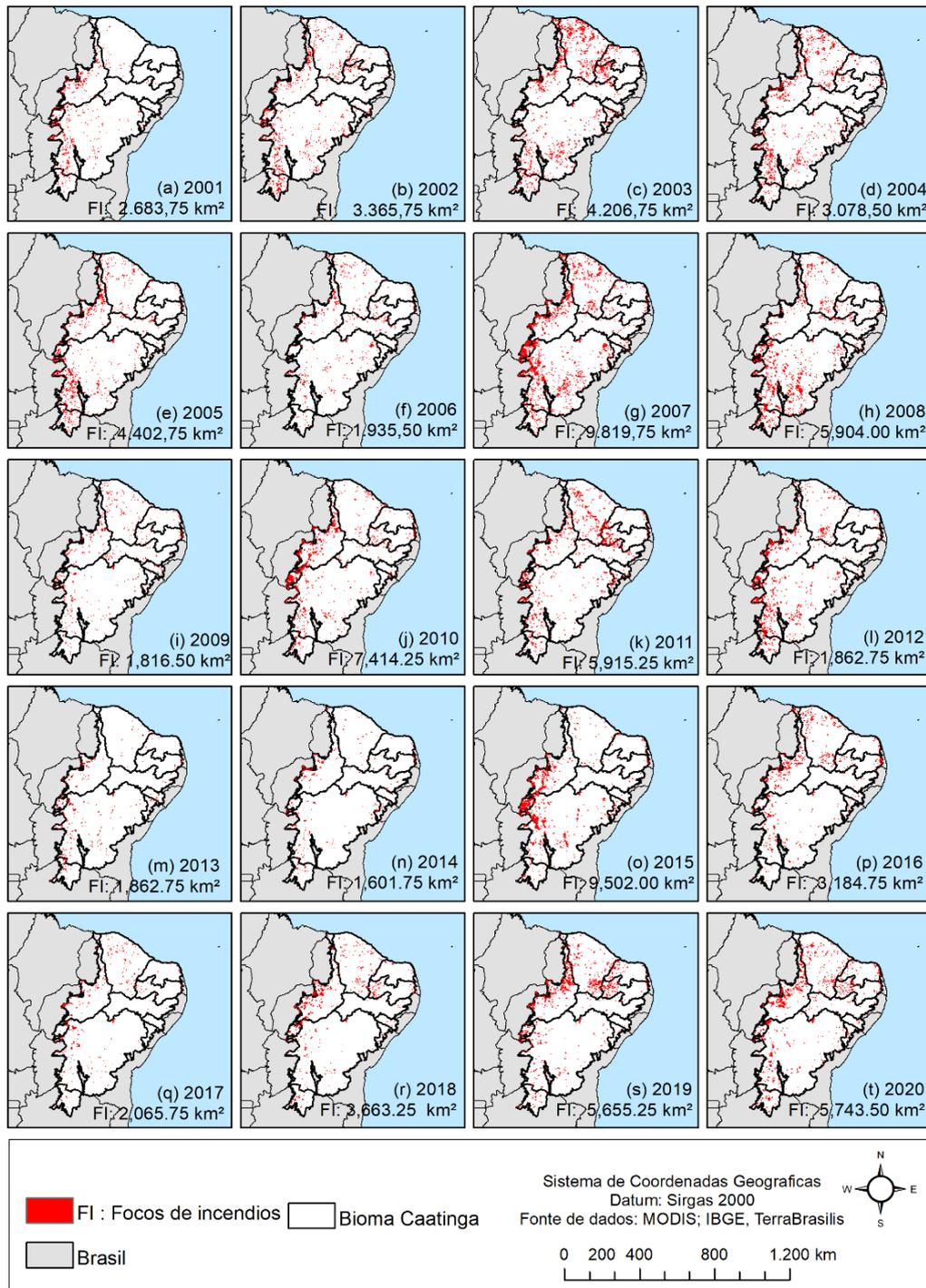


RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra a distribuição espacial das queimadas por estado da federação para cada ano no bioma caatinga entre 2001 e 2020. Observando os dados é possível identificar que as queimadas no bioma Caatinga vêm continuamente destruindo a vegetação. Os anos de 2007, 2010 e 2015 foram aqueles que apresentaram as maiores ocorrências de queimadas (Figura 3). Os resultados indicam uma variação considerável nesses anos (2007, 2010 e 2015) nas queimadas, revelando que os estados de Piauí e Bahia apresentaram as maiores ocorrências de queimadas, enquanto os estados de Alagoa e Sergipe apresentaram os menores valores. Nota-se que os anos de 2005, 2009 e 2014 foram aqueles que apresentam as menores áreas de queimadas.

Deve-se observar também que a repetição de focos de queimadas em áreas específicas ao longo dos anos pode indicar regiões particularmente vulneráveis a queimadas, possivelmente devido ao uso de práticas antropogênicas decorrente do avanço da agropecuária no Nordeste (Silva et al., 2018).

Figura 3 – Distribuição geográfica das queimadas por estado da federação no bioma Caatinga entre 2001 e 2020



A Tabela 1 mostra os resultados estatísticos das queimadas no bioma Caatinga para cada unidade da federação entre 2001 e 2020. Os resultados mostram que os estados do Piauí e Bahia apresentam as maiores áreas de queimadas. Isso pode ser justificado pelo aumento do agronegócio no oeste da Bahia e na porção leste do Piauí, que apresentam significativas mudanças na cobertura florestal. Os estados de Alagoas e Sergipe têm o

menor número total de queimadas, devido ao fato da menor extensão territorial, e potencialmente apresentam uma menor pressão agrícola se comparados aos demais estados da região Nordeste

É importante destacar que todos os estados apresentaram um coeficiente de variação com valores elevados, o que demonstra que os dados analisados são heterogêneos, o que sugere anos com picos ou quedas significativas nas queimadas. Isso nos leva a compreensão que os dados de mapeamento extraídos pelos produtos do MODIS, são eficientes na análise de foco de incêndios possibilitando uma oportunidade de uso para gestão e planejamento, além de trazer para a sociedade dados que revelem a real situação.

Quanto aos valores percentuais estes indicam a proporção de focos de incêndio em relação à área de Caatinga em cada Estado. PI lidera com 29,35%, seguido por MG (11,05%) e BA (9,67%). Estados como PE (1,39%) e SE (3,03%) têm proporções menores, sugerindo menos focos de incêndio relativos à área de Caatinga nesses Estados.

Já considerando os focos de incêndio de cada estado em relação ao total do bioma Caatinga. PI e BA contribuem com as maiores porcentagens, 4,05% e 3,94%, respectivamente. AL e SE têm as menores participações, com 0,05% e 0,04%, respectivamente.

Tabela 1 – Estatísticas das Focos de incêndios (km²) no bioma Caatinga para cada da federação entre 2001 e 2020.

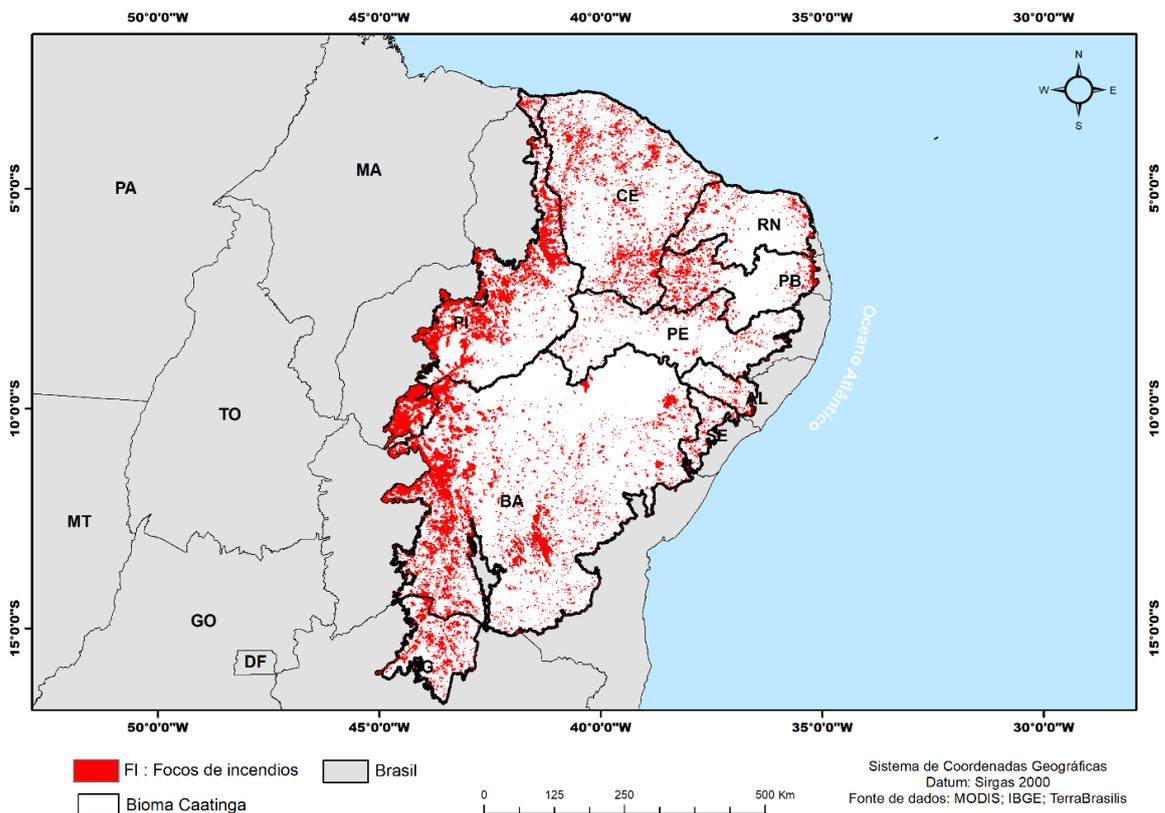
Estados	Área do Estado	Total de queimadas	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação	% de queimadas pela área da Caatinga no Estado	% de queimadas
PI	119.100,00	34.953,00	1.747,65	1.280,99	0,73	29,35	4,05
AL	13.154,40	388,75	19,44	16,29	0,84	2,96	0,05
SE	12.135,60	367,25	18,36	15,26	0,83	3,03	0,04
MG	32.801,10	3.624,50	181,23	131,11	0,72	11,05	0,42
RN	50.798,50	1.734,25	86,71	81,4	0,94	3,41	0,2
PB	52.423,30	2.403,00	120,15	110,9	0,92	4,58	0,28
PE	82.447,60	1.143,75	57,19	40,46	0,71	1,39	0,13
BA	352.096,00	34.045,75	1.702,29	1.402,07	0,82	9,67	3,94
CE	148.795,00	7.024,25	351,21	262,68	0,75	4,72	0,81

Na Figura 4, podemos observar a espacialização acumulada das áreas de foco de incêndios no bioma Caatinga para o período estudado. Observa-se uma maior concentração de focos de incêndio na porção sudoeste da Caatinga, onde o bioma faz

fronteira com o Cerrado e outras áreas mais densamente habitadas e agricultáveis, isso evidencia que a prática de queimadas para limpeza de terrenos agrícolas ou para renovação de pastagens pode ser a principal fonte desses focos de incêndios. De acordo com Bezerra et al. (2018) e Chaves et al. (2021) a queimada é utilizada na Caatinga com a finalidade de limpeza de áreas para agricultura como forma de renovação da terra para plantação; além de ser usado no processo de conversão em pastagem para fins de atividades pecuária extensiva e para agropecuária.

É importante ressaltar que os resultados colaboram com os dados obtidos por Silva et al. (2023) sobre a incidência de foco incêndios na Caatinga. Reafirmando o potencial dos produtos MODIS, que pode ser integrado com outros dados de sensoriamento remoto, como índices de vegetação ou dados de precipitação, para uma análise mais completa dos fatores que influenciam os incêndios.

Figura 4 – Espacialização da ocorrência de queimadas totais no bioma Caatinga entre 2001 e 2020



No ambiente nacional é importante destacar que o bioma estudado é o quarto bioma com maior número de focos de queimadas por ano (INPE, 2024). Os dados do MapBiomas relacionados ao total de foco de incêndios por ano são equivalentes aos dados obtidos nesse mesmo período de estudo para o bioma Caatinga.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a distribuição espacial e temporal das queimadas no bioma Caatinga no período de 2001 a 2020. De acordo com os resultados alcançados, foram observados grandes eventos de queimadas nos anos de 2007, 2010, 2015. Os estados do Bioma que apresentam os maiores focos são o Piauí e a Bahia. Em virtude desse crescimento se faz necessário investir em políticas públicas ocasionadas pela ação antrópica. Além disso, ficou evidente a necessidade da atuação e proteção dos órgãos ambientais procurando combater focos de incêndios em áreas de uso agrícola. Portanto, é de extrema importância a realização de pesquisas científicas através do sensoriamento remoto que possibilitem análises detalhadas dos fatores contribuintes a formação de focos de incêndios, destacamos aqui as práticas agrícolas, políticas de manejo do fogo e mudanças climáticas, outras análises são necessárias para entender mais detalhadamente as causas das variações observadas e mitigar os impactos dos incêndios no bioma Caatinga.

Palavras-chave: Queimada; Bioma Caatinga; Cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de iniciação à pesquisa da primeira autora e aos incentivos que viabilizaram a execução dessa pesquisa e à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pelo fomento da ciência.

REFERÊNCIAS

- ADÁMEK, M.; BOBEK, P.; HADINCOVÁ, V.; WILD, J.; KOPECKÝ, M. *Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe*. *Forest Ecology and Management*, v. 336, n. 2015, p. 81-90, 2015.
- ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; ARAÚJO, F. C.; SILVA, L.L. (2021). Um Estudo de Focos de Calor no Bioma Caatinga e suas Relações com Variáveis Meteorológicas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 3 (Suplemento), pg. 513-527, 2021.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, f. C. de. *Desenvolvimento sustentado da caatinga*, Sobral: EMBRAPA - CNPC, 1997.
- BEZERRA, D. S.; DIAS, B.; RODRIGUES, L. H. S.; TOMAZ, R. B. Análise dos focos de queimadas e seus impactos no Maranhão durante eventos de estiagem no período de 1998 a 2016. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, 2018. <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Raoni-Tomaz-2173692836>
- CHAVES, M. E. D.; MATINS, F. C. M.; MATAVELI, G. A. V.; CONCEIÇÃO, K. V.; BARROS K. O.; GUERRERO, J. V. R. Focos de calor no Cerrado e na Caatinga de Minas

- Gerais identificados por sensor orbital. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.2, n.1, p.042-054, 2021.
- CURT, T.; RIGOLOT, E. Prévenir les risques d'incendies de forêt dans un contexte de changement global. *Sciences Eaux & Territoires*, n. 3, p. 50-55, 2020.
- DA SILVA JUNIOR, C. A., TEODORO, P. E., DELGADO, R. C., TEODORO, L. P. R., LIMA, M., DE ANDRÉA PANTALEÃO, A., BAILO, F. H. R., AZEVEDO, G. B. DE, AZEVEDO, G. T. DE O. S., CAPRISTO-SILVA, G. F., ARVOR, D., & FACCO, C. U. (2020). *Persistent fire foci in all biomes undermine the Paris Agreement in Brazil*. *Scientific Reports*, 10(1), 1-14. doi: 10.1038/s41598-020-72571-w
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; CHAVES, L. H. G. Bioma Caatinga e Degradação: Modelo de Mapeamento. Campina Grande: EPGRAF, p. 80, 2020.
- GIGLIO, L.; BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HUMBER, M.; JUSTICEA, C. *The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product*. *Remote Sensing of Environment*. v. 217, p. 72-85, 2018.
- IBGE. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: Ibge, p. 168. 2019.
- KIILL, L. H. P.; RIBEIRO, M. de F.; DIAS, C. T. de V.; SILVA, P. P. da; SILVA, J. F. M. da. Caatinga: flora e fauna ameaçadas de extinção. Lucia Helena Piedade Kiill. Marcia de Fatima Ribeiro. Carla Tatiana de Vasconcelos Dias. Paloma Pereira da Silva. Josemário Francisco Matos da Silva. *Natural resources*. n. 100, p. 63-64, mar. 2009.
- LOPES, E. R. N.; SILVA, A. P. P.; PERUCHI, J. F.; LOURENÇO, R. W. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas no Município de Sorocaba, São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*. v. 36, 2018.
- MACIEL, B. A. Unidades de conservação no bioma Caatinga. In: GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V. S. B.; CESTARO, L.A. & KAGEYAMA, P.Y. (orgs.) *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro. 2010. P. 76-81.
- PIROMAL, R. A. S., RIVEIRA-LOMBARDI, R. J., SHIMABURURO, Y.E., FORMAGGIO, A. R., & KRUG, T. (2008). Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. *Acta Amazonica*, 38(1), 77-84.
- Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga - Coleção 7, acessado em 03 de jun. de 2024, através do link: [MapBiomas_Caatinga_2022_10.10.pdf_.pdf].
- Silva, J.L.C., Vidal, C.A.S., Barros, L.M., Freita, F.R.V., 2018. ASPECTOS DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO NORDESTE DO BRASIL. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental* 7, 180–191.
- SILVA, A. C.; JUVANHOL, R.S.; MIRANDA, J.R. Variabilidade espaço-temporal de ocorrência e recorrência de fogo no Bioma Caatinga usando dados do sensor MODIS. *Ciência Floresta*, Santa Maria, v. 33, n. 1, e70195, p. 1-23, jan./mar. 2023
- SILVA, R. M.; LOPES, A. G.; SANTOS, C. A. G. *Deforestation and fires in the Brazilian Amazon from 2001 to 2020: Impacts on rainfall variability and land surface temperature*. *Journal of Environmental Management*, v. 326, p. 116664, 2023.
- VIEIRA, G. S. Análise espaço-temporal do fogo no bioma caatinga. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p.42. 2021.
- ZURQANI, H. A.; POST, C.J.; MIKHAILOVA, E. A., SCHLAUTMAN, M. A., SHARP, J. L. *Geospatial analysis of land use change in the Savannah River Basin using Google Earth Engine*. *Int J Appl Earth Obs Geoinf* 69:175–185, 2018.