



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

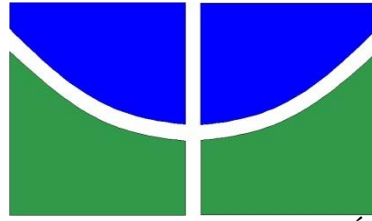
**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA**

**Greicielle dos Santos Vieira**

**Brasília, 07 de maio de 2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

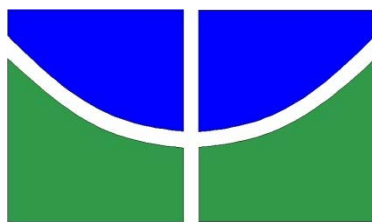
## **ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA**

**Greicielle dos Santos Vieira**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli  
Matricardi

Brasília-DF, 07 de maio de 2021



**Universidade de Brasília - UnB**  
**Faculdade de Tecnologia - FT**  
**Departamento de Engenharia Florestal - EFL**

## **ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA**

Estudante: Greicielle dos Santos Vieira

Matrícula: 14/0141952

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

---

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi  
Universidade de Brasília – UnB  
Departamento de Engenharia Florestal  
Orientador (EFL)

---

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar  
Universidade de Brasília – UnB  
Membro da Banca

---

MSc. Guido Briceño Castillo  
Universidade de Brasília – UnB  
Membro da Banca

Brasília-DF, 07 de maio de 2021

**FICHA CATALOGRÁFICA**

DOS SANTOS VIEIRA, GREICIELLE

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA [Distrito Federal] 2021. 42 p. 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2021).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal

1. Geoprocessamento

2. Caatinga

3. Queimadas

4. Corredores ecológicos

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

VIEIRA, DOS S. G. (2019). ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA.

Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 42 p.

**CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Greicielle dos Santos Vieira 1

TÍTULO: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA.

GRAU: Engenheira em Engenharia Florestal ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Greicielle dos Santos Vieira  
Depto. de Engenharia Florestal (EFL)-FT  
Universidade de Brasília (UnB)  
Campus Darcy Ribeiro  
CEP 70919-970 – Brasília – DF - Brasil

Dedico ao meu avô Getúlio Pereira dos Santos,  
*In memoriam* (1943 - 2019).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por me dar forças e sabedoria, para perseverar nessa jornada. Aos meus pais, Edson e Giselda, por proverem um lar acolhedor e amoroso que possibilitou a caminhada aos meus objetivos e sonhos.

Aos meus irmãos, Eduardo e Gabrielle e a minha família, que me deram apoio, leveza e amor, nos momentos mais difíceis dessa trajetória.

Aos meus amigos, Daiane, Quércia Mayara, Flávia, Maria Eduarda, Kevelin, Marcus Vinícius, Gabriel, Lucas, Marcelo, Marcos e Evaldo, que participaram da minha jornada, me ajudando e apoiando pacientemente.

Aos meus amigos de faculdade e agora colegas de profissão, Leonardo, Isabella, Vanessa, Maria Eduarda, Amanda, Caroline e Gabriel, que foram fundamentais na minha formação, tornando a vida universitária um momento de muita intensidade e aprendizado.

Aos professores, com os quais aprendi não somente minha profissão, mas também à me tornar um ser humano que busca sua melhor versão todos os dias.

Ao Guido Briceño, pela disponibilidade e paciência ao dividir seu tempo e conhecimentos para a construção deste trabalho.

E ao meu orientador, Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi, pela disponibilidade em me auxiliar neste trabalho de forma calma, dócil e profissional.

*“Não somos feitos para o desamor.”*

(Autor desconhecido)

## RESUMO

### ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO FOGO NO BIOMA CAATINGA

A área deste estudo incluiu o bioma Caatinga, que abrange 10 Estados brasileiros (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte), com uma área total de 844.453 Km<sup>2</sup>. O bioma está localizado na região do semiárido brasileiro, com condições climáticas extremas que propiciam a ocorrência de queimadas. A crescente mudança de cobertura e de uso da terra, associados ao uso indiscriminado dos recursos naturais da região, aumentam a degradação das áreas naturais da Caatinga, que são convertidas para áreas antropizadas com alta ocorrência de focos de incêndios. No presente estudo, foi conduzida uma análise espaço-temporal entre 2000 e 2019 da ocorrência de fogo no bioma Caatinga, analisando a distribuição espacial do fogo nos Estados e os usos e coberturas da terra mais afetados, bem como a ocorrência do fogo dentro de áreas protegidas. Foram usados dados de uso e cobertura da terra do projeto Mapbiomas para o diagnóstico de uso da terra entre 2000 e 2019, bem como os dados de áreas queimadas disponíveis no produto MODIS MDC64A1. O processamento dos dados georreferenciados foi implementado com um código de execução preparado para a plataforma *Google Earth Engine*. Os resultados deste estudo indicam que na última década houve aumento na ocorrência de queimadas no bioma Caatinga, sendo que, as áreas mais afetadas foram as formações savânicas e pastagens, a maior parte localizadas nos estados do Piauí e Bahia. Nestes Estados, também estavam localizadas a Unidade de Conservação mais afetada pelo fogo, o Parque Nacional da Chapada Diamantina. Por fim, foram sugeridos alguns meios para diminuir a incidência do fogo no bioma Caatinga.

**Palavras-Chave:** Geoprocessamento, Caatinga, queimadas, cobertura e de uso da terra.

## ABSTRACT

### SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF FIRE IN THE CAATINGA BIOME

This study area encompassed the entire Caatinga biome in Brazil, which includes 10 Brazilian States (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí and Rio Grande do Norte), a total area of 844,453 km<sup>2</sup>. The biome is spatially located within the semi-arid region in Brazil, with extreme climatic conditions that favor the occurrence of fires. The growing rates of land use and land cover changes associated with the unsustainable use of natural resources in that biome, is responsible to increase degradation of the Caatinga vegetation, converted to other anthropogenic land use with higher susceptibility to fires. In this study, I conducted a spatiotemporal analysis of fire occurrences between 2000 and 2019 in the Caatinga biome, analyzing the spatial distribution of fire events within each State and the most affected land uses and covers, as well as the occurrence of fire within protected areas. Land use and land cover data from the Mapbiomas project were used for analyzing fire occurrences between 2000 and 2019, as well as burned area dataset available from the MODIS MDC64A1 product. The data geoprocessing was implemented using a JavaScript on the Google Earth Engine platform. This study results indicate an increase of fire occurrences within the Caatinga biome in the last decade, and that Savanna formations and pastures were the land cover and land use most affected by fires in the states of Piauí and Bahia, where it was also located the most affected Protected Area by fires (the Chapada Diamantina National Park). Finally, I am defining some strategies to reduce fire occurrences in the Caatinga biome.

**Keywords:** Geoprocessing, Caatinga, fires, cover and land use.



## SUMÁRIO

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | INTRODUÇÃO   | 12 |
| 1.1.   | O PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA   | 14 |
| 2.     | OBJETIVO   | 14 |
| 2.1.   | Objetivo geral   | 14 |
| 2.2.   | Objetivos específicos  | 15 |
| 3.     | REVISÃO DE LITERATURA  | 15 |
| 3.1.   | Semiárido brasileiro   | 15 |
| 3.2.   | Uso e cobertura do solo  | 16 |
| 3.3.   | Unidades de Conservação  | 17 |
| 3.4.   | Terras Indígenas   | 20 |
| 4.     | MATERIAL E MÉTODOS   | 22 |
| 4.1.   | Caracterização da área de estudo   | 22 |
| 4.2.   | Base de dados  | 23 |
| 4.2.1. | <i>Google Earth Engine</i> – GEE   | 23 |
| 4.2.2. | MapBiomias   | 23 |
| 4.3.   | Estudo espaço temporal de queimadas em usos e cobertura do solo distintos  | 25 |
| 4.4.   | Estimativa da área afetada por fogo  | 26 |
| 4.4.1. | Frequência por estado  | 27 |
| 4.5.   | Estudo de queimadas em áreas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas | 27 |
| 5.     | RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 27 |
| 5.1.   | Dinâmica de queimadas entre 2000 e 2019                                    | 27 |
| 5.2.   | Análise de frequência das queimadas  | 32 |
| 5.2.1. | Frequência por Estado  | 33 |
| 5.3.   | Relação das queimadas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas        | 34 |
| 6.     | CONCLUSÃO  | 36 |
| 5.     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 38 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Localização da área estudada, o bioma Caatinga. Fonte: IBGE (2021) e MMA (2021) .....                                | 22 |
| <b>Figura 2.</b> Uso e cobertura do solo do bioma Caatinga. Fonte: adaptado do Projeto MapBiomas (2021) .....                         | 26 |
| <b>Figura 3.</b> Área total atingida por fogo anualmente no bioma caatinga Caatinga.....  | 28 |
| <b>Figura 4.</b> Percentual de áreas por cobertura e uso do solo, atingidos por queimadas nos anos estudados, entre 2000 e 2019. .... | 30 |
| <b>Figura 5.</b> Frequência de queimada. ....   | 33 |
| <b>Figura 6.</b> Frequência de queimadas em cada estado da Caatinga. Fonte: IBGE (2021) e MMA (2021).....                             | 34 |
| <b>Figura 7.</b> Áreas queimadas entre 2000 e 2019, sobrepostas às Unidades de Conservação e Terras Indígenas do bioma Caatinga.....  | 35 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1.</b> Classe de Cobertura e uso de terra, usada no MapBiomias. ....   | 24 |
| <b>Tabela 2.</b> Frequência de queimadas durante o período de estudo, onde Coluna 1 mostra quantidade de vezes a área da Coluna 2 foi atingida pelo fogo, entre os anos de 2000 e 2019. .... | 32 |

## 1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é um dos 6 biomas brasileiros e está inserido totalmente dentro do território brasileiro, ao contrário dos demais que se estendem além das fronteiras do país (SILVA et al., 2004). O domínio do bioma Caatinga avança por cerca 844.453 Km<sup>2</sup> (IBGE/MMAa, 2004), abrangendo praticamente toda a região Nordeste do país, além de parte norte do estado de Minas Gerais (FUNDAJ, 2019).

O bioma Caatinga recebe esse nome do Tupi- Guarani, que quer dizer mata ou floresta branca, pois adquire tal aspecto embranquecido na época de seca. Porém, a Caatinga possui grande variedade de fitofisionomias, ou as chamadas províncias fitogeográficas podendo assim, ser chamada de “Caatingas” devido à sua diversidade (TAKHTAJAN, 1986).

Utilizando dados do bioma, Alves (2008) caracterizou a Caatinga pela junção de parâmetros biogeográficos, sendo estes climatológicos, vegetação e solo, assim, determinando as características edafoclimáticas da região. De fato, a Caatinga evoluiu até os dias atuais através de uma série de adaptações. O clima, pode com certeza, ser um dos grandes fatores determinantes da região semiárida, marcada por secas estacionais e sazonais, além de temperaturas elevadas (DANTAS, 2019).

Para a caracterização climática da Caatinga, pontua-se os aspectos extremos que a determinam, como a alta radiação solar, temperatura média anual elevada, baixas nebulosidade e umidade relativa do ar, alta evapotranspiração potencial, além dos baixos níveis de precipitação e distribuição irregular (MOURO et al., 2015). A região é definida pela classificação de Köppen como BSh, semiárido quente, caracterizado por estações chuvosas irregulares e curtas, e estações secas com temperaturas elevadas, resultantes da alta radiação solar incidente e déficit hídrico (TEIXEIRA, 2010).

Os solos predominantes da caatinga são o Latossolo, caracterizado pelo alto grau de intemperismo, profundidade, boa drenagem e uniformidade dos aspectos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos no horizonte diagnóstico B latossólico; e o Argilossolo, distinto pela grande variação de argila entre a camada superficial e horizontes A, ou A+E e B textural, onde contrário ao Latossolo, possui grande variedade de aspectos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. No entanto, é possível encontrar no bioma outras classes de solos como Nitossolos, Luvisolos, Chernossolos, Cambissolos, Planossolos, Pintossolos, Vertissolos, Neossolos (ARAÚJO FILHO et al., 2011). Sendo assim, é possível inferir a grande variedade de ambientes que constituem o bioma, composto por Chapadas, Bacias Sedimentares,

Planaltos, Várzeas, Terraços Aluvionares, Dunas e Depressões Sertanejas, e desses, a variedade de fitofisionomias e espécies endêmicas (ARAÚJO FILHO et al., 2011).

Na caatinga, existem cerca de 5.311 espécies de plantas, onde aproximadamente 1.547 são endêmicas (IBGE), que refletem grande capacidade de adaptação ao clima extremo da região, bem como as modificações sofridas pelo solo em decorrência da salinização.

Assim como outros biomas brasileiros, a Caatinga também sofre com o desmatamento e degradação da vegetação nativa, que agrava o potencial do bioma à desertificação, que dentre os biomas brasileiros, possui o maior potencial.

De acordo com levantamento feito pelo IBGE (2020), retratando a cobertura natural dos biomas, entre o período de 2000 a 2010, a Caatinga perdeu 17.165 km<sup>2</sup>, e entre 2016 e 2018 mais 1.604 km<sup>2</sup>. Até 2018 predominava-se a vegetação campestre, atingindo 46,8%, onde 5,6% da área com usos antrópicos encontrava-se sob pastagem com manejo. Mesmo assim, a vegetação nativa da Caatinga apresenta redução contínua de sua área de vegetação nativa, e 47,3% das mudanças da cobertura vegetal está associada à instalação de imóveis rurais de pequeno porte, com a prática de cultivo de subsistência, pastagem, sistemas agroflorestais, bem como a conversão das espécies lenhosas em lenha e carvão para a produção de energia destinadas à fábricas gesseiras ou para indústria siderúrgica (IBGE, 2020).

Outra ameaça ao bioma é o fogo, que somada à vegetação seca e ventos fortes, atingem grandes áreas. Usado por agricultores para limpeza e renovação de pastagem, eliminação de restos vegetais resultantes do desmatamento, bem como através de combustão espontânea, resíduos urbanos, descarga elétrica, entre outros, o as queimadas podem ser de origem acidental, natural ou criminosa, e assim, as consequências das queimadas nos últimos anos são inúmeras, afetando tanto ecológica, quanto econômica e socialmente a região (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2021) .

Com isso, este trabalho tem como objetivo a análise da ocorrência espaço-temporal do fogo no bioma Caatinga. Foram verificados os períodos (entre 2000 a 2019) e os tipos de uso da terra com maior ocorrência do fogo, além de verificar a ocorrência do fogo dentro de áreas protegidas, a partir de dados do Projeto Mapbiomas e do produto Modis MCD64A1. Os resultados deste estudo oferecem suporte para a formulação de medidas preventivas e políticas de preservação, uma vez que o bioma possui apenas, cerca de 3% da sua área protegida por Unidades de Conservação (CNUC,2020).

## **1.1. O PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA**

Além dos processos naturais causadores de incêndios como, por exemplo, descargas elétricas, combustão espontânea e atrito entre rochas, os processos de origem antrópica, são os principais causadores e responsáveis pelo aumento das queimadas no bioma Caatinga. A supressão da vegetação nativa para a produção de lenha, implementação de agricultura e limpeza de pastagem utilizando o fogo, são fatores que potencializam a degradação do ecossistema, intensificando as condições e o potencial às queimadas da região semiárida. A vegetação predominante do bioma, caracteriza-se por espécies arbóreas de baixo porte, espécies arbustivas, predominantemente caducifólias e cactáceas. Porém, o bioma possui grande heterogeneidade paisagística, com mais de 100 paisagens únicas distintas, como lagoas e áreas úmidas temporárias (SNIF). Outro agravante à ocorrência de queimadas, são as características climáticas do bioma que sofre mais a cada ano, com os períodos de estiagem prolongados. Inicialmente, acreditava-se que a Caatinga era resultado de um processo de degradação, porém, nos períodos de chuva a região torna-se exuberante e verde, evidenciando o quanto é afetada e influenciada pelo regime hídrico. No entanto, a ocupação humana e a modificação do uso do solo, degradação de áreas de vegetação nativa, o uso indiscriminado dos recursos hídricos, somam-se à tal ponto, que por sua vez, contribuem para a fragilização do ambiente, causando empobrecimento do solo, aumento de processos erosivos, secagem de aquíferos, acelerando processos de desertificação no bioma, que já possui áreas de completa degradação. A partir desta problemática, o presente estudo norteia-se pelos seguintes questionamentos: Qual a área atingida por fogo (total e anualmente) na Caatinga entre os anos de 2000 a 2019? Qual a frequência do fogo em cada área, dentro deste período de estudo? Quais os usos da terra foram mais atingidos pelo fogo? Florestas localizadas dentro de Terras Indígenas e Unidades de Conservação foram atingidas pelo fogo? Quais Estados do bioma mais afetados pelo fogo?

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a dinâmica espaço-temporal das áreas atingidas por fogo nos no bioma Caatinga entre 2000 e 2019, observando a frequência anual da ocorrência do fogo e identificando os tipos de usos e cobertura da terra e área protegidas mais atingidos.

## 2.2. Objetivos específicos

- Estimar a área (total e anual) queimada no bioma Caatinga utilizando dados derivados de sensores remoto;
- Verificar a dinâmica espaço-temporal da ocorrência do fogo no bioma Caatinga;
- Identificar usos e cobertura da terra mais atingidos (extensão e frequência) pelo fogo;
- Identificar quais Estados, dentro dos domínios do bioma de estudo, tiveram maior frequência de ocorrência do fogo no período de estudo;
- Quais as Unidades de Conservação e Terras Indígenas mais afetadas pelo fogo no período de estudo.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Semiárido brasileiro

O Bioma Caatinga está localizado, majoritariamente, na região do semiárido brasileira, que abrange 8 Estados nordestinos, incluindo Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e o estado de Minas Gerais.

De acordo com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste -SUDENE (2017), a região delimita-se pelas condições características da semiaridez, marcadas pelos baixos índices pluviométricos. O semiárido possui grande fragilidade hidrográfica, influenciada pelos padrões climáticos da região, resultando na forte presença de formações hídricas temporárias e na dificuldade de manter-se rios perenes, com algumas exceções (IBGE, 2018).

A região foi criada pela Lei Federal nº 7.827, de 27 de setembro de 1989, Artigo 5º, inciso IV:

*“Para efeito de aplicação dos recursos, entende-se por: Semi-árido, região natural inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – Sudene, definida em portaria daquela Autarquia.”*

Os aspectos climáticos extremos da região das Caatingas, são causados principalmente pelos padrões climáticos semiáridos, onde de acordo com o SUDENE, a região é:

*“Formada pelo conjunto de lugares contínuos, caracterizados pelo balanço hídrico negativo, resultante de precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800mm, insolação média de*

*2.800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. Caracteriza-se essa região por forte insolação, temperaturas relativas altas e pelo regime de chuvas marcados pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período de apenas três meses (SEDENE, 1980).”*

Mesmo sendo o semiárido mais chuvoso do mundo, a população que habita esta área é exposta a constantes episódios de escassez de chuvas, tornando as condições do semiárido, um fator correlato ao desenvolvimento socioeconômico da região, sobretudo, afetando mais fortemente aos indivíduos que sobrevivem de atividades agropecuárias (TINÔCO et al., 2018).

Somada à estas condições, está o avanço do desmatamento e o aumento da temperatura global que, nesta região, potencializam seus efeitos culminando em maiores períodos de estiagem e aceleração do processo de desertificação, já latente na região do semiárido (FUNDAJ, 2019).

### **3.2. Uso e cobertura do solo**

O termo uso e cobertura do solo, está associado a modificação da utilização da superfície terrestre através de ações antrópicas, transformando a paisagem e como o ser humano lida com ela e pode se configurar em áreas de agricultura, pastagens, cidades, além de referir-se à atributos naturais da superfície terrestre como florestas, campos, desertos, entre outros (MCCONNEL & MORAN, 2000).

O crescimento acelerado das populações humanas e o avanço das áreas urbanas, gera igual demanda de recursos naturais e insumos, como por exemplo, água e alimentos. Esta evolução, gera grande degradação no ambiente e por vezes, esgota recursos em algumas regiões. Sendo assim, deve ser prioridade aos governos a geração de mecanismos que gerenciem os recursos e assim, garantam sua manutenção.

Para tal, é necessário levantamento técnico de informações sobre as áreas, além das tecnologias disponíveis para tanto. As áreas prioritárias aos estudos, devem ser focadas nas zonas de maior fragilidade, norteando assim, a formulação de políticas públicas de conservação.



### 3.3. Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação (UC's), são definidas pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação – SNUC, entidade responsável pela formulação de normas, critérios, gestão, implantação e criação destas, pela Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Art. 2º, inciso I, que as explicita como:

*“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.”*

Sendo então, subdivididas em duas categorias distintas. São elas: Unidades de Uso Sustentável e Unidades de Proteção Integral. Definido seus objetivos no Artigo 2º, inciso VI.

As das Unidades de Proteção Integral:

*“manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.”*

E, no mesmo Artigo 2º, inciso XI, define os objetivos das Unidades de Uso Sustentável:

*“exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável;”*

A Caatinga, objeto do presente estudo, possui Unidades de Conservação de Proteção Integral:

- Estação Ecológica do Castanhão com 12.579 hectares, criada pelo Decreto s/nº, de 27 de setembro de 2001;
- Parque Nacional do Ubajara com 6.288 hectares, criado pelo Decreto 45.954 de 30, de abril de 1959;
- Parque Nacional de Sete Cidades com 7.700 hectares, criado pelo Decreto 50.744, de 08 de julho de 1961;

- Estação Ecológica do Seridó com 1.166,38 hectares, criada pelo Decreto 87.222, de 31 de maio de 1982;
- Estação Ecológica do Aiuaba com 11.525 hectares, criada pelo Decreto s/nº, de 06 de fevereiro de 2001;
- Parque Nacional do Catimbau com 62.555 hectares, criado pelo Decreto s/nº, de 13 de dezembro de 2002;
- Reserva Biológica de Serra Negra com 1.100 hectares, criada pelo Decreto 87.591, de 20 de setembro de 1982;
- Estação Ecológica Raso da Catarina com 99.772 hectares, criada pelo Decreto 89.268, de 1984;
- Parque Nacional da Chapada Diamantina com 152.000 hectares, criado pelo Decreto 91.655 de 17 de setembro de 1985;
- Parque Estadual Lagoa do cajueiro com 20.500 hectares, criado pelo Decreto 39.954, de 08 de outubro de 1998;
- Parque Estadual Mata Seca com 10.281 hectares, criado pelo Decreto 41.479, de 20 de dezembro de 2000;
- Parque Estadual Verde Grande com 25.570 hectares, criado pelo Decreto 39.953, de 08 de outubro de 1998;
- Parque Estadual das Sete Passagens com 2.821 hectares, criado pelo Decreto 7.808, de 24 de maio de 2000;
- Parque Estadual da Pedra da Boca com 157, 3 hectares, criado pelo Decreto 14.889, de 07 de fevereiro de 2000;
- Parque Nacional Pico do Jabre com 852 hectares, criado pelo Decreto 14.843, de 19 de outubro de 1992;
- Monumento Natural Cachoeira do Ferro Doido com 400 hectares, criado pelo Decreto 7.412, de 17 de agosto de 1998;
- Parque Estadual Morro do Chapéu com 46.000 hectares, criado pelo Decreto 7.413, de 17 de agosto de 1998;
- Reserva Biológica Jaibá com 6.358 hectares, criada pelo Decreto 6.126, de 04 de julho de 1977;
- Parque Nacional Cavernas do Peruaçu com 56.800 hectares, criado pelo Decreto s/nº, de 21 de setembro de 1999;
- Estação Ecológica da Chapada da Serra Branca com 21.588 hectares, criada pelo Decreto 13.080, de 02 de junho de 2008;

- Monumento Natural Grota de Angico com 2.138 hectares, criado pelo Decreto 24.922 de 21 de dezembro de 2007;
- Monumento Natural Monólitos de Quixadá com 16.635 hectares, criado pelo Decreto 26.805, de 25 de outubro de 2002;
- Estação Ecológica Pecém com 973,09 hectares, criada pelo Decreto 27.708, de 17 de dezembro de 1999;
- Monumento Natural Vale dos Dinossauros com 39 hectares, criado pelo Decreto 14.833, de 19 de outubro de 1992;
- Parque Estadual do Poeta e Repentista Juvenil de Oliveira com 419,5160 hectares, criado pelo Decreto 25.322, de 09 de setembro de 2004;
- Parque Estadual Florêncio Luciano com 445,61 hectares, criado pelo Decreto 10.120 de 10 de agosto de 1988;
- Monumento Natural do Rio São Francisco com 26.715 hectares, criado pelo Decreto s/nº, de 05 de junho de 2009;
- Parque Nacional de Jericoacoara com 8.416 hectares, criado pelo Decreto s/nº, de 04 de fevereiro de 2002;
- Parque Nacional Caminho das Gerais com 56.237 hectares, criado pelo Decreto s/nº, de 29 de março de 2007;
- Parque Nacional da Serra da Capivara com 100.000 hectares, criado pelo Decreto 83.548, de 05 de junho de 1979;
- Parque Estadual Sítio Fundão com 94 hectares, criado pelo Decreto 29.307, de 05 de junho de 2006;
- Parque Nacional das Carnaúbas com 10.00 hectares, criado pelo Decreto de 28.154, de 15 de fevereiro de 2006;
- Parque Estadual da Serra dos Montes Altos com 18.491,133 hectares, criado pelo Decreto 12.489, de 30 de novembro de 2010;
- Refúgio da Vida Silvestre da Serra dos Montes Altos com 27.499, 5276 hectares, criado pelo Decreto 12.487, de 30 de novembro de 2010;
- Parque Nacional Serra das Confusões com 823.436 hectares, criado pelo Decreto s/nº, de 02 de outubro de 1998;
- Parque Estadual Mata da Pimenteira com 887,24 hectares, criado pelo Decreto 37.832, de 30 de janeiro de 2012;
- Estação Ecológica Serra da Canoa com 7.598,71 hectares, criado pelo Decreto 38.133, de 27 de abril de 2012;

- Refúgio de Vidas Silvestre dos Morros do Caraunã e do Padre com 1.086,67 hectares, criado pelo Decreto 17.935, de 27 de janeiro de 2012.

### **3.4. Terras Indígenas**

De acordo com a Fundação Nacional do Índio – FUNAI, as Terras Indígenas são categorizadas em 4 grupos, as Terras Indígenas Tradicionalmente Ocupadas, Reservas Indígenas, Terras Dominiais e Interditadas. Estas são definidas pela Constituição Federal vigente, Lei 6.001 de 1973, Artigo 231, Estatuto do Índio, Decreto nº 17.755 de 1996.

De acordo com a FUNAI, são as Terras Indígenas Tradicionalmente Ocupadas:

*“São as Terras Indígenas de que trata o Art.231 da Constituição Federal de 1088, direito originário dos povos indígenas, cujo processo de demarcação é disciplinado pelo Decreto nº 1.775/96.”*

As Reservas indígenas:

*“São terras doadas por terceiros, adquiridas ou desapropriadas pela União, que se destinam à posse permanente dos povos indígenas. São terras que também pertencem ao patrimônio da União, mas não se confundem com as terras de ocupação tradicional. Existem terras indígenas, no entanto, que foram reservadas pelos estados-membros, principalmente durante a primeira metade do século XX, que são reconhecidas como de ocupação tradicional.”*

As Terras Dominiais:

*“São as terras de propriedade das comunidades indígenas, havidas, por qualquer das formas de aquisição do domínio, nos termos da legislação civil.”*

As Terras Interditadas:

*“São áreas interditadas pela Funai para proteção dos povos e grupos indígenas isolados, com o estabelecimento de restrição de ingresso e trânsito de terceiros na área. A interdição da área pode ser realizada concomitantemente ou não com o processo de demarcação, disciplinado pelo Decreto n.º 1775/96.”*

Na Caatinga, área objeto deste estudo, possui TIs de todas as 4 modalidades:

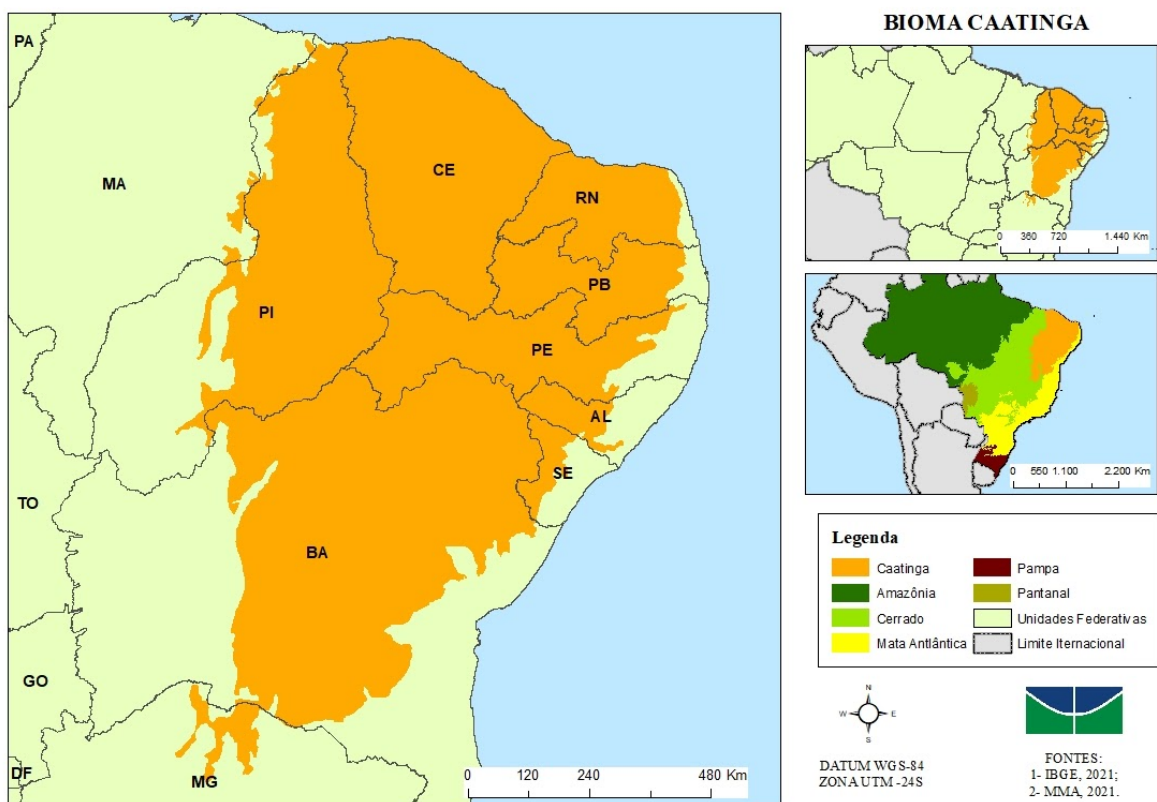
- Reserva Indígena Taba dos Anacé;
- Tradicionalmente ocupada Atikum;
- Reserva Indígena Aconã;
- Tradicionalmente ocupada Xacriabá;
- Tradicionalmente ocupada Tapeba;
- Tradicionalmente ocupada Brejo do Burgo;
- Tradicionalmente ocupada Caiçara/Ilha de São Pedro;
- Tradicionalmente ocupada Córrego João Pereira;
- Tradicionalmente ocupada Entre Serras;
- Reserva Indígena Fazenda Canto;
- Reserva Indígena Tuxá de Inajá;
- Reserva Indígena Fulni-ô;
- Reserva Indígena Ibotirama;
- Tradicionalmente ocupada Geripancó;
- Tradicionalmente ocupada Kambiwá;
- Tradicionalmente ocupada Kantaruré;
- Tradicionalmente ocupada Kariri-Xocó;
- Tradicionalmente ocupada Kiriri;
- Tradicionalmente ocupada Lagoa Encantada;
- Tradicionalmente ocupada Massacara;
- Dominial Indígena Mata da Cafurna;
- Tradicionalmente ocupada Pankararé;
- Tradicionalmente ocupada Pankararu;
- Tradicionalmente ocupada Pitaguary;
- Reserva Indígena Tingui Botó;
- Tradicionalmente ocupada Truká;
- Tradicionalmente ocupada Truká;
- Tradicionalmente ocupada Xakriabá Rancharia;
- Tradicionalmente ocupada Xukuru-Kariri;
- Tradicionalmente ocupada Xukuru;
- Tradicionalmente ocupada Tumbalalá;

- Tradicionalmente ocupada Tremembé de Queimadas;
- Reserva Indígena Fazenda Sítio;
- Reserva Indígena Xukuru de Cimbres;
- Tradicionalmente ocupada Tremembé da Barra do Mundaú.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. Caracterização da área de estudo

O bioma Caatinga é localizado na região Nordeste brasileira. Ocupando cerca de 10% do território (IBGE, 2021), sua abrangência inclui os estados do Maranhão, Ceará, Rio Grande no Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, Piauí e Minas Gerais. Com área de aproximadamente 844.453 Km<sup>2</sup>, possui coordenadas geográficas obtidas através do centroide da área do bioma em 40° 8' 27" W e 8° 30' 19" S (IBGE, 2021).



**Figura 1.** Localização da área estudada, o bioma Caatinga. Fonte: IBGE (2021) e MMA (2021)

## **4.2. Base de dados**

### *4.2.1. Google Earth Engine – GEE*

Plataforma de análise de dados geoespaciais, que utiliza acervo de cerca de quarenta anos de imagens de satélite, para uso em diversos fins, como acadêmicos, governamentais e corporativos. O GEE, captura imagens de satélite diariamente, disponibilizando-as em um arquivo de domínio público em escala global, para prospecção de dados. Além de fornecer ferramentas que viabilizam análise de uma grande quantidade de dados (GEE, 2021).

Diferente do GEE, o Google Earth permite a navegação através de um globo virtual interativo, com grande acervo de imagens de satélite, mapas, entre outros, incluindo mais de 200 dados públicos, 5 milhões de imagens de satélite, mais de 4.000 novas imagens todos os dias e aproximadamente 17 petabytes de dados. Tem uma infraestrutura computacional para armazenamento de dados geoespaciais e interface para o processamento, análise e visualização dos dados. Através do Google Cloud, o GEE disponibiliza acervo de mais de quarenta anos de imagens de satélite das missões SENTINEL- 2 E LANDSAT (GEE, 2021).

### *4.2.2. MapBiomias*

Com o objetivo de entender a dinâmica de uso do solo no Brasil e ter uma continuidade de dados, acessíveis e de baixo custo, o MapBiomias trabalha com instituições responsáveis pelos diversos biomas, além de abordar temas transversais como, dados de emissão de gases, pastagem, agricultura, zona costeira e áreas urbanas.

O projeto MapBiomias produz mapas de uso do solo em parceria com o GEE, em séries anuais, no formato matricial (pixel de 30X30m), abrangendo horizonte de dados de 36 anos, a partir de 1985 até os dias atuais. Além de disponibilizar mosaico de imagens de satélite anuais, com resolução espacial máxima de 30m, onde a essas são tomadas em diferentes épocas do ano a depender do bioma e tema do estudo. Os mosaicos possuem até 105 camadas de informações, incluindo as camadas espectrais e índices de vegetação (MapBiomias, 2021).

O estudo das diversas coberturas e usos de terra do projeto MapBiomias, é realizada a partir do estudo de 6 classes principais e a partir destas, o estudo de suas respectivas subclasses. São elas:

**Tabela 1.** Classe de Cobertura e uso de terra, usada no MapBiomias.

| <b>Classes de Cobertura e Uso da Terra</b> |  |
|--|--|
| <b>1. Floresta</b>                         | <b>2. Formação Natural não Florestal</b> |
| Floresta Natural                           | Campo Alagado e Área Pantanosa           |
| Formação Florestal                         | Formação Campestre                       |
| Formação Savânica                          | Apicum                                   |
| Mangue                                     | Afloramento Rochoso                      |
| Floresta Plantada                          | Outras Formações não Florestais          |
| <b>3. Agropecuária</b>                     | <b>4. Área não vegetada</b>              |
| Pastagem                                   | Praia e Duna                             |
| Agricultura                                | Infraestrutura Urbana                    |
| Lavoura Temporária                         | Mineração                                |
| Soja                                       | Outras Áreas não Vegetadas               |
| Cana-de-açúcar                             | <b>5. Corpos D'água</b>                  |
| Outras Lavouras Temporárias                | Rio, Lago e Oceano                       |
| Lavoura Perene                             | Aquicultura                              |
| Mosaico de Agricultura e Pastagem          | <b>6. Não observado</b>                  |

#### 4.2.3. MODIS MDC64A1

Lançado a bordo do satélite TERRA em 1999 e posteriormente no satélite AQUA em 2002, o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), é tido como um marco no estudo e monitoramento de vegetação à nível de escala global (FERREIRA JR, 2008). O sensor faz parte do projeto EOS (*Earth Observing System*), financiado pelo programa da NASA, ESE (*Earth Science Enterprise*), com o qual o objetivo principal é a observação das mudanças da Terra sob os processos naturais e antropomorfos, e assim, compreender as eventuais consequências para a vida terrestre, através do entendimento do planeta como um sistema dinâmico e único (JUSTICE et al., 2002).

De acordo com Justice et al. (2002), os produtos MODIS são gerados com certa hierarquia, divididas em níveis de 0 a 4:

- Nível 0: A imagem está em estado bruto, sem nenhum tratamento. Não é disponível ao público, assim, não conta no catálogo de produtos do sensor MODIS.
- Nível 1 – A1: Contém base de dados de 36 canais do MODIS. Estes, são usados como dados de entrada de geolocalização, calibração e processamento. São adicionados à estes dados, indicadores de qualidade, com a finalidade de indicar perda ou má



qualidade de pixel. As faixas Visível e Infravermelhos Próximo e Médio, são medidas apenas durante o dia, sendo as faixas do Infravermelho termal, de possível medição em ambos os turnos.

- Nível 1 (1B): Os produtos também possuem dados de geolocalização e calibração, para as 36 bandas geradas no nível anterior. Neste nível a refletância bidirecional (BRDF) determinam-se para bandas reflectivas solares, a partir do conhecimento da radiação solar. Dados de estimativa de qualidade, erro e calibração são acrescentados à este nível.
- Nível 2: os produtos deste nível são obtidos da radiancias calibradas de produtos MODIS anteriores ao presente.
- Nível 3: Neste, os produtos são novamente amostrados espacialmente e temporariamente compostas para produzir estimativas das variáveis geofísicas para as grades de localização.
- Nível 4: neste nível os produtos resultam da incorporação dos dados MODIS em modelos feitos para estimar as variáveis geofísicas.

O produto de áreas queimadas, MODIS MCD64A1, tem periodicidade mensal, capaz de identificar e reconhecer áreas queimadas à nível 3 de qualidade de informação por pixel, é um produto mensal em grade global que usa imagens de espectro radiômetro de 500 m, composta com observações de fogo ativo, pelo MODIS de 1 km (GIGLIO et al., 2015). Usa índice de Vegetação (VI) compostos pelas Bandas 5 e 7 de refletância de superfície, corrigida por infravermelho e ondas curtas de MODIS, sensível para queimadas, gerando assim, limites dinâmicos aplicados aos dados compostos (LP DAAC,2021).

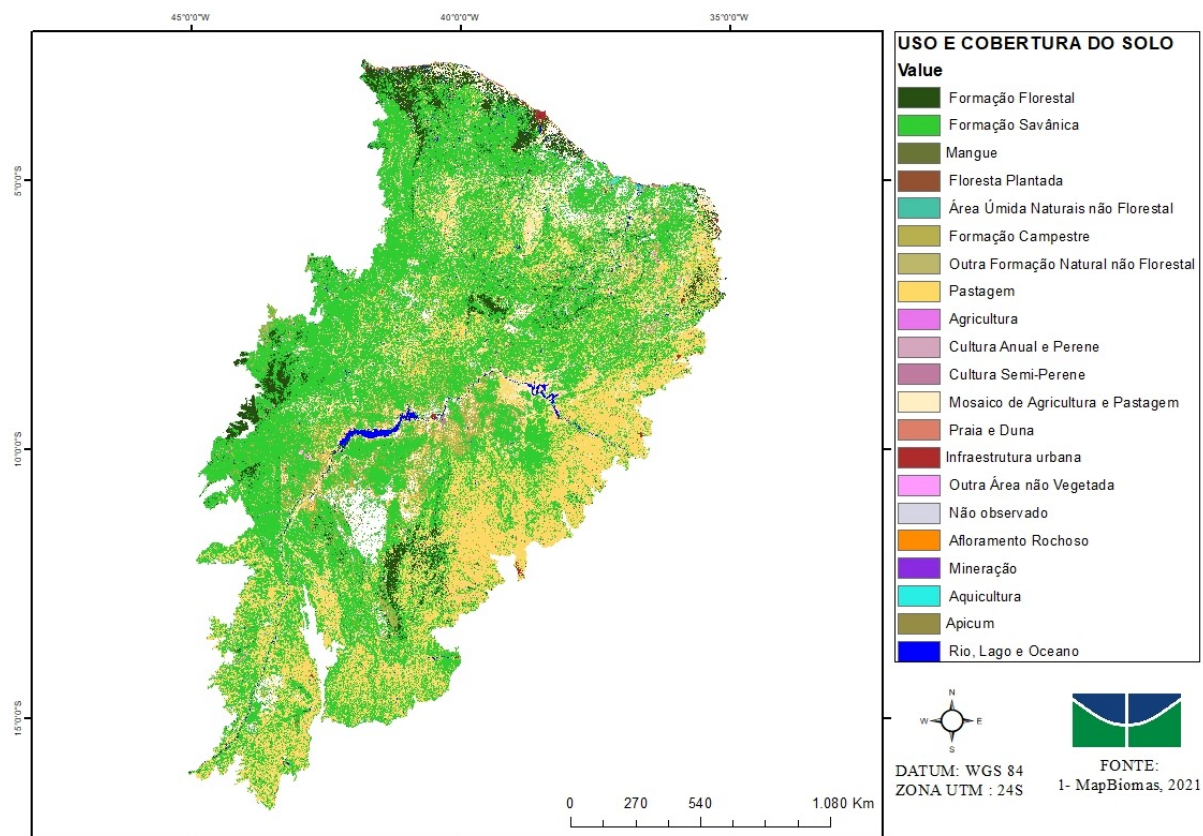
As camadas geradas no produto MCD64A1, incluem (GIGLIO et al., 2015):

- *Burn date* – Data da queimada;
- *Burn Data Uncertainty* - Incerteza da data da queimada;
- *Quality Assurance* – garantia de qualidade;
- Primeiro e último dia detecção de alterações do ano.

#### **4.3. Estudo espaço temporal de queimadas em usos e cobertura do solo distintos**

O estudo temporal de queimadas em diferentes usos e coberturas de solo, foram realizados anualmente, entre 2000 e 2019, a partir da classificação do projeto MapBiomass. Foram então, analisadas as 6 classes e suas respectivas subclasses, identificando as classes existentes na área de estudo, e dentre estas, quais usos e coberturas foram atingidos por fogo, bem como, a frequência de incidência durante o período estudado. Para estimar a área

das classes de uso e cobertura do solo afetados por fogo, foi quantificado o número de pixels representando as áreas queimadas a cada ano, multiplicado pela área de cada pixel dos dados do projeto Mapbiomas (0,09 hectares).



**Figura 2.** Uso e cobertura do solo do bioma Caatinga. Fonte: adaptado do Projeto MapBiomas (2021)

#### 4.4. Estimativa da área afetada por fogo

O estudo da área total atingida por fogo no bioma Caatinga no período entre 2000 e 2019, foi feito a partir da análise dos usos e coberturas de solo obtidos através do projeto MapBiomas, com sobreposição de dados do produto MCD64A1, derivado de imagens do satélite do sensor de resolução moderado, MODIS.

Os dados foram concatenados através de um código de execução, na plataforma *Google Earth Engine*, gerando dados espaciais de área queimada por ano e por classe de uso e cobertura do solo. Os dados gerados, mostram a quantidade e frequência que cada pixel foi queimado, estes com resolução de 500 metros, correspondente aa resolução espacial do produto MCD64A1.

#### **4.4.1. Frequência por estado**

Para a análise de área queimada por estado, os dados concatenados do projeto MapBiomas e do sensor MODIS, foram trabalhados no programa de Sistema de Informação Geográfica, o ArcGIS®, licenciado para uso acadêmico na Universidade de Brasília

No programa, os dados de frequência de queimadas e uso e cobertura do solo, foram transformados em RASTERS por estado, da quantidade de pixels e frequência que estes foram queimados, nos 20 anos estudados, contendo todas as áreas queimadas, sendo que a frequência do fogo foi estimada com contagem dos pixels observados a cada ano da análise.

Realizou-se a avaliação da frequência e a dimensão das áreas de Unidades de Conservação e Terras Indígenas, atingidas pelo fogo intervalo temporal estudado. Os dados gerados de frequência e quantidade de pixels queimados no intervalo entre 2000 e 2019, aos serem passados para o ArcGIS®, podem ser sobrepostas sobre as áreas das Unidades de Conservação e Terras Indígenas por ano. Com esta sobreposição, obteve-se as áreas de Florestas Públicas e áreas protegidas com maior ocorrência do fogo, bem como as dimensões das áreas queimadas a cada ano.

#### **4.5. Estudo de queimadas em áreas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas**

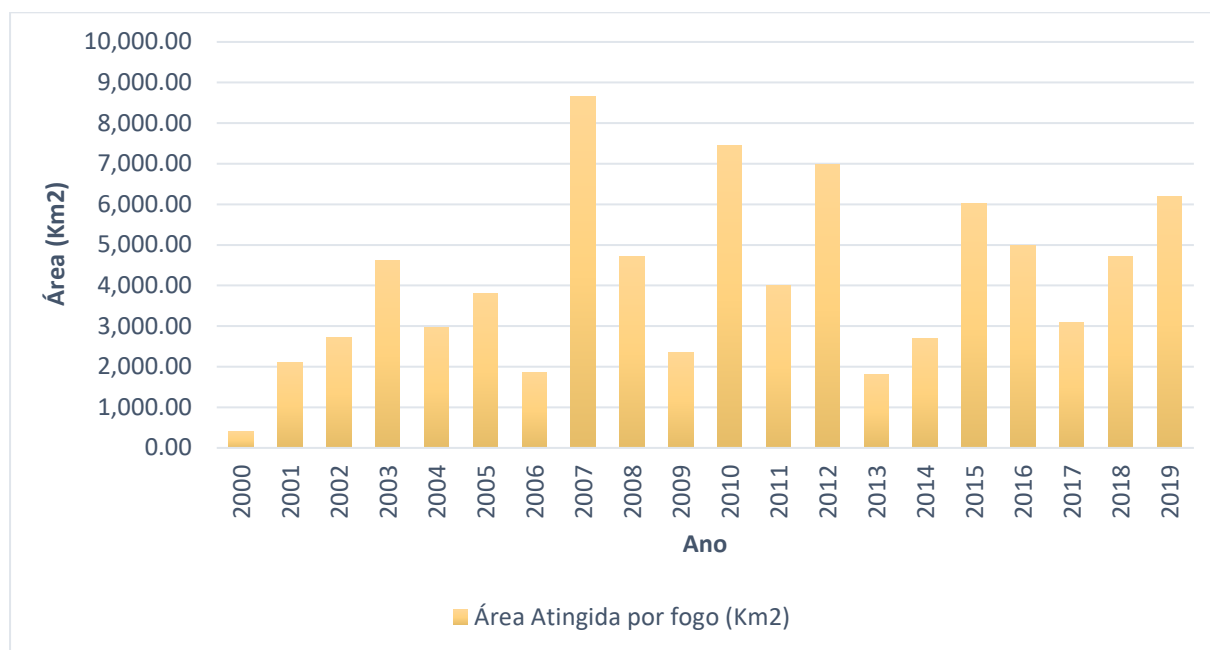
Foi conduzida uma avaliação da frequência e a dimensão das áreas de Unidades de Conservação e Terras Indígenas, atingidas pelo fogo intervalo temporal estudado. Os dados gerados de frequência e quantidade de pixels queimados no intervalo entre 2000 e 2019, aos serem passados para o ArcGIS®, podem ser sobrepostas sobre as áreas das Unidades de Conservação e Terras Indígenas por ano. Com esta sobreposição, obteve-se a frequência e as áreas afetadas por fogo dentro de Áreas Protegidas.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1. Dinâmica de queimadas entre 2000 e 2019**

A partir do estudo realizado, constatou-se o aumento da área queimada nos domínios do bioma Caatinga, entre 2000 e 2019. Em 2000, o primeiro ano do estudo, a área atingida por fogo correspondia à aproximadamente 0,05% da área total da Caatinga, cerca de 407, 84 km<sup>2</sup>. No último ano deste estudo (2019), as áreas avançaram para 0,73% da área total do bioma, um total de 6.201,90 km<sup>2</sup>. É possível perceber, que houve anos com maior frequência e área atingida por fogo, bem como anos de menores frequência e área queimada. Esta estimativa de área queimada foi estimada a partir da quantificação dos pixels representando áreas atingidas

por fogo e seus respectivos usos e coberturas do solo, transformados em quilômetros quadrados, no *software* Excel, como apresentado no Figura 3.

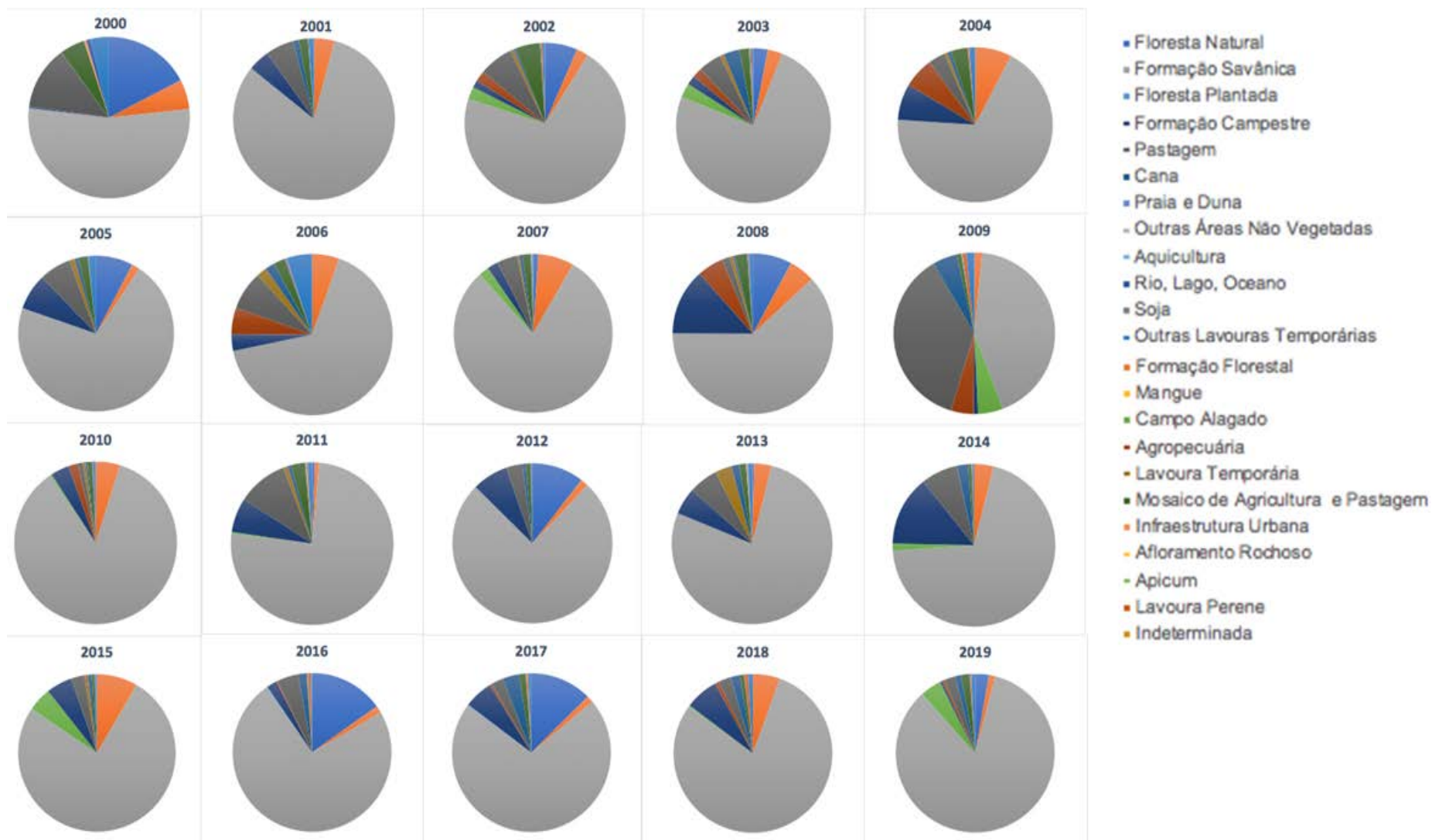


**Figura 3.** Área total atingida por fogo anualmente no bioma caatinga Caatinga

Desde o início de seu processo de ocupação, a Caatinga sofre sistemático crescimento da degradação. Com o avanço do desmatamento e a mudança do uso e cobertura do solo, potencializou-se a fragilidade do ambiente ante ao fogo. Inicialmente, a produção de lenha e carvão era majoritariamente de madeiras originadas da limpeza de áreas destinadas à agricultura. Atualmente, a região Nordeste é responsável por cerca de 62% da lenha do extrativismo vegetal, do total nacional (IBGE, 2018). Esta madeira, atende as demandas industrial e comercial, além de ser usada para cocção pelas populações mais pobres (GIODA, 2019).

Para a análise de uso e cobertura do solo atingidos pelo fogo, onde inicialmente continha 40 classificações, restringiu-se à 23 classes que foram observadas dentro do bioma Caatinga e que foram queimadas ao menos uma vez dentre no período de estudo. Isso incluiu as classes são: Floresta Natural, Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue, Floresta Plantada, Campo Alagado, Formação Campestre, Agropecuária, Pastagem, Lavoura Temporária, Cana-de-açúcar, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Praia e Duna, Infraestrutura Urbana, Outras Áreas Não Vegetadas, Afloramento Rochoso, Aquicultura, Apicum, Rio, Lago e Oceano, Lavoura Perene, Soja, Outras Lavouras Temporárias e uma classe Indeterminada.

Com a progressiva degradação ambiental e suscetibilidade ao fogo, a partir das condições climáticas do semiárido, baixa umidades relativa do ar e secagem de aquíferos, por exemplo, as queimadas que atingiam aproximadamente 54% das Formações Savânicas, cerca de 23.251 km<sup>2</sup> no primeiro ano do estudo, onde estas formações representavam 93% do bioma, no último ano do estudo, em 2019, o fogo atingiu 84% das Formações Savânicas (521.480,40 km<sup>2</sup>), que naquele ano representavam 53% do bioma (MapBiomias, 2021). Tais coberturas e uso do solo mais afetados durante os 20 anos estudados, são expostos na Figura 4, a seguir.



**Figura 4.** Percentual de áreas por cobertura e uso do solo, atingidos por queimadas nos anos estudados, entre 2000 e 2019.

Os resultados apresentados indicam que desde o primeiro ano do estudo, as formações savânicas são as áreas mais atingidas por fogo. Além destas formações, ainda se destacam as áreas de Pastagem, Florestas Naturais, Formações Florestais e Formações Campestres.

As áreas de Pastagem contidas no bioma, dentre o período estudado, apresentaram cerca de 13% da área total queimada no primeiro ano (5.471,98 Km<sup>2</sup>), onde à época, estas áreas cobriam cerca de 4% do bioma (MapBiomias, 2021). No último ano do estudo, as queimadas em áreas de Pastagens foram significativamente menores que no primeiro, com apenas 2% (13.536,40 Km<sup>2</sup>) do total daquele ano. No entanto, houve anos com expressivas áreas de Pastagem queimada, como observado nos anos 2006 (14.498,25 Km<sup>2</sup>), 2009 (87.029,25 Km<sup>2</sup>), 2011 (40.169,43 Km<sup>2</sup>), com 8%, 37% e 10% da área total afetada em cada ano, respectivamente.

Ao analisar as áreas de Floresta Natural, entre 2000 e 2019, em termos de proporcionalidade, houve certa diminuição de áreas queimada. Em 2000, cerca de 17% da área total do ano (7.527,75 Km<sup>2</sup>) eram Florestas Naturais, porém, em 2019, cerca 2% (13.536,40 Km<sup>2</sup>) da área total queimada correspondiam à esta classe.

As Formações Florestais, dentre os anos estudados, apresentaram diminuição, em relação à proporção queimada. No primeiro ano, 4% (8.613,3Km<sup>2</sup>) do total queimado eram desta formação, onde no último anos, cerca de 1% (7.952,80 Km<sup>2</sup>) do total queimado. No entanto, anos com 2004 (22.539,18Km<sup>2</sup>), 2007 (63.133,25 Km<sup>2</sup>), 2008 (24.538,50 Km<sup>2</sup>), 2010 (36.337,25 Km<sup>2</sup>) e 2015 (50.727,80 Km<sup>2</sup>), com cerca de 8%, 7%, 5%, 5%, 8% do total queimado em cada um destes anos, respectivamente.

Outro destaque, foram as Formações Campestres, que apesar de ter queimado cerca de 1% no primeiro e último ano (153 Km<sup>2</sup> e 3.133,78 Km<sup>2</sup>, respectivamente), nos outros anos do estudo, apresentaram áreas queimadas significativas. Em 2008 (63.178 Km<sup>2</sup>) e 2014 (37.587,23 Km<sup>2</sup>), atingindo 13% e 14%, respectivamente, da área total queimada em cada ano.

Dentre as classes de uso e cobertura do solo contidas no bioma Caatinga, oito delas foram atingidas pelo fogo todos os anos do estudo: As formações Florestal, Savânica e Campestre, Pastagem, Cana-de-Açúcar, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Rio, Lago, Oceano, e Outras Lavouras Temporárias.

Os anos em que o fogo mais atingiu áreas no bioma Caatinga foram 2007 (864.585,73 Km<sup>2</sup>), 2010 (745.198,15 Km<sup>2</sup>) e 2012 (697.966,43 Km<sup>2</sup>).

Além das causas, anteriormente citadas, é possível associar o aumento de incidência do fogo, aos fenômenos climáticos e episódios de seca. O histórico de secas no Nordeste brasileiro, é relatado desde o século XVI e vem sendo atualizado à cada ano (MARENGO et al., 2016).

Dentre os anos do presente estudo, fora registradas secas nos anos: 2001- 2002, 2005, 2007, 2010 e 2012-2015. A seca do período entre 2002-2015, foi considerada a pior seca em 50 anos, causando grande prejuízos nos setores agrícola e pecuário, cerca de 6 bilhões de dólares (MARENGO et al., 2016).

Estes períodos, por sua vez, coincidem com a ocorrência dos dos fenômenos El Niño e La Niña, que produzem ao Nordeste brasileiro, efeitos na precipitação da região, influenciando assim, na maior incidência de queimadas dos anos 2007, 2010 e 2012 (CORREIA FILHO, et al., 2018).

## 5.2. Análise de frequência das queimadas

A partir das 20 imagens (produto MCD64A1 anual) representando as áreas atingidas por fogo anualmente entre 2000 e 2019, foi gerado uma nova imagem e dela, obtidos os seguintes resultados contidos na Tabela 2.

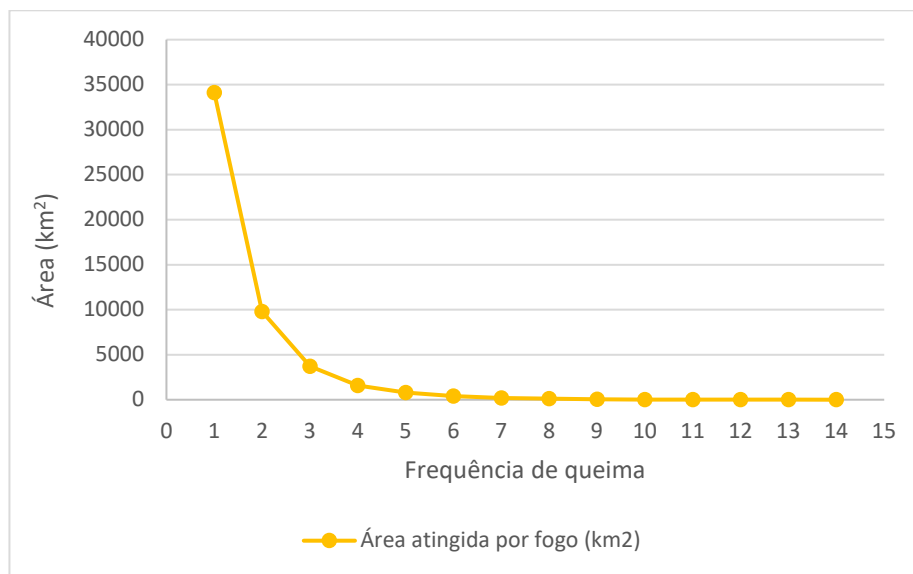
**Tabela 2.** Frequência de queimadas durante o período de estudo, onde Coluna 1 mostra quantidade de vezes a área da Coluna 2 foi atingida pelo fogo, entre os anos de 2000 e 2019.

| <b>Frequência de queimada<br/>(Nº de vezes)</b> | <b>Área atingida (km<sup>2</sup>)</b> |
|---|---------------------------------------|
| 1   | 34.117,25                             |
| 2   | 9.805,00                              |
| 3   | 3.695,50                              |
| 4   | 1.594,25                              |
| 5   | 807,50                                |
| 6   | 398,25                                |
| 7   | 196,50                                |
| 8   | 110,50                                |
| 9   | 50,25                                 |
| 10  | 23,25                                 |
| 11  | 13,00                                 |
| 12  | 7,00                                  |
| 13  | 4,25                                  |
| 14  | 0,50                                  |

Com esta abordagem, foi possível levantar, quantitativamente, as áreas mais afetadas por fogo durante o período estudado (2000 - 2019). A maior parte das áreas atingidas por fogo



foram observadas uma ou duas vezes durante o período de análise. Uma quantidade menor queimou mais de 3 vezes no período estudado (Figura 5).

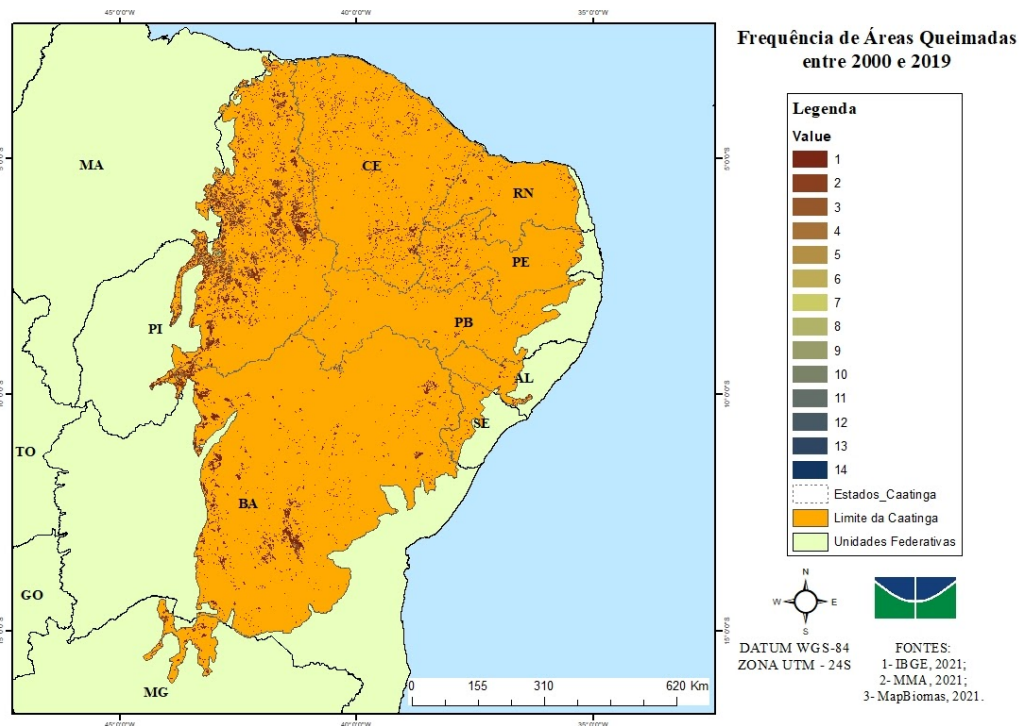


**Figura 5.** Frequência de queimada.

Observou-se que a dimensão de áreas queimadas no domínio do bioma, ocorreram predominantemente menores que 10.000 Km<sup>2</sup>. Embora uma grande área tenha sido atingida apenas uma vez, esta representa cerca de 67,13% do total de ocorrência das queimadas, e duas vezes, outros 19,30% das ocorrências deste mesmo total, que indica que os grandes incêndios ocorreram esporadicamente na área de estudo.

#### 5.2.1. Frequência por Estado

O Estado com maiores áreas atingidas por fogo, foram a Bahia e o Piauí. Nestes casos, a maior parte das áreas queimadas foram observadas apenas uma vez no período de estudo, porém, atingiram extensões significativas. De acordo com o levantamento de cobertura e uso do solo da Caatinga realizado utilizando a plataforma MapBiomas (entre 2000 e 2019), as Formações Savânicas e Pastagens foram as mais atingidas na Bahia e Piauí (Figura 6).



**Figura 6.** Frequência de queimadas em cada estado da Caatinga. Fonte: IBGE (2021) e MMA (2021).

### 5.3. Relação das queimadas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas

Como o fogo tem consequências significativas tanto aos meios bióticos, quanto abióticos, o fogo é uma das maiores problemáticas à preservação do meio ambiente. Para as Unidades de Conservação, as queimadas são uma ameaça contínua (KOPRORSKI *et al.*, 2011), onde grande parte são de origem humana. As causas de incêndios em UCs, não somente no Brasil, estão relacionadas aos conflitos entre o entendimento da população e a criação das áreas de preservação, que muitas vezes abrigam comunidades tradicionais, ou estão em áreas de grande influência agropecuária. Assim, a falta de entendimento em compreender os benefícios gerados pela criação das UCs, atrelado ao uso incorreto do fogo, ainda muito utilizado para limpeza e renovação de pastagem, as queimadas são recorrentes nestas áreas em todo o território brasileiro, bem como na Caatinga (PEREIRA *et al.*, 2004).

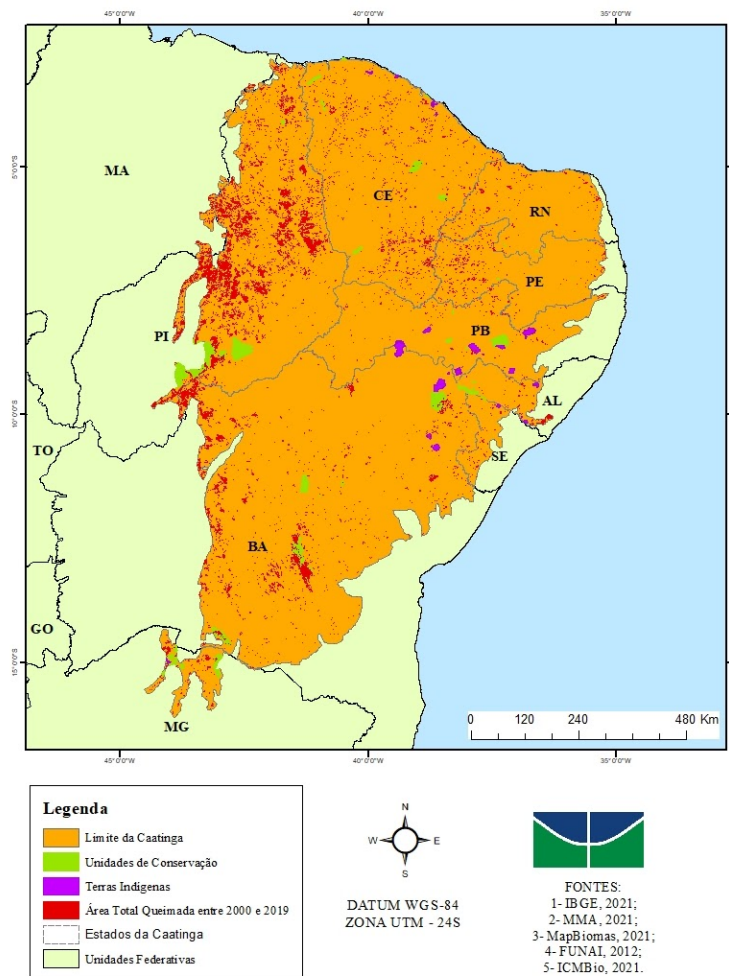
Dentre as Unidades de Conservação existentes no bioma, as mais atingidas pelas queimadas no período estudado, estão localizadas ao sul e sudeste do domínio. O Parque Nacional da Chapada da Diamantina, de 152.000 hectares, localizado no estado da Bahia, foi a mais afetadas nos 20 anos do estudo. Mesmo a legislação proibindo a permanência de propriedades privadas em Parques Nacionais, esta UC abriga muitas comunidades tradicionais que mantêm atividades antrópicas dentro de seus limites, além da presença de propriedades rurais nas adjacências do parque, podem assim, potencializar as condições ao incêndio, e se

tornarem fatores primordiais à ocorrência de queimadas na região, somados as condições climáticas do bioma.

Assim como os conflitos gerados pela implantação de UC e as comunidades vizinhas ou entorno das UC, as Terras Indígenas também são grandemente afetadas por eles. De acordo com levantamento feito pelo Conselho Indigenista Missionário (CIMI, 2019), no último ano do presente estudo, a incidência de incêndios em territórios indígenas aumentou 88% entre janeiro e agosto, em relação ao mesmo período de 2018.

Entretanto, de acordo com o presente estudo, comparadas as UC, as Terras Indígenas da Caatinga foram menos afetadas pelos incêndios no período estudado. Mesmo com consideráveis incidências nas áreas adjacentes aos territórios, a frequência de queimadas nos 20 anos do estudo nas TIs, mostrou-se baixa. As UCs, bem como as TIs atingidas por queimadas ao menos uma vez, dentre o período estudado, podem ser visualizadas na Figura 7.

### Unidades de Conservação e Terras Indígenas da Caatinga



**Figura 7.** Áreas queimadas entre 2000 e 2019, sobrepostas às Unidades de Conservação e Terras Indígenas do bioma Caatinga.

## 6. CONCLUSÃO

A Caatinga é um dos biomas mais ameaçados do território brasileiro, mesmo sendo restrito ao país, possui poucas áreas de preservação de sua biodiversidade, além de possuir alto potencial à desertificação.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Florestais - SNIF, a Caatinga possui cerca de 3% de sua área total protegida em Unidades de Conservação, sendo pouco mais de um terço destas, de proteção integral. A situação se agrava, ao considerar que o bioma tem grande parte do seu território propensos à desertificação, resultados da junção dos efeitos das condições climáticas extremas do semiárido e a degradação gerada por atividades antrópicas, desde o início da ocupação humana na região.

A substituição de áreas nativas por formações antrópicas, o desmatamento em detrimento da produção de lenha para indústria de cerâmica e mineradora, a expansão agrícola, exploração irregular de recursos hídricos, geram enorme impactos ao bioma com degradação do solo, escassez de água, períodos de estiagem rigoroso e secas prolongadas. Além de potencializar as condições já significativas à desertificação da Caatinga, a degradação na região propicia também a ocorrência de queimadas

Dado o conteúdo exposto no estudo, é possível inferir o aumento da ocorrência de queimadas no bioma Caatinga. Os anos 2007, 2010, 2012 e 2019 tiveram áreas queimadas acima de 6.000 Km<sup>2</sup>, seguidos pelos anos 2008, 2016 e 2018, com pouco menos de 5.000 Km<sup>2</sup>.

Através da análise dos dados obtidos, conclui-se que a modificação da cobertura e uso do solo nos domínios da área estudada, é um fator de grande importância na ocorrência e aumento das queimadas no bioma. De acordo com os resultados, as áreas mais suscetíveis ao fogo, são as Formações Savânicas, que cobrem a maior parte da Caatinga, seguida das áreas de Pastagem, além de grandes áreas de Formações Florestais e Campestres de vegetação nativa.

Dentre os 10 estados que compõem o bioma, os dois mais expressivos foram os estados do Piauí e Bahia, que por sua vez, também possuem grandes áreas de Formações Savânicas e sob atividades antrópicas, como Pastagens. Tendo grande parte de seus territórios contidos no semiárido, estes estados estão sob grandes influências climáticas deste clima, com altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar, juntamente com outros fatores já citados, propiciam a ocorrência de queimadas.

As atividades antrópicas possuem grande responsabilidade na incidência das queimadas, e esse padrão se repete ao analisar as Unidades de Conservação afetadas da Caatinga. A UC mais atingida na área e período de estudo foi o Parque Nacional da Chapada Diamantina,

localizado no estado da Bahia, um dos estados mais queimados. Este parque, mesmo com a proibição prevista em Lei, possui muitas propriedades privadas pertencentes a comunidades tradicionais, somando aos efeitos gerados pelas atividades entrópicas das propriedades rurais adjacentes à área, geram assim condições que agravam a ocorrência de queimadas. As Terras Indígenas apresentaram menor incidência do fogo comparadas com as Unidades de Conservação, evidenciando a grande influência das regiões adjacentes aos territórios.

Apesar da importância ecológica do bioma Caatinga, o avanço sistemático da mudança de cobertura e uso do solo e a degradação gerada a partir dela, potencializam as condições às queimadas, tanto de origem natural, quando antrópica.

Adotar práticas de manejo sustentável dos recursos naturais da Caatinga, podem contribuir para mitigar a degradação daquele bioma. Adotar políticas públicas ambientais, que conscientizem a população contra o uso indiscriminado do fogo para a renovação de pastagens e diminuição do desmatamento, com o objetivo de diminuir as ocorrências de origem antrópica, as principais causas das queimadas, e frear a desertificação do bioma. Além de aumentar o investimento governamental em áreas monitoradas e de proteção ambiental, com o intuito de preservar a biodiversidade e incentivar a pesquisa no bioma Caatinga.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, José Jackson Amancio *et al.* **Análise da Dinâmica dos Focos de Calor em Áreas Degradadas de Caatinga**. 2011. 5 f., Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos - SP, 2011. Acesso em: 04 de março de 2021.

ALVES, José Jackson Amancio *et al.* **Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica**. 2009. 22 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009. Cap.

Assis, LFFG; Ferreira, KR; Vinhas, L.; Maurano, L.; Almeida, C.; Carvalho, A .; Rodrigues, J.; Maciel, A.; Camargo, C. **TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large Scale Thematic Mapping**. ISPRS International Journal of Geo- Information. 8, 513, 2021. DOI: 10.3390 / ijgi8110513

BELMONT, Aléxia Moraes. **Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra e Incêndios Florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. 2018. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

BERNARDES, Nilo. As Caatingas. In: ROSADO, Vingt-Un. **10º livro das secas**. Natal: Coleção Mossoroense, 1985. p. 78.

BRASIL, Adelia Alencar; BONET, María Suárez; SAWYER, Eric Jorge (org.). **4º Seminário Internacional de Convivência com o Semiárido: Experiências e troca de saberes**. Brasília: IABS, 2018. 37 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (ed.) Brasília. **Combate à Desertificação**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao.html>. Acesso em: 14 de abril de 2021

CORREIA FILHO, Washington Luiz Félix; SANTOS, Tatiana Vanessa dos; DIOGO, Anacleto Marito; AMORIM, Ricardo Ferreira Carlos de. Diagnóstico da Precipitação e EVI em dois eventos de seca no Nordeste do Brasil. **Do Departamento de Geografia**, Alagoas, v. 35, n. 1, p. 102-112, 04 jun. 2018.

DANTAS, Bárbara Franca. Germinação de sementes da Caatinga em um clima futuro. In: SIMPÓSIO DO BIOMA CAATINGA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2019, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: CPATSA, 2019. p. 126-133. Acesso em: 04 de março de 2021.

DOMINGUES, Filipe. **Desertificação atinge 13% do semiárido brasileiro e ameaça conservação da Caatinga**. 2019. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/documentarios-e-estudos-sobre-as-secas/10729-desertificacao-atinge-13-do-semiarido-brasileiro-e-ameaca-conservacao-da-caatinga>. Acesso em: 04 de março 2021.

FARIA, Luana Duarte de. **Dinâmica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional Grande Sertão Veredas**. 2019. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (Recife) (ed.). **Caatinga**: um dos biomas menos protegidos do Brasil. 2019. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/conselho-nacional-da-reserva-da-biosfera-da-caatinga/9762-caatinga-um-dos-biomas-menos-protegidos-do-brasil>. Acesso em: 14 de abril de 2021.

GIGLIO, Louis; BOSSETTI, Luigi; ROY, David; HOFFMANN, Anja A.; HUMBER, Michael; HALL, Joanne V.. **Collection 6 MODIS Burned Area Product User's Guide**. 1.3 Maryland: Nasa, 2020. 34 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (org.). Biomas. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomas.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 14 de abril de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. GEOCIÊNCIAS – Atlas, Nacional, Território e Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso: 4 de março de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. GEOCIÊNCIAS – IBGE Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra – Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso: 14 de março de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. GEOCIÊNCIAS – IBGE Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra - UFs. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso: 14 de março de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. GEOCIÊNCIAS – IBGE Municípios da Faixa de Fronteira - UFs. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=sobre>. Acesso: 15 de março de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. GEOCIÊNCIAS – IBGE Municípios da Faixa de Fronteira - UFs. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/24073-municipios-da-faixa-de-fronteira.html?=&t=downloads>. Acesso: 15 de março de 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. MAPA TEMÁTICO E DADOS GEOESTATÍSTICOS DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Unidades de Conservação por Bioma – Disponível em <https://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004->. Acesso: 4 de março de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. COORDENAÇÃO GERAL DA OBSERVAÇÃO TERRA. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E OUTROS BIOMAS. Avisos - Bioma Cerrado - Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 4 de março de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. COORDENAÇÃO GERAL DA OBSERVAÇÃO TERRA. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E OUTROS BIOMAS. Desmatamento - Amazônia Legal - Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso: 4 de março de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. QUEIMADAS. Monitoramento dos Focos Ativos por Estado - Disponível em [http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas\\_estados/](http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/). Acesso: 4 de março de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E DEMAIS BIOMAS. Avisos - Bioma Cerrado - Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 15 de março de 2021.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Ministério do Meio Ambiente. **MMA prioriza criação de áreas protegidas na Caatinga**. 2010. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/pt-br/noticia/89711>. Acesso em: 18 de abril de 2021.

Laís Corread. **Chapada Diamantina tem a menor área de incêndios**. 2018. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9683-chapada-diamantina-tem-a-menor-area-de-incendios>. Acesso em: 26 de março de 2021.

LATORRE, Natalia Salazar; OLIVEIRA, Luiz Eduardo; ARAGÃO, Cruz de; ANDERSON, Liana O.; ANDERE, Luaê; DUARTE, Valdete; ARAI, Egídio; LIMA, André. IMPACTOS DE QUEIMADAS SOBRE DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA DA TERRA NO LESTE DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA. **Revista Brasileira de Cartografia**, São Paulo, p. 179-192, 28 out. 2016.

LEITE, C. C. S. DE S.; SANTOS, S. M. B. DOS; FRANCA ROCHA, W. DE J. S.; SILVA, A. DE B.; BAPTISTA, G. M. DE M. ANÁLISE DOS INCÊNDIOS OCORRIDOS NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA-BAHIA EM 2008 E 2015 COM SUPORTE EM ÍNDICES ESPECTRAIS DE VEGETAÇÃO. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6.

LEITE, Cândida Caroline Souza de Santana; SANTOS, Sarah Moura Batista dos; ROCHA, Washington de Jesus Sant'anna da Franca; SILVA, Ardemírio de Barros; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. ANÁLISE DOS INCÊNDIOS OCORRIDOS NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA-BAHIA EM 2008 E 2015 COM SUPORTE EM ÍNDICES ESPECTRAIS DE VEGETAÇÃO. **Revista Brasileira de Cartografia**, Feira de Santana, v. 69, n. 6, p. 1127-1141, 16 jul. 2017.

LEVEL-1 AND ATMOSPHERE ARCHIVE & DISTRIBUTION SYSTEM DISTRIBUTED ACTIVE CENTER.MODERATE RESOLUTION IMAGING SPECTRORADIOMETER. MCD64A1 - Combined Level 3 Direct Broadcast Burned Area Monthly Global 500m SIN Grid. - Disponível em <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/products/MCD64A1>. Acesso: 4 de março de 2021.

LEVEL-1 AND ATMOSPHERE ARCHIVE & DISTRIBUTION SYSTEM DISTRIBUTED ACTIVE CENTER.MODERATE RESOLUTION IMAGING SPECTRORADIOMETER. MCD64A1 - Combined Level 3 Direct Broadcast Burned Area Monthly Global 500m SIN Grid.



Burned Areas – Disponível em <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/science-domain/burned-area/>. Acesso: 4 de março de 2021.

MAPBIOMAS (Brasil). **Estatísticas**. 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/estatisticas>. Acesso em: 26 de março de 2021.

MAPBIOMAS (Brasil). **Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 5 do MapBiomias**. 2019. Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Códigos\\_das\\_classes\\_da\\_legenda\\_e\\_paleta\\_de\\_cores.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Códigos_das_classes_da_legenda_e_paleta_de_cores.pdf).

MARENCO, José A.; CUNA, Ana P.; ALVES, Lincoln M.. **A seca de 2012-2015 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico**. São Paulo: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, 2016.

MARIOSIA, Pedro Henrique; GUIMARÃES, David Franklin da Silva; CRUZ, Emilly Graziela Padron da; POZZETTI, Valmir César. A INCLUSÃO DOS POVOS INDÍGENAS NAS DIRETRIZES DO PLANO DE GESTÃO DA RDS DO TUPÉ, AMAZONAS. **Terceira Margem Amazônia**, Manaus, v. 2, n. 9, p. 36-52, dez. 2017.

OLIVEIRA, Johnny Gomes de. AVALIAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONVIVÊNCIA COM OS EFEITOS DA SECA NA ZONA RURAL DO POVOADO DE BARRA NOVA, VÁRZEA DO POÇO, BAHIA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 22-33, 1 set. 2017. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236499423128>. Acesso: 15 de março de 2021.

PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO DO BRASIL. PRODUTOS – Mapas de Cobertura e Uso do Solo – Disponível em: <https://mapbiomas.org/produtos>. Acesso: 4 de março de 2021.

QUEIMADAS na Caatinga são problemáticas do segundo semestre do ano. 2021. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/queimadas-na-caatinga-sao-problematicas-do-segundo-semestre-do-ano/>. Acesso em: 04 de março 2021.

RESENDE, Fernanda Cristina. **ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS QUEIMADAS NA PORÇÃO NORDESTE DO BIOMA CERRADO**. 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2017. Cap. 8.

RICARDO, Fany (org.). **Terras Indígenas & Unidades de Conservação: o desafio das sobreposições**. São Paulo: Fany Ricardo e Valéria Macedo, 2004. 687 p.

SANTOS, Tiago Pereira. A influência do fenômeno El Niño sobre a pluviosidade do município de Vitória da Conquista- BA. **Geoaraguaia**, Vitória da Conquista, v. 6, n. 2, p. 32-46, set. 2016.

**SENSOR MODIS**. São José dos Campos: Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia, v. 6, n. 1, 2003.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/component/content/article/135-florestas-e-recursos-florestais/dados-complementares->

[florestas-naturais/252-os-biomas-e-suas-florestas-caatinga-tabelas-e-graficos?Itemid=](https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/142710)  
>. Acesso em: 17 de março de 2021.

SILVA, Diego Vicente Sperle da; CRUZ, Carla Bernadete Madureira. **Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamento, Através de Sensoriamento remoto Orbital e geobá:** caatinga typologies: a review to support mapping through orbit remote sensing an geobá. 2018. 35 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/142710>. Acesso em: 04 de março de 2021.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 2011, Dourados. **Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga.** Dourados: CNPS, 2011. 24 p. Acesso em: 04 de março de 2021.

SIMPÓSIO BRASILEIROS DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16<sup>o.</sup>, 2013, Foz do Iguaçu. **Focos de queimadas em unidades de conservação.** Contagem: Inpe, 2013.

SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2<sup>o.</sup>, 2009, Corumbá. **Focos de queimadas nas unidades de conservação e terras indígenas do Pantanal, 2000-2008.** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/Inpe, 2009. 515 p.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (ed.). **Região Semiárida.** 2021. Disponível em: [https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2602&Itemid=663](https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2602&Itemid=663). Acesso em: 18 de março de 2021.

TINÔCO, Izabelly Cristina Mendes; BEZERRA, Bergson Guedes; LUCIO, Paulo Sérgio; BARBOSA, Lara de Melo. Caracterização dos padrões de precipitação no semiárido brasileiros. **IGEO**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 397-409, fev. 2018. Anual.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; LIMA, Gumercindo Souza; COSTA, Aline das Graças; FÉLIX, Gleidson de Araújo; SILVA JÚNIOR, Milton Ribas da. PERFIL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO BRASILEIRAS NO PERÍODO DE 2008 A 2012. **Revista Floresta**, Viçosa, v. 46, n. 4, p. 531-541, 10 ago. 2016. Trimestral.