

## **Avaliação da correlação entre o histórico de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães com o regime de chuvas**

João Vítor Silva Costa<sup>1</sup>  
Manuel Eduardo Ferreira<sup>2</sup>  
Gustavo Manzon Nunes<sup>3</sup>

### **Resumo**

O fogo é um elemento de grande protagonismo no Cerrado. Ocorre de forma natural desde os primórdios do bioma, tendo papel importante, inclusive, na manutenção deste rico ecossistema. Com a intensificação do processo de ocupação antrópica, iniciada em meados da década de 1950, a recorrência de incêndios florestais cresceu demasiadamente, muito em virtude do uso do fogo como ferramenta de conversão. No período de 1985 a 2020, aproximadamente um terço do território do Cerrado passou por algum evento com fogo, com áreas com altíssima recorrência. Foram registrados anos com mais de 10 milhões de hectares queimados. Assim como outras Unidades de Conservação do Cerrado, o Parque Nacional da Chapada dos Guimarães é frequentemente afetado por incêndios florestais. Aproximadamente 40% da área do parque passou por algum evento de fogo entre 2001 e 2020. Neste contexto, este trabalho buscou avaliar a correlação entre o histórico de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães com o regime de chuvas da região.

---

<sup>1</sup> Bacharel em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás (2018), no Instituto de Estudos Socioambientais (IESA/UFG). Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela UFG. Bolsista no Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG-UFG), monitor de cartografia, geoprocessamento e sensoriamento remoto. Membro do Programa de Pesquisa e Capacitação com Veículos Aéreos Não Tripulados (PRO-VANT).

<sup>2</sup> Geógrafo, Mestre em Processamento de Dados e Análise Ambiental, e Doutor em Ciências Ambientais. Possui estágio de pós-doutorado no Woodwell Climate Research Center (Massachusetts, EUA). Desde 2009 é professor efetivo da Universidade Federal de Goiás (UFG), vinculado ao Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) e ao Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), onde coordena o Núcleo de Pesquisa e Capacitação com Veículos Aéreos Não Tripulados (Pro-Vant) e a Plataforma de Conhecimento do Cerrado / Araticum. Em nível de pós-graduação, atua como docente e pesquisador em três programas de mestrado e doutorado: Geografia (PPGEO / UFG), Ciências Ambientais (CIAMB / UFG) e Agronegócio (PPGAGRO / UFG).

<sup>3</sup> Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (2001), mestrado em Geomática pela Universidade Federal de Santa Maria (2004) e doutorado em Geociências na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2008). Atualmente é Prof. Associado (DE) - Nível III junto a Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (Cuiabá) e Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPGCFA-UFMT), atuando na Área de Sensoriamento Remoto, SIG e Manejo Florestal. Pesquisador e Coordenador do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geotecnologias (LabSensor) associado ao INCT-Áreas Úmidas (INAU)/CNPq-UFMT em pesquisas relacionadas ao mapeamento e análise de Áreas Úmidas.

**Palavras-chave:** Unidades de Conservação, Monitoramento do fogo, Cerrado.

### **Abstract**

Fire is an element of great protagonism in the Cerrado. It occurs naturally since the beginning of the biome, playing an important role in the maintenance of this rich ecosystem. With the intensification of the anthropic occupation process, which started in the mid-1950s, the recurrence of forest fires grew excessively, largely due to the use of fire as a conversion tool. In the period from 1985 to 2020, approximately one third of the Cerrado territory experienced some fire event, with areas with very high recurrence. Years with more than 10 million hectares burned have been recorded. Like other Conservation Units in the Cerrado, the Chapada dos Guimarães National Park is frequently affected by forest fires. Approximately 40% of the park's area experienced a fire event between 2001 and 2020. In this context, this work sought to evaluate the correlation between the history of forest fires in the Chapada dos Guimarães National Park with the rainfall regime in the region.

**Keywords:** Conservation Units, Fire monitoring, Cerrado.

## **1. Introdução**

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, é um dos 'hotspots' para a conservação da biodiversidade mundial. Estima-se que mais da metade dos seus 2 milhões de km<sup>2</sup> foram convertidos em pastagens plantadas e culturas anuais (Sano, 2019). É um complexo bioma, com semelhanças ecológicas e fisionômicas com outras savanas presentes na África e Austrália (Eiten, 1994). Sua flora engloba espécies de formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro e Walter, 1998), sendo considerada a mais rica dentre as savanas do mundo, com alto nível de endemismo (Mendonça *et al.*, 1998).

Assim como nas demais savanas, o Cerrado vem sendo constantemente afetado pelo fogo (Costa e Ferreira, 2017), com estreita relação com a expansão das atividades agrícolas. Ou seja, é notável a correlação entre incêndios e desmatamentos no Cerrado, dando espaço a grandes monoculturas (Araujo *et al.*, 2019). As práticas de manejo, especialmente na pecuária, também são reconhecidas como uma das principais causas dos incêndios (Araujo *et al.*, 2012), buscando-se um questionável revigoramento das gramíneas exóticas, pelo menos num primeiro momento.

No entanto, há um consenso entre os pesquisadores de que as características climáticas do bioma Cerrado são determinantes para a ocorrência

de tantos eventos de queimadas. O bioma é caracterizado por duas estações marcantes, uma chuvosa entre os meses de outubro e março, e outra seca entre os meses de maio e setembro (Silva *et al.*, 2008). Nos meses de seca, período no qual ocorre a maioria dos incêndios, a baixa umidade do ar, ventos e o acúmulo de biomassa seca favorecem a uma rápida e descontrolada propagação do fogo.

Especificamente sobre o acúmulo de biomassa (material combustível), favorecido pelas características climáticas deste bioma, trata-se de um fator de grande relevância para a ocorrência dos incêndios, devido à presença marcante de gramíneas em todas as classes de fitofisionomias, em maior ou menor proporção. As gramíneas tornam-se altamente inflamáveis durante o período da seca pela quantidade de combustível fino e aerado que ela produz (Ribeiro e Walter, 1998).

Uma das variáveis cruciais para avaliar o impacto dos incêndios florestais é o tamanho da área afetada pelo fogo. Para a determinação desta variável, é necessário a utilização de dados provenientes de sensores remotos, em geral orbitais, que permitem o monitoramento temporal e a espacialização destes eventos em diferentes escalas geográficas (Anderson *et al.*, 2005). Entre os vários sensores utilizados para a detecção de focos de calor e áreas queimadas, ressalta-se o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), desenvolvido para diferentes análises, entre elas a cicatriz de fogo através do produto MCD45A1 (área queimada) (Araujo, 2012).

Mais recentemente, dentro da iniciativa MapBiomias, o “MapBiomias Fogo” está mapeando as cicatrizes de fogo no Brasil utilizando mosaicos de imagens Landsat com resolução espacial de 30 metros; uma evolução frente aos dados MODIS, ainda predominante nos estudos sobre incêndios, com resolução espacial de 500 metros. Neste contexto, este trabalho buscou avaliar a correlação entre o histórico de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães com o regime de chuva da região.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. O fogo e a vegetação do Cerrado**

A vegetação do Cerrado pode ser dividida em três grupos de fisionomias: florestal, savânica e campestre (figura 1). Nas áreas de floresta, há a predominância de espécies arbóreas com formação de dossel, que pode ser contínuo ou descontínuo. As áreas de savana são formações com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato de gramíneas, sem formação de dossel contínuo. Já o campo refere-se a áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, sem a presença de árvores na paisagem (Ribeiro e Walter, 1998).

A disponibilidade hídrica e a profundidade do solo, bem como sua disponibilidade de nutrientes, são alguns dos fatores determinantes para a ocorrência de cada tipo de formação do Cerrado. As formações florestais estão associadas a regiões com boa disponibilidade hídrica, às margens de rios e lagos, e em solos profundos. As áreas de savana e campo, por outro lado, possuem ocorrência associada à baixa disponibilidade hídrica e a solos rasos e com baixo teor de nutrientes. Nestas regiões, o fogo exerce maior influência na dinâmica e na estrutura das populações da vegetação (Eiten, 1998).

Figura 1. Fitofisionomias do bioma Cerrado.



Fonte: EMBRAPA.

O fogo atua na hierarquia de competição das comunidades vegetais pela remoção da serapilheira, controlando as espécies dominantes que podem servir como barreira para o estabelecimento e persistência de outras espécies. As plantas do Cerrado possuem adaptações que possibilitam sobreviver e/ou regenerar rapidamente a eventos com fogo. Outrossim, algumas espécies

apresentam mecanismos reprodutivos ligados ao fogo, como a floração, abertura de frutos e a quebra da dormência de sementes (Fidelis e Pivello, 2011).

A forma tortuosa das árvores e arbustos, típicos do Cerrado, é outro atributo ligado à presença frequente do fogo, além das cascas grossas que protegem seus tecidos internos das altas temperaturas alcançadas durante os incêndios. Outra característica dessas plantas é o maior acúmulo de biomassa na porção subterrânea, que chega a ser maior que na biomassa aérea. Assim, algumas espécies protegem seus nutrientes durante a passagem do fogo, e dos longos períodos de seca, alocando-se nas porções subterrâneas (Gonçalves *et al.*, 2011).

Além das adaptações morfológicas e fisiológicas nas plantas do Cerrado, o fogo também exerce influência nos processos ecológicos, estimulando o rebrotamento, a ciclagem de nutrientes e a frutificação (Fidelis e Pivello, 2011). Eventos isolados têm pouco efeito sobre a vegetação lenhosa; mas quando ocorrem incêndios frequentes, os efeitos podem ser intensificados, causando redução nos estoques de carbono na vegetação lenhosa (Gomes *et al.*, 2020). A frequência de fogo pode alterar de maneira significativa a fitofisionomia, pois áreas frequentemente queimadas tendem a se tornar mais abertas e com maior dominância de gramíneas, já que a alta recorrência afeta negativamente o estabelecimento e a sobrevivência de árvores jovens e positivamente o estrato herbáceo, através do depósito de cinzas e nutrientes na superfície do solo. Da mesma forma, a ausência do fogo geralmente promove um aumento da cobertura lenhosa, levando à perda de espécies herbáceas e a mudanças na fisionomia da vegetação (Klink e Machado, 2005).

## 2.2. MapBiomas

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas) é uma iniciativa para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (Souza Jr, 2017). Contando com uma rede colaborativa de especialistas em cada bioma, incluindo analistas em usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciências da computação, foi possível realizar a complexa tarefa de realizar o processamento de um volume grande de dados, que teve como base a plataforma *Google Earth Engine (GEE)*.

O mapeamento tem sido realizado a partir de imagens LANDSAT, que possuem resolução espacial de 30 metros, com aplicações em escala de 1:50.000 e 1:100.000. Atualmente na coleção 6, o MapBiomas apresenta uma série histórica de mapas de uso e cobertura da terra para todo o Brasil, cobrindo o período de 1985 a 2020, com perspectivas de atualizações com novas coleções.

### **2.2.1. MapBiomas Fogo**

O MapBiomas Fogo surge no escopo do projeto MapBiomas, sendo uma iniciativa inédita de mapeamento de cicatrizes de fogo no Brasil, realizado de forma colaborativa entre instituições, empregando dados de satélites (MODIS e Landsat) e algoritmos de inteligência artificial na plataforma *Google Earth Engine*, o que possibilita o processamento de um grande volume de dados. A coleção 1 conta com dados de cicatriz de fogo acumulado anual, mensal e a frequência de incêndios entre o período de 1985 e 2020.

## **3. Materiais e métodos**

### **3.1. Área de estudo**

A realização desta pesquisa se deu em duas escalas. A primeira delas abrangeu o Cerrado, bioma com aproximadamente 2.045.000 km<sup>2</sup>, presente nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Pará, Paraná, São Paulo e Distrito Federal. Nesta área total, foi realizada uma análise sobre as ocorrências de queimadas, entre 1985 e 2020.

A segunda escala, local, trata-se do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (PNCG). O parque está localizado há cerca de 70 km da capital do estado do Mato Grosso, Cuiabá, contendo 326,3 km<sup>2</sup>. Assim como as demais áreas do Cerrado, o PNCG possui riquíssima diversidade de fauna e flora com alto endemismo além de belezas cênicas que fazem desta área um dos maiores atrativos turístico do estado do Mato Grosso. Segundo o Plano de Manejo do PNCG (2009), a área possui uma divisão quanto a caracterização climática. Esta divisão é entre as subunidades de clima mesotérmico dos topos de cimeiras dos chapadões, com precipitação total variando entre 1650 a 1900 mm anuais e

temperatura média entre 22,5 e 23°C, e o clima mesotérmico sub-húmido das depressões e pantanais, com precipitação total entre 1300 e 1400 mm anuais e temperatura média entre 24,9 e 25,6°C.

### 3.2. Bases de dados

Foi obtido dados de cicatriz de fogo, do MapBiomas Fogo, para o bioma cerrado entre os anos de 1985 e 2020. Os dados, gerados com a calibração de algoritmos de inteligência artificial, utiliza a série temporal Landsat, que possui maior resolução espacial (30 metros), quando comparado aos produtos MODIS (500 metros - 1 km). Além das cicatrizes de fogo anuais, foram obtidos também provenientes do MapBiomas Fogo, os dados de cicatriz de fogo mensal e a recorrência de área queimada para o período analisado. Estes dados foram baixados pela plataforma *GEE*. A base de dados de precipitação foi obtida a partir das planilhas do banco de dados do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

### 3.3. Desenho experimental

A partir da iniciativa MapBiomas Fogo (<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/fogo>) foram compiladas as estatísticas mensais e anuais e adquiridos, através da plataforma *GEE* (<https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-fire.js>), os arquivos raster com as cicatrizes de fogo anuais e mensais, e a recorrência de área queimada para o período de 1985 a 2020. Estes dados foram recortados, posteriormente, para a área do PNCG. Os arquivos raster foram recortados e convertidos no software ArcMap 10.4.1, por meio do *ArcToolBox*, utilizando as ferramentas de *Extract by mask* e *Conversion*.

Para compreender melhor a recorrências de incêndios, as cicatrizes de fogo mensais foram agrupados em 4 grupos: janeiro a março, abril a julho, agosto a outubro e novembro a dezembro. Este agrupamento foi elaborado levando em consideração os períodos de chuva, e agrupando os meses de agosto, setembro e outubro, que são os meses mais críticos em relação a ocorrências de incêndios. Após realizar o cálculo dos polígonos de cicatriz de fogo, verificou-se a repetição destas áreas queimadas nos quatro anos seguintes, que é o período médio em que a vegetação savânica recupera sua biomassa.

Ainda com a finalidade de compreender melhor a ocorrências dos incêndios florestais, agora focado na área do PNCG, foram obtidos dados de precipitação das três estações meteorológicas mais próximas aos parque: estação 83363, localizada no distrito de São Vicente da Serra, no município de Santo Antônio de Leverger-MT, estação 83361, localizada na capital do Mato Grosso, Cuiabá, e a estação 83309, localizada no município Diamantino-MT. As estações estão respectivamente à cerca de 63 km, 37 km e 129 km de distância da sede do parque. Os dados de precipitação mensal e anual foram tabulados, utilizando a ferramenta *microsoft office web*, e foi calculado a média destas três estações. Os dados de precipitação observados compreendem o período de 2001 a 2020. Não foram observados dados anteriores por conta da data de operação da estação São Vicente, que se iniciou no final da década de 1990.

#### **4. Resultados e discussões**

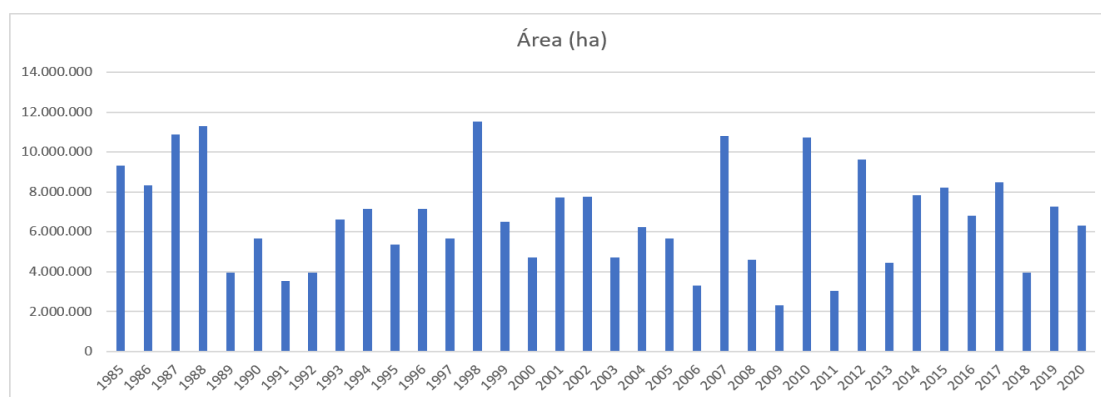
##### **4.1. Histórico de incêndios no Cerrado**

Analisando-se os dados de cicatriz de fogo para todo o bioma Cerrado, foi compilado a quantidade de área queimada por ano no período observado (1985 – 2020). Destacam-se negativamente os anos de 1987, 1988, 1998, 2007 e 2010, nos quais, e ao todo, mais de 10 milhões de hectares foram queimados. Ao observar o gráfico na figura 2, pode-se observar uma tendência de aumento e redução na área queimada por ano.

Os dados de área queimada mensal mostram os meses mais afetados por incêndios florestais. Agosto, setembro e outubro são os meses em que o Cerrado mais sofre com o fogo, com destaque para o mês de setembro (Figura 3). Em 2010, por exemplo, mais de 6 milhões de hectares foram queimados apenas no mês de setembro, sendo um dos anos de maior registro.

Figura 2. Gráfico com a relação de área queimada anual no bioma Cerrado, entre 1985 e 2020.



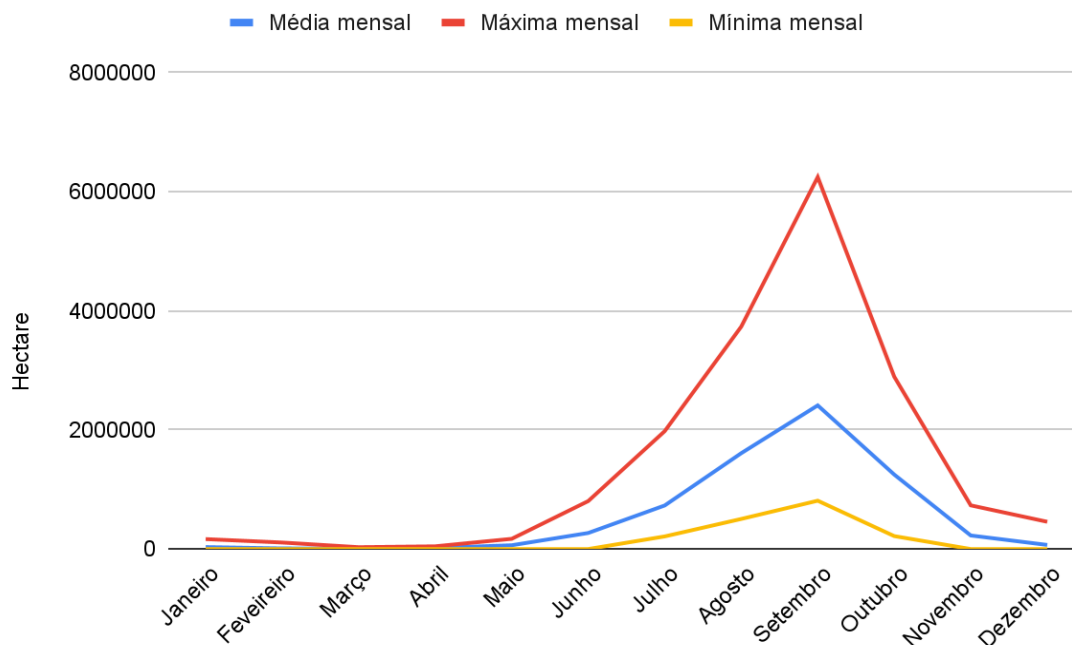


Fonte dos dados: MapBiomas Fogo. Elaborado pelo autor.

O clima no bioma Cerrado, um dos fatores determinantes para ocorrências de incêndios, é resultante de complexas interações entre distintos níveis da atmosfera e as características da superfície local, que aliadas a fatores e elementos climáticos, condicionam uma circulação atmosférica sazonal, típica das estações seca e úmida (Nascimento *et. al.*, 2021). Caracterizar o Cerrado é uma tarefa complexa, por se tratar de um bioma tão extenso. Enquanto a variação das temperaturas ocorre com relação à latitude, de forma decrescente em sentido norte a sul, a variação das precipitações ocorre especialmente como resposta da posição geográfica e da atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis pelo transporte de umidade e formação de chuvas (Nascimento e Novais, 2020). Apesar disto, a marcante sazonalidade das chuvas está presente em todo o bioma.

Observando as normais climatológicas de 1981 até 2010, Nascimento e Novais (2020) observaram que o período entre os meses de maio e agosto registram médias mensais abaixo de 40mm, chegando a não registrar nenhuma precipitação, setembro é apontado como período de transição entre as estações, e outubro à abril, com precipitação média superior a 81mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos.

Figura 3. Média, máxima e mínima área queimada por mês no bioma Cerrado, entre 1985 e 2020.



Fonte dos dados: MapBiomas Fogo. Elaborado pelo autor.

O Cerrado já perdeu boa parte de sua cobertura vegetal. Ao longo desses 36 anos, grandes áreas foram convertidas em áreas urbanas, pastagens e campos de agricultura. No entanto, este processo de ocupação antecede este período; a região sul do bioma começou a ser ocupada esparsamente no período da exploração do ouro no Brasil, nos séculos XVII e XVIII. Já a região norte foi ocupada mais recentemente, nos séculos XIX e XX (Silva, 2020). Ao observarmos a figura 4, nota-se que as maiores ocorrências de incêndios se situam na região norte. Cerca de 35% do território do Cerrado passou por algum evento de fogo entre os anos de 1985 e 2020.

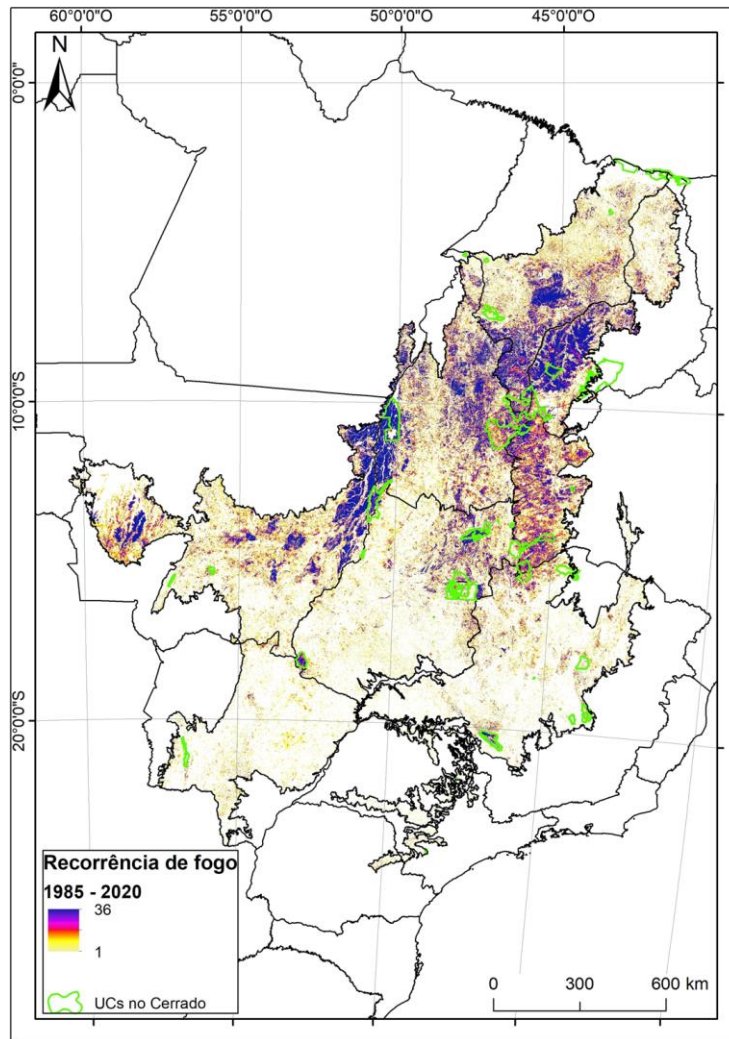
Ainda observando a figura 4, destacam-se duas regiões com alta recorrência de incêndios: a região do médio Araguaia, região historicamente ocupada por extensas áreas de pastagem, e a região do MATOPIBA. A região do MATOPIBA é uma importante fronteira agrícola do Brasil, responsável ultimamente por grande parte da produção agroindustrial do país, compreendendo parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

Outro destaque que se pode fazer é em relação às áreas protegidas por lei, como unidades de conservação (UC) e territórios indígenas (TI). É possível identificar, sem grande esforço, áreas como Parque Nacional Chapada dos

Veadeiros (Goiás), Parque Nacional de Emas (Goiás), Parque Nacional Serra da Canastra (Minas Gerais) e a reserva indígena Utiariti, no estado do Mato Grosso, com altos índices de ocorrência de incêndios ao longo deste período.

Ainda analisando os dados de cicatriz de fogo e sua recorrência, foi conferido a taxa de reincidência no período dos 4 anos seguintes a cada ano de referência. Observou-se que em média 10% das áreas queimadas em um ano voltam a queimar no ano seguinte. Essa taxa sobe e fica entre 20% e 30% quando se observa a repetição com 2, 3 e 4 anos de intervalo. Com relação ao período do ano em que o fogo ocorreu, observou-se que a taxa de área queimada no período entre abril e julho, que foi também queimada nos 4 anos seguintes, foi cerca de 20% maior do que no período mais crítico, entre agosto e outubro.

Figura 4. Recorrência de incêndios florestais no Bioma Cerrado.

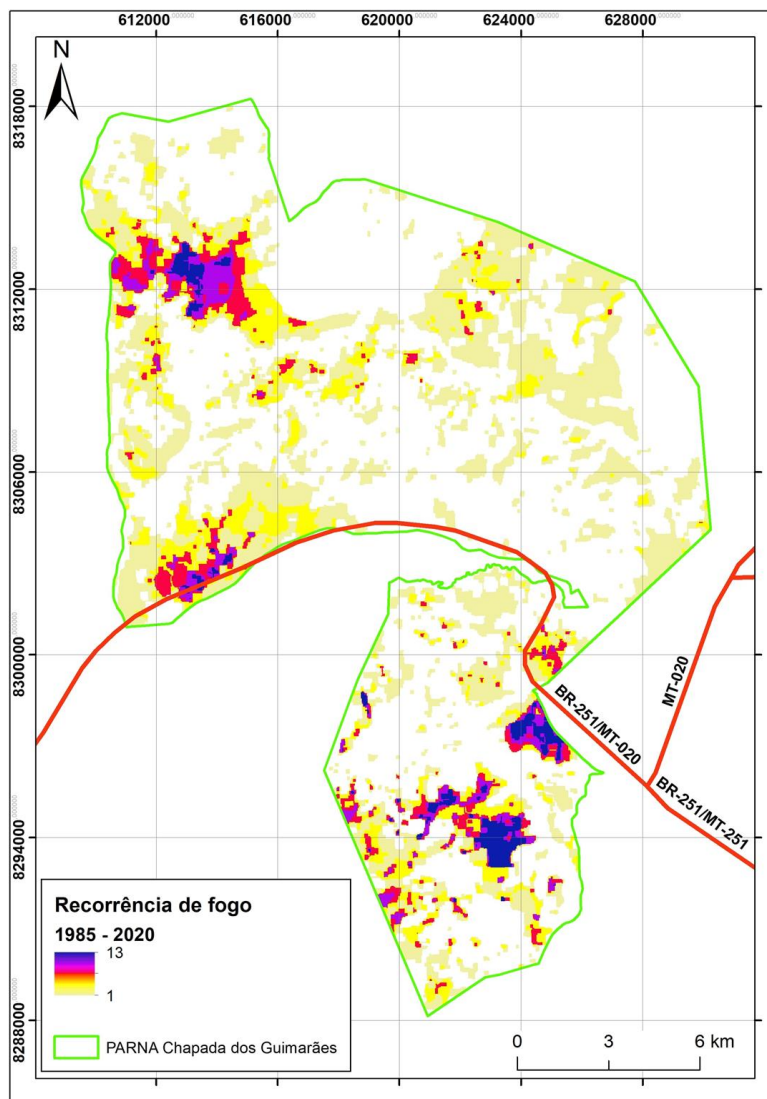


Fonte dos dados: MapBiomias Fogo. Elaborado pelo autor.

#### 4.2. Histórico de incêndios no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães

Assim como outras UCs do Cerrado, o PNCG é frequentemente afetado por incêndios florestais. Aproximadamente 40% da área do parque passou por algum evento de fogo no período analisado. No entanto, nos últimos 36 anos, pode se apontar apenas quatro áreas no parque com grande ocorrência de incêndios (figura 5). Duas dessas áreas se situam na entrada principal do parque, e próximo à rodovia BR-251, onde também se situa a sua sede. A maior recorrência de incêndios dentro do parque no período analisado foi de uma pequena área de aproximadamente 1 hectare que queimou 13 vezes em 20 anos.

Figura 5. Recorrência de incêndios florestais no PNCG.

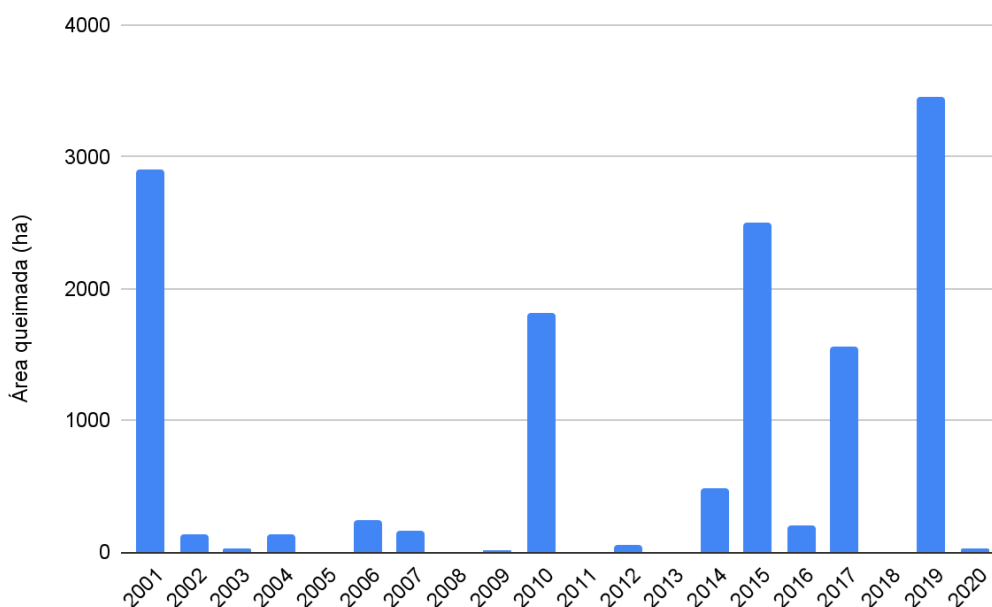


Fonte dos dados: MapBiomas Fogo. Elaborado pelo autor.

Nos anos de 2008 e 2013 o parque não teve nenhum registro de fogo (Figura 6). O maior registro de área queimada no período de 2001 a 2020 foi em 2019, quando cerca de 3454 hectares do parque foram queimados, o que representa cerca de 10% de sua área total. Os anos de 2001, 2010, 2015 e 2017 foram anos com registros também altos, com pelo menos 1500 hectares de área queimada. Assim como ocorre nas demais áreas do bioma cerrado, o período em que mais ocorre incêndios é entre os meses de agosto, setembro e outubro, com média de 677 hectares para estes meses. Este valor é imensamente superior ao observado nos demais períodos do ano. De janeiro a março, a média de área queimada é de cerca de 2 hectares. De abril a julho, a média chega a 7

hectares, e no bimestre novembro-dezembro a média de área queimada entre os anos de 2001 e 2020 é de apenas meio hectare.

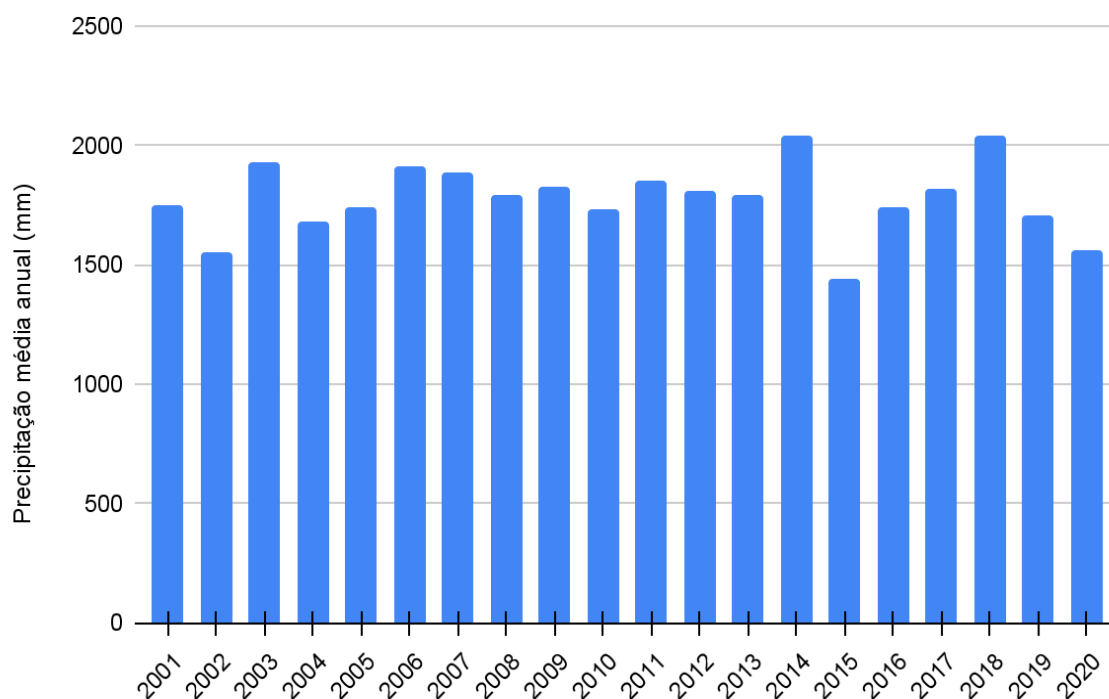
Figura 6. Gráfico com a relação de área queimada no PNCG entre o período de 2001 e 2020.



Fonte dos dados: MapBiomas Fogo. Elaborado pelo autor.

A relação entre o regime de chuvas e a ocorrência de incêndios florestais está no período seguido de dias que uma determinada região fica sem chuva (Setzer *et. al.*, 2019). A precipitação acumulada anual obtida através da média entre as três estações meteorológicas (São Vicente, Cuiabá e Diamantino) está em conformidade com o que é descrito no plano de manejo do parque. A média anual de precipitação observada foi de 1780 mm, e no período observado, houve pouca variação ao longo dos anos. Destaca-se o ano de 2015, no qual a precipitação acumulada ficou abaixo dos 1500 mm, considerado como ano seco, e os anos de 2014 e 2018, em que a precipitação acumulada superou os 2000 mm, considerados como anos chuvosos (Nascimento, *et al.*, 2015). A precipitação não foi um fator determinante da variação temporal de área anual queimada ( $R^2 = 0,118$ ), que indica maior influência antrópica (Da Costa, 2017). A figura 7 trás a relação do acumulado anual de precipitação entre o período de 2001 e 2020.

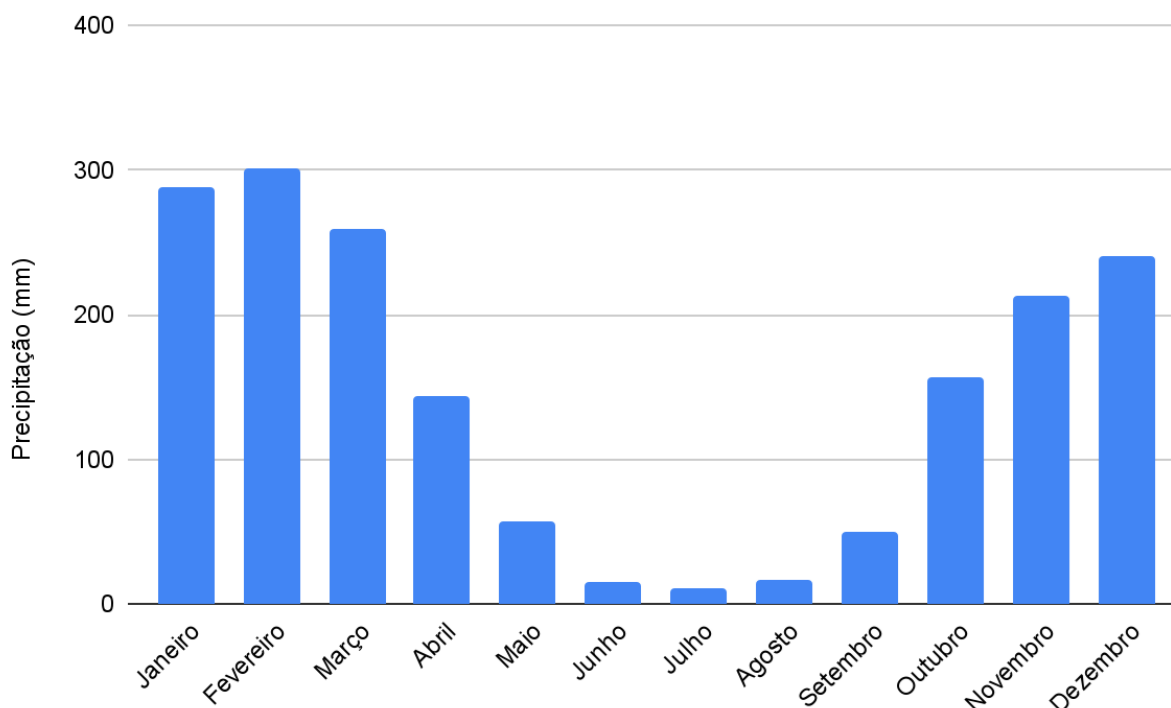
Figura 7. Gráfico com a relação de média anual de precipitação entre o período de 2001 a 2020.



Fonte dos dados: INMET. Elaborado pelo autor.

A precipitação média mensal observada (figura 8) é bastante similar ao encontrado em outros locais com latitude próxima, como por exemplo Goiânia (Rocha, 2021). O período chuvoso vai de outubro a abril, média de 228 mm por mês, com os meses com maiores médias de precipitação sendo janeiro e fevereiro, respectivamente 288 e 300 mm. O período seco compreende os meses de maio a setembro, com precipitação média de 30 mm por mês, sendo julho o mês mais seco com média mensal de apenas 10 mm, seguido por junho, 15 mm, e agosto, 16 mm. Ao longo do período observado, foi comum o registro de 0 mm de chuva dentre os meses considerados secos. O período sem chuva compõe a base do cálculo de risco de fogo (RF) utilizado no INPE (Setzer, *et. al.*, 2019), que descreve o conceito de “Dias de Secura” como o número de dias seguidos sem nenhuma precipitação durante os últimos 120 dias em relação a uma determinada data. O RF indica quão propícia a vegetação está para ser queimada, do ponto de vista meteorológico.

Figura 8. Gráfico com a média mensal de precipitação.



Fonte: INMET. Elaborado pelo autor.

## 5. Conclusões

Apesar de ser cada vez mais palpável trabalhar com grandes volumes de dados - *Big Data* - em grandes escalas, como para todo o bioma do Cerrado ou todo território brasileiro, seja por processamentos em nuvem em linguagem de programação ou com a utilização de supercomputadores, a análise em escala regional e local é fundamental para a gestão das áreas protegidas. Em um bioma extenso como o Cerrado, a condição característica do bioma como um todo pode não representar a realidade local/regional.

A análise das cicatrizes de fogo, e de sua recorrência, demonstrou baixa correlação com os dados de precipitação, o que indica, segundo a literatura, influência antrópica. Essa informação corrobora com o apontamento feito pelo Ministério do Meio Ambiente de que apenas uma porcentagem muito pequena dos incêndios florestais é causada naturalmente (Costa e Ferreira, 2017).



## 6. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Acta Amazônica* (Impresso), INPA, Manaus, v. 35, n.4, p. 445-456, 2005.
- ARAÚJO, F. M.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002-2010 Period. *Remote Sensing*, v. 4, p. 1929-1946, 2012.
- ARAUJO, F. M.; SILVA, J. R. ; COSTA, J. V. S. As queimadas e sua relação com o desmatamento no bioma Cerrado. In: *XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos-SP. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019*. v. 17. p. 3533-3536.
- COSTA, J. V. S.; FERREIRA, M. E. Mapa de suscetibilidade a incêndios florestais em Unidades de Conservação no Cerrado: um estudo de caso para a Área de Proteção Ambiental Nascentes do Rio Vermelho (Goiás) e Refúgio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano (Bahia). In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos-SP. Anais do XVIII SBSR, 2017*. p. 3041-3048.
- DA COSTA, D. E. C. *Ocorrência de fogo no Cerrado: uma abordagem de longo prazo usando sensoriamento remoto*. Instituto de Biociências, UNESP. Rio Claro, 2017.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In. PINTO, M. N. Coord. *Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas*. 2 ed. Brasília: UnB/SEMATEC, 1994. P.9 – 65.
- FIDELIS, A.; Pivello, V. R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e Campos Sulinos? *Biodiversidade Brasileira*, v. 2, p. 12-25, 2011.
- GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; SOARES-FILHO, B.; RODRIGUES, L.; OLIVEIRA, U.; BUSTAMANTE, M. M. C. Responses of Plant Biomass in the Brazilian Savanna to Frequent Fires. *Frontiers in Forest and Global Change*, doi 10.3389, v. 3, pp. 11, 2020.
- GONÇALVES, C. N.; MESQUITA, F. W.; LIMA, N. R. G.; COSLOPE, L. A.; LINTOMEN, B. S. Recorrência dos Incêndios e Fitossociologia da Vegetação em Áreas com Diferentes Regimes de Queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. *Biodiversidade Brasileira*, v. 1, p. 161-179, 2011.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, v. 1, n.1, p. 147-155, 2005.
- MENDONÇA, R. C., FELFILI, J. M., WALTER, B. M. T., SILVA JUNIOR, M. C., RESENDE, A. V., FILGUEIRAS, T. S., NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In S.M. Sano e S.P. Almeida (editores) *Cerrado: ambiente e flora*. Edições Embrapa, Planatina, DF, 556 p. 1998.

NASCIMENTO, D. T. F.; DE SOUZA NETO, J. M.; NUNES, L. C. Definição dos anos-padrão para o estudo da pluviometria do estado de Goiás e do Distrito Federal. *Brazilian Geographical Journal. Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 272 - 290, jan./jun. 2015.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidade e tipologias climáticas. *Élisée, Rev. Geo. UEG - Goiás*, v.9, n.2, ju./dez. 2020.

NASCIMENTO, D. T. F.; MARTINS, A. P.; LUIZ, G. C.; LOPES, R. M. *Climatologia do Cerrado*. Goiânia: Editora Alfa, 2021.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sueli Matiko Sano; Semiramis P. de Almeida. (Org.). *CERRADO: ambiente e flora*. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 1998, v. , p. 87-166.

ROCHA, M. I. S. *Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado entre 1999 e 2018*. Programa de pós-Graduação em Geografia, UEG. Anápolis-GO, 2021.

SANO, E. E.; ROSA, R.; SCARAMUZZA, C. A.; ADAMI, M. ; BOLFE, EDSON L.; COUTINHO, A. C. ; ESQUERDO, J. C. ; MAURANO, L. E. ; NARVAES, I. S. ; OLIVEIRA FILHO, F. J. ; SILVA, E. B. ; VICTORIA, D. C. ; FERREIRA, L. G. ; BRITO, J. L. ; BAYMA, ADRIANA PANHOL; OLIVEIRA, G. H.; SILVA, G. B. S. . Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 54, p. 1-5, 2019.

SETZER, A. W.; SISMANOGLU, R. A.; DOS SANTOS, J. G. M. *Método do cálculo do risco de fogo do programa do INPE - versão 11, junho/2019*. INPE, São José dos Campos, 2019.

SILVA, S. D. Challenging the Environmental History of the Cerrado: Science, Biodiversity and Politics on the Brazilian Agricultural Frontier. *História Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) Revista de La Solcha* 10, no. 1, 82-116 p, maio, 2020.

SILVA, F. A. M. da; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. *Cerrado: ecologia e flora*: 2008, v. 1, p. 71-88.

SOUZA JR, C. *MapBiomas General Handbook*; MapBiomas: São Paulo, Brazil, 2017; pp. 1–23.