



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

SEDE ICMBio

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de  
Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio

## **Relatório Final**

**(2018-2019)**

**FATORES QUE DETERMINAM A RECORRÊNCIA DE FOGO NO  
CERRADO: ENFOQUE NA RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO E  
SUBSÍDIOS PARA O MANEJO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

**Ana Clara Caixeta Queiroz Pôrto**

**Orientadora: Angela Barbara Garda**

**Brasília**

**Agosto/2019**

**Resumo**

O fogo atua naturalmente no Cerrado e junto a outros fatores molda e seleciona espécies. Entretanto, a conservação desse Bioma também é ameaçada por incêndios de origem antrópica frequentes e que atingem grandes porções de vegetação. O estrato herbáceo é o principal combustível para as queimas, logo, entender sua dinâmica de recuperação é fundamental para auxílio nas técnicas de manejo e conservação. Diversos fatores determinam a ocorrência do fogo, como condições climáticas sazonais, velocidade e direção do vento, topografia e acúmulo de biomassa combustível. Este estudo faz uso de sensoriamento remoto, analisa fatores como precipitação total e número de dias chuvados, área atingida por fogo e índices de vegetação afim de investigar os padrões temporais e espaciais de recuperação da vegetação em duas Unidades de Conservação Federais, Estação Ecológica de Serra Geral de Tocantins e Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, durante o período de 2010 a 2018. As análises mostram que ambas áreas apresentam diversas porções com alta frequência de fogo e que o regime de chuvas é um dos fatores determinante para a recorrência deste. O Índice da Diferença de Vegetação Normalizada mostra menores valores nos anos de 2010, 2013 e 2018 para ambas unidades e a análise do mapa de acúmulo permite observar a dinâmica de recuperação da vegetação, ressaltando as áreas com maior propensão ao fogo. O intervalo máximo sem fogo numa mesma área foi 6 anos e o mínimo de 2 anos, sugerindo aos gestores queimas prescritas em frequência similar para controle de incidentes.

*Palavras-chave:* fogo, recuperação, vegetação, cerrado

## *Abstract*

Naturally, fire acts in the Cerrado, along with other factors, shaping and selecting species. However, this Biome has been facing a strong threat to its conservation, mainly due to high frequency anthropogenic wildfires that reaches large portions of vegetation. The herbaceous stratum is the main fuel for burning, so understanding its recovery dynamics is fundamental to aid in management and conservation techniques. Several factors determine the occurrence of fire such as climatic conditions and seasonality, wind speed and direction, topography and fuel biomass accumulation. This study uses remote sensing, analyzes factors such as total precipitation and number of rainy days, area affected by fire and vegetation indices in order to investigate the temporal and spatial patterns of vegetation recovery in two Federal Conservation Units, Serra Geral do Tocantins Ecological Station and Nascentes do Rio Parnaíba National Park, from 2010 to 2018. Analysis show that both areas have several portions with a high frequency of fire and that the rainfall regime is one of the determining factors for its recurrence. The NDVI shows lower values in 2010, 2013 and 2018 for both units and the analysis of the accumulation map allows observing the vegetation recovery dynamics, highlighting the areas with greater propensity to fire. The burn interval found maximum, 6 years, and minimum, 2 years, can help park managers during fire management and burning prescription.

*Key words: fire, recovery, vegetation, cerrado.*

## Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos

### Lista de Figuras

- Figura 1.** Mapa que representa a frequência de queima dentro da Unidade de Conservação, Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, durante os anos de 2010 a 2018 ----- 12
- Figura 2.** Mapa que representa a frequência de queima dentro da Unidade de Conservação, Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba, durante os anos de 2010 a 2018 ----- 12
- Figura 3.** *Boxplot* do valor do Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) ao longo dos anos para Esec Serra Geral de Tocantins ----- 13
- Figura 4.** *Boxplot* do valor do Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) ao longo dos anos para Parna Nascentes do Rio Parnaíba ----- 14
- Figura 5.** Valor da média de cada componente do mapa de acúmulo de combustível ao longo dos anos para a Esec Serra Geral de Tocantins ----- 15
- Figura 6.** Valor da média de cada componente do mapa de acúmulo de combustível ao longo dos anos para o Parna Nascentes do Rio Parnaíba ----- 15

### Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Tipos de solo e clima encontrados na região das Unidades de Conservação, Esec Serra Geral do Tocantins e Parna Nascentes do Rio Parnaíba ----- 10
- Tabela 2.** Total de área atingida por fogo (AAF) em hectares e valores de  $R^2$  encontrados no teste de regressão relacionando-se AAF e número de dias chuvosos e AAF e precipitação total (mm) durante os anos de 2010 a 2017 para as duas Unidades de Conservação ----- 11

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| Resumo -----  | 2  |
| Abstract -----  | 3  |
| Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos ----- | 4  |
| Introdução -----  | 6  |
| Material e Métodos -----  | 7  |
| Resultados -----  | 11 |
| Discussão e Conclusão -----   | 17 |
| Recomendações para o Manejo -----   | 18 |
| Agradecimentos -----  | 18 |
| Referências -----   | 19 |

## Introdução

Os incêndios estão presentes em diversos ecossistemas há milhões de anos e possuem uma função de grande relevância, selecionar espécies e moldar tais ecossistemas (Bond et al. 2005; Schmidt et al. 2016). No Cerrado, temos registros de incêndios há mais de 32.000 anos antes do presente (Salgado-Labouriau et al., 1994, Miranda et al., 2010). Ocorrendo de maneira natural, o fogo no Cerrado propaga-se principalmente na superfície, devido ao estrato rasteiro bem desenvolvido na maioria das formas deste bioma, ocorrendo através de raios, principalmente durante a estação chuvosa ou na transição da estação chuvosa para seca. No entanto, incêndios de origem antrópica vem se tornando uma das ameaças mais significativas para a conservação do Cerrado, pois este alteram todo o regime de fogo ao qual as espécies presentes estão adaptadas (Ramos-Neto & Pivello, 2005), entender a dinâmica do fogo no Cerrado é imprescindível para o desenvolvimento de técnicas de proteção e conservação do bioma que possui uma enorme biodiversidade (Miranda et al.,2010).

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, representa cerca de 23% do território, ocupando principalmente a área no Planalto Central do Brasil, é caracterizado por possuir invernos secos e verões chuvosos (clima Aw de Koppen) e apresenta uma precipitação média anual de 1500 mm. No Cerrado também há a predominância de Latossolos ocorrendo ainda solos concrecionários em grandes áreas (Ribeiro & Walter, 1998).

Por possuir grande extensão, diversas variáveis climáticas atuam sobre o Cerrado interferindo no regime de chuvas, modificando a umidade do material combustível e seu grau de flamabilidade, criando, assim, regionalidades nas características e ocorrência do fogo (Alvarado et. al., 2017). Além das variáveis climáticas, o solo pode ser fator indireto na determinação do regime temporal e espacial de recorrência de fogo ao ser considerado por alguns autores a característica ambiental que mais influência no crescimento das plantas (Pritchett, 1979).

Diante da percepção da grande ameaça sofrida pelo Cerrado com incêndios de grande proporção e fora de sua época natural, é preciso entender como se opera o processo de recorrência das queimadas, isto perpassa também pelo conhecimento da extensão do Cerrado e das grandes variáveis que influenciam a recuperação da vegetação combustível, surgindo questões como, seria o mesmo fator ambiental que determinaria isto em duas áreas diferentes do bioma, uma no sul do Cerrado e outra no centro-norte? Identificar e estudar tais fatores permitirá melhorias nas ações de manejo das unidades de conservação, que todo ano sofrem

com incêndios, como a Estação Ecológica de Serra Geral do Tocantins e o Parque Nacional Nascentes do Rio Paranaíba.

Estudos feitos por Alvarado et al (2017) concluíram que na região da Serra do Cipó a recorrência de fogo é dependente da distribuição e da sazonalidade das chuvas, o que interferiria na umidade do ambiente e do combustível, ou seja, na qualidade deste, ao contrário do que se constata em algumas savanas africanas onde a precipitação acumulada é o que determina o acúmulo de combustível (quantidade). No entanto, este estudo se restringe a Serra do Cipó, o que pode ser preocupante caso haja uma amplificação deste resultado para toda a região do Cerrado.

O uso de índices de vegetação, como Índice de Diferença Normalizada e mapa de acúmulo, através de sensoriamento remoto constitui uma importante ferramenta para análise da ocupação e uso das áreas de Cerrado e o grau de vigor da vegetação nestas e permite estudos que visem identificar padrões de distúrbios (naturais ou antrópicos) a fim de auxiliar nas técnicas de manejo e priorização de áreas para preservação e conservação, assim como entender a dinâmica da vegetação (Cândido *et al* 2015, Lima *et al* 2013).

O presente estudo faz uso do sensoriamento remoto para analisar e identificar a recuperação da vegetação combustível para queimas na região do Jalapão, localizada no Norte do Cerrado, durante o período de oito anos (2010 a 2018), em duas unidades de conservação federais. Com isso, pretende-se investigar quais fatores explicam a variação espacial e temporal da ocorrência de fogo na região do Jalapão e assim contrapor com os resultados encontrados na Serra do Cipó por Alvarado et al (2017). A hipótese é de que a ocorrência de fogo no Jalapão seja determinada pelo combustível e de que o volume de chuvas tenha correlação com recorrência de fogo. Tal estudo poderá corroborar com as ações já desenvolvidas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), visto que não há ainda uma visão regionalizada da recuperação da biomassa combustível no Cerrado após queimadas ou incêndios.

## **Material e Métodos**

O estudo está sendo realizado em duas unidades de conservação federais (UC's), a Estação Ecológica de Serra Geral do Tocantins (EESGT) e o Parque Nacional das Nascentes do Rio Paranaíba (PNNRP), ambas unidades estão inseridas no Corredor Ecológico da Região

do Jalapão. A EESGT ocupa os estados da Bahia e Tocantins, alcançando uma área de 716 mil hectares de Cerrado, é uma das UC's com maior número e extensão de incêndios todo ano (ICMBio 2014), com a média de 235.949,54 hectares de área atingida por fogo todos os anos. O PNNRP localiza-se nos estados do Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins e possui predominantemente áreas de cerrado *sensu stricto* e cerradão, assim como a EESGTO, também possui histórico de grande suscetibilidade a incêndios (ICMBio 2015, 2017), com a média de 153.453,69 hectares de área atingida por fogo todos os anos.

As duas Unidades de Conservação estudadas, apresentam o mesmo tipo climático seguindo a classificação de Köppen, Aw (ICMBio, 2014, 2017) ou seja tropical úmido, que apresenta temperatura média referente ao mês mais frio acima de 18° C e subtipo clima de savana que apresenta inverno seco e chuvas máximas de verão, bem definidas (da Silva et al., 2008).

O uso de sensoriamento remoto, técnica que tem sido utilizada há mais de vinte anos em todo o mundo para monitoramento do fogo, permite a obtenção de informações como a presença de fogo ativo e a identificação de cicatrizes de queima, sendo possível realizar uma reconstrução histórica do fogo nos ecossistemas (Alvarado et al., 2017; Csiszar et al., 2004). Utilizando os dados gerados pela Divisão de Monitoramento e Informação Ambientais (DMIF) do ICMBio, as áreas atingidas por fogo foram separadas em cada mês para todos os anos (2010 a 2017) e estes foram relacionados com os dados de precipitação mensal (PM) e número de dias chovidos (NDC). Para verificar a relação entre essas variáveis (AAF X NDC e AAF X PM) foi feito um teste de regressão linear, utilizando o Excel 2016.

No banco de dados históricos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram coletados dados pluviométricos das duas UC's considerando a estação meteorológica mais próxima. Para Esec Serra Geral de Tocantins utilizamos a estação meteorológica de Taguatinga (TO), distante aproximadamente 164,51 Km, e para o Parna Nascentes do Rio Parnaíba foi a estação de Alto Parnaíba (MA), distante aproximadamente 109,02 Km. Os dados coletados incluíram precipitação mensal (PM) e número de dias chovidos (NDC) de todos os meses dos anos de 2010 até 2017.

Para verificar o tempo de recuperação da vegetação foi analisado a frequência de queima nas duas UC's. Os mapas das áreas atingidas por fogo dos anos de 2010 até 2018, que são produzidos pela DMIF/ICMBio e pela Coordenação de Prevenção e Combate a Incêndios (COIN/ICMBio) foram transformados em *raster* e depois classificados com números 0 a 1,

gerando um gradiente de cores nestes mapas. Os novos arquivos gerados foram sobrepostos, e utilizando a calculadora *raster* somou-se os números, gerando um mapa final com um gradiente de cores que mostra quantas vezes identificou-se presença de fogo na mesma área ao longo dos anos. Para todo este processo até a confecção dos mapas utilizou-se o QGIS, Sistema de Informação Geográfica, *software* livre que permite análise e edição de dados georreferenciados.

Também para análise espacial e temporal de recuperação da vegetação foi consultado o Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index/NDVI*) através de *scripts* gerados pela DMIF/ICMBio no *software* do *Google Earth Engine*. O NDVI indica o desenvolvimento e o vigor da vegetação e é obtido pela razão entre a diferença das refletividades do IV-Próximo, banda 4, e do Vermelho, banda 3 e a soma destas. Este varia entre -1 e +1 e é utilizado para monitorar a vegetação em áreas degradadas, por exemplo (Araujo *et al* 2009).

Foram utilizadas imagens *LANDSAT (5)* para coleta do NDVI nos anos de 2010 e 2011 e *LANDSAT (8)* para os anos de 2013 a 2018. O ano de 2012 foi excluído desta análise pois não havia imagens de satélite *LANDSAT* para tal ano. Os *scripts* indicavam o valor do NDVI ao longo de cada ano para os dez pontos escolhidos aleatoriamente para análise ao longo de um transecto central dentro das UC's. As imagens que continham muitas nuvens (acima de 20%) foram retiradas da análise para que não houvesse algum viés na coleta dos dados. Foi feito um teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e em seguida o teste de Kruskal-Wallis utilizando o *software* R. Estes pontos também foram analisados quanto ao intervalo de tempo entre uma queima e outra, através das cicatrizes de fogo ao longo dos anos estudados.

Com o intuito de avaliar a vegetação nos aspectos espacial e temporal foi analisado os valores de cada componente do mapa de acúmulo de combustível (DMIF/ICMBio), nos mesmos pontos escolhidos para análise do NDVI. Os componentes analisados foram vegetação verde, vegetação seca e solo. Utilizando o *software* disponível pelo Google e os *scripts* desenvolvidos pela DMIF/ICMBio, foram identificados os valores de cada componente sendo que cada *pixel* que compõe a imagem para aquele componente possui um valor que varia de 0 a 255. Quanto maior o valor do *pixel* maior é a fração daquele componente na imagem analisada. Foram utilizadas também imagens *LANDSAT (8)* para coleta dos valores dos componentes para os anos de 2013 a 2018, sendo que foi selecionada uma imagem para cada ano. Devido a limitações geradas pelo próprio script não foi possível fazer a coleta para os anos de 2010 a 2011, pois as imagens não se apresentavam aptas para análise. Utilizando o Excel

2016 foram feitos gráficos que mostram a variação de cada componente ao longo dos anos analisados.

Foram consultados os tipos de solo e clima presentes nas duas Unidades de Conservação que podem ser consultados na Tabela 1 (ICMBio 2014, ICMBio 2017).

Tabela 1. Tipos de solo e clima encontrados na região das Unidades de Conservação, Esec Serra Geral do Tocantins e Parna Nascentes do Rio Parnaíba.

| <b>Unidade de Conservação</b>           | <b>Solo</b>   | <b>Clima</b>  |
|---|---|---|
| <b>Esec Serra Geral de Tocantins</b>    | Argissolos vermelho-amarelo, Cambissolos háplicos, Gleissolos háplico, Latossolos amarelos, Neossolos litólicos e quartzênicos, Plintossolos pétricos.  | Domínio climático: quente semiúmido (com 4 a 5 meses de seca), características de clima tropical, chuvas no verão e inverno seco, classificação de Köppen tipo Aw.                      |
| <b>Parna Nascentes do Rio Paranaíba</b> | Parte baixa arenosa com baixa fertilidade (exceto próximo às veredas) e porção alta arenosa-argilosa, Areias quartzosas e hidromórficas, Latossolos vermelhos-amarelos litólicos, Podzólicos vermelho- amarelos concrecionários e acinzentados. | Região de clima tropical semi-úmido, características de clima tropical, duas estações de chuva bem definidas (outubro a abril), estação seca: 5 meses de pouca ou nenhuma precipitação. |

Por fim, para auxílio durante a percepção e discussão dos resultados encontrados, foram feitas entrevistas semi-estruturadas, como exposto por Britto Junior & Feres Junior (2011), com gestores e gerente de fogo. Foi realizado um primeiro contato com os chefes das duas unidades estudadas através de mensagens e as perguntas foram estabelecidas, sendo elas: 1) Pelas suas observações os focos de fogo ocorrem em um mesmo lugar todos os anos? Qual o intervalo de tempo entre as queimadas no mesmo local? 2) Qual fator você acha que mais determina a recorrência de fogo em uma mesma área dentro da UC? Como percebeu isso? 3) Você acredita que a ocorrência de fogo no Jalapão é limitada pelo combustível, pelo volume de chuvas anual ou pela distribuição das chuvas na temporada de fogo? 4) Você acredita que o solo possa estar interferindo na recuperação da vegetação na região da UC? 5) Dentro da UC existe alguma área que seria prioritária para um estudo de caso (alguma com maior recorrência de fogo)? As perguntas foram respondidas pelo responsável do Parna através de e-mail e pelos responsáveis

da Esec pessoalmente e através de observações pessoais durante o Intercâmbio de Manejo do Fogo organizado pela COIN/ICMBio.

### Resultados

Entre 2010 e 2017, a maior AAF na Esec foi de 185.084,28 ha em 2011, ano em que a PM chegou a 1.983,8 mm. A relação entre AAF e PM tem coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,52. O Parna também apresentou a maior AAF em 2011, sendo 113.971,15 ha; a PM foi 1.554,5 mm e o  $R^2$  igual a 0,39. A média dos valores encontrados nos teste de regressão referente aos anos, 2010 a 2017), apresentou resultados para AFF x NDC e AFF x PM de 0,438 e 0,424 para Esec, e 0,371 e 0,353 para o Parna, respectivamente.

Tabela 2. Total de área atingida por fogo (AAF) em hectares e valores de  $R^2$  encontrados no teste de regressão relacionando-se AAF e número de dias chovidos e AAF e precipitação total (mm) durante os anos de 2010 a 2017 para as duas Unidades de Conservação.

| Ano   | Esec Serra Geral de Tocantins |               |                        | Parna Nascentes do Rio Parnaíba |               |                        |
|-------|-------------------------------|---------------|------------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|
|       | AAF (ha)                      | NDC ( $R^2$ ) | Precipitação ( $R^2$ ) | AAF (ha)                        | NDC ( $R^2$ ) | Precipitação ( $R^2$ ) |
| 2010  | 303.944,99                    | 0,287         | 0,188                  | 250.806,65                      | 0,287         | 0,188                  |
| 2011  | 185.084,28                    | 0,614         | 0,523                  | 113.971,15                      | 0,614         | 0,523                  |
| 2012  | 251.351,74                    | 0,146         | 0,110                  | 141.124,16                      | 0,146         | 0,110                  |
| 2013  | 192.442,86                    | 0,337         | 0,275                  | 149.774,91                      | 0,337         | 0,275                  |
| 2014  | 286.303,69                    | 0,337         | 0,273                  | 153.504,00                      | 0,337         | 0,273                  |
| 2015  | 233.367,82                    | 0,315         | 0,250                  | 229.332,07                      | 0,315         | 0,250                  |
| 2016  | 229.960,19                    | 0,252         | 0,228                  | 171.708,93                      | 0,252         | 0,228                  |
| 2017  | 190.384,81                    | 0,488         | 0,393                  | 145.734,95                      | 0,488         | 0,393                  |
| Média | 234.105,05                    | 0,438         | 0,424                  | 169.494,60                      | 0,371         | 0,353                  |

Os mapas a seguir mostram a frequência de fogo dentro da Esec Serra Geral de Tocantins (Figura 1) e do Parna Nascentes do Rio Parnaíba (Figura 2), durante os anos de 2010 a 2018. As regiões de cor vermelha ou próximo a esta cor indicam as áreas com maior recorrência de fogo em um mesmo local. Comparando as duas UC's é possível observar que a Esec Serra Geral do Tocantins possui maior recorrência de fogo do que o Parna Nascentes, pois possui um maior número de regiões com frequência de cinco vezes em um mesmo local.

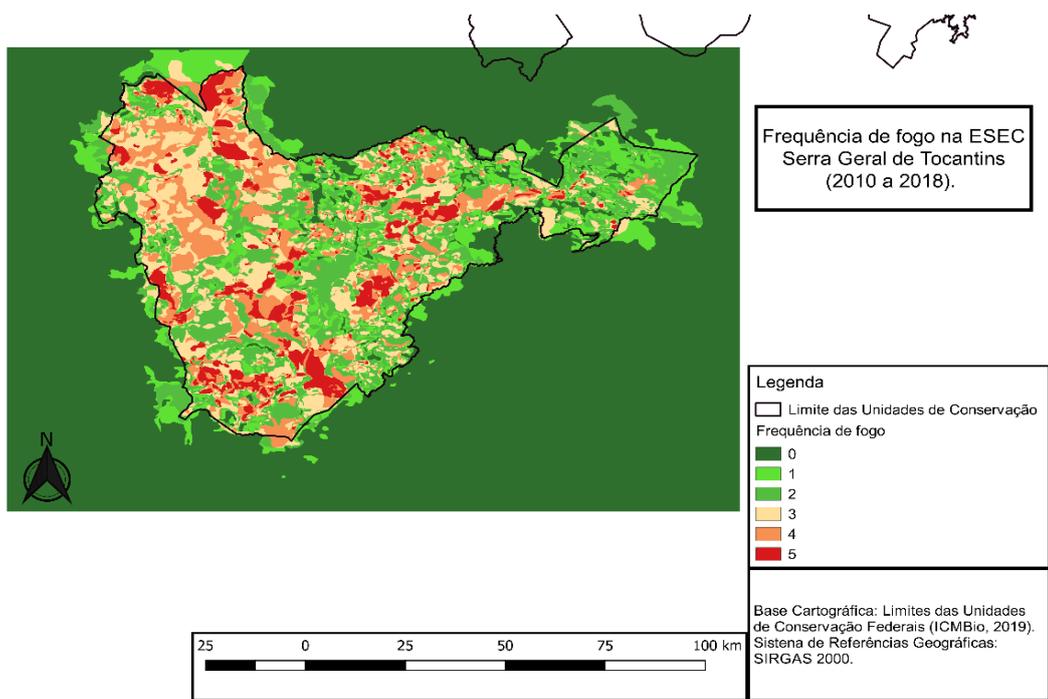


Figura 1. Mapa que representa a frequência de fogo dentro da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, durante os anos de 2010 a 2018.

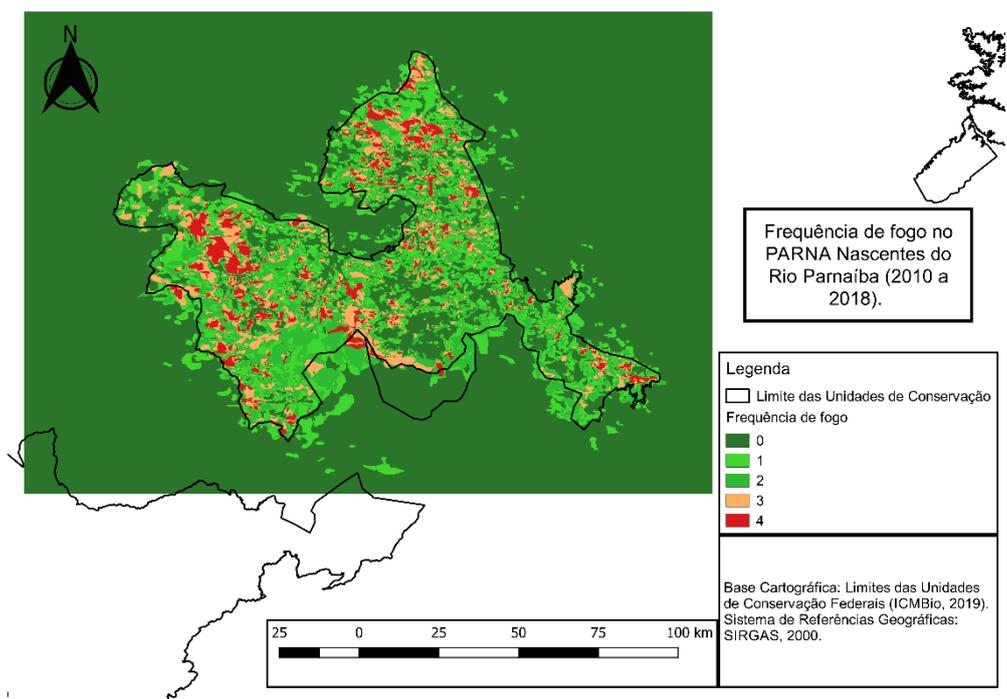


Figura 2. Mapa que representa a frequência de fogo dentro do Parque Nacional Nascentes do Rio Paraíba, durante os anos de 2010 a 2018.

Analisando a Esec, observa-se que esta possui várias e longas porções com recorrência de fogo ao longo dos anos (2010-2017), sendo que a porção Noroeste e Sudoeste da unidade possui maior frequência de fogo do que a porção Nordeste. Já analisando o Parna, observa-se que este possui poucas e menores porções com recorrência de fogo e que estas se concentram também na região Noroeste da UC.

Analisando os dez pontos escolhidos para avaliar o NDVI e observando as cicatrizes de fogo ao longo dos anos (2010 a 2018, menos o ano de 2012), identificou-se que o intervalo máximo para recorrência de fogo numa mesma área foi de 6 anos e o intervalo mínimo de 2 anos nas duas unidades de conservação, sendo que a maioria dos pontos avaliados teve recorrência de 2 ou 3 anos.

As figuras 3 e 4 mostram a distribuição dos dados encontrados para o Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) ao longo dos anos de 2010 a 2018 (exceto 2012) para as duas Unidades de Conservação, Estação Ecológica de Serra Geral de Tocantins e Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

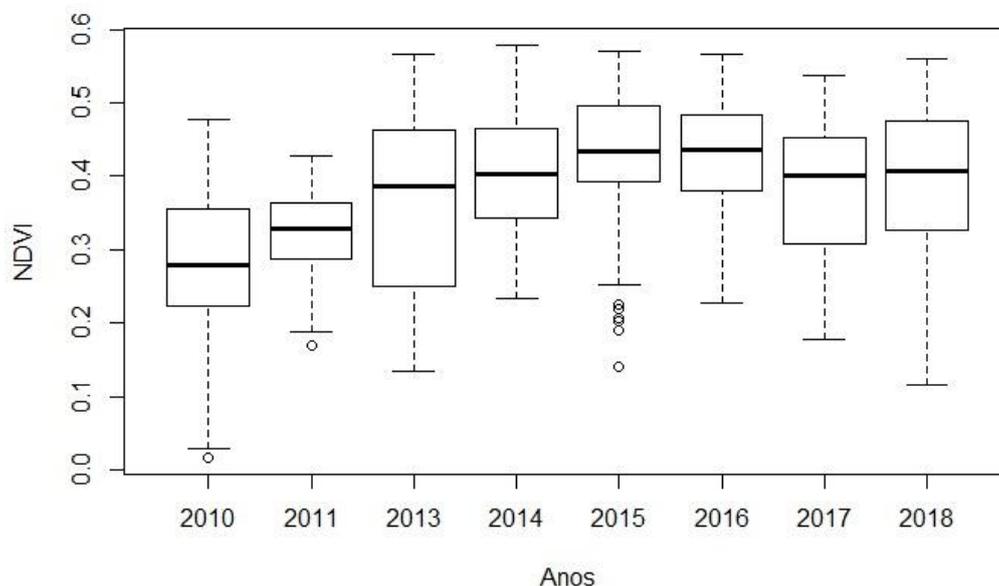


Figura 3. *Boxplot* do valor do Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) ao longo dos anos de 2010 a 2018 para Estação Ecológica de Serra Geral de Tocantins.

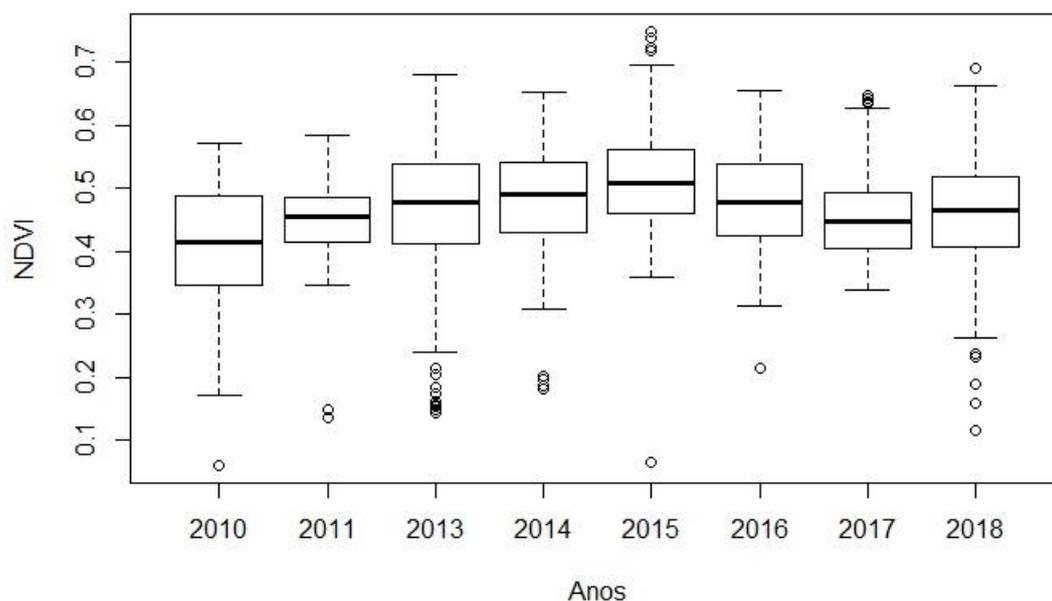


Figura 4. *Boxplot* do valor do Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) ao longo dos anos 2010 a 2018 para o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Para ambas as Unidades há grande variação intra anual nos valores de NDVI em cada cicatriz de fogo avaliada (Figuras 3 e 4), sendo que os anos de 2010, 2013 e 2018 apresentaram os menores índices. Porém, os dados não se comportam como normal ( $W=0,97$  e  $p<0,0001$  para a Esec;  $W= 0,96$  e  $p<0,001$  para o Parna) e também não apresentaram diferença significativa entre os anos (  $H=1,72$  e  $p<0,0001$  para a Esec;  $H=0,67$  e  $p<0,001$  para o Parna).

Através da análise dos mapas de acúmulo de combustível avaliamos a média do valor de cada componente da imagem ao longo dos anos ((Figura 5 e 6) e como se desenvolve a dinâmica da vegetação em cada cicatriz de fogo estudada. O ano em que apresentou a maior média para o componente de vegetação seca foi o ano de 2016 e o de vegetação verde em 2017, para a Esec. Para o Parna o ano com maior vegetação seca foi o de 2015 e o de vegetação verde o ano de 2016.

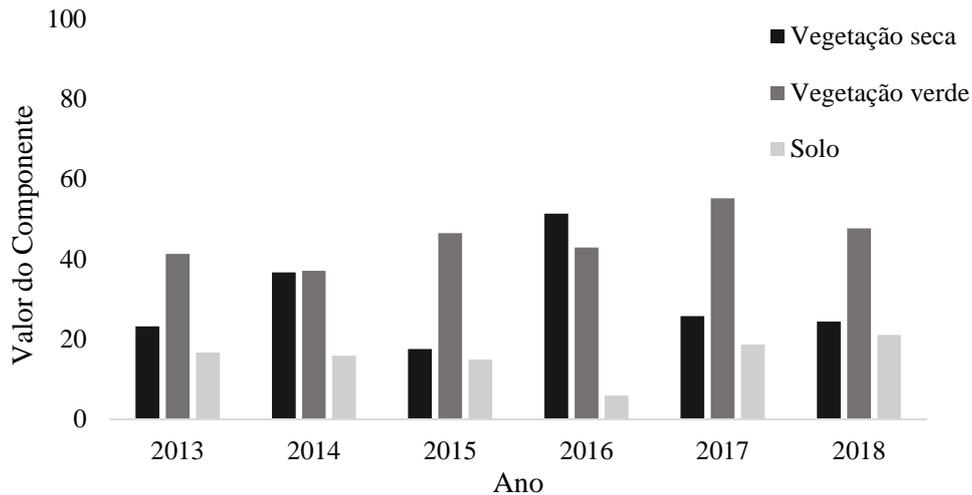


Figura 5. Valor da média de cada componente do mapa de acúmulo de combustível ao longo dos anos para a Estação Ecológica de Serra Geral de Tocantins.

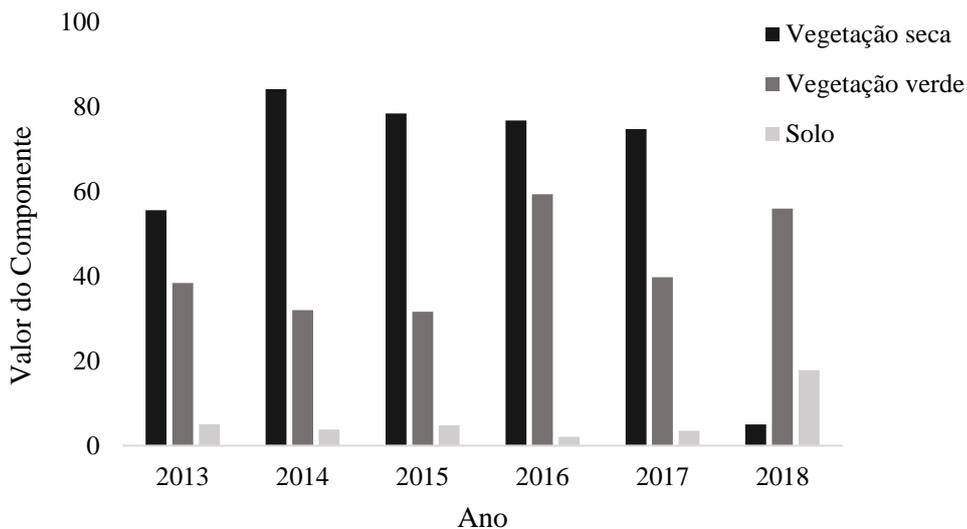


Figura 6. Valor da média de cada componente do mapa de acúmulo de combustível ao longo dos anos para o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Com relação à entrevista com os gestores, as respostas obtidas para a entrevista realizada para a Esec Serra Geral de Tocantins seguem abaixo:

“Antes de se iniciar o plano de manejo e as queimas prescritas havia recorrência de incêndios ano sim, ano não em uma mesma área que se estendia por grandes porções da unidade. A quantidade de chuva parece determinar melhor a recorrência de fogo em uma mesma área, não tanto o acúmulo de combustível e tempo sem queima, como

exemplo, muitas áreas parecem estar com grande quantidade de combustível disponível, no entanto não queimavam, o que leva a pensar que outro fator determinaria esta recorrência. Pela observação dos gestores, a ocorrência de fogo no Jalapão é limitada mais fortemente pela distribuição das chuvas na temporada de fogo. O solo na Esec Serra Geral é pobre em nutrientes, arenoso em sua maioria, por isso as plantas demoram a crescer, formando uma fitofisionomia mais campestre com árvores pequenas e gramíneas que morrem depois de mais de 3 ou 4 anos sem queimadas. As áreas com maior extensão de queima ou mais de 3 anos sem queimar são áreas prioritárias para estudo de caso.”

Foram obtidas também algumas informações que fogem às propostas iniciais de perguntas para a entrevista

“A parte mais à direita da unidade não é manejada pelos gestores da Esec pois é uma área de comunidades tradicionais as quais a maioria possui acordos de cooperação, estas regiões são áreas de Latossolos e possuem regime de queima diferente das outras áreas; o mês de janeiro quase não há presença de chuvas do longo de toda a unidade, no entanto fevereiro, março e dezembro são meses com bastante chuvas; o acúmulo de combustível não tem relação apenas com o tempo de queima, relaciona-se com a quantidade de chuva também. Presença de solo fraco na região, desse modo as plantas não desenvolvem ou crescem muito; depois de 3 ou 4 anos sem queimar o capim morre e não rebrota, com a passagem do fogo o capim rebrota; o primeiro fogo de outubro queima como se tivesse combustível (gasolina) nas plantas, mas depois de umas 2 ou 3 chuvas o fogo já é mais fraco.”

A entrevista realizada com um dos gestores do Parna Nascentes do Rio Parnaíba trouxe as seguintes informações

“O fogo dentro da UC não ocorre em um mesmo local todos os anos, a frequência de queima em um mesmo local é de 2 ou 3 anos. A percepção dos gestores indica que o fator combustível é o que mais determina a recorrência de fogo, este é mais utilizado para renovação de pastos naturais nestas áreas (as áreas do parque ainda não foram

indenizadas), dessa maneira, a ocorrência de fogo limita-se pela existência ou não de áreas com combustível. Além do combustível, a ocorrência de fogo também é limitada pela distribuição das chuvas durante a temporada de fogo, essa distribuição determina a quantidade de combustível e altera também a dependência do uso de pastagem natural. As características físico-químicas do solo, a distribuição e volume de chuvas e a recorrência de fogo influenciam na recuperação da vegetação combustível. Existem áreas principais prioritárias para estudo de caso que se situam na região central da Unidade.”

### **Discussão e Conclusão**

Os mapas de frequência de fogo indicam que há uma grande recorrência de fogo nos mesmos locais nas duas Unidades estudadas, Esec Serra Geral de Tocantins e Parna Nascentes do Rio Parnaíba. A ausência de correlação estatística entre área atingida por fogo e pluviosidade acumulada indica que o regime de chuva constante e com poucas diferenças interanuais garante recuperação da vegetação em no máximo dois anos, sendo um dos fatores mais determinantes para a elevada presença de fogo nas áreas, ao contrário do que se observa em savana Africana, cuja recorrência de fogo está fortemente ligada a diferenças pluviométricas entre os anos (Archibald *et al*, 2010).

A região do Jalapão é distante milhares de quilômetros da região da Serra do Cipó e tem tipo de solo diferente, mas observamos o mesmo relatado por Alvarado et al. (2017), ou seja, recorrência de fogo é dependente da distribuição e da sazonalidade das chuvas. Também observamos padrões contrários aos que se constata em algumas savanas africanas, onde a precipitação acumulada e a recorrência de fogo tem alta correlação, possivelmente porque lá a excesso ou falta de chuvas é o que determina a recuperação da vegetação e, consequentemente, acúmulo de combustível.

O solo pode ser fator importante na recuperação da vegetação ao se considerar seus aspectos físicos e químicos, a quantidade de nutrientes presente nestes, sua capacidade de drenagem de água é responsável por determinar o quanto um solo pode ser fértil ou não (Embrapa Solos, 1999). Nas duas Unidades de Conservação estudadas os tipos de solo apresentam-se bem variáveis, apesar de semelhantes entre si, desse modo o padrão de recorrência de fogo pode se assemelhar em certos aspectos.

As respostas obtidas nas entrevistas demonstram que para ambas as Unidades o fator que mais explica a recorrência de fogo em uma mesma área é o combustível, mas que o comportamento do fogo é limitado pela distribuição de chuvas na estação de maior estiagem. Desse modo, os resultados demonstram que, embora haja combustível suficiente após dois anos, grandes incêndios vão ocorrer novamente a depender do número de dias sem chuva, principalmente durante a temporada de fogo e também dependendo do interesse de comunitários em utilizar a área novamente.

As análises do índice de vegetação (NDVI), apesar de não apresentarem diferença significativa, indicam uma forte relação com a ocorrência de fogo e o estado da vegetação, sendo que os valores menores de NDVI indicam as áreas com maior probabilidade de ocorrência de fogo por mostrarem o padrão espectral da vegetação nas imagens de satélite e se correlacionarem com o vigor da vegetação, a cobertura do solo, a atividade fotossintética e a produtividade (Lima *et al.*, 2013). Esses valores são facilmente identificados com uso de softwares livres como o *Google Engine* e podem ser usados como ferramenta para o manejo. O mesmo ocorre com a análise dos componentes do mapa de acúmulo de combustível;

Os dados aqui encontrados refletiram uma realidade em que o regime de distribuição das chuvas intra anualmente seria o fator mais determinante para extensão da área atingida por fogo, ao mesmo tempo em que a alta recorrência de fogo em uma mesma área é definida pelo regime constante de alta pluviosidade acumulada anualmente. Ainda assim, é necessário que outros fatores sejam incorporados nas análises em um estudo posterior, como topografia, número de dias sem chuva antes da ocorrência de fogo e a proximidade de comunidades que utilizam o fogo em suas atividades.

Concluindo, nossos estudos no Norte do Cerrado, região do Jalapão, demonstraram resultados similares aos relatados por Alvarado et al. 2015 para a o Sul do Cerrado, região da Serra do Cipó.

### **Recomendações para o manejo**

Os dados obtidos neste estudo visam auxiliar na definição de melhores táticas de manejo do fogo, permitindo prever as condições adequadas para a prescrição de queimas e indicam situações de risco, especialmente, em relação ao acúmulo de combustível nas estações secas ou a muitos dias sem chuva, o que atuaria auxiliando no combate aos incêndios. Outro dado encontrado que pode auxiliar os gestores das unidades é o intervalo máximo e mínimo entre uma queima e outra, 6 e 2 anos, respectivamente. Dessa maneira, os dois pontos ressaltados

neste trabalho se levados em consideração juntos podem servir como fator importante para prescrição de queimas e o manejo do fogo.

### **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar a minha orientadora, Angela Barbara Garda por ter se arriscado junto comigo na elaboração e concretização desse trabalho. Acredito que para ambas foi uma nova experiência. Agradeço também por todos seus ensinamentos, carinho e dedicação. Obrigada também ao Bernardo que se juntou a nós nessa caminhada para nos mostrar o quão bonito é a formação de uma nova vida.

Agradeço também ao ICMBio, ao Programa de Iniciação Científica (ProIC) e a Universidade de Brasília pela oportunidade dada de poder desenvolver um projeto científico em outra instituição, que não a qual estudo, e por oferecer todas as condições necessárias para desenvolvimento do projeto.

Por fim, agradeço a toda equipe da CGPRO por terem me acolhido e tanto me ensinado e terem se tornado grandes amigos. Mais especificamente, obrigada à equipe da COIN, em especial a Camila Souza pelos ensinamentos que possibilitaram a execução deste trabalho e a equipe da DPRO por terem me acolhido e ajudado em muitos momentos. Agradeço também ao Juan Orozco pela paciência em ensinar a base para execução dos processos de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

### **Referências Bibliográficas**

Alvarado, S.T.; Fornazari, T.; Cóstola, A. 2017. Drivers of fire occurrence in a mountainous Brazilian cerrado savanna: Tracking long-term fire regimes using remote sensing. *Ecological indicators*, 78: 270-281.

Araujo, Argemiro Lucena, Célia Campos Braga, and B. B. Silva. “Variação do NDVI na Chapada do Araripe com dados Landsat 5-TM.” *Simpósio Internacional de Climatologia, Canela- RS (2009)*.

Archibald, S., Nickless, A., Govender, N., Scholes, R.J., Lehsten, V., 2010. Climate and the inter-annual variability of fire in southern Africa: a meta-analysis using long-term field data and satellite-derived burnt area data. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 19, 794–809.

Bond, W.J.; Woodward, F.I. & Midgley, G.F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, 165: 525-538.

Brito Júnior, A. F.; Feres Júnior, N. 2011. A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos. *Evidência*, 7(7): 237-250.

Cândido, Anny Keli Aparecida Alves, Normandes Matos da Silva, and Domingos Sávio Barbosa. "Dinâmica espacial e temporal do uso das terras e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em setor de cabeceira do Rio São Lourenço, Campo Verde, MT." *Raega-O Espaço Geográfico em Análise* 33 (2015): 94-119.

Csiszar, I., Justice, C. O., Mcguire, A. D., Cochrane, M. A., Roy, D. P., Brown, F., et al. (2004). Land use and fires. In G. A. Gutman (Ed.), *Land change science: Observing monitoring, and understanding trajectories of change on the earth's surface*. Kluwer Academic Publishers.

da Silva, F. A. M., Assad, E. D., Steinke, E. T., Muller, A. G., 2008. "Clima do Bioma Cerrado." *Agricultura Tropical*. 93.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. 2009. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó, Área de proteção Ambiental Morro da Pedreira.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. 2015. Relatório das Ações de Prevenção e Combate a Incêndios em Unidades de Conservação Federais.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. 2014. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Serra Geral do Tocantins.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. 2017. Plano de Proteção do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Lima, Gabriela Camargos, et al. "Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN)." *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 8.2 (2013): 204-214.

Miranda, H. S.; Neto, W. N.; Neves, B. M. C. 2010. Caracterização das queimadas de Cerrado, in: Miranda, H. S. (Ed.), *Efeitos Do Regime de Fogo Sobre a Estrutura de Comunidades de Cerrado: Projeto Fogo*. Ibama, Brasília.

Pritchett, W. L. 1979. *Properties and management of forest soils*. J. Wiley, New York.

Ramos-Neto, M.B., Pivello, V.R., 2000. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking management strategies. *Environmental Management*, 26, 675–684.

Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Embrapa Cerrados- Capítulo em livro científico (ALICE), 1998.

Salgado-Labouriau, M. L; Ferraz-Vicentini, K. R. 1994. Fire in the Cerrado 32.000 years ago. *Current Research in the Pleistocene*, 11: 85-87.

Schmidt, I. B.; Fonseca, C.B.; Ferreira, M.M.; Sato, M.N. 2016. Implementação do programa piloto de manejo integrado do fogo em três unidades de conservação do Cerrado. *Biodiversidade Brasileira*, 2: 55-70.

Solos, Embrapa. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 412.