



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO (PRPG)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS (CIAMB)

SARA ALVES DOS SANTOS

Queimadas e Incêndios em Savanas: estudo comparativo entre
Moçambique e Goiás – Brasil

GOIÂNIA

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Sara Alves dos Santos

3. Título do trabalho

Queimada e Incêndios em Savanas: estudo comparativo entre Moçambique e Goiás-Brasil

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Sara Alves Dos Santos, Discente**, em 03/09/2024, às 11:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 03/02/2025, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4749842** e o código CRC **7442D7ED**.

SARA ALVES DOS SANTOS

**Queimadas e Incêndios em Savanas: estudo comparativo entre
Moçambique e Goiás – Brasil.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Área de concentração: estrutura e dinâmica ambiental

Linha de pesquisa: monitoramento e análise de recursos naturais

Orientador: Professor Doutor Nilson Clementino Ferreira

Co-orientadora: Professora Doutora Noely Vicente Ribeiro

GOIÂNIA

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santos, Sara Alves dos
Queimadas e Incêndios em Savanas [manuscrito] : Estudo comparativo entre Moçambique e Goiás – Brasil / Sara Alves dos Santos. - 2024.
103 f.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira; co-orientadora Dra. Noely Vicente Ribeiro.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, 2024.
Bibliografia.
Inclui siglas, mapas, gráfico, tabelas.

1. Fogo. 2. Cerrado. 3. Miombo. 4. Análise espacial. 5. Geotecnologias. I. Ferreira, Nilson Clementino , orient. II. Título.

CDU 502/504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES
ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº **DD011/2024** da sessão de Defesa de Tese de **Sara Alves dos Santos** que confere o título de Doutor(a) em **Ciências Ambientais**, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Ao/s **vinte e nove dias de agosto de dois mil e vinte e quatro**, a partir da(s) **dezessete horas**, no(a) **Google Meet** <meet.google.com/rxs-sxay-pti>, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada “**Queimadas e Incêndios em Savanas: estudo comparativo entre Moçambique e Goiás-Brasil**”. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Orientador(a), Professor(a) Doutor(a) **Nilson Clementino Ferreira (EECA/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor(a) Doutor(a) **Mercedes Maria da Cunha Bustamante (UNB)**, membro titular externo, **cuja participação ocorreu através de videoconferência**; Professor(a) Doutor(a) **Noely Vicente Ribeiro (IESA/UFG)**, membro titular externo, **cuja participação ocorreu através de videoconferência**; Professor(a) Doutor(a) **Luis Rodrigo Fernandes Baumann (IME/UFG)**, membro titular externo, **cuja participação ocorreu através de videoconferência**; Professor(a) Doutor(a) **Karla Emmanuela Ribeiro Hora (EECA/UFG)**, membro titular interno, **cuja participação ocorreu através de videoconferência**; Professor(a) Doutor(a) **Fausto Miziara (FCS/UFG)**, membro titular interno, **cuja participação ocorreu através de videoconferência**. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido(a) o(a) candidato(a) **aprovado(a)** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo(a) Professor(a) Doutor(a) **Nilson Clementino Ferreira (EECA/UFG)**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao(s) **vinte e nove dias de agosto de dois mil e vinte e quatro**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Miziara, Professor do Magistério Superior**, em 29/08/2024, às 18:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karla Emmanuela Ribeiro Hora, Professora do Magistério Superior**, em 29/08/2024, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 29/08/2024, às 19:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luis Rodrigo Fernandes Baumann, Professor do Magistério Superior**, em 01/10/2024, às 17:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mercedes Maria da Cunha Bustamante, Usuário Externo**, em 02/10/2024, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Noely Vicente Ribeiro, Professora do Magistério Superior**, em 28/02/2025, às 18:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4749821** e o código CRC **6EE535D8**.

“Mas pensar não é apenas a ameaça de enfrentar a alma no espelho: é sair para as varandas de si mesmo e olhar em torno, e quem sabe finalmente respirar”.
(Lya Luft)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas portas disponibilizadas e por ter me dado condições de abri-las.

Aos meus pais, irmão e familiares por todo apoio, dedicação e cuidado.

Aos meus orientadores pelas aprendizagens proporcionadas, parceria e confiança nessa trajetória.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal até aqui.

Aos amigos, sempre pacientes e dispostos a aconselhar e ajudar.

Ao Programa e Pós-graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais (CIAMB) e a Universidade Federal de Goiás (UFG) pelo programa de ensino e estrutura.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro concedido para desenvolvimento desta pesquisa.

A todos aqueles que direta ou indiretamente acreditaram e contribuíram para a realização desta pesquisa, sou grata.

RESUMO

Queimadas e incêndios são fenômenos presentes em nossa sociedade há centenas de anos, capazes de provocar os mais diversos impactos. Em proporções descontroladas e intensas, o fogo pode ser responsável pela destruição de extensas áreas, causando consequências adversas no âmbito ambiental, econômico e social. Entender como se dá a origem e o comportamento desse evento na superfície é fundamental para que medidas mitigadoras adequadas sejam tomadas, e tragédias evitadas. Logo, a presente pesquisa buscou investigar as diferenças entre as queimadas e incêndios que ocorrem no estado de Goiás - Brasil e em Moçambique, identificando singularidades e semelhanças entre os dois, em relação a aspectos como legislação ambiental, ocorrência, frequência, e seu comportamento em relação a elementos como uso e cobertura da terra. Os procedimentos metodológicos aplicados foram baseados no uso de geotecnologias e seu vasto campo de ferramentas para o monitoramento espacial da superfície terrestre, como a plataforma do *Google Earth Engine*. Foi possível averiguar que nos anos 2010 houve aumento das produções científicas a respeito do fogo em ambientes savânicos, especialmente nos Estados Unidos da América (EUA), Austrália, Brasil e África do Sul. Estes são países que sofrem frequentemente com a ocorrência do fogo, com eventos de dimensões, severidades e impactos variados, o que corrobora para a importância da realização de estudos científicos como um dos instrumentos para manejo adequado do fogo e mitigação de impactos deletérios, seja por sua ausência seja por seu excesso. Em Moçambique e Brasil, países que contam com ambientes savânicos e onde o fogo está presente a milhares de anos, nota-se que as políticas direcionadas ao uso do fogo, queimadas e incêndios são relativamente recentes, e durante sua trajetória de desenvolvimento passaram desde uma perspectiva exclusiva do fogo, até a ideia de um manejo mais integrado. Em ambos os recortes estudados, o fogo ocorre anualmente em extensões consideráveis, principalmente no caso de Moçambique, cujo percentual de área queimada anualmente é maior que em Goiás. Nos dois casos, questões como cobertura e uso das terras estão entre os principais aspectos relacionados aos eventos de fogo, seja o tipo de vegetação, seja na adoção de práticas e políticas voltadas para o manejo. É fundamental o entendimento de que o fogo nem sempre é prejudicial, e isso vai depender de uma série de fatores que vão além de simplesmente queimar ou não queimar. O fogo é manejado por diferentes culturas a muito tempo, porém no contexto atual, com intensificação das ações antrópicas, conversão de ambientes naturais e mudanças climáticas o regime do fogo tende a mudar, assim como seus impactos. Neste sentido a pesquisa científica tem papel fundamental para uma gestão eficiente do fogo. Espera-se que esse estudo auxilie no processo de gestão e manejo do fogo, ao ser utilizado pelos gestores locais.

Palavras-chave: Fogo, Cerrado, Miombo, Análise espacial, Geotecnologias.

ABSTRACT

Burns and fires have been an event present in our society for hundreds of years, capable of causing the most diverse impacts. In uncontrolled and intense proportions, fire can be responsible for the destruction of extensive areas, causing adverse consequences at the environmental, economic and social level. Understanding how the origin of this event on the surface occurs is fundamental for appropriate mitigating measures to be taken and avoided tragedies. This research sought to investigate the differences between burning and fires that occur in the state of Goiás - Brazil and Mozambique, identifying singularities and similarities between the two, in relation to aspects such as environmental legislation, occurrence, frequency, and their behavior in relation to elements such as land use and coverage. The applied methodological procedures were based on the use of geotechnologies and their vast field of tool monitoring of the earth's surface, such as the Google Earth Engine platform. It was possible to find out that in years 2010 there was an increase in scientific productions about fire in savanic environments, especially in the United States of America (US), Australia, Brazil and South Africa. These are countries that often suffer from the occurrence of fire, with events of dimensions, severities and varying impacts, which corroborates the importance of conducting scientific studies as one of the instruments for proper fire management and mitigating deleterious impacts, either due excess or absence. In Mozambique and Brazil, countries that have healthy environments and where fire is present for thousands of years, it is noted that policies directed to the use of fire, burning and fires are relatively recent, and during their development trajectory it went from a more exclusive fire perspective to the idea of more integrated management. In both clippings studied, the fire occurs annually in considerable extensions, especially in the case of Mozambique, whose percentage of burnt area annually is higher than in Goiás. In these cases, issues such land cover and use are among the main aspects related to fire events, whether the type of vegetation or the adoption of practices and policies aimed at management. It is essential to understand that fire is not always harmful, and this will depend on several factors that go beyond simply burn or not burn. Fire is managed by different cultures for a long time, but in the current context, with intensification of anthropic actions, conversion of natural environments and climate change the fire regime tries to change, as well as its impacts. In this sense scientific research plays a key role for efficient fire management. This study is expected to assist in the process of fire management and management, when used by local managers.

Keywords: Fire, Cerrado, Miombo, Spatial Analysis, Geotechnologies.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Produção Anual de artigos relacionados à temática em estudo.	22
Figura 2. Fontes/periódicos científicos mais relevantes.	22
Figura 3. País correspondente aos autores.	24
Figura 4. Países mais citados nas produções científicas relacionadas à temática de fogo em savanas, entre 2011 e 2021.	24
Figura 5. Afiliações mais relevantes.	25
Figura 6. Palavras mais frequentes no título.	27
Figura 7. Termos mais presentes nas palavras-chave.	27
Figura 8. Palavras mais frequentes nos resumos.	28

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Localização de Moçambique.	36
Figura 2- Localização do Brasil.	37
Figura 3 - Linha do tempo do estabelecimento da legislação relacionada à temática do fogo em Moçambique.	41
Figura 4 - Evolução do número de focos de calor em Moçambique entre 2003 e 2020.	44
Figura 5 - Linha do tempo do estabelecimento da legislação relacionada à temática do fogo no Brasil.	49
Figura 6 - Evolução do número de focos de calor no Brasil entre 2003 e 2020.	50

CAPÍTULO 3

Figura 1. Localização do Estado de Goiás e de Moçambique.	60
Figura 2. Frequência de queima e número de focos de calor por ano no estado de Goiás e em Moçambique. Fonte dos dados: European Space Agency (ESA) Climate Change Initiative (CCI) Programme, Fire ECV; INPE; Copernicus.	64
Figura 3. Recorrência de áreas queimadas e concentração de focos de calor de 2010 a 2019, e uso e cobertura da terra de 2019 em Goiás.	66
Figura 4. Recorrência (número de vezes que queimou) de áreas queimadas em Goiás e Moçambique entre 2010 e 2019.	67
Figura 5. Recorrência de áreas queimadas e concentração de focos de calor de 2010 a 2019, e uso e cobertura da terra de 2019 em Moçambique.	68

CAPÍTULO 4

Figura 1. Localização das áreas de estudo.	78
Figura 2. Resumo da metodologia adotada neste estudo.	83
Figura 3. Estado de Goiás – Brasil: A) precipitação acumulada entre 2019 e 2023; B) recorrência do fogo entre 2019 e 2023; C) concentração populacional em 2020; D) cobertura da terra em 2022.	84
Figura 4. Moçambique: A) precipitação acumulada entre 2019 e 2023; B) recorrência do fogo entre 2019 e 2023; C) concentração populacional em 2020; D) cobertura da terra em 2022.	85
Figura 5. Combustível acumulado no estado de Goiás entre julho e agosto de 2023: A) Vegetação Verde (GV); B) Vegetação Seca (NDV).	86
Figura 6. Combustível acumulado em Moçambique entre julho e outubro de 2023: A) Vegetação Verde (GV); B) Vegetação Seca (NDV).	86
Figura 7. Relação entre precipitação acumulada entre 2019 e 2023, cobertura da terra em	

2022 e recorrência do fogo entre 2019 e 2023 em Goiás-BR.	87
Figura 8. Relação entre precipitação acumulada entre 2019 e 2023, cobertura da terra em 2020 e recorrência do fogo entre 2019 e 2023 em Moçambique..	88
Figura 9. Evolução da precipitação e área queimada mensalmente entre 2019 e 2023 em Goiás-BR.	89
Figura 10. Evolução da precipitação e área queimada mensalmente entre 2019 e 2023 em Moçambique	89
Figura 11. Relação entre as variáveis precipitação acumulada entre 2019 e 2023, concentração de população em 2020, Vegetação Seca em 2023 e Vegetação Verde em 2023 com a recorrência do fogo entre 2019 e 2023	91

LISTA DE TABELAS E QUADROS

CAPÍTULO 1

Quadro 1. Parâmetros utilizados para pesquisa e resultados obtidos.	21
Quadro 2. Autores de maior impacto e produção científica. NP: número de publicações; TC: times cited (vezes que foi citado).	23
Quadro 3. Documentos globalmente mais citados.	25

CAPÍTULO 2

Quadro 1 - Documentos levantados referentes à legislação ambiental em Moçambique.	38
Quadro 2 - Documentos levantados referentes à legislação ambiental no Brasil.....	39

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Descrição dos dados levantados. Org.: autores, 2021	60
Tabela 2. Percentual de área total queimada entre 2010 e 2019 de cada classe de uso e cobertura de Goiás e Moçambique. Elaboração: autores, 2021.	69

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Goiás- BR: Resultados dos testes de correção de Pearson e do modelo de regressão linear múltipla para as variáveis precipitação acumulada entre 2019 e 2023, concentração de população em 2020, NDV e GV, em relação à recorrência do fogo entre 2019 e 2023..	92
Tabela 4 2. Moçambique: Resultados dos testes de correção de Pearson e do modelo de regressão linear múltipla para as variáveis precipitação acumulada entre 2019 e 2023, concentração de população em 2020, NDV e GV, em relação à recorrência do fogo entre 2019 e 2023..	92

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	7
RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS E QUADROS	12
INTRODUÇÃO GERAL	14
CAPÍTULO 1: Fogo em savanas: estudo das produções científicas (artigos) publicadas entre 2011 e 2021	20
CAPÍTULO 2: LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E FOGO: UMA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO EM MOÇAMBIQUE E NO BRASIL.....	31
CAPÍTULO 3: Regime de queima em Goiás - Brasil e em Moçambique entre 2010 e 2019: frequência, recorrência e classes de cobertura mais afetadas.....	55
CAPÍTULO 4 - Relação entre diferentes variáveis e a ocorrência do fogo em Moçambique e no estado de Goiás - Brasil.....	76
CONCLUSÃO GERAL	100
GLOSSÁRIO	101

INTRODUÇÃO GERAL

O fogo é utilizado por populações há centenas de anos para manejo de suas terras, preparo para plantios e formação de pastagens. Porém, ao atingir extensas áreas e em proporções descontroladas causa uma série de impactos, alguns adversos (perda de biodiversidade, empobrecimento dos solos, destruição de residências, etc.), outros nem tanto (ecossistemas dependentes do fogo).

Em 2019 a intensa ocorrência de fogo na Amazônia causou preocupação nos mais variados setores da sociedade, gerando alerta em nível global. No final de 2018 um grande incêndio nos EUA atingiu mais de 500 km², destruiu cerca de 7,6 mil edificações e foi responsável pelo desaparecimento de mais de 220 pessoas (G1, 2018). Não é de agora que grandes incêndios marcam a história da humanidade, seja por causas naturais ou por intermédio da ação humana. No ano de 64 d.C., por exemplo, um grande incêndio atingiu a cidade de Roma, (URIEL, 1990); em 1975, 98% (1300 km²) da área do Parque Nacional das Emas - Goiás-Brasil foi afetada pelo fogo (FRANÇA et al., 2007).

Embora as queimadas e incêndios sejam fenômenos frequentes e amplamente estudados (ALVARADO et al., 2018; GOMES et al., 2018; RYAN e WILLIAMS, 2011; ARAÚJO, 2015), ainda são capazes de impressionar e motivar questões como: qual o melhor método para prever a ocorrência de incêndios? Como controlá-los a tempo de impedir que causem grandes destruições? Quais fatores estão envolvidos em sua origem e como prevê-lo, preveni-los e combatê-los?

Atualmente, com o avanço tecnológico, em especial na área do sensoriamento remoto e geotecnologias, foi aberto um amplo campo de possibilidades relacionadas a investigação de incêndios e queimadas. Resende (2017) e Pereira et al. (2018) destacam que o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para a identificação e monitoramento de áreas queimadas, que tem como base as mudanças no comportamento espectral da superfície após as queimadas.

De acordo com FAO (2007), em alguns ecossistemas o fogo é necessário para manutenção de suas dinâmicas, biodiversidade e produtividade, são os chamados “ecossistemas dependentes do fogo” (APPIAH, 2007), em que a remoção ou alteração do regime do fogo causaria profundas perdas de habitats e espécies. O mesmo (APPIAH, 2007) pontua que mais de 40% das ecorregiões prioritárias do mundo correspondem a esse tipo de ecossistema, presente em continentes como África e América do Sul,

conhecidos como “continentes do fogo”. Nesses ambientes estão presentes as savanas, onde, segundo Hoffmann et al. (2012), a presença de gramíneas, que formam um leito de combustível com baixa densidade aparente, contribui para uma maior inflamabilidade em relação às florestas.

As savanas de Moçambique são majoritariamente marcadas por um processo de ocupação baseado em uma agricultura de subsistência, em terras que pertencem ao Estado. Já o Cerrado vem sofrendo intenso processo de conversão, intensificado a partir dos anos 1970, com o avanço da fronteira agrícola.

Segundo Oliveira et. al. (2019), em Moçambique, embora houvesse uma ocupação irregular e fragmentada, o Miombo, que ocupava quase sua totalidade, apresentava-se mais conservado que o Cerrado brasileiro, com mais de 50% de sua cobertura correspondendo a “Remanescente de Vegetação Nativa”. No país as principais causas de incêndios estão relacionadas ao uso do fogo como instrumento para agricultura, caça e produção de carvão (INGC, 2009), além de causas naturais, como raios (FAO, 2007). Moçambique foi o 7º país com maior número de alertas de fogo em 2019 (GFW, 2019).

O Cerrado tem um longo histórico de queimadas, dos seis biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal) (MMA, 2019), é o que possuía maior área queimada em 2019, correspondendo a 123.111 km² (INPE, 2019). Seja por causas naturais (raios) - menos frequentes -, ou antrópicas, os meses de agosto e setembro são períodos intensos de queimadas, que prejudicam a vegetação em seu período de floração, geram perdas da fauna local, além de causar desconfortos e comprometer a saúde da população residente.

O efeito do fogo no Cerrado é dual, abrangendo tanto consequências essenciais para manutenção de algumas fitofisionomias da vegetação quanto impactos ameaçadores. Esses efeitos dependem de fatores como tipo de vegetação, período do ano em que ocorre a queima, início ou final do período seco, quantidade de material combustível, entre outros. França et al. (2007) defendem que, embora a ocorrência e frequência de incêndios cause uma série de impactos adversos, o fogo não é exógeno ao Cerrado, para os autores “apenas aqueles que se afastam do regime de queima normal provocam perturbações e estresses nos ecossistemas” (FRANÇA et al., 2007).

Coutinho (2010, p. 93) concluiu que “a ocorrência de queimadas é condicionada ou determinada por distintos contextos ecológicos, econômicos e sociais” e “enquanto as queimadas forem tratadas como um fenômeno isolado” continuaremos a sofrer com o agravamento de seus impactos.

A presente pesquisa teve o objetivo de investigar qual a relação entre a ocorrência do fogo e o tipo de uso e ocupação da terra no estado de Goiás - Brasil e em Moçambique, bem como singularidades e semelhanças em relação à legislação voltada para temática do fogo, ocorrência e frequência dos eventos de queima. A tese está organizada em 4 artigos, visando responder a questão central desta pesquisa: Qual a relação entre os eventos de queima (queimadas e incêndios) e o uso e ocupação da terra no Miombo moçambicano e no Cerrado goiano?

O primeiro artigo, teve cunho mais introdutório e consistiu em uma análise geral das publicações de artigos cuja temática envolvesse incêndios florestais em ambientes savânicos, entre 2011 e 2021.

O segundo diz respeito a uma análise da legislação voltada para a questão do fogo em Moçambique e no Brasil. Nele é apresentado um pouco do contexto histórico evolutivo dos dispositivos legais que mencionam o fogo, assim como pontos e colocações relevantes. Parte-se do entendimento de que os aspectos legais são importantes elementos para gestão do fogo, e investigá-los pode auxiliar na compreensão de como se dá o regime do fogo em cada região.

O terceiro artigo teve o intuito de identificar algumas semelhanças e diferenças entre o regime de fogo, mais especificamente a ocorrência, frequência e recorrência, em Moçambique e no estado de Goiás – Brasil, entre 2010 e 2019. Buscou-se entender quais as semelhanças e diferenças entre a ocorrência do fogo nos dois recortes, além de evidenciar outras questões que merecem ser estudadas, como, quais possíveis causas das diferenças existentes no regime do fogo.

No quarto artigo discorreu-se a respeito dos fatores que podem estar envolvidos com a ocorrência do fogo nos dois recortes selecionados. Buscou-se um melhor entendimento de como se dá a relação entre os fatores antrópicos (uso da terra e quantitativo de população) e naturais (precipitação e combustível acumulado) e como esses elementos podem influenciar eventos de fogo em Moçambique e no estado de Goiás – Brasil.

Referências

ALVARADO, S. T.; SILVA, T. S. F.; ARCHIBALD, S. Management impacts on fire occurrence: A comparison of fire regimes of African and South American tropical savannas in different protected areas. *Journal of environmental management*, v. 218, 2018, p. 79-87.

APPIAH, M. Fire: a necessary evil. **Wildland fire management handbook**. Development Policy Information Unit, Ministry for Foreign Affairs of Finland, Helsinki, p. 238-245, 2007.

ARAÚJO, F. M. **As Áreas Queimadas no Bioma Cerrado. Proposições para o Monitoramento e Conservação**. Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, 2015. 142 f.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. R. RAÇA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

CAPEL, H. **Filosofía y ciência em La Geografía contemporânea**. Uma introducción a La Geografía. Barcelona: Barcanova, 1981.

CÁSSIA-SILVA, CIBELE ; FREITAS, CÍNTIA G. ; ALVES, DAVIM. C. C. ; BACON, CHRISTINE D. ; Collevatti, R. G. Niche conservatism drives a global discrepancy in palm species richness between seasonally dry and moist habitats. **Global Ecology And Biogeography**, v. 00, p. 1-12, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

COLLEVATTI, R. G.; VITORINO, L. C. ; VIEIRA, T. B. ; OPREA, M.; TELLES, M. P.C. . Landscape changes decrease genetic diversity in the Pallas? long-tongued bat. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 00, p. 00-00, 2020.

COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M.; FERNANDES, M. C. Mapeamento geocológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 32, n. 2, p. 14-25, 2009.

COUTINHO, A. C. Queimadas Fenômeno complexo determinado por conjunturas distintas. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, n. 4, p. 78-94, 2010.

FAO. **Fire management - global assessment 2006**. Rome: FAO, 2007.

FERNANDES, M. C.; COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M.; AVELAR, A. S. Avaliação geocológica de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 299-309, 2012.

FRANÇA, H.; NETO, M. B. R.; SETZER, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**. 2. ed. [s.l.] MMA, 2007.

G1. **Incêndio mais letal da história da Califórnia deixa mais de 40 mortos**. 2018. Disponível em < <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2018/11/13/vai-a-42-o-no-de-mortos-no-gigantesco-incendio-da-california.ghtml>>. Acessado: em out. 2019.

GFW. **Global Forest Watch Fires**. Disponível em <<https://fires.globalforestwatch.org/report/index.html#aoitype=ALL&reporttype=globalcountryreport&dates=fYear-2019!fMonth-1!fDay-1!tYear-2019!tMonth-10!tDay-11>>. Acessado em: out. 2019.

GOOGLE EARTH ENGINE. 2019. Disponível em: < <https://earthengine.google.com/>>. Acessado em: out. 2018.

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; CUNHA BUSTAMANTE, M. M. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome?. **Forest Ecology and Management**, v. 417, p. 281-290, 2018.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D. & MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017.

HANTSON, S. et al. The status and challenge of global fire modelling. **Biogeosciences**, v. 13, n. 11, p. 3359-3375, 2016.

INGC. Main report: **INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique**. [Asante, K., Brito, R., Brundrit, G., Epstein, P., Fernandes, A., Marques, M.R., Mavume, A., Metzger, M., Patt, A., Queface, A., Sanchez del Valle, R., Tadross, M., Brito, R. (eds.)]. INGC: Mozambique, 2009.

HOFFMANN, W. et al. Fuels or microclimate? Understanding the drivers of fire feedbacks at savanna–forest boundaries. **Austral Ecology**, v. 37, 2012, p. 634 – 643.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km>>. Acesso em: set., 2019.

MMA – Ministério do Meio Ambiente – Brasil. **Biomass**. Disponível em: < <https://www.mma.gov.br/biomass.html>>. Acessado em out. 2019.

NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. **Geografia Física, Geossistemas e Estudos integrados da paisagem**. Revista da Casa da Geografia de Sobral, V. 6/7, n1, 2004-2005. P. 167-179.

OLIVEIRA, W. N.; MIZIARA, F.; FERREIRA, N. C. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo de Moçambique Utilizando a Plataforma Google Earth Engine. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 336-345, 2019.

PEREIRA, I. M. S. Identification of Burned Areas by Special Index in a Cerrado Region of the State of Tocantins, Brazil. **Floresta**, v. 48, n. 4, p. 553-562, 2018.

RESENDE, F. C. **Análise da Distribuição Espacial das Áreas Queimadas na Porção Nordeste do Bioma Cerrado**. [s.l.] Universidade Federal de São João Del-Rei, 2017.

RODRIGUES, J. M. M.; SILVA, E. V.; FIGUEIRÓ, A. S. La geoecología de los paisajes como base teórico-metodológica para incorporar la dimensión tecnológica a la temática ambiental. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 51, Seção especial: Técnica e Ambiente, p. 84 – 103, 2019.

RYAN, Casey M.; WILLIAMS, Mathew. How does fire intensity and frequency affect miombo woodland tree populations and biomass?. **Ecological applications**, v. 21, n. 1, p. 48-60, 2011.

SILVA, L. C. V.; FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L.; ARGENTO, M. S. F. Mapa geoecológico de potencialidade à ocorrência de incêndios no Parque Nacional do

Itatiaia/RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 3, 2009.

SILVA, L. G. Comportamento e efeito do fogo sobre os ecossistemas do bioma cerrado: modelos baseados em processos. 2018. xi, 112 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SOUSA, G. M.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. C. Cartografia geocológica da potencialidade à ocorrência de incêndios: uma proposta metodológica. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº. XX/YY, 2010.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE; Diretoria Técnica, 1977.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. In: **Annual Review of Ecological Systems**, vol. 20, pp. 171 – 197, 1989.

URIEL, P. F. El incendio de Roma del año 64: Una nueva revisión crítica. **Espacio Tiempo y Forma**, Serie II, Historia Antigua, n. 3, p. 61-84, 1990.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e Geografia**. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 223-344, 2003.

CAPÍTULO 1: Fogo em savanas: estudo das produções científicas (artigos) publicadas entre 2011 e 2021

Introdução

As queimadas e incêndios florestais são objeto de estudo científico há tempos (DAUBENMIRE, 1968; KOMAREK, 1965), e vem ganhando especial atenção no decorrer dos anos 2020, impulsionada, em parte, pelo contexto de mudanças climáticas que vivenciamos com aumento das médias de temperatura globais o que acarreta alterações nos ciclos de chuvas, secas (IPCC, 2021) e conseqüentemente no padrão de ocorrência dos incêndios florestais. Além disso, a visão a respeito do fogo sofreu mudanças, este não é mais visto apenas como algo prejudicial a ser sempre evitado, hoje assume-se que existem ambientes que são, até mesmo, dependentes do fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005), como no caso das savanas. Logo, a temática do fogo abarca as mais diferentes tipologias de estudos científicos, indo desde questões relacionadas aos seus impactos e mitigação (BREEDT; DREBER; KELLNER, 2013; LEE J.D. SQUIRES F.A., 2021), ao seu manejo como elemento essencial do ambiente e reconhecimento da sua importância (ANDELA *et al.*, 2017; HERRERA A.H. BALLERA B.L.G.B., 2019). Além disso, em virtude da sua ampla ocorrência pelo mundo, é um fenômeno que é estudado nas mais diversas escalas espaciais e temporais (HOFFMANN W.A. GEIGER E.L., 2012; MATOS; AGUIAR; MARTINS, 2020; RANDERSON J.T. CHEN Y., 2012).

Ter uma visão geral do quadro de pesquisas que vem sendo desenvolvido de maneira sistematizada é fundamental para um entendimento básico da ciência do fogo nas suas diversas vertentes. As informações obtidas podem auxiliar no direcionamento de novas pesquisas, além de proporcionar uma visão geral que possibilita a identificação de temáticas que carecem de maior atenção por serem muito ou pouco estudadas. Neste contexto, o presente estudo visa realizar uma avaliação geral de como tem se dado a publicação de artigos relacionados à temática do fogo entre 2011 e 2021, em escala global, com maior atenção à temática do fogo em ambientes savânicos.

Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados consistiram em uma análise geral das publicações de artigos cuja temática envolvesse incêndios florestais em ambientes savânicos entre 2011 e 2021. Tal recorte temporal foi escolhido para obtenção de um

panorama mais atual dos artigos produzidos, o que vem sendo estudado nos últimos 10 anos e quais as tendências e potencialidades da ciência do fogo. O banco de dados escolhido para as análises propostas foi o *Scopus*, em virtude da sua abrangência acadêmica e banco de dados extenso.

Para a pesquisa geral das publicações fez-se uso das palavras chave: (*wildfire OR Wildfire OR fires OR burning*) AND (*savannah OR savanna*). Também se filtrou apenas artigos em estágio final de publicação, o que resultou em 1.956 documentos (Tabela 1).

Quadro 1. Parâmetros utilizados para pesquisa e resultados obtidos.

Campos	Palavras chave	Recorte temporal	Filtros	Resultado
TITLE-ABS-KEY	(wildfire OR wildfire OR fires OR burning) AND (savannah OR savanna)	2011 - 2021	Document type: Article Publication stage: Final	1.956

Em posse dos artigos, foi realizada uma avaliação preliminar na plataforma do Scopus e posteriormente uma análise cienciométrica por meio do Bibliometrix, que é um pacote para a linguagem de programação estatística R aplicado a estudos em cienciométria e bibliometria. Informações básicas como: autores, ano de publicação, título e local de publicação dos 1.956 documentos levantados na plataforma Scopus foram exportadas no formato .csv. O arquivo tabular gerado foi utilizado para as análises no Bibliometrix, gerando uma série de dados cienciométricos a respeito da temática de estudo, os quais foram organizados em tabelas, gráficos e mapas para posterior avaliação.

Resultados

Foram analisados 1.956 documentos, de 494 fontes diferentes e que envolveram um total de 5.944 autores. Apenas 81 documentos foram publicados por apenas um autor, e 43.25% tiveram coautoria internacional. Ao se avaliar a produção de artigos relacionados à temática de incêndios florestais em savanas nota-se que entre 2011 e 2021 houve aumento da produção anual de artigos, com leve decréscimo entre 2016 e 2017, seguido de retorno do aumento de produções nos anos seguintes. Entre 2019 e 2021 notou-se um aumento significativo das produções em comparação ao observado nos anos anteriores (Figura 1).

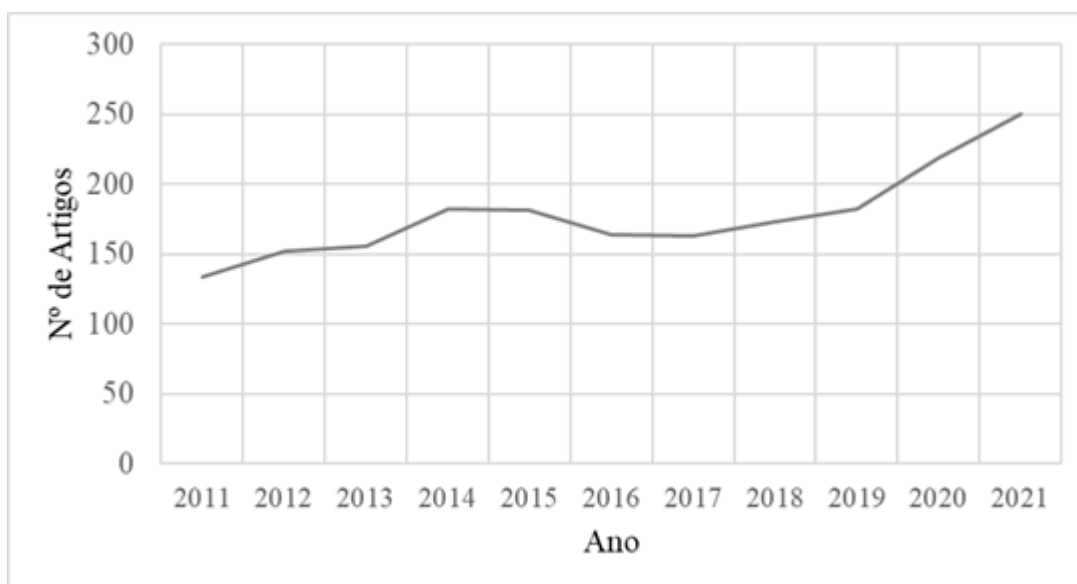


Figura 1. Produção Anual de artigos relacionados à temática em estudo.

A maior parte dos artigos levantados foram publicados no periódico científico *Forest Ecology and Management*, seguido pelo *Austral Ecology* (Figura 2). Dentre os 10 periódicos constatados como mais relevantes na área, a maioria envolve a área de ecologia.

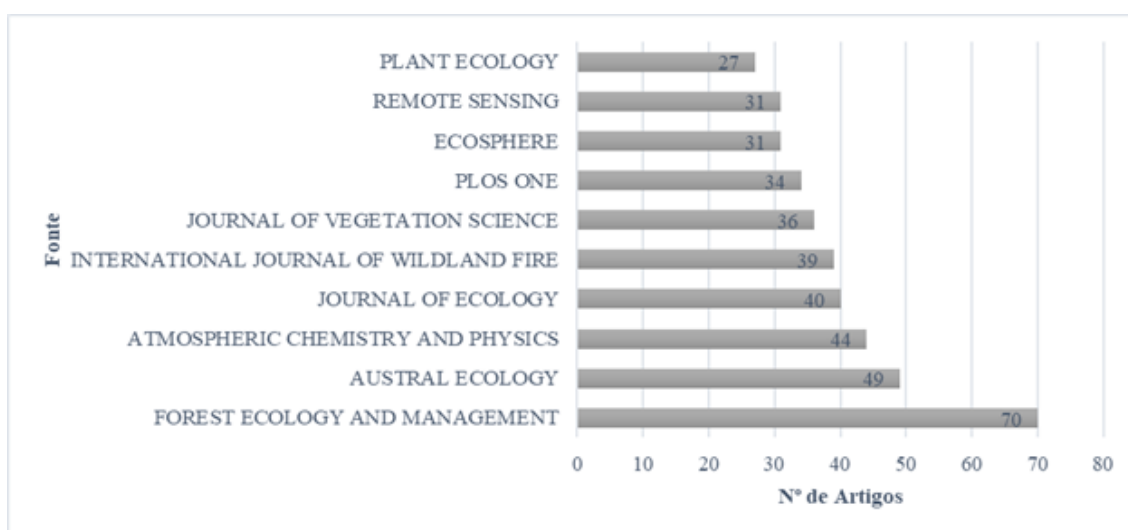


Figura 2. Fontes/periódicos científicos mais relevantes.

O autor com maior número de publicações nos últimos 10 anos foi RUSSELL-SMITH J, seguido por MURPHY BP (Tabela 2). Já em relação ao número de citações, ARCHIBALD S possui o maior, mais de 2.600, embora conte com menos publicações que os demais.

Quadro 2. Autores de maior impacto e produção científica. NP: número de publicações; TC: times cited (vezes que foi citado).

Autor	h_index	g_index	m_index	TC	NP
BOND WJ	23	29	1,917	2517	29
RUSSELL-SMITH J	22	40	1,833	1620	43
MURPHY BP	19	38	1,583	1540	38
HOFFMANN WA	18	33	1,5	2511	33
STAVER AC	18	28	1,5	2288	28
BOWMAN DMJS	17	33	1,417	1505	33
GOVENDER N	17	24	1,417	788	24
DURIGAN G	16	27	1,455	1644	27
FIDELIS A	16	25	1,6	675	27
ARCHIBALD S	15	24	1,25	2668	24

Para análise do fator de impacto e produção dos autores, além do número de produções e citações, foram utilizados três índices de impacto de produção: h, g e m. O *h index* (índice H) pode ser definido como: “o número de artigos publicados pelo pesquisador, os quais obtenham citações maiores ou iguais a esse número” (THOMAZ; ASSAD; MOREIRA, 2011, p. 91). O *h index* será maior quando for maior o número de artigos de grande interesse publicados pelo pesquisador, busca certo equilíbrio entre número de publicações e citações (THOMAZ; ASSAD; MOREIRA, 2011). Já o *g index* (índice g) é uma proposta de aperfeiçoamento do *h index*, e busca medir o desempenho de citação de um conjunto de artigos (EGGUE, 2006). O *m index* (índice m) leva em conta o período desde a primeira publicação, e é mais relevante para pesquisadores em início de carreira.

BOND WJ e RUSSELL-SMITH J foram respectivamente os autores com maior h index e m index, sendo que o segundo obteve o maior g index, seguido por MURPHY BP. Nota-se que o impacto dos autores varia de acordo com o índice utilizado, mas de maneira geral dentre os autores com maior fator de impacto na temática estão: RUSSELL-SMITH J, BOND WJ, MURPHY BP e ARCHIBALD S.

EUA, Brasil, Austrália e África do Sul se destacam como países de filiação da

maior parte dos autores. Predominam publicações nacionalmente individuais, embora mesmo assim seja significativa a contribuição entre os países, principalmente dentre os europeus (Figura 3).

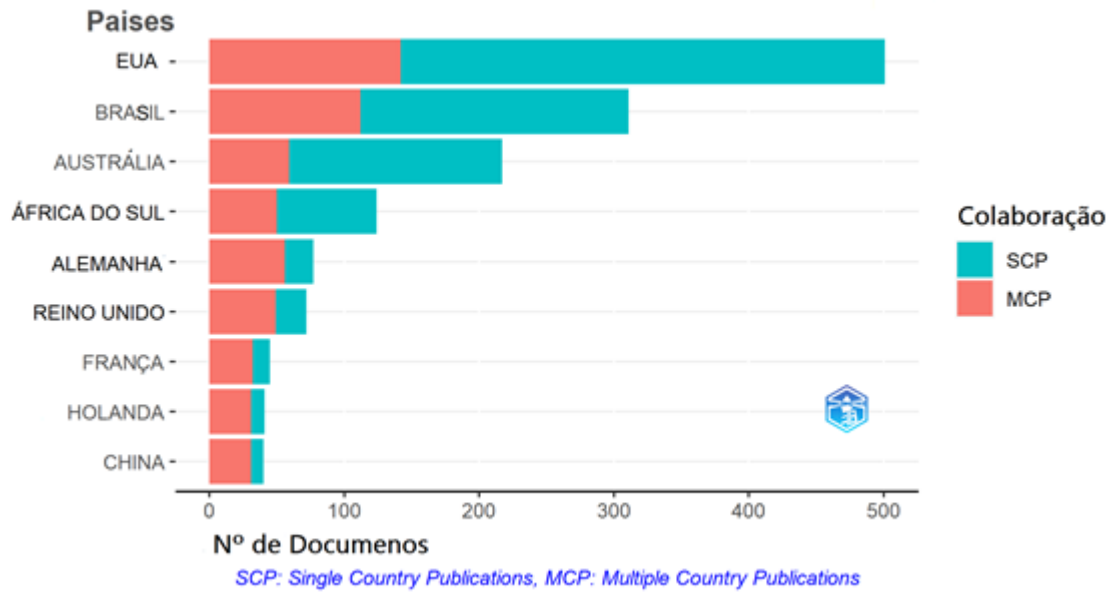


Figura 3. País correspondente aos autores.

Dentre os países com maior produção científica a respeito da temática e os mais citados também estão EUA, Brasil, Austrália e África do Sul (Figura 4). EUA lidera tanto em número de produções como de citações, com 13.852. A Austrália ficou em segundo em número de citações, 6.084, e em terceiro em produções. O Brasil foi o segundo país com maior número de produções e terceiro em citações, 5.251.

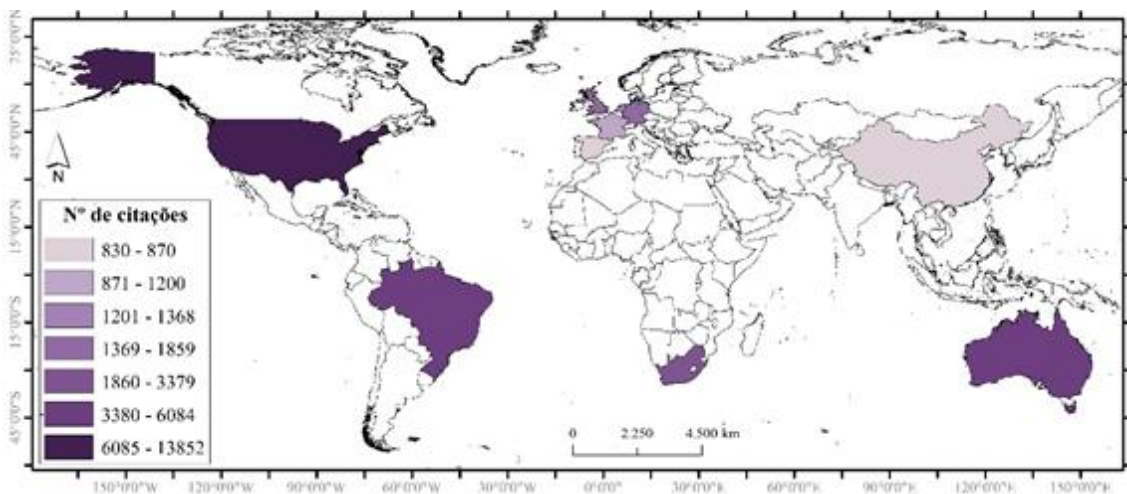


Figura 4. Países mais citados nas produções científicas relacionadas à temática de fogo em savanas, entre 2011 e 2021.

Dentre os mais de 1.950 artigos levantados, 236 tem como afiliação a *Charles Darwin University*, 152 a Universidade de Brasília e 119 a *Wageningen University* (Figura 5). Nota-se o protagonismo brasileiro na produção de artigos, figurando dentre as instituições com maior número de publicações relacionadas à temática do fogo em savanas.

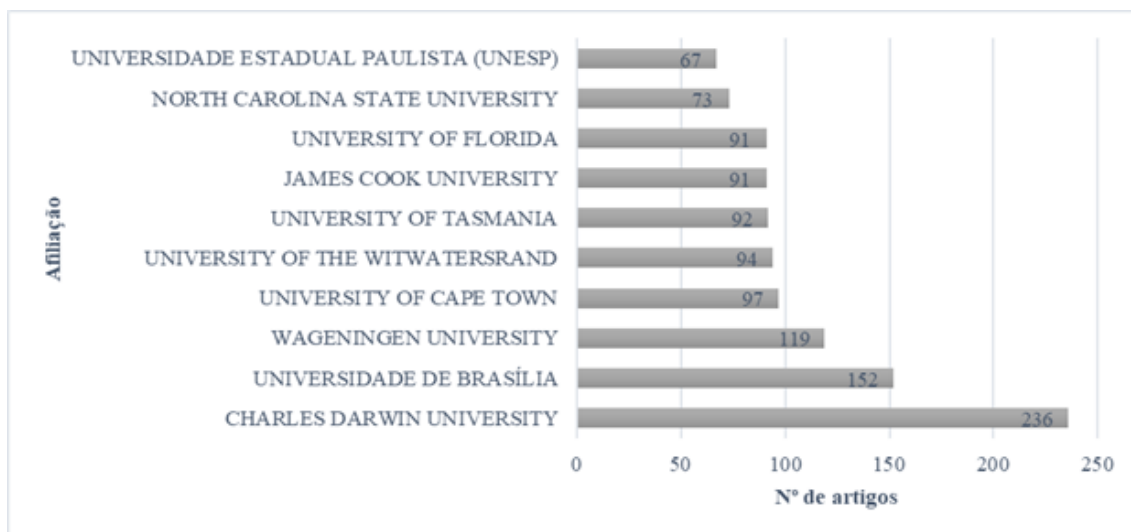


Figura 5. Afiliações mais relevantes.

Os 10 artigos mais citados tratam, principalmente, de temáticas, tais como: influência do fogo na formação e distribuição das savanas; fogo e ação antrópica; fatores que influenciam a distribuição das savanas; e emissões de gases em virtude das queimadas. O papel do fogo na diferenciação entre a cobertura florestal e savânica é foco do artigo mais citado, assim como o segundo, que trata de como o fogo molda a distribuição das savanas e florestas por meio de interações complexas com outros fatores. Já o terceiro artigo mais citado estuda as emissões provocadas pelos pequenos incêndios. Todos os três foram publicados entre 2011 e 2012, e em periódicos de significativo impacto científico, como “Science” (Tabela 3).

Quadro 3. Documentos globalmente mais citados.

Paper	DOI	Total de citações
STAVER AC, 2011, SCIENCE	10.1126/science.1210465	799

HOFFMANN WA, 2012, ECOL LETT	10.1111/j.1461-0248.2012.01789.x	517
RANDERSON JT, 2012, J GEOPHYS RES BIOGEOSCI	10.1029/2012JG002128	496
ANDELA N, 2017, SCIENCE	10.1126/science.aal4108	442
LEHMANN CER, 2014, SCIENCE	10.1126/science.1247355	385
KLIMONT Z, 2017, ATMOS CHEM PHYS	10.5194/acp-17-8681-2017	334
STAVER AC, 2011, ECOLOGY	10.1890/10-1684.1	330
STEVENS N, 2017, GLOBAL CHANGE BIOL	10.1111/gcb.13409	308
LEHMANN CER, 2011, NEW PHYTOL	10.1111/j.1469-8137.2011.03689.x	303
KRAWCHUK MA, 2011, ECOLOGY	10.1890/09-1843.1	283

Dentre os trabalhos mais citados, também foi considerável o número dos que utilizam séries temporais para análise dos dados, com períodos que variavam de 1 ano a mais de 20 anos. Cerca da metade dos 10 artigos mais citados contavam com escalas globais de estudo, três destes níveis mundiais do bioma savânico e apenas 1 nível local. Logo, infere-se que há uma preferência dos leitores por pesquisas espacialmente mais abrangentes, que tratam da questão do papel do fogo na formação dos ambientes savânicos e estudos com dados provenientes de séries temporais.

Em relação a análise dos termos mais utilizados nos textos, foi possível observar que as palavras mais frequentes nos títulos forma: *fire*, *savanna*, *savannas*, *vegetation*, *tropical* e *forest* (Figura 6). Já nas palavras-chave dos artigos houve predominância dos termos “*fire*” e “*savanna*”, além de outros como: *cerrado*, *climate change*, *disturbance* e *remote sensing* (figura 7). No resumo houve uma diferenciação na ordem de palavras mais utilizadas, representadas por: *fire*, *species*, *savanna*, *vegetation* e *forest* (figura 8).

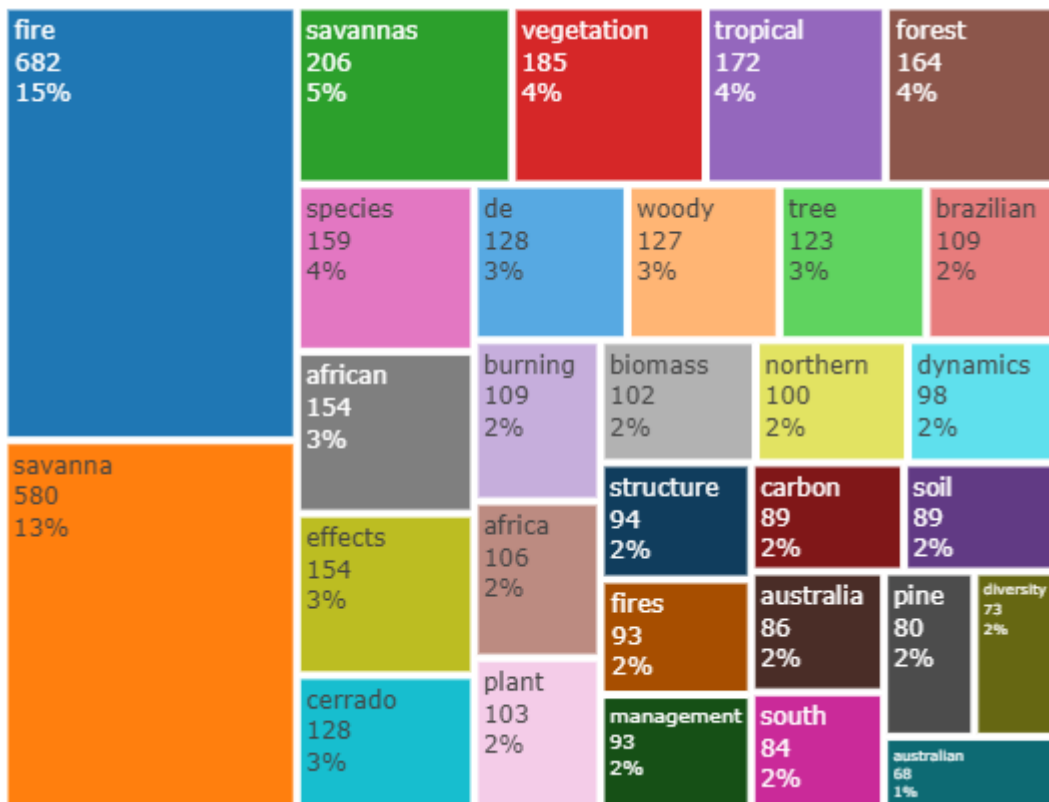


Figura 6. Palavras mais frequentes no título.

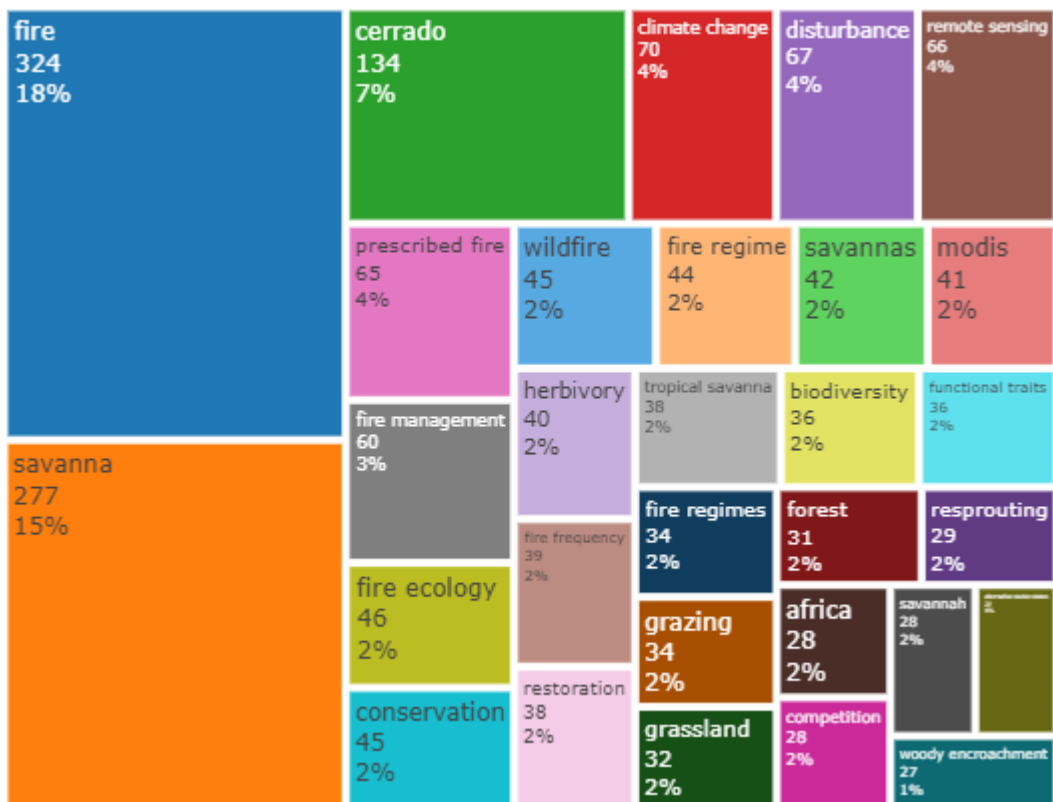


Figura 7. Termos mais presentes nas palavras-chave.

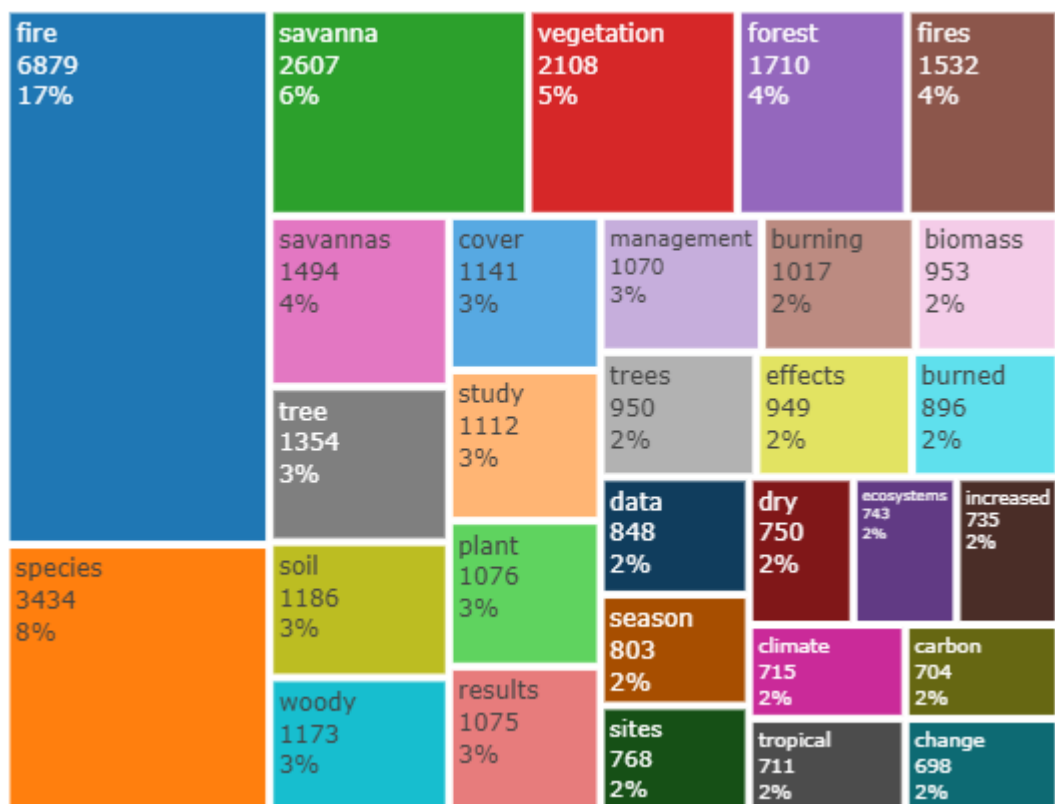


Figura 8. Palavras mais frequentes nos resumos.

Com a avaliação destas palavras mais frequentes podemos perceber algumas temáticas que predominam nos estudos, tais como as relacionadas a vegetação, espécies vegetais, mudanças climáticas e sensoriamento remoto, o que guarda certa semelhança com as temáticas dos artigos mais citados. Logo, as publicações mais citadas são, de certa forma, um reflexo do que vem sendo produzido a respeito do fogo em ambientes savânicos, o que tem sido mais de interesse dos pesquisadores.

Considerações Finais

As produções científicas a respeito do fogo em ambientes savânicos sofreram aumento nos últimos 10 anos, com protagonismo de países como EUA, Austrália, Brasil e África do Sul. Tem-se sobressaído pesquisas na área de ecologia, com foco especialmente em relação ao papel do fogo na ocorrência das savanas. Muitos destes artigos tiveram abrangência de estudo mundial ou ao nível de bioma e envolveram análise de séries temporais de dados. Logo constata-se o significativo interesse que a temática do fogo em savanas tem no meio científico e a relevância de estudos a respeito.

Referências

- ANDELA, N; MORTON, D C; GIGLIO, L; CHEN, Y; VAN DER WERF, G R; KASIBHATLA, P S; DEFRIES, R S; COLLATZ, G J; HANTSON, S; KLOSTER, S; BACHELET, D; FORREST, M; LASSLOP, G; LI, F; MANGEON, S; MELTON, J R; YUE, C; RANDERSON, J T. A human-driven decline in global burned area. **Science**, v. 356, n. 6345, p. 1356–1362, 2017. DOI 10.1126/science.aal4108. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021641049&doi=10.1126%2Fscience.aal4108&partnerID=40&md5=ba2086ac73f6b933f1f6e20532ecc2f9>.
- BREEDT, J A D; DREBER, N; KELLNER, K. Post-wildfire regeneration of rangeland productivity and functionality - observations across three semi-arid vegetation types in South Africa. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 30, n. 3, p. 161–167, 2013. DOI 10.2989/10220119.2013.816367. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84888128303&doi=10.2989%2F10220119.2013.816367&partnerID=40&md5=5e65b8b07368f77cec158fe12d728a52>.
- DAUBENMIRE, Rexford. Ecology of fire in grasslands. **Advances in ecological research**, v. 5, p. 209–266, 1968. .
- EGGUE, Leo. Theory and practise of the g-index. **Scientometrics**, v. 69, n. 1, p. 131–152, 2006. .
- HARDESTY, Jeff; MYERS, Ron; FULKS, Wendy. Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **Fire Management**, v. 22, n. 4, p. 78–87, 2005. .
- HERRERA A.H. BALLERA B.L.G.B., Manríquez M T Ramírez H H. The management of the burning of flooded savanna grasslands: A look from the native Sáliva people in Colombia [Manejo de la quema de pastizales de sabana inundable: Una mirada del pueblo originario Sáliva en Colombia]. v. 51, n. 1, 2019. .
- HOFFMANN W.A. GEIGER E.L., Gotsch S G Rossatto D R Silva L C R Lau O L Haridasan M Franco A C. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: How plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. v. 15, n. 7, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01789.x>.
- IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen,. **Cambridge University Press**, n. In Press, p. 3949, 2021. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf.
- KOMAREK, E V. Fire ecology: grasslands and man. **Proceedings: 4th Tall Timbers Fire Ecology Conference 1965**, , p. 169–220, 1965. .
- LEE J.D. SQUIRES F.A., Sherwen T Wilde S E Cliff S J Carpenter L J Hopkins J R Bauguitte S J Reed C Barker P Allen G Bannan T J Matthews E Mehra A Percival C Heard D E Whalley L K Ronnie G V Seldon S Ingham T Keller C A Knowland K E Nisbet E G Andrews S. Ozone production and precursor emission from wildfires in Africa. v. 1, n. 7, 2021. <https://doi.org/10.1039/d1ea00041a>.
- MATOS, Renata Mariana Póvoa; AGUIAR, Lívía Lima Leite; MARTINS, Patrick

Thomaz de Aquino. Ocorrência de fogo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil: histórico recente no contexto da sua ampliação. **GeoTextos**, v. 16, n. 2, p. 151–171, 2020. <https://doi.org/10.9771/geo.v16i2.38041>.

RANDERSON J.T. CHEN Y., Van Der Werf G R Rogers B M Morton D C. Global burned area and biomass burning emissions from small fires. v. 117, n. 4, 2012. <https://doi.org/10.1029/2012JG002128>.

THOMAZ, Petronio Generoso; ASSAD, Renato Samy; MOREIRA, Luiz Felipe P. Uso do Fator de impacto e do índice H para avaliar pesquisadores e publicações. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 96, n. 2, p. 90–93, 2011. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2011000200001>.

CAPÍTULO 2: LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E FOGO: UMA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO EM MOÇAMBIQUE E NO BRASIL

ENVIRONMENTAL LEGISLATION AND FIRE: AN ASSESSMENT OF THE SITUATION IN MOZAMBIQUE AND BRAZIL

LEGISLACIÓN AMBIENTAL Y FUEGO: UNA EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN EN MOZAMBIQUE Y BRASIL

RESUMO

A temática do fogo é complexa, cada contexto espacial apresenta uma realidade diferente, e a participação dos agentes envolvidos (comunidade, gestores, entidades públicas, ...) é de fundamental importância para seu manejo. A presente comunicação objetiva avaliar a legislação voltada para a questão do fogo e agentes envolvidos em sua execução no Brasil e em Moçambique. Ambos os países têm seus limites abrangidos pelas savanas e sofrem anualmente com queimadas e incêndios. Os procedimentos metodológicos adotados consistiram em levantamento e seleção de dispositivos legais voltados direta e indiretamente para a questão do fogo nos dois países, dos quais foram extraídas as informações pertinentes à pesquisa. Também foram consultados sites de órgãos oficiais voltados para temática do fogo. Tanto em Moçambique como no Brasil as políticas direcionadas ao uso do fogo, queimadas e incêndios são relativamente recentes, e durante sua trajetória de desenvolvimento passaram por uma perspectiva mais exclusiva do fogo, até a ideia de um manejo mais integrado. Avanços têm sido observados, porém ainda há um longo caminho para que os eventos de queima descontrolada sejam mais amplamente mitigados.

Palavras-chave: Dispositivos Legais. Savana. Incêndios. Manejo Integrado do Fogo. Políticas.

ABSTRACT

The theme of fire is complex, each spatial context presents a different reality, and the participation of the agents involved (community, managers, public entities, ...) is of fundamental importance for its management. This paper aims to evaluate the legislation focused on the issue of fire and agents involved in its execution in Brazil and Mozambique. Both countries have their boundaries covered by the savannahs and suffer annually from burnings and fires. The methodological procedures adopted consisted of a survey and selection of legal provisions directly and indirectly aimed at the issue of fire in the two countries, from which the information pertinent to the research was extracted. The websites of official agencies focused on the theme of fire were also consulted. Both in Mozambique and in Brazil, policies aimed at the use of fire, burnings and fires are relatively recent, and during their development trajectory they have gone from a more exclusive perspective of fire, to the idea of a more integrated management. Advances have been observed, but there is still a long way to go for uncontrolled burning events to be more widely mitigated.

Keywords: Legal Provisions. Savanna. Fires. Integrated Fire Management. Policies.

RESUMEN

La temática del fuego es compleja, cada contexto espacial presenta una realidad diferente,

y la participación de los agentes implicados (comunidad, gestores, entidades públicas,...) es de fundamental importancia para su gestión. Este artículo tiene como objetivo evaluar la legislación centrada en la cuestión del incendio y los agentes involucrados en su ejecución en Brasil y Mozambique. Ambos países tienen sus fronteras cubiertas por las sabanas y sufren anualmente quemadas e incendios. Los procedimientos metodológicos adoptados consistieron en un relevamiento y selección de disposiciones legales dirigidas directa e indirectamente a la problemática del fuego en los dos países, de las cuales se extrajo la información pertinente para la investigación. También se consultaron los sitios web de los organismos oficiales enfocados en el tema del fuego. Tanto en Mozambique como en Brasil, las políticas dirigidas al uso del fuego, las quemadas y los incendios son relativamente recientes, y durante su trayectoria de desarrollo se ha pasado de una perspectiva más exclusiva del fuego, a la idea de una gestión más integrada. Se han observado avances, pero aún queda un largo camino por recorrer para que los eventos de quemada incontrolada se mitiguen de manera más amplia.

Palabras clave: Disposiciones legales. Sabana. Fuegos. Manejo Integrado del Fuego. Políticas.

INTRODUÇÃO

O fogo é resultado de uma complexa interação entre clima, vegetação e local de ocorrência, o que varia no tempo e no espaço, e ainda se soma a isso o fator antrópico, que pode interferir no regime do fogo (HANTSON et al., 2016). Os impactos dos eventos de queima também dependerão de uma série de condições, tais como tipo de comportamento do fogo e período de ocorrência (CHUVIECO et al., 2019). Logo, diferentes contextos sociais, econômicos e ecológicos influenciam a ocorrência de queimadas (COUTINHO, 2010). Segundo Bowman et al., (2011) compreender as diferentes tradições culturais e políticas que influenciam o manejo do fogo é essencial para uma avaliação dos custos e benefícios dos diversos regimes de fogo em determinadas paisagens e biomas.

Neste sentido, as políticas governamentais atuam como agentes indiretos de inúmeras fontes de alteração do fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005). O sucesso no gerenciamento eficaz de incêndios e queimadas, tanto benéficos como prejudiciais pode estar intrinsecamente relacionado ao desenvolvimento de políticas e legislações adequadas, associadas a iniciativas de educação e treinamento dos agentes envolvidos no manejo do fogo (FAO, 2011).

Para Bowman et al. (2011) é necessário um melhor entendimento da diversidade de usos humanos do fogo, especialmente dos seus impactos positivos e negativos em diferentes escalas, o que demanda abordagens em uma perspectiva

integrada e multidisciplinar a respeito do fogo na paisagem, seus efeitos na ecologia e relação com as sociedades envolvidas, em escalas locais e globais.

O presente estudo busca, justamente, investigar um dos elementos que compõem a gestão do fogo em Moçambique no Brasil, a legislação voltada para a questão do fogo e agentes envolvidos em sua execução. Partimos do entendimento defendido por (CARREIRAS et al., 2014) de que a legislação e políticas têm o papel de prever e desenvolver estratégias para reduzir o risco de incêndios florestais, devendo apresentar certa flexibilidade para abarcar a variabilidade e tendências ambientais. Entender como se dá a política de manejo do fogo e seu respaldo legislativo é fundamental para compreensão desse fenômeno em dada nação.

ALGUNS EXEMPLOS DE EXPERIÊNCIAS DE GESTÃO DO FOGO PELO MUNDO

Políticas de supressão total do fogo nem sempre são a melhor alternativa, uma vez que podem gerar conflitos entre autoridades estatais e comunidades locais (MOURA et al., 2019). De acordo com Schmidt e Eloy (2020), no Cerrado brasileiro políticas de fogo zero em alguns casos criminalizam práticas tradicionais, causando muitas vezes seu abandono e perda de conhecimentos historicamente construídos a respeito de práticas de manejo das queimadas.

Em Mali e Madagascar políticas de supressão total do fogo em pastagens úmidas e secas, e áreas de savanas levaram a incêndios posteriores, maiores e mais intensos. Mesmo aldeias que reduziram o fogo foram vítimas das queimadas dos vizinhos. Além disso, muitas famílias rurais viram as restrições ao uso do fogo como perda de direitos e resistiram às políticas de supressão do fogo (KULL; LARIS, 2009). Nos Estados Unidos, o arcabouço jurídico existente e os altos investimentos no combate ao fogo também não resultaram como esperado, isso porque faltou maior consideração a respeito da diversidade de regimes do fogo, tipos de florestas e condições ambientais (STEPHENS; RUTH, 2005).

Embora necessária para coordenar e direcionar o manejo do fogo, apenas a legislação não é suficiente. Ribeiro et al. (2019) destacam que para o manejo do fogo é preciso levar em conta o conhecimento local das pessoas e suas percepções a respeito do fogo. Um manejo do fogo adaptativo, apesar das dificuldades de implantação em virtude

de variações locais e problemas de logística, identifica questões importantes relacionadas à conservação da biodiversidade e contribui para um melhor foco na gestão dessas questões (VAN WILGEN; BIGGS, 2011). Carreiras et al. (2014) acrescentam que é de suma importância que o quadro jurídico inclua a visão e as aspirações das partes interessadas, visto que a eficácia de leis e regulamentos ligados a gestão do fogo está intrinsecamente ligada a integração entre as estruturas legais existentes em todos os níveis verticais e horizontais do governo.

Nas savanas, ambientes em que o fogo está estreitamente relacionado à formação de suas paisagens e cujo uso é tido por comunidades rurais como ferramenta de manejo, um arcabouço jurídico compatível com suas realidades é fundamental para o sucesso de sua aplicação. Neste aspecto, Russell-Smith et al. (2017) enfatizam que a legislação e as políticas relativas ao fogo precisam conter disposições que possibilitem o uso do fogo pelas comunidades sob requisitos e regulamentos específicos. No sul da África, por exemplo, a ausência de dispositivos legais e responsabilidades claramente definidos para a tomada de decisões, associada a uma fraca governança em nível local e comunitário, contribuiu para eventos desordenados de queima (RUSSELL-SMITH et al., 2017).

Ressalta-se que é importante que haja uma ação articulada entre os diversos agentes envolvidos com a gestão do fogo. Soma-se a isso a necessidade de programas de monitoramento, e um sistema de compartilhamento de informações e dados, assim como o European Forest Fire Information System (EFFIS) existente na Europa e o Programa de Monitoramento de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE). Na Europa, 43 países contam com o EFFIS, um dos primeiros sistemas de informação regionais, que abrange vários países, utiliza métodos de processamento de dados avançados para detecção e monitoramento de queimadas, e tem se mostrado efetivo com manejo do fogo (CULLMANN et al., 2020). No Brasil temos o sistema de monitoramento de queimadas e incêndios do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, que disponibiliza diariamente produtos como focos de calor, risco meteorológico de fogo e áreas queimadas para todo o país.

Na Austrália, acometida por significativos eventos de queima nos últimos anos, há ausência de um sistema central para coletar e armazenar informações essenciais sobre incêndios florestais, são adotadas abordagens diferentes entre governos estaduais, territoriais e agências dentro dos estados (BOWMAN et al., 2020). Na Indonésia, apesar

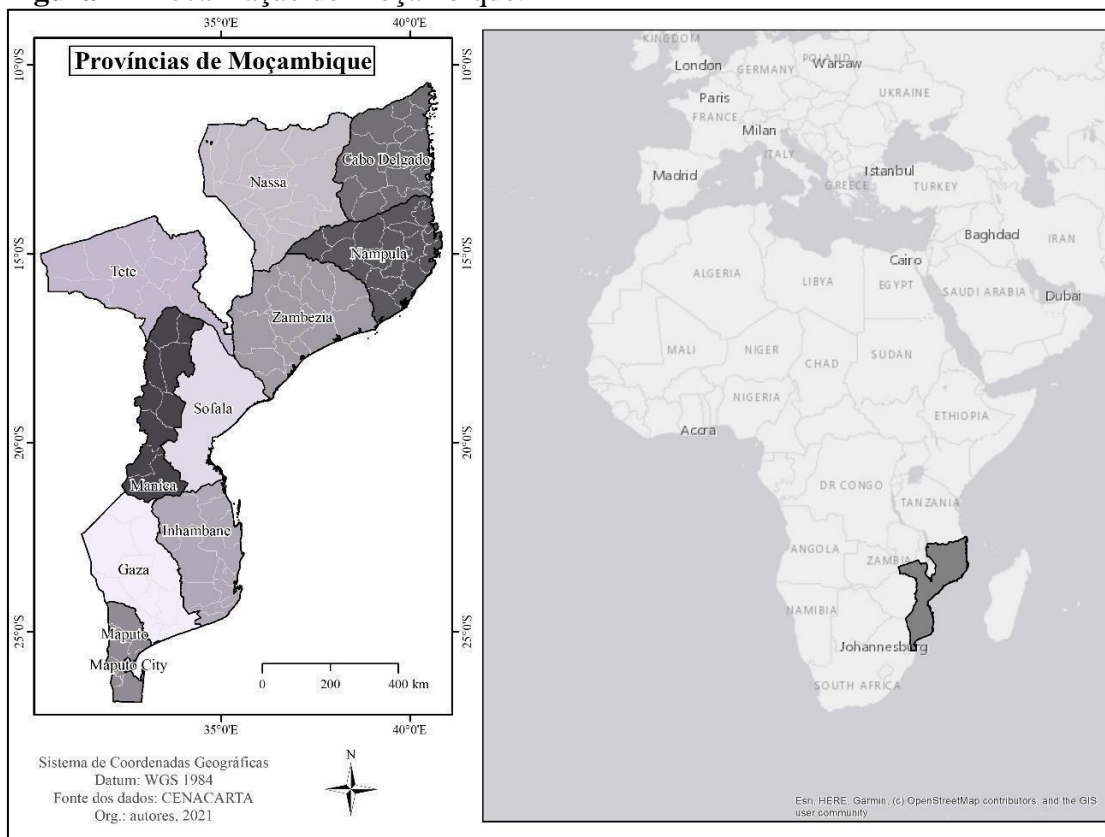
da robusta legislação para combate ao fogo, a falta de articulação entre as entidades e jurisdições envolvidas foi um dos fatores que contribuiu para sua baixa efetividade (HERAWATI; SANTOSO, 2011). Os autores ressaltam que outro fator que colaborou para o baixo sucesso das políticas de combate ao fogo no país foi o fato de não ter sido levado em consideração o conhecimento tradicional sobre o uso do fogo na agricultura, além da carência de incentivos para as comunidades locais e outros envolvidos não utilizarem o fogo. Foi enfatizado o controle do fogo e sua supressão, mas foi pouco levado em conta suas causas subjacentes.

Venezuela, Namíbia e Austrália, por outro lado, são países que já vivenciam algumas experiências de gestão integrada do fogo entre legislação, comunidade e agentes envolvidos, com desencadeamentos positivos (RUSSELL-SMITH et al., 2017). Logo, a gestão do fogo envolve vários fatores que vão além da política de fogo zero, que vem se mostrando insuficiente em algumas situações, como exemplificado acima. É fundamental que haja planejamento e prevenção integrados, em especial nas savanas, com respeito às especificidades locais de cada área, tanto naturais, como sociais e culturais. Não é algo fácil, não se trata de uma receita pronta, muitas nações continuam testando a maneira mais adequada de se gerir o fogo e provavelmente continuarão.

ÁREA DE ESTUDO

Moçambique é um país localizado na porção sudeste do continente africano, com uma área territorial de 801.590 km² (Figura 1). É caracterizado por sucessões de planícies, planaltos e montanhas, com uma altitude média de 370 m (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2007a). Sua população, composta por cercada de 28 milhões de habitantes em 2017, reside, principalmente, nas zonas rurais, com mais de 70% da população ocupada sobrevivendo de atividades ligadas à agricultura, silvicultura e pesca (INE, 2017).

Figura 1 - Localização de Moçambique.



Fonte: Autores, 2021.

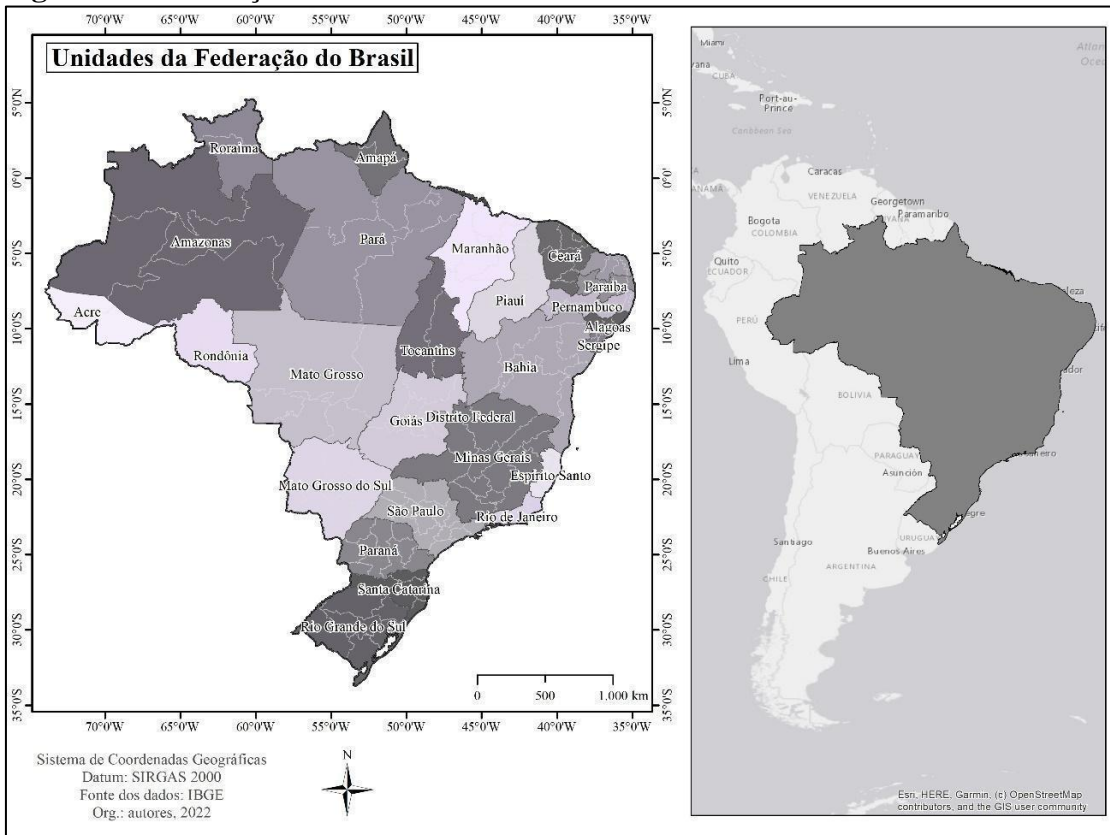
O país sofreu um histórico no século XX de mudanças governamentais, o que incluiu mudanças no quadro jurídico e institucional. Independente de Portugal em 1975, vivenciou um regime de governo socialista até início da década de 1990, quando foi estabelecido o governo democrático. Foi assolado por uma guerra civil entre 1976 e 1992, que culminou com a democracia.

Moçambique é um dos países que compõe a Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral – SADC (Southern Africa Development Community). Criada em 1992, a SADC é composta por 16 países e dentre seus objetivos está a promoção do crescimento e desenvolvimento econômico e sustentável da região (SADC, 2021).

Com aproximadamente 10 vezes a área territorial de Moçambique, cerca de 8.500.000 km², o Brasil conta com uma população estimada de 214.525.187 habitantes (IBGE, 2022), distribuída em 27 unidades da federação (Figura 2). Distintamente de Moçambique, no Brasil a maior parte da população está ocupada com atividades referentes ao setor do comércio e reparação (cerca de 20%), seguido pelo de administração pública, educação, saúde e serviços sociais (19%) (IBGE, 2021). O país é

constituído predominantemente por planaltos, planícies e depressões. O Brasil abrange grande diversidade de ecossistemas, com formações vegetais que vão deste a florestal à campestre e savânica.

Figura 2- Localização do Brasil.



Fonte: Autores, 2022.

Independente de Portugal desde 1822, e república desde 1889, o Brasil passou por dois períodos de ditadura, o primeiro de 1937 a 1945, e o segundo de 1964 a 1985. A constituição de 1988 foi um marco no retorno do regime democrático, e serviu como referência para consideráveis avanços na política ambiental brasileira. Em seu artigo 225 tratou do meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito de todos e bem de uso comum do povo, sendo dever do Poder Público e da coletiva preservá-lo.

Brasil e Moçambique não têm em comum apenas aspectos coloniais e culturais, mas também ambientais, ambos abrigam sistemas savânicos, no Brasil o Cerrado, e em Moçambique o Miombo. As savanas fazem parte dos chamados ambientes influenciadas pelo fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005). Apesar de serem ambientes em que o fogo historicamente esteve e está presente, os impactos desse fenômeno são complexos e dependem de uma série de elementos tais como tipo de

vegetação, clima e época de ocorrência das queimadas (FRANÇA; NETO; SETZER, 2007; VAN DER WERF et al., 2017). Nas savanas nem todo episódio de queima pode ser benéfico, ainda mais em um contexto de mudanças climáticas, em que há aumento da probabilidade de ocorrência de eventos de queima mais intensos (PIVELLO et al., 2021).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados consistiram em um levantamento da legislação voltada para questões ambientais vigente em Moçambique em plataformas oficiais, como o site: <https://www.portaldogoverno.gov.mz/por/Governo/Legislacao>. Inicialmente encontrou-se 25 documentos que abordavam de alguma maneira questões ambientais, mesmo que de maneira indireta, abrangendo decretos, resoluções, leis, projetos, diplomas ministeriais, planos de ação, estratégias ambientais e propostas de lei (Quadro 1).

Quadro 1 - Documentos levantados referentes à legislação ambiental em Moçambique.

<p>Decreto</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1989 – Decreto nº 41/89 – Cria o Serviço Nacional de Bombeiros • 2002 - Decreto Lei 12/2002 - Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia • 2004 – Decreto nº 18/2004 – Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes • 2004 – Decreto nº 26/2004 – Regulamento Ambiental para a Actividade Mineira • 2006 – Decreto nº 13/2006 – Regulamento sobre a Gestão de Resíduos • 2010 – Decreto nº 56/2010 – Regulamento Ambiental para as Operações Petrolíferas • 2010 – Decreto nº 67/2010 – Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes • 2011 – Decreto nº 25/2011 – Regulamento sobre o Processo de Auditoria Ambiental • 2015 – Decreto nº 54/2015 – Regulamento Sobre o Processo de Avaliação do Impacto Ambiental <p>Resolução</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1995 – Resolução nº 10/95 – Política Nacional de Terras • 1995 – Resolução nº 11/95 – Política Agrária • 1997 – Resolução nº 8/97 – Política e Estratégia de Desenvolvimento de Florestas e Fauna Bravia <p>Projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2005 – Projecto TCP/MOZ/2904 (A) Support for the implementation of forest and wildlife legislation in Mozambique DNFFB/FAO - Estratégia para a Fiscalização Participativa de Florestas e Fauna Bravia em Moçambique 	<p>Lei</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1997 – Lei nº 19/97 – Lei de Terras • 1997 – Lei nº 20/97 – Lei do Ambiente • 1999 – Lei 10/99 - Lei de Florestas e Fauna Bravia • 2004 – Lei Fundamental - constituição da República da Moçambique • 2014 - Lei n.º 16/2014: Princípios e normas básicos sobre a protecção, conservação, restauração e utilização sustentável da diversidade biológica nas áreas de conservação, e enquadramento de uma administração integrada, para o desenvolvimento sustentável do país. • 2014 - Lei n.º 15/2014: Estabelece o regime jurídico da gestão das calamidades <p>Estratégia Ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2007 - Estratégia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável de Moçambique, aprovada pela 9ª Sessão do Conselho de Ministros <p>Plano de Ação</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2006 - Plano de Acção para a Redução da Pobreza Absoluta (PARPA II), aprovada pelo Conselho de Ministros • 2007 - Plano de Acção Para a Prevenção e Controlo às Queimadas Descontroladas 2008-2018 <p>Propostas de Lei</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2018 - Propostas de Lei de Protecção contra Incêndios <p>Diploma Ministerial</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2006 – Diploma Ministerial nº 129/2006 – Aprova a Directiva Geral para Estudo do Impacto Ambiental • 2006 – Diploma Ministerial nº 130/2006 – Aprova a Directiva Geral para a Participação Pública, no Processo de Avaliação do Impacto Ambiental
---	---

Fonte: Autores, 2022.

Após esse levantamento, foram selecionados os documentos voltados mais

especificamente para a questão do fogo, que apresentassem algum aspecto relacionado a sua gestão, manejo, fiscalização, enquadramento legal, multas e penas imputadas em relação ao seu uso inadequado. Tal seleção resultou em 12 documentos, que foram avaliados de maneira mais criteriosa. Também foi feita uma consulta aos sites dos respectivos ministérios do governo de Moçambique, em busca de órgãos responsáveis pela gestão do fogo e iniciativas voltadas para tal.

Os dados referentes ao Brasil foram obtidos no portal de legislações federais brasileiras (<http://www.planalto.gov.br>), no portal do Ministério do Meio Ambiente e do Ibama (<http://ibama.gov.br>). A princípio foram levantados 30 dispositivos legais que tratavam de alguma maneira da questão ambiental (Quadro 2), dos quais após análise constatou-se que 14 mencionam de maneira mais específica a questão do fogo.

Quadro 2 - Documentos levantados referentes à legislação ambiental no Brasil.

<p>Constituição</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1988 – Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 <p>Decreto</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1934 – Decreto nº 23.793/1934 – Código Florestal • 1934 – Decreto nº 24.643/1934 – Código de Águas • 1940 – Decreto-Lei nº 2.848/1940 – Código Penal • 1989 – Decreto nº 97.635/1989 – Regulamenta o Código Florestal • 1998 – Decreto nº 2.661/1998 – Regulamenta o Código Florestal • 2008 – Decreto nº 6.514/2008 – Infrações e sanções administrativas ao meio ambiente • 2019 – Decreto nº 9.992/2019 – Suspensão temporária do emprego do fogo • 2019 – Decreto nº 9.760/2019 – Altera o Decreto nº 6.514 e estabelece o processo administrativo federal para apuração das infrações ao meio ambiente <p>Portaria</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1998 – Portaria IBAMA nº 94/1998 – Autorização para Queima Controlada • 1999 – Portaria nº 345/1999 – Queima controlada/cana de açúcar <p>Projeto de lei</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2018 – Projeto de lei nº 11.276/2018 – Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo 	<p>Lei</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1965 – Lei nº 4.771/1965 – Código Florestal • 1981 – Lei nº 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente • 1997 – Lei nº 9.433/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos • 1998 – Lei nº 9.605/1998 – Lei de Crimes Ambientais • 2000 – Lei nº 9.985/2000 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza • 2006 – Lei nº 11.284/2006 – Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável e cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal • 2010 – Lei nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos • 2011 – Lei nº 140/2011 – Competências Ambientais • 2012 – Lei nº 12.651/2012 – Código Florestal • 2015 – Lei nº 13.123/2015 – Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade
--	---

Fonte: Autores, 2022.

Os dispositivos legais de Moçambique e Brasil foram agrupados por ordem de estabelecimento, com base na qual foi elaborada uma linha temporal da criação destes.

Para a análise da evolução do número de focos de calor em Moçambique e no Brasil buscou-se os dados no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, do período entre 2003 e 2020. Os dados foram trabalhados em ambiente SIG e utilizou-se um editor de planilhas para confecção dos gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Moçambique

Em 2017 e 2018, os incêndios corresponderam a respectivamente 57,3% e 41,3% das intervenções do Serviço Nacional de Salvação Pública (SENSAP) (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2018). Em Moçambique as principais causas de queimadas descontroladas estão vinculadas a prática de atividades agrícolas impróprias, caça e obtenção de combustível lenhoso por parte das populações (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2007b).

O envolvimento das comunidades na gestão dos recursos naturais foi considerado como uma prioridade nas políticas relacionadas aos recursos florestais e faunísticos em Moçambique, com um esforço de parceria entre comunidades rurais, setor privado e governo no gerenciamento dos recursos naturais (FAO, 2011). A promulgação de dispositivos legais relacionados à política moçambicana de gestão do fogo deu-se principalmente a partir da década de 1990 (Figura 3). Em 1989 foi criado o Serviço Nacional de Bombeiros do país, responsável, dentre outras atribuições, pelo combate e prevenção de incêndios a nível nacional. Em 1995 a Política Nacional de Terras e a Política Agrária abordaram a necessidade de um envolvimento das autoridades locais e da comunidade para a gestão e utilização sustentável dos recursos naturais, incluindo ações de conservação, fiscalização e proteção. Dentre as estratégias propostas para tal estava incluso “o desenvolvimento de ações de educação e responsabilização comunitárias, em relação ao controle do uso do fogo, nas operações culturais de agricultura ou caça” (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 1995, p. 10).

Figura 3 - Linha do tempo do estabelecimento da legislação relacionada à temática do fogo em Moçambique.



Fonte: Autores, 2022.

A Lei das Terras, de 1997, reforçou o papel das comunidades locais na gestão dos recursos naturais com base na utilização de normas e práticas costumeiras. Estabeleceu a terra como propriedade do Estado e a necessidade de proteção do meio ambiente (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 1997a). A Lei do Ambiente, promulgada em 1997, definiu “as bases legais para uma utilização e gestão corretas do ambiente e seus componentes, com vista à materialização de um sistema de desenvolvimento sustentável no país” (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 1997b, p. 20). Foi também a responsável pela criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Sustentável, e a nível local dos serviços de implementação da respectiva lei. A Lei do Ambiente aborda a necessidade de envolvimento das comunidades, dispondo como obrigação do Governo a criação de mecanismos adequados para a integração dos demais setores envolvidos na gestão dos recursos naturais, para a elaboração de políticas e legislação relativa à gestão dos recursos naturais do país.

Dentre os objetivos da Política e Estratégia de Desenvolvimento de Floresta e Fauna Bravia, de 1997, está o envolvimento das comunidades locais no manejo e conservação dos recursos florestais e faunísticos, a serem alcançados por meio

(vi) do desenvolvimento de ações de educação e responsabilidade comunitárias, em relação ao controle do uso do fogo, nas operações culturais, de agricultura ou caça, controle e prevenção contra queimadas será da responsabilidade dos conselhos locais de gestão a serem formalizados (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 1997c, p. 7).

Verifica-se que do ponto de vista legal há uma tentativa por parte do Estado de integrar os diversos níveis de administração e comunidades locais no gerenciamento dos recursos naturais, incluindo também o manejo e gerenciamento das queimadas.

A Lei de Florestas e Fauna Bravia de 1999 abordou a gestão participativa, e criou os conselhos locais de gestão de recursos, formados por representantes das comunidades locais, setor privado, associações e autoridades locais do estado. Além disso, previu a participação das comunidades locais na exploração dos recursos florestais e faunísticos, e nos benefícios gerados pela sua utilização. Em relação ao uso do fogo, em seu artigo 40 a lei estipulou como crime a queima florestal:

É condenado à pena de prisão até um ano e multa correspondente, aquele que, voluntariamente, puser fogo e por este meio destruir em todo ou em parte seara, floresta, mata ou arvoredo. (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 1999, p. 25)

Já o Regulamento da Lei de Floresta e Fauna Bravia de 2002 compete ao Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, tanto a nível central como local, a responsabilidade de fiscalização das atividades de proteção e conservação ambiental. Em seu artigo 106 proibiu o uso de queimadas, salvo em algumas exceções:

1. Salvo nos casos expressamente referidos no presente Regulamento, não é permitido os usos de queimada de floresta, sob pena de responsabilidade civil, administrativa e criminal nos termos da Lei.
2. A Direcção Distrital da Agricultura e Desenvolvimento Rural poderá autorizar a derrubada por meio de fogo, observadas as seguintes condições:
 - a. Delimitação, por meio de aceiros, da área objeto da derruba;
 - b. Salvaguarda das espécies ora exceptuadas das derrubadas, nos termos do artigo anterior;
 - c. Estabelecimento de uma equipe de extinção do fogo com o envolvimento das comunidades locais, para prevenção do seu alastramento;
 - d. Inventariação dos recursos faunísticos existentes e pagamento da taxa de abate relativa às espécies que, necessariamente, serão atingidas pelo fogo (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2002, p. 18).

A Constituição da República dispôs sobre o direito ao ambiente em seu artigo 90:

1. Todo o cidadão tem o direito de viver num ambiente equilibrado e o dever de o defender.

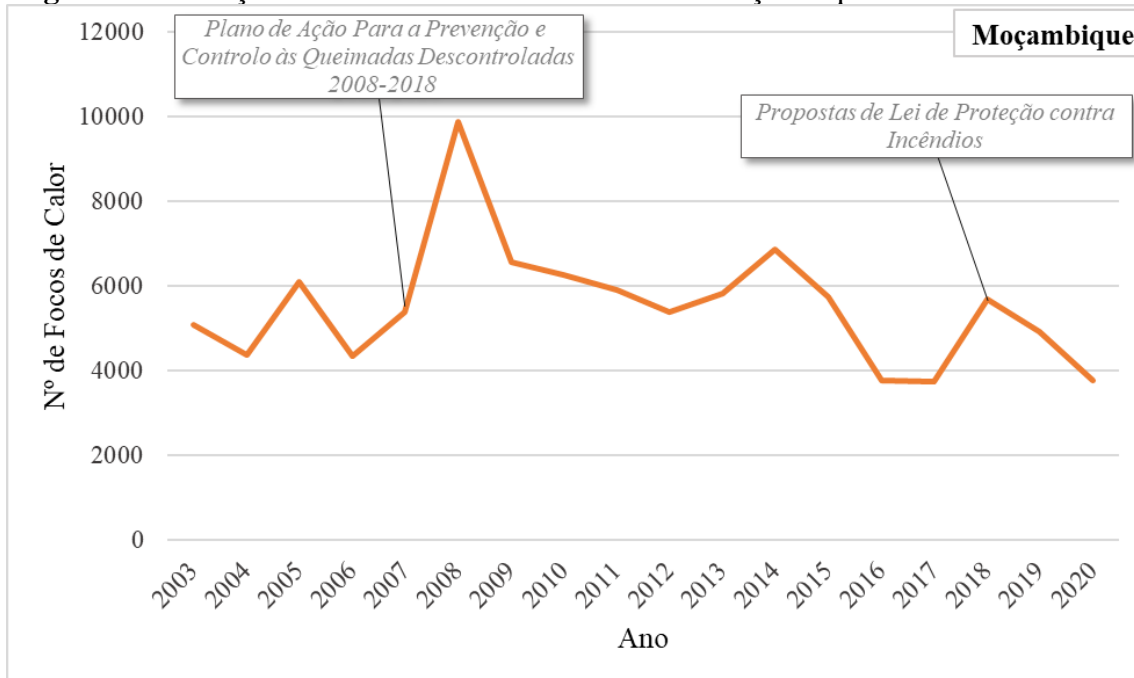
2. O Estado e as autarquias locais, com a colaboração das associações de defesa do ambiente, adoptam políticas de defesa do ambiente e velam pela utilização racional de todos os recursos naturais. (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2004, p. 26)

A mesma também fixou como responsabilidade do Estado a promoção de iniciativas para a garantia do equilíbrio ecológico, conservação e preservação do ambiente.

Um marco importante para a gestão do fogo em Moçambique foi o lançamento do Plano de Ação para a Prevenção e Controle às Queimadas Descontroladas entre 2008 e 2018, inserido no Plano Quinquenal do Governo para o setor de Gestão Ambiental, e que faz parte da Estratégia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável de Moçambique (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2007c). O plano teve o objetivo de traçar diretrizes e planos de ação para a prevenção e controle de queimadas em Moçambique, e propôs ações a serem realizadas em curto, médio e longo prazos, articuladas com diferentes atores envolvidos na gestão do fogo. O plano reconheceu o papel das Instituições Provinciais, Governo Local, instituições de investigação e pesquisa, setor privado, organizações não governamentais e comunidades tradicionais na prevenção e controle das queimadas descontroladas. Dentre as metas estipuladas, a curto prazo, de 2008 a 2012, estava a redução dos índices de queimadas da época para 30%. A médio prazo, de 2012 a 2015, reduzir esses índices de 30% para 20%, e a longo prazo, de 2015 a 2018, de 20% para 10%.

A despeito do alcance das metas propostas pelo Plano, ao analisar os dados de focos de calor no país no período entre 2003 e 2020 (Figura 4), pode-se observar que apesar do pico de focos em 2008, houve redução nos quatro anos seguintes. Entre 2013 e 2014 voltou a ser registrado aumento no número de focos, seguido de um período de redução até 2017, o que pode corresponder a um alcance parcial da segunda e da terceira meta. Em 2018, último ano do universo temporal abrangido pelo plano, foi registrado um pico de focos de calor. Nesse ano também foi proposta uma Lei de Proteção contra Incêndios, que seria submetida à Assembleia da República. Em 2021 com a Lei nº 7/2021 foi estabelecido o Regime Jurídico de Proteção Contra Incêndios.

Figura 4 - Evolução do número de focos de calor em Moçambique entre 2003 e 2020.



Fonte: Autores, 2022.

Logo, nota-se que o período abarcado pelo Plano de Ação para a Prevenção e Controle às Queimadas Descontroladas, coincidiu com um período de redução no número de focos de calor do país, apesar dos anos de picos, estes mantiveram-se abaixo do registrado em 2018, e ocorreram entre períodos de redução. Tais resultados podem estar relacionados a vários fatores e, um deles pode ser a implantação das ações propostas pelo plano.

Em 2014 a Lei nº 15/2014 estabeleceu o regime jurídico da gestão das calamidades, compreendendo a prevenção, mitigação dos efeitos destruidores das calamidades, desenvolvimento de ações de socorro e assistência, assim como ações de reconstrução e recuperação das áreas afetadas (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2014). Dentre os planos que integram o plano nacional de gestão de calamidades está o de previsão de riscos de ocorrência de incêndios e queimadas.

Em relação a fiscalização realizada sobre as queimadas e incêndios, atua em nível nacional a Direcção Nacional de Floresta e Fauna Bravia e a nível local os Serviços Provinciais de Floresta e Fauna, responsáveis pela fiscalização dos recursos florestais e faunísticos. Também há no país um Ministério para a Coordenação de Acção Ambiental (MICOA), órgão central responsável pelas questões ambientais. Para o combate direto aos eventos de fogo em Moçambique, atua o Serviço Nacional de Salvação Pública (SENSAP), serviço público de natureza paramilitar, Integrado no Ministério do Interior

que superintende a área de Salvação Pública (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2021). O serviço de bombeiros do país é vinculado ao SENSAP e, dentre suas atribuições está a prevenção e combate a incêndios. Além disso para o combate e prevenção desse fenômeno também atuam os governos provinciais, distritais, autoridades comunitárias e comunidades locais.

Nota-se que há ação de diversos níveis organizacionais, desde o macro ao local, para a gestão do fogo, com significativo papel das organizações locais. Inclusive o próprio Serviço Nacional de Bombeiros conta com comandos provinciais e distritais, compostos por profissionais que exercem a atividades em regime de exclusividade, e voluntários que atuam em atividades dos bombeiros na sua área de residência ou de trabalho (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 1989). Além de dispor das brigadas móveis.

Os recursos florestais e faunísticos de Moçambique são fiscalizados pelo Estado, e a nível local pelo Serviços Provinciais de Florestas e Fauna Bravia (SPFFB) (BILA, 2005). Apesar do quadro legal voltados para conservação e fiscalização das florestas e fauna bravia no país:

A fiscalização de florestas e fauna bravia limita-se, hoje, a atividade de controle de movimento de produtos florestais e faunísticos, feito pelos fiscais do Estado e aplicação de medidas coercivas previstas na Lei e no Regulamento florestal. Em geral, a fiscalização é feita a partir de postos fixos, localizados ao longo das principais estradas nacionais e vias de acesso aos mercados e principais centros urbanos do país (BILA, 2005).

Ainda há carência de uma definição clara a respeito dos mecanismos de implementação do que está previsto na lei, o que é um empecilho para sua aplicação e cumprimento:

Para além da falta de clareza de como proceder para aplicar as prerrogativas da lei, esta falta contribui para a desmobilização e desincentivo de todos envolvidos no manejo, conservação e uso sustentável dos recursos florestais e faunísticos. Esta situação é ademais agravada pelo pouco conhecimento que os intervenientes no sector têm do espírito e letra da lei e regulamento florestal (BILA, 2005).

Brasil

No início da década de 1930 a questão do uso fogo foi abordada pelo Código Florestal brasileiro vigente na época (BRASIL, 1934). Ele era mencionado de maneira pouco detalhada, e tratava a proibição de “ditar fogo” na vegetação e do crime florestal de pôr fogo, logo tinha caráter proibitivo e superficial. Tal linha de abordagem foi

reforçada pelo art. 250 do Código Penal de 1940 (BRASIL, 1940), em que causar incêndios era um dos crimes de perigo comum, com pena prevista de reclusão de três a seis anos, e multa, podendo esta ser agravada se o incêndio fosse em lavoura, pastagem, mata ou floresta. Vale ressaltar que este artigo do Código Penal permanece vigente até os dias atuais. Foi apenas no Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965) que a questão do fogo foi mencionada de maneira mais abrangente, ao dispor a respeito do combate e controle do fogo como interesse social, da proibição do uso do fogo em florestas e outras formas de vegetação e exceções a esta restrição, que incluíam a presença de peculiaridade locais ou regionais que justificassem tal prática.

Nos anos 1980, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) representou um marco nas políticas ambientais brasileiras, uma vez que trouxe a definição de meio ambiente e de degradação de qualidade ambiental, assim como enfatizou o papel da ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico. Neste dispositivo, o meio ambiente foi posto como um patrimônio público a ser protegido (BRASIL, 1981).

Entre 1985 e 1987 teve início o trabalho de detecção de queimadas do INPE, vigente até hoje e que disponibiliza uma base de dados de focos de calor, área queimada e risco de fogo para todo o Brasil, e é amplamente utilizada por diversos gestores e demais indivíduos que lidam com monitoramento e prevenção de eventos de fogo. Em 1989, o Decreto 97.635, que regulamentou o código florestal de 1965, dispôs a respeito da prevenção e combate aos incêndios florestais, apresentou a definição de incêndio florestal, tratando de sua proibição e exceções, e aspectos relacionados à prevenção. Por meio deste decreto foi criado o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo). Após sua elevação a Centro Especializado em 2001 o Prevfogo passou a ser o Centro Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, estruturado no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Este Centro atualmente é o responsável pela política de prevenção e combate aos incêndios no Brasil, e atua na execução de campanhas de educação ambiental, monitoramento, pesquisa, treinamento e capacitação de brigadistas, prevenção e combate de incêndios (IBAMA, 2017).

O ano de 1998 foi marcado por uma série de marcos em relação às políticas voltadas para a questão do fogo em âmbito nacional. A Lei nº 9.605 de 1998, lei de Crimes Ambientais, dispõe sobre sanções penais e administrativas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, além de outras providências (BRASIL, 1998a). Provocar

incêndio em floresta ou mata foi enquadrado como um dos crimes contra flora, sujeito a pena de reclusão de multa, consoante com o enquadramento exposto no Código Penal. A autorização para queima controlada foi instituída por uma portaria do IBAMA em 1998, em que ficou instituída queima controlada como: “fator de produção e manejo em áreas de atividades agrícolas, pastoris ou florestais, assim como com finalidade de pesquisa científica e tecnológica, a ser executada em áreas com limites físicos preestabelecidos” (IBAMA, 1998). Tal portaria também fez referência à autorização para Queima Controlada e seu requerimento, e a prática da queima solidária, realizada em regime de agricultura familiar. Já o decreto 2.661/1998 revogou o decreto anterior, 97.635/1989, regulamentando o código florestal em relação às normas e precauções relacionadas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais (BRASIL, 1998b). Neste foi dado maior detalhamento a respeito das circunstâncias de proibição e permissão para emprego do fogo, e em relação a autorização para Queima Controlada. Foram tratados também temas como a redução gradativa do emprego do fogo em plantios de cana-de-açúcar, em áreas passíveis de mecanização da colheita.

No final da década de 1999, a portaria do MMA nº 345 (BRASIL, 1999) dispôs a respeito da necessidade da construção de aceiros para queima controlada e das suas distâncias das áreas florestais, de preservação permanente, reservas legais e faixas de domínio das rodovias. Em 2008, o decreto 6.514 tratou das sanções administrativas relacionadas a áreas irregularmente queimadas: “Art. 16. No caso de áreas irregularmente desmatadas ou queimadas, o agente autuante embargará quaisquer obras ou atividades nelas localizadas ou desenvolvidas, excetuando as atividades de subsistência” (BRASIL, 2008).

A Lei de Competências Ambientais de 2011 (BRASIL, 2011) foi responsável por fixar ações de cooperação entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios na proteção do meio ambiente. Inclusive esta lei serviu como base para que a competência de concessão de autorização para Queima Controlada e Autorização de Queima Controlada de Cana de Açúcar passasse a ser de competência do Estado, como ocorreu em Goiás por exemplo (GOIÁS, 2012). Anteriormente esta autorização era responsabilidade do IBAMA.

Um dos grandes marcos na política de gestão de queimadas e incêndios no Brasil foi o Código Florestal de 2012 (BRASIL, 2012), onde foi dedicado um capítulo inteiro para tratar da proibição do uso do fogo e do controle dos incêndios. Nesta lei são

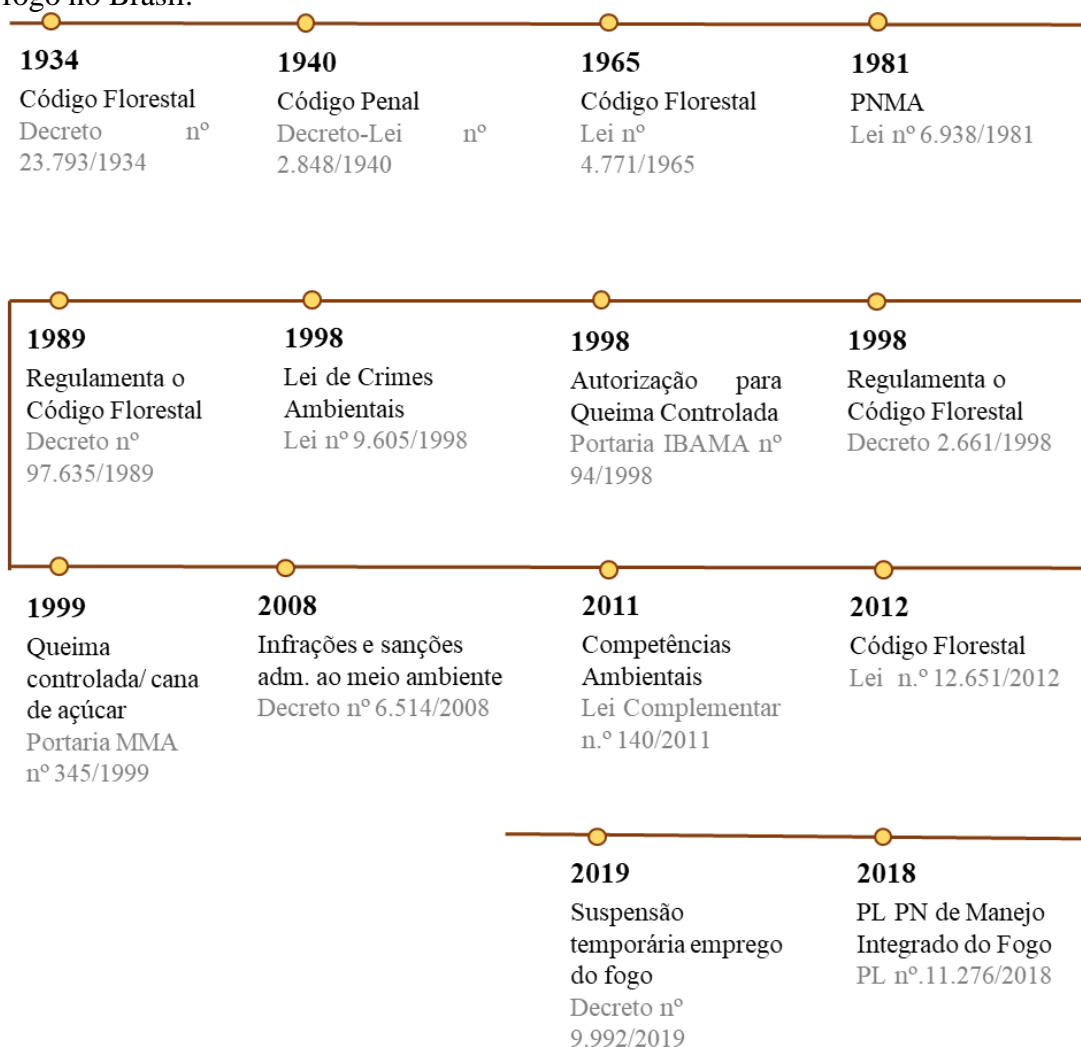
detalhadas as situações de exceções da proibição do uso do fogo, além de discutir a respeito dos planos de contingência para combate de incêndios florestais e da necessidade de estabelecimento de uma Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.

Atualmente tramita um Projeto de Lei para instituição da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, o PL 11.276 de 2018 (GIACOBO, 2018). É um projeto que apresenta definições de uma série de termos relacionados à questão das queimadas e incêndios, tais como: queima controlada, queima prescrita, uso tradicional e adaptativo do fogo, regime do fogo, combate aos incêndios florestais e manejo integrado do fogo. Além disso, trata da hipótese de permissão do uso do fogo na vegetação, e institui o Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo e o Sistema Nacional de Informações sobre Fogo – Sisfogo. Logo, caso aprovado seria um dispositivo legal em que o fogo não seria tratado apenas como um evento a ser proibido salvo poucas exceções, mas também como algo a ser permitido em algumas situações, manejado e gerido, o que representará um importante instrumento para a gestão e manejo do fogo no Brasil. Vale aqui ressaltar que este Projeto de Lei foi aprovado pelo Senado Federal em julho de 2024, e está aguardando sanção presidencial.

Em 2019, a intensificação dos eventos de queima fez com que ocorresse a suspensão temporária do emprego do fogo no país por 60 dias, expressa por meio do Decreto nº 9.992 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019).

A partir do histórico da mudança legislativa voltada para temática do fogo no Brasil (Figura 5), percebe-se que a mesma começou a evoluir de forma mais significativa apenas do final da década de 1980, uma vez que era tratada até então de maneira superficial e em caráter mais proibitivo do uso fogo. O início do monitoramento do fogo pelo INPE e a criação do PrevFogo foram eventos importantes no monitoramento e gestão do fogo.

Figura 5 - Linha do tempo do estabelecimento da legislação relacionada à temática do fogo no Brasil.

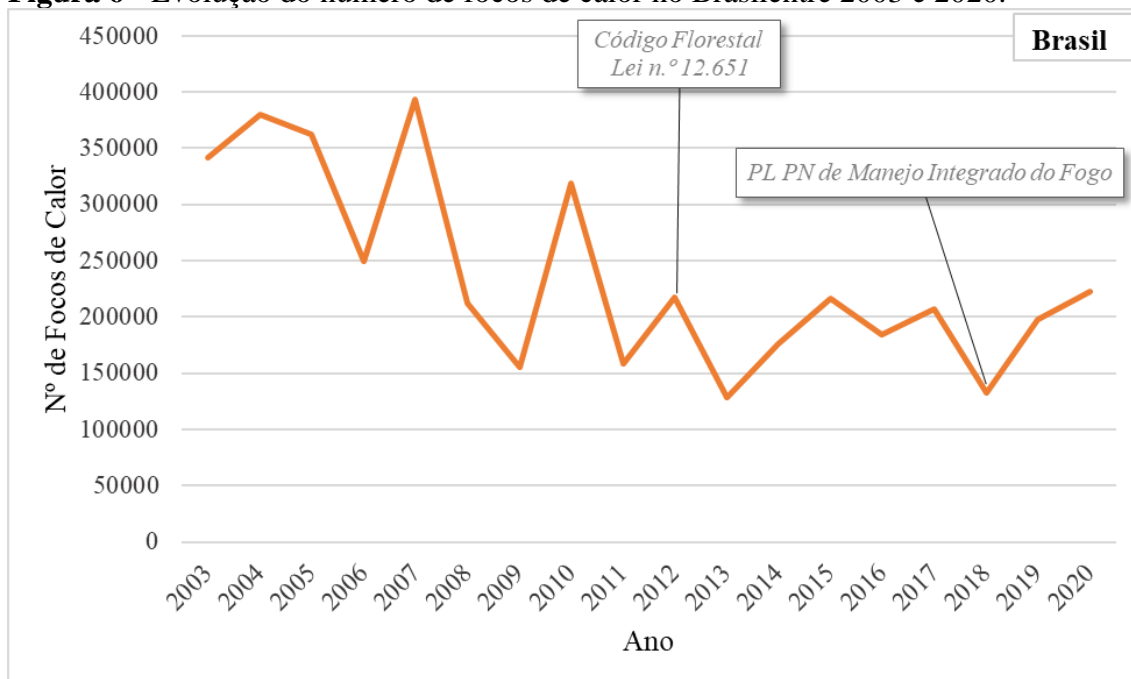


Fonte: Autores, 2022.

O Código Florestal de 2012 representou um aspecto legislativo direcionador a respeito de como lidar com o fogo e propôs o estabelecimento de novos dispositivos para sua melhor gestão e trato, tais como a necessidade de criação de uma Política Nacional voltada para essa temática. De fato, os dispositivos legais atrelados à questão do fogo no Brasil ainda têm muito a evoluir, principalmente em vista ao seu caráter recente, apesar disso, se comparado à realidade de outros países, as políticas nacionais vêm avançando, mesmo que a passos lentos.

Após o pico de 2010, nota-se uma redução na média anual do número de focos de calor no Brasil, com nova tendência de aumento a partir de 2020 (Figura 6). Com o Código Florestal de 2012, e seus positivos a respeito do fogo, não é possível inferir se houve impacto direto no regime de queima anual, a partir das informações levantadas nesta pesquisa, necessitando para tal dados e informações com maior acurácia.

Figura 6 - Evolução do número de focos de calor no Brasil entre 2003 e 2020.



Fonte: Autores, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambos os recortes avaliados, os dispositivos legais voltados mais especificamente para os eventos de queima são recentes. Em Moçambique foi a partir dos anos 1990 que a temática do fogo passou a ter maior protagonismo. Nota-se que a menção da necessidade do envolvimento das comunidades na gestão e utilização dos recursos naturais, dentre os quais o fogo, em alguns dispositivos legais moçambicanos, como a Política Nacional de Terras, demonstra uma tentativa de integração, do ponto de vista legal, entre estado e comunidades locais.

No Brasil, os códigos florestais representam marcos na política de gestão do fogo. Ao se analisar os códigos de 1934, 1965 e 2012 é possível notar uma nítida mudança na forma de abordar as questões relacionadas a queimadas e incêndios, passando de uma perspectiva mais exclusiva e limitada, para uma mais completa que leva em consideração algumas especificidades e situações de exceção à proibição do uso do fogo.

Os resultados aqui apresentados trazem um panorama geral de como vem se dando as políticas voltadas para o fogo em Moçambique e no Brasil. A visão da legislação não representa a realidade completa de como vem se dando a gestão do fogo, mas possibilita a visualização de uma das vertentes envolvidas, que sem dúvida tem fundamental importância na prevenção de eventos de queima descontrolada, os incêndios,

e seus respectivos impactos.

REFERÊNCIAS

BILA, A. **Estratégia para a Fiscalização Participativa de Florestas e Fauna Bravia em Moçambique**DNFFB/FAO. [s.l: s.n.].

BOWMAN, D. et al. Wildfires: Australia needs a national monitoring agency. **Nature**, v. 584, p. 188–191, 2020.

BOWMAN, D. M. J. S. et al. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 12, p. 2223–2236, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**, 1934. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=23793&ano=1934&ato=8bc0TSE1keNpXT92e>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940**, 1940. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEL&numero=2848&ano=1940&ato=1bb0za61ENNRkTf8b>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 24 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**, 1981. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=6938&ano=1981&ato=5b0UTRE50MrVt15d>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 97.635, de 10 de abril de 1989**. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97635.htm>. Acesso em: 24 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**, 1998a. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9605&ano=1998&ato=dd5kXRE1EeNpWTdda>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998**, 1998b. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=2661&ano=1998&ato=373ETUE50dNpWT98a>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. Portaria MMA n 345, de 15 de setembro de 1999. p. 1, 1999.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**, 2008. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=6514&ano=2008&ato=a87cXRE50dVpWTdfb>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

BRASIL. **Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011**, 2011. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LCP&numero=140&ano=2011&ato=bdITSq1UMVpWTdf5>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**, 2012. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 9.992, de 28 de agosto de 2019**Brasil, 2019. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=9992&ano=2019&ato=0beIzaU9keZpWT534>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

- CARREIRAS, M. et al. Comparative analysis of policies to deal with wildfire risk. **Land Degradation and Development**, v. 25, n. 1, p. 92–103, 2014.
- CHUVIECO, E. et al. Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation. **Remote Sensing of Environment**, v. 225, n. March, p. 45–64, 2019.
- COUTINHO, A. C. Queimadas: fenômeno complexo determinado por conjunturas distintas. **Revista de Política Agrícola**, n. 4, p. 78–94, 2010.
- CULLMANN, J. et al. **2020 State of climate services WMO**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21609#.XgWKsUf0mub>. Acesso em: 19 jun. 2021.
- FAO. **Community-Based Fire Management: A review**. Rome: FAO, 2011.
- FRANÇA, H.; NETO, M. B. R.; SETZER, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**. Brasília: [s.n.]. v. 27
- GIACOBO, D. Projeto de Lei nº 11.276, de 2018. v. 461, n. Cc, p. 2016–2018, 2018.
- GOIÁS. **Portaria SEMARH/GAB Nº 61, de 19 de abril de 2012**, 2012. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=240538>>. Acesso em: 21 jul. 2021.
- HANTSON, S. et al. The status and challenge of global fire modelling. **Biogeosciences**, v. 13, n. 11, p. 3359–3375, 2016.
- HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **Fire Management**, v. 22, n. 4, p. 78–87, 2005.
- HERAWATI, H.; SANTOSO, H. Tropical forest susceptibility to and risk of fire under changing climate: A review of fire nature, policy and institutions in Indonesia. **Forest Policy and Economics**, v. 13, n. 4, p. 227–233, 2011.
- IBAMA. **Portaria IBAMA nº 94-N de 09 de julho de 1998**, 1998. Disponível em: <http://ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/legislacao/portaria_ibama_94_n_98.pdf>
- IBAMA. **Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo)**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo/>>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html?utm_source=portal&utm_medium=popclock&utm_campaign=novo_popclock>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- INE. **IV Recenseamento Geral da População e Habitação, 2017 Resultados Definitivos – Moçambique Instituto Nacional de Estatística, Maputo-Moçambique**. Maputo - Moçambique: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.ine.gov.mz/iv-rgph-2017/mocambique/censo-2017-brochura-dos-resultados-definitivos-do-iv-rgph-nacional.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- KULL, C. A.; LARIS, P. Fire ecology and fire politics in Mali and Madagascar. **Tropical Fire Ecology**, p. 171–226, 2009.

MOURA, L. C. et al. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. **Journal of Environmental Management**, v. 232, n. November 2018, p. 600–606, 2019.

PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233–255, 2021.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Decreto nº 41/89: Cria o Serviço Nacional de Bombeiros** Boletim da Republica Moçambique, 1989.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Resolução nº 11/95: Política Agrária e as respectivas Estratégias de Implementação** Moçambique, 1995.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Lei nº 19/97: Lei de Terras** Boletim da Republica Moçambique, 1997a.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Lei nº 20/97: Lei do Ambiente** Moçambique, 1997b.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Política e estratégia de desenvolvimento de florestas e fauna bravia** Boletim da Republica Moçambique, 1997c.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Lei nº 10/99: Lei de Florestas e Fauna Bravia** Moçambique, 1999.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Decreto nº 12/02: Aprova o Regulamento da Lei nº 10/99, de 7 de julho, Lei de Florestas e Fauna Bravia** Boletim da Republica Moçambique, 2002.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Constituição da República** Moçambique, 2004.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Estratégia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável de Moçambique** Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental Moçambique, 2007a.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Plano de Acção para a Prevenção e Controle às Queimadas Descontroladas 2008-2018** Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental Moçambique, 2007b.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Plano de Acção para a Prevenção e Controle às Queimadas Descontroladas 2008-2018** Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental Moçambique, 2007c.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Lei nº 15/14: Estabelece o regime jurídico da gestão das calamidades** Boletim da Republica Moçambique, 2014.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Balanço das actividades preventivas do I.Semestre do SENSAP-2018 em comparação com o mesmo período em 2017** Ministério do Interior. [s.l: s.n.].

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Ministério do Interior**. Atribuições e Organização. Disponível em: <http://www.mint.gov.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=124&Itemid=427>. Acesso em: 02 de jun. 2021.

- RIBEIRO, N. et al. The influence of fire frequency on the structure and botanical composition of savanna ecosystems. **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 14, p. 8253–8264, 2019.
- RUSSELL-SMITH, J. et al. Can savanna burning projects deliver measurable greenhouse emissions reductions and sustainable livelihood opportunities in fire-prone settings? **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 47–61, 2017.
- SADC. **Southern African Development Community**. Disponível em: <<https://www.sadc.int/about-sadc/overview/>>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- SCHMIDT, I. B.; ELOY, L. Fire regime in the Brazilian Savanna: Recent changes, policy and management. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 268, n. October 2019, p. 151613, 2020.
- STEPHENS, S. L.; RUTH, L. W. Federal Forest-Fire Policy in the United States. **Ecological Applications**, v. 15, n. 2, p. 532–542, 2005.
- VAN DER WERF, G. R. et al. Global fire emissions estimates during 1997-2016. **Earth System Science Data**, v. 9, n. 2, p. 697–720, 2017.
- VAN WILGEN, B. W.; BIGGS, H. C. A critical assessment of adaptive ecosystem management in a large savanna protected area in South Africa. **Biological Conservation**, v. 144, n. 4, p. 1179–1187, 2011.

CAPÍTULO 3: Regime de queima em Goiás - Brasil e em Moçambique entre 2010 e 2019: frequência, recorrência e classes de cobertura mais afetadas

Fire regime in Goiás - Brazil and Mozambique between 2010 and 2019: frequency, recurrence, and most affected cover classes

Sara Alves dos Santos
sara_santos@discente.ufg.br
<https://orcid.org/0000-0001-5817-516X>
Universidade Federal de Goiás - Goiânia – Brasil

Wellington Nunes de Oliveira
wellington.wno@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4006-9435>
Universidade Federal de Goiás - Goiânia – Brasil

Noely Vicente Ribeiro
noely_ribeiro@ufg.br
<https://orcid.org/0000-0002-7777-7040>
Universidade Federal de Goiás - Goiânia – Brasil

Nilson Clementino Ferreira
nilson.ferreira@ufg.br
<https://orcid.org/0000-0001-8460-4052>
Universidade Federal de Goiás - Goiânia – Brasil

Correspondence address:

Avenida Esperança s/n, Universidade Federal de Goiás – Câmpus Samambaia, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG. CEP: 74690-900, Goiânia – Goiás - Brasil. Email: sara_santos@discente.ufg.br

Received on: 01/19/2022. Accepted on: 05/26/2022

Conflicts of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

Funding: CNPQ

Contribution of the authors:

SANTOS, S. A.: Investigation; Methodology; Software; Formal analysis; Writing – original draft; Writing – review & editing.

OLIVEIRA, W. N.: Conceptualization; Supervision; Investigation; Writing – original draft; Writing – review & editing.

RIBEIRO, N. V.: Supervision; Investigation; Visualization; Writing – original draft; Writing – review & editing.

FERREIRA, N. C.: Conceptualization; Supervision; Investigation; Writing – original draft; Writing – review & editing.

Resumo

Nos últimos anos o mundo tem experienciado eventos extremos relacionados à ocorrência do

fogo, e que vem causando uma série de danos às populações e ecossistemas. Em 2020 incêndios assolaram a Austrália, Brasil, Estados Unidos, entre outras nações. O que dá a temática dos incêndios florestais uma relevância e urgência global e torna necessária uma maior compreensão e monitoramento desses eventos. O presente trabalho buscou identificar semelhanças e diferenças entre o regime de fogo, mais especificamente a frequência e recorrência, em Moçambique e no estado de Goiás – Brasil, entre 2010 e 2019. Ambos os recortes estão localizados na mesma zona bioclimática, onde estão presentes as savanas. As savanas, consideradas como ecossistemas com maior resiliência ao fogo, não estão imunes às consequências de incêndios intensos e frequentes. Logo, monitorar tais eventos nestes ecossistemas é importante, principalmente para identificar características que possam nortear a tomada de decisões. As etapas metodológicas para o desenvolvimento da presente pesquisa envolveram organização de base de dados e o uso de plataformas de processamento geoespacial baseado em nuvem, o que resultou em produtos de caracterização dos eventos de queima. Em ambos os recortes estudados, o fogo ocorre anualmente em extensões consideráveis, principalmente no caso de Moçambique, cujo percentual de área queimada anualmente é maior que em Goiás. Tal dinâmica pode estar relacionada a especificidades existentes em cada região. Os presentes resultados possibilitam uma melhor compreensão de como se dá a ocorrência de incêndios e queimadas em diferentes savanas e podem motivar outras pesquisas a respeito, em vista a maiores esclarecimentos.

Palavras-chave: fogo; recorrência; savanas; uso e cobertura da terra; queima de biomassa.

Abstract

Over the last few years, the world has experienced extreme events related to the occurrence of fire, which has caused a great deal of damage to people and ecosystems. In 2020 fires raged in Australia, Brazil, the United States, and other nations. Thus, the forest fire issue becomes a matter of global relevance and urgency and requires a better understanding and monitoring of these events. This study sought to identify similarities and differences between the fire regime, specifically the frequency and recurrence, in Mozambique and the state of Goiás - Brazil, between 2010 and 2019. Both clippings are located in the same bioclimatic zone, where savannas are present. Savannas, considered the most fire-resilient ecosystems, are not immune to the consequences of intense and frequent fires. Therefore, monitoring such events in these ecosystems is important, especially to identify characteristics that can guide decision-making. The methodological steps for developing this study involved database organization and using cloud-based geospatial processing platforms, which resulted in fire event characterization products. In both of the studied clippings, fire occurs annually in significant extensions, especially in Mozambique, where the burnt area percentage is higher than in Goiás. Such dynamics may be related to each region's specificities. These results allow for a better understanding of how fires and burning occur in different savannas and may motivate further research aimed at further clarification.

Keywords: fire; recurrence; savannas; land use and cover; biomass burning.

1. Introdução

Todos os anos o fogo afeta grandes dimensões da superfície terrestre e causa os mais diversos impactos, tais como a emissão de carbono na atmosfera (Bowman et al. 2009). Em 2020 cerca de 27% da segunda maior planície inundável do mundo, o pantanal, foi afetada por incêndios que provocaram danos severos a fauna e flora, e contribuíram para geração de nuvens de fumaça que atingiram uma área considerável do país (Stevanim, 2020). Em 2021, parte do sul da Europa registrou temperaturas em patamares que não eram vistos desde a década de 1980, com números recordes na Grécia e Turquia, e incêndios severos de proporções fora do habitual (NASA

2021).

De acordo com dados do *Canadian Wildland Fire Information System – CWFIS* (2021) a temporada dos incêndios florestais no Canadá em 2021 foi intensa se comparada a dos anos anteriores. A área queimada foi de 4,18 milhões de hectares, o equivalente ao dobro da média dos últimos 10 anos. O relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC* (2021) alerta para o aumento da frequência dos incêndios florestais em regiões como América do Sul, Europa e América do Norte, com advento das mudanças climáticas.

Eventos de queima mais intensos e frequentes afetam, em especial, os ecossistemas mais sensíveis ao fogo, como é o caso das florestas tropicais, pouco adaptadas e mais vulneráveis (Pivello et al., 2021). Por outro lado, estudos indicam que o fogo tem papel na manutenção da biodiversidade de alguns ambientes, uma vez que diferentes regimes de fogo criam habitats únicos em escalas locais e regionais (Kelly e Brotons, 2017), influenciam na evolução biológica, nos ciclos químicos, promovem serviços ecológicos e a manutenção da diversidade biológica (Bowman et al., 2011). Certas plantas e animais desenvolveram inclusive mecanismos de adaptação e sinergia com o fogo (Pivello et al., 2021). Nestes denominados ambientes dependentes ou influenciadas pelo fogo, a exclusão deste pode ocasionar acumulação de material combustível e propiciar eventos de queima mais severos e destrutivos (Hardesty et al, 2005), além de impactar a manutenção de fisionomias de vegetação (Pinheiro e Durigan, 2009).

Savanas são ecossistemas que se caracterizam pela presença de uma camada contínua de gramíneas, independente da presença de árvores (Lehmann et al., 2011), com descontinuidade do dossel de árvores e arbustos. Não há um consenso sobre os principais fatores determinantes da formação das savanas, inclusive vastas áreas desses ambientes ocorrem em condições climáticas que poderiam sustentar florestas (Bond, 2008). Umidade acumulada, precipitação e área queimada são fatores ambientais em comum que moldam as savanas, porém a interação entre cada um desses componentes se dá de maneira diferente nos continentes, reflexo de diferenças como no tipo de vegetação e quantidade de combustível acumulado (Lehmann et al., 2014). Estudo realizado por Lehmann et al. (2011) demonstrou que enquanto no Brasil e Venezuela a associação entre baixa fertilidade dos solos e alta precipitação propiciou a ocorrência das savanas, no caso da África e Austrália foi a alta fertilidade dos solos associada à baixa precipitação que promoveu seu surgimento.

As áreas de savana estão entre as mais afetadas pela ocorrência do fogo (Randerson et al., 2012; Andela et al., 2019; Ramo et al., 2021), e são consideradas como ambientes dependentes ou influenciadas pelo fogo, uma vez que diferentemente dos ambientes sensíveis ao fogo, são mais resilientes a queima. Nesses locais o fogo é responsável pela manutenção de algumas de suas características estruturais, de composição e paisagísticas (Hardesty et al., 2005).

Mesmo nas savanas, onde o fogo tem um papel importante e vem ocorrendo a milhares de anos, nem todo fogo é desejado. Há uma relação complexa entre ele e a vegetação, influenciada

pela época de queima e características do ambiente (França et al., 2007a). Componentes como clima, uso e cobertura da terra e ação antrópica tem interferido na dinâmica do fogo em muitas regiões (Werf et al., 2017). Nas últimas décadas as savanas têm sido os biomas mais afetados pela supressão de vegetação nativa, o que é um fator antrópico que pode afetar seu sistema climático (Hofmann et al., 2021) e as características dos eventos de queima.

É necessário levar em conta a influência que a ação antrópica tem sobre o processo de queima, o que faz com que os regimes de fogo atuais difiram dos do período pré-industrial (Bowman et al., 2011). Jolly et al. (2015) observaram que, em escala global, a maioria dos biomas apresentou incremento considerável nas suas estações de queima, especialmente nas savanas, em que foi constatado um aumento médio de 33 dias na duração da temporada de incêndios nos últimos 35 anos.

Nas práticas agropastoris pelo mundo o uso do fogo remonta a pré-história (Alves e Junior 2011). Geralmente seu uso dá-se para limpeza de áreas para plantio e renovação de pastagens (Embrapa 2000). Porém, quando não manejadas adequadamente, esse tipo de prática pode causar uma série de consequências e impactos deletérios (Miranda 2001; Sá et al. 2007), dentre os quais os incêndios. No estado de Mato do Grosso - Brasil a pecuária foi identificada como um dos vetores de queimadas no estado, com uso do fogo provavelmente para manejo de pasto (Venturieri et al. 2013). As áreas de vegetação gramínea, como as pastagens são mais propícias a queima, visto que apresentam menos material combustível e mais de maior combustão; enquanto as áreas de agricultura possuem mais biomassa, maior umidade e conseqüentemente necessitam de mais tempo para alcançarem condições propícias para a queima (Sodré et al. 2018).

As mudanças climáticas também interferem nas características dos eventos de queima, uma vez que propiciam condições para queimas mais severas (Pivello et al., 2021). Características locais de cada área e climáticas como frequência de secas, aspectos físicos, combustível disponível, entre outras também são responsáveis por determinar se a ocorrência do fogo é ou não adequada e qual será seu efeito para a população residente (Moritz et al., 2014).

Para Bowman et al. (2020) é fundamental para uma avaliação concreta e confiável dos impactos ambientais de um incêndio obter informações a respeito dos diferentes tipos de vegetação afetados pelo fogo. Assim como é importante um monitoramento de alta qualidade do regime do fogo, para a tomada de decisão e adequado manejo deste fenômeno (Whelan 2009). Chuvieco et al. (2019) destacam a necessidade do mapeamento das áreas queimadas para geração de informações que favoreçam o monitoramento dos efeitos globais dos incêndios florestais. Ainda, segundo estes autores (2019), a emergência de novos satélites globais é responsável por significativos sucessos nos estudos relacionados ao fogo, uma vez que os produtos de área queimada incorporam diferentes variáveis que auxiliam os usuários em suas análises. Bowman (2018) aponta que apesar das limitações que apresentam, as imagens satelitárias foram responsáveis por uma revolução no entendimento do regime do fogo.

Atualmente, as informações de sensoriamento remoto são utilizadas para mapeamento e identificação do comportamento e regime do fogo, o que possibilita a identificação de aspectos como frequência, intensidade, sazonalidade, recorrência, extensão e área queimada (Silva et al. 2021; Nieman, van Wilgen, e Leslie 2021; Probert et al. 2019). Com produtos que possibilitam mapeamentos em escalas globais (Padilla, Stehman, e Chuvieco 2014; Chuvieco et al. 2019b; Dwyer et al. 2000), regionais (Rodrigues et al. 2019; Sodré et al. 2018) e locais.

O monitoramento da frequência dos eventos de queima é importante para o entendimento de como se dá tal processo e tomada de decisões. Neste sentido, o presente estudo busca avaliar a ocorrência e recorrência dos eventos de fogo nos últimos 10 anos no estado de Goiás – Brasil e Moçambique. Além de analisar a distribuição espacial da atividade do fogo em associação com as classes de uso e cobertura da terra das áreas de estudo. Trata-se de uma pesquisa de cunho exploratório, com vistas a auxiliar na compreensão do regime do fogo nestas duas savanas que guardam semelhanças e diferenças, além de levantar outras questões com vistas a motivar outros estudos.

A escolha destes dois recortes espaciais deu-se em virtude de que embora localizados em continentes distintos, apresentam algumas características em comum, tais como: presença de savanas, o Miombo em Moçambique, e o Cerrado em Goiás; localização na mesma zona bioclimática; colonização portuguesa e a língua oficial ser o português; e histórico de atuação do fogo.

2. Métodos

2.1 Áreas de estudo

De acordo com sua região de ocorrência as savanas apresentam nomenclaturas diferentes, no Brasil temos o Cerrado, os Llanos na Venezuela, a savana na Austrália e o Miombo no continente africano (Cole 1986). O Cerrado brasileiro ocupa uma área aproximada de dois milhões de km², o que corresponde a cerca de 20% do território nacional. Enquanto o Miombo africano ocupa uma área total aproximada de 2,8 milhões de km², e está presente em 9 países (Oliveira, 2020). O Estado de Goiás localizado na porção central do país (Figura 1), conta com cerca de 340 mil km² de área territorial, e é o único dos estados do Brasil com quase a totalidade de sua extensão ocupada pelo Cerrado, um dos fatos que motivou sua escolha para este estudo. Moçambique, com cerca de 801 mil km², apresenta uma proporção considerável de seu território coberto pelo Miombo, além disso, assemelha-se ao Brasil em alguns aspectos, como colonização portuguesa e língua oficial.

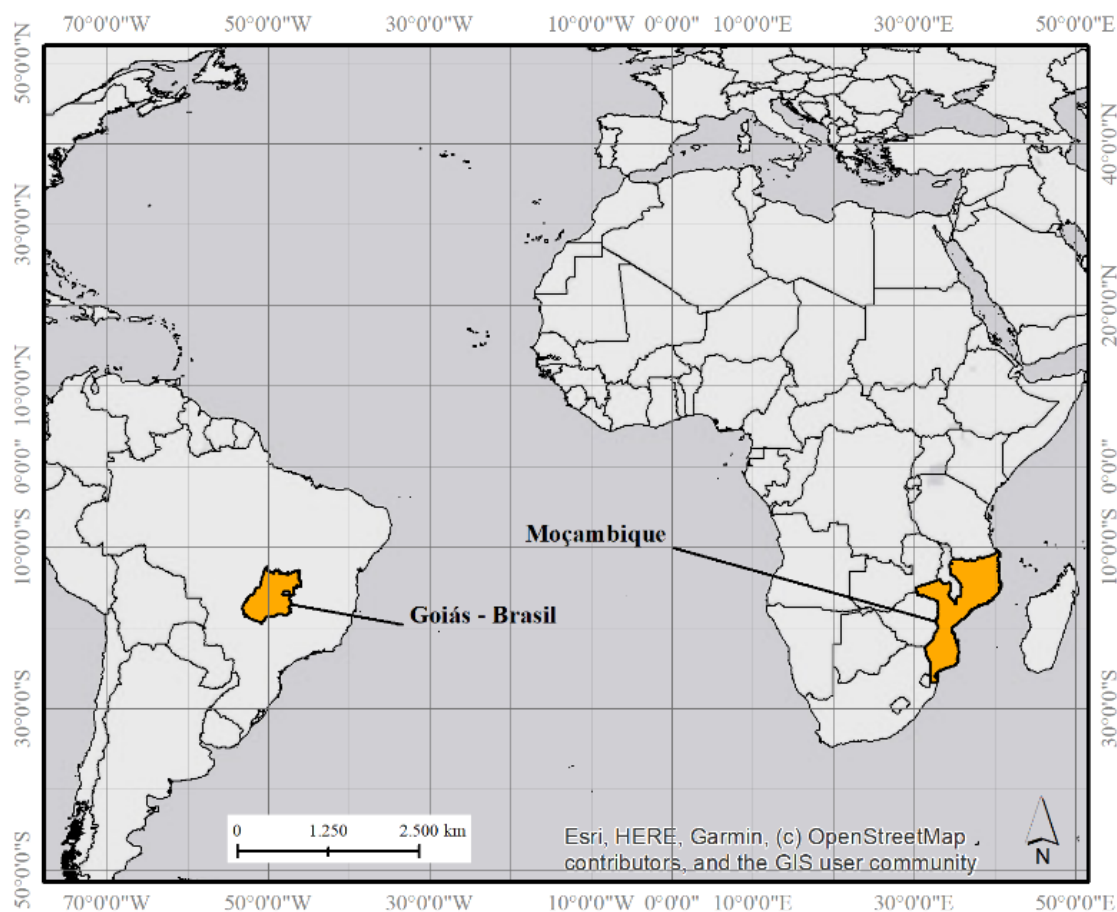


Figura 1. Localização do Estado de Goiás e de Moçambique. Org.: autores, 2021.

2.2 Dados

A base de dados organizada foi composta por produtos cartográficos relacionados a área queimada, focos de calor e uso e cobertura da terra, obtidos por meio de plataformas e bancos de dados públicos (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos dados levantados. Org.: autores, 2021

Dado	Resolução espacial	Resolução temporal	Período selecionado	Fonte	Citação
Área queimada - FireCCI51	250 m	Mensal	2010 - 2019	European Space Agency (ESA) Climate Change Initiative (CCI) Programme, Fire ECV	(E. Chuvieco et al. 2018)
Focos de calor	-	Diário	2010-2019	INPE	INPE (2020)
Copernicus Global Land Cover Layers (CGLS-	100 m	-	2019	Copernicus	(Marcel Buchhorn et al. 2020)

No decorrer dos últimos anos foram propostas uma série de técnicas para o mapeamento de áreas queimadas com uso de imagens satelitárias. Atualmente, destacam-se quatro produtos globais de área queimada (Pinto et al. 2020): FireCCI51 (resolução aproximada de 250 m); MCD64A1C6 (resolução de 500 m); *Global Fire Emission Database* e FireCCILT10. De acordo com o mesmo autor (2020) os algoritmos de geração dos produtos MCD64A1C6 e FireCCI51 envolvem a criação de compostos temporais para identificação de mudanças persistentes nas imagens, com filtro dos pixels de baixa qualidade e combinação das informações obtidas com dados de incêndios ativos. Para este estudo optou-se pelo uso do produto FireCCI51 em virtude da sua melhor resolução e abrangência espacial e temporal, pertinentes aos objetivos propostos.

O FireCCI51 é um dado global mensal, derivado da bandas do sensor MODIS a bordo do satélite Terra, e tem um período de cobertura que vai de 2001 a 2019 (Pettinari et al., 2020). O FireCCI51 foi desenvolvido pelo programa *European Space Agency (ESA) Climate Change Initiative (CCI)*, e também faz parte do *Copernicus Climate Change Service (C3S)*.

- Focos de calor

Os dados de focos de calor foram levantados na base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Portal do Programa de Queimadas do INPE. Os focos de calor disponibilizados pelo INPE são originários do processamento de imagens provenientes de um total de dez satélites, com sensores ópticos que operam na faixa termal-média de 4 μ m. O sistema do INPE detecta a existência do foco de calor, mas não avalia as dimensões da área queimada, uma vez que a frente de queima que pode ser detectada varia de acordo com o tipo de satélite. No caso dos satélites de órbita polar (NOAAs a 800 km acima da superfície, e TERRA e AQUA a 710 km), a frente de fogo detectada pode ter dimensão próxima de 30m de extensão por 1m de largura, enquanto com satélites como o NPP-SUOMI e NOAA-2° a área detectada pode chegar a alguns m² (INPE, 2020). O trabalho de detecção de queimadas do INPE teve início em meados de 1985 e disponibiliza dados de focos de calor diários, desde o final da década de 1990,

Foram adquiridos neste portal os dados de focos de calor provenientes de satélite de referência, para o período entre 2010 e 2019, do Estado de Goiás-Brasil e Moçambique.

- Uso e cobertura da terra

Para avaliação das características de uso e cobertura da terra fez-se uso do produto *Copernicus Global Land Cover Layers (CGLS)* coleção 3, com resolução espacial de 100 m, com mapas de uso e cobertura disponíveis para os anos de 2015 a 2019 (Buchhorn et al., 2020). Os mapas são derivados da série temporal PROBA-V 100 m.

Dentre suas 23 classes de uso e cobertura, não estão distintas as de pastagem e savanas.

De acordo com Buchhorn et al. (2020), para mapear as classes de pastagem seriam necessárias adequações na metodologia de mapeamento utilizada e desenvolvimento de novos conjuntos de dados de treinamento e validação. No caso das savanas, embora o produto inclua classes como floresta aberta, que é uma mistura de árvores, arbustos e pastagens, esta pode corresponder apenas em parte as savanas, uma vez que um pixel de 100 m² pode incluir menos árvores, mas ainda pode ser considerado como savana.

O fato das pastagens e savanas não estarem distintas entre as classes do produto, representa uma limitação, uma vez que geralmente essas são as classes mais afetadas pelos eventos de queima. Apesar desta restrição, a escolha deste dado deu-se em virtude de sua resolução espacial pertinente, de ter mesmo ano mais recente de mapeamento dos dados de área queimada e por abranger ambas as áreas de estudo.

2.3 Processamento

Para o processamento dos dados fez-se uso de programas computacionais para processamento de dados geográficos e plataformas de processamento geoespacial baseado em nuvem, neste caso o *Google Earth Engine*. Após o processamento, os produtos foram trabalhados em Sistemas de Informação Geográfica - SIG, e tabulados em editores de planilhas. As ferramentas de SIG, como os programas computacionais para mapeamento, tem avançado muito nos últimos anos e possuem significativo potencial de aplicações no campo das geotecnologias. O uso de tais ferramentas possibilitou no âmbito desta pesquisa a geração mapas, gráficos e tabelas de caracterização dos eventos de queimadas e incêndios entre os anos de 2010 e 2019. O recorte temporal em questão foi definido em vistas uma análise do período de 10 anos dos eventos de queima, com definição do ano final em razão da abrangência temporal dos dados de área queimada, que na época de acesso era até 2019.

- Pré-processamento

Os dados de áreas queimadas (FireCCI51) e uso e cobertura (CGLS-LC100) foram acessados, selecionados para as áreas de estudo e pré-processados na plataforma de processamento geoespacial baseado em nuvem *Google Earth Engine*. O pré-processamento foi feito por meio da elaboração e adaptação de *scripts* do *Earth Engine* para a área de estudo e dados utilizados, e envolveu as etapas de seleção dos recortes temporais (dados anuais de área queimada entre 2010 e 2019) e espaciais (Goiás-Brasil e Moçambique), conversão do formato raster para *Shapefile* e *download*.

O *Google Earth Engine* é uma plataforma de processamento geoespacial baseada em tecnologia computacional de nuvem, que facilita o acesso a recursos computacionais de alta performance para processamento de grandes conjuntos de dados (Gorelick et al.,

2017). O *Google Earth Engine* conta com um catálogo de vários petabytes de dados públicos, dentre eles séries de mais de 30 anos de imagens obtidas por sensores instalados a bordo de diversos satélites (Google Earth Engine, 2019).

- Regime de fogo

Conforme França et al. (2007) um regime de queima é constituído pelas características históricas das queimadas, baseadas em uma série temporal, incluindo aspectos como a intensidade do evento de queima, época de ocorrência, frequência e recorrência. Como assinalado por Whelan (2009), a frequência de queima é um elemento importante do regime do fogo, que varia de região para região.

Dados de frequência, recorrência e ocorrência de áreas queimadas podem ser obtidos por meio da sobreposição de dados de áreas queimadas, as cicatrizes de queimada. Considera-se neste estudo recorrência como o número de vezes que determinada área queimou ao longo do intervalo de tempo selecionado, quantas vezes houve ocorrência do fogo em uma mesma área, ou seja, quantas vezes os eventos de queima recorreram em um mesmo local em determinado espaço de tempo.

Após a obtenção e pré-processamento em plataforma digital dos dados de área de queimada anual, estes foram sobrepostos em ambiente de SIG, o que possibilitou a obtenção do mapa de recorrência dos eventos de queima. Tal mapa expressa quantas vezes cada área foi queimada nos últimos 10 anos, com frequência que vai de 0 (áreas que não queimaram nem uma vez nos últimos 10 anos) a 10 (áreas que queimaram todos os anos do recorte temporal selecionado). É possível, assim, identificar onde estão localizados e concentrados os eventos de queimada mais frequentes, a ocorrência dos eventos de queima. Os dados de focos de calor também foram trabalhados em SIG, e resultaram em mapas de densidade e concentração de focos de calor acumulados entre 2010 e 2019.

A frequência anual de queima foi obtida a partir da contabilização da área total queimada e do número de focos de calor por ano em cada um dos recortes espaciais. Posteriormente foram elaborados gráficos ilustrativos em editores de planilhas.

Com o intuito de realizar uma análise prévia de que classe de uso e cobertura da terra vem sendo mais frequentemente afetada por eventos de queima, os dados de área queimada e recorrência foram intersectados com os dados de uso e cobertura CGLS-LC100, por meio do uso de ferramentas disponíveis em ambiente SIG. Os resultados foram tabulados e ilustrados em planilhas que possibilitaram uma melhor análise das informações.

3. Resultados e discussão

Ao longo dos últimos 10 anos, no estado de Goiás ocorreram picos de área queimada mais expressivos em 2010, o mais acentuado, 2012 e 2019, que foram acompanhados também de aumento no número de focos de calor. Os maiores picos de focos de calor foram observados em 2010, 2015, 2017 e 2019, logo, estes não necessariamente acompanham os picos de área queimada. Nota-se baixas expressivas de área queimada e número de focos em 2013 e 2018. Nos 10 anos avaliados, constatou-se que anos de alta de área queimada são no geral seguidos por anos de baixa. Tais dados nos permitem inferir que os eventos de queima em Goiás tendem a ser cíclicos, com alternância entre períodos de maior e menor intensidade (Figura 2).

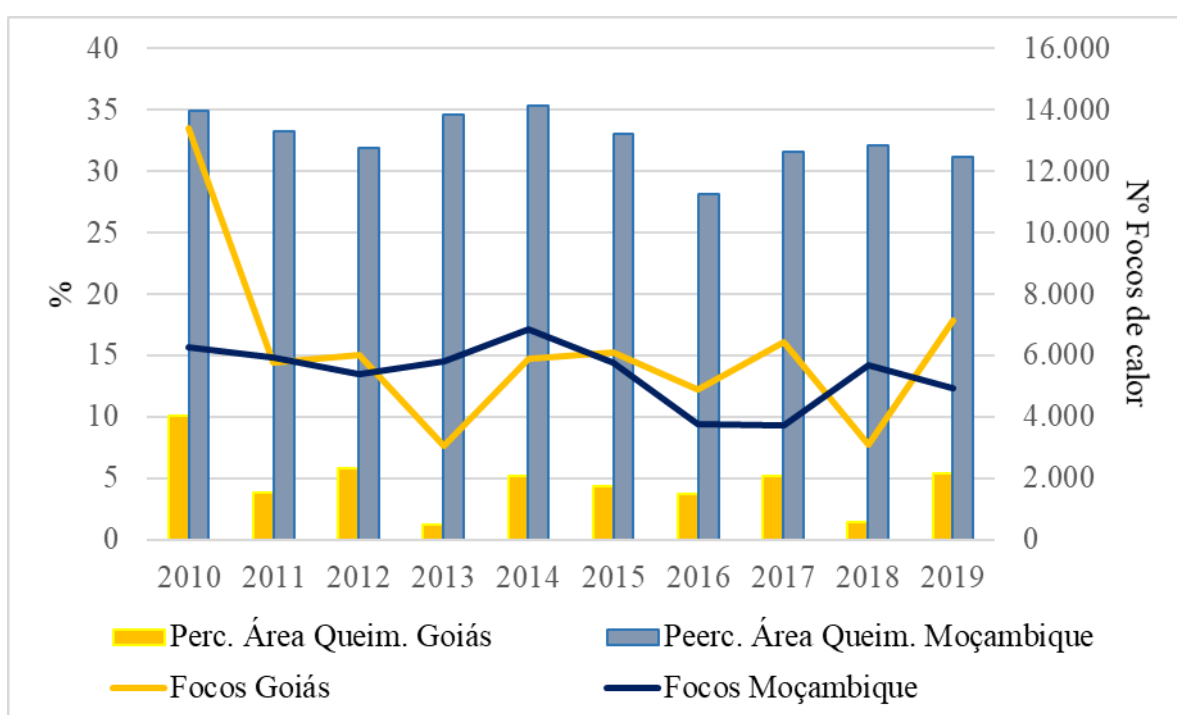


Figura 2. Frequência de queima e número de focos de calor por ano no estado de Goiás e em Moçambique. Fonte dos dados: European Space Agency (ESA) Climate Change Initiative (CCI) Programme, Fire ECV; INPE; Copernicus. Elaboração: autores, 2021.

O percentual queimado não ultrapassou os 10% da área total do Estado, valor que foi atingido apenas em 2010. Nos anos subsequentes o percentual de queima manteve-se na faixa entre 1 e 5%. Apesar de haver indicativos de que não há relação direta entre os eventos de seca intensa e a ocorrência de fogo na porção central do Brasil (Cunha et al. 2019), os picos de área queimada e focos de calor em 2010, assim como os de focos em 2015 e em 2017 coincidiram com eventos extremos de seca que ocorreram na região (Cunha et al. 2019; Ribeiro et al. 2018). Na Amazônia Oriental, por exemplo Sodré et al. (2018) identificaram certa relação entre períodos menos chuvosos e aumento de focos de queimada, além da maioria desses focos correrem em

áreas antropizadas. Projeções indicam que, com aumento das temperaturas em decorrência das mudanças climáticas, os eventos de queima no Cerrado podem aumentar ainda neste século (Silva et al. 2019). Ribeiro et al. (2018) destacam que a combinação entre secas extremas e o uso inadequado do fogo pode influenciar a vulnerabilidade de biomas como o Cerrado.

Em Moçambique, os picos de área queimada foram identificados em 2010, 2014 e 2018, acompanhados de maior número de focos também. A menor área queimada foi observada em 2016, cujo percentual foi próximo de 28% do país, com redução no número total de focos também. Os percentuais anuais de área queimada observados em Moçambique foram superiores aos de Goiás, entre 30% e 35% da área territorial do país queimaram anualmente. Também se observou durante o período avaliado uma alternância entre os períodos de maior e menor queima em Moçambique, um regime cíclico, porém com intervalos um pouco maiores, com variações de 2 em 2 anos aproximadamente.

Em termos globais o continente africano é um dos mais afetados por eventos de queima, com índices superiores aos da América do Sul, que também apresenta registros de queima consideráveis (Andela et al., 2019; Giglio et al., 2006; Giglio et al., 2018). Moçambique está entre os países mais acometidos pelo fogo na porção sul do continente africano (Chuvieco et al., 2018). O uso do fogo para manejo de pastagens é um dos responsáveis pelo alto registro de queimadas na região da África Subsaariana (Lauk e Erb, 2009). No Brasil o regime do fogo sofre influência de uma série de fatores, dentre os quais: tipo de uso e cobertura da terra, condições climáticas, técnicas de agricultura e práticas de recreação (Pivello et al., 2021).

Em Goiás, mais de 75% do estado não teve presença do fogo no período analisado, cerca de 13% apresentaram áreas que queimaram apenas uma vez, e 5% áreas que queimaram duas vezes. Apenas 6% do estado queimou mais de duas vezes entre 2010 e 2019, e foram inexpressivas as áreas com recorrência superior a 4 vezes. Os eventos de queimada foram mais recorrentes na porção norte e nordeste do estado e em algumas porções do Sudoeste. Nas outras partes do território predominam áreas que não sofreram eventos de queima nos últimos 10 anos, ou que queimaram apenas uma vez (Figura 3).

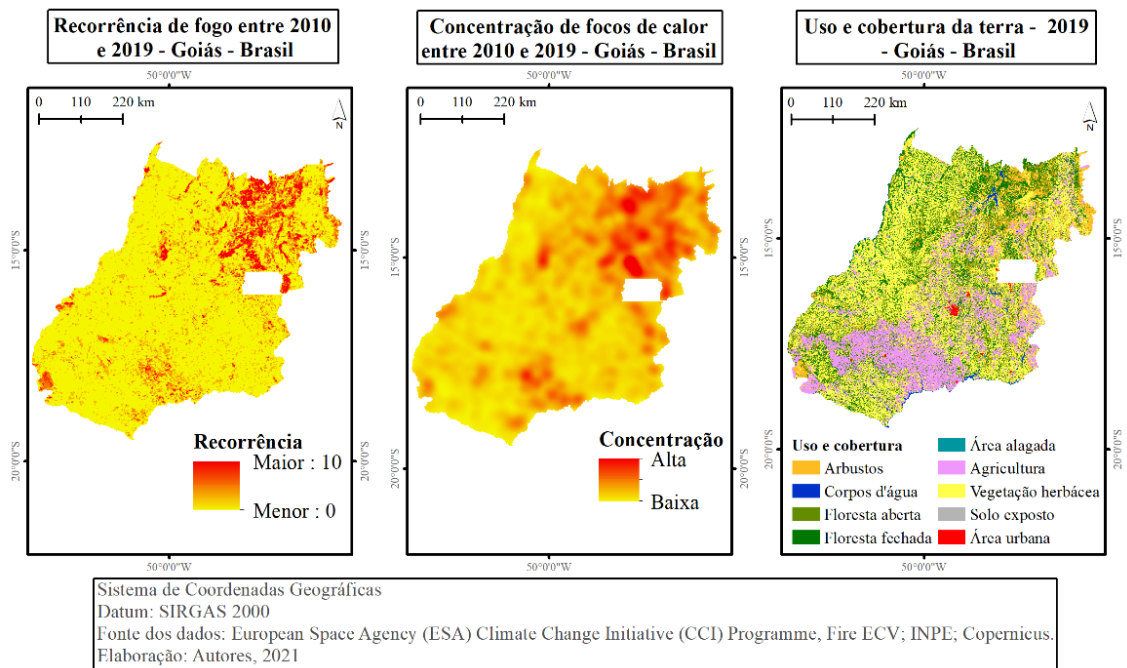


Figura 3. Recorrência de áreas queimadas e concentração de focos de calor de 2010 a 2019, e uso e cobertura da terra de 2019 em Goiás. Elaboração: autores, 2021.

Em uma faixa do sudeste do estado observa-se uma maior recorrência de eventos de queima, assim como concentração de focos de calor. Ao compararmos com o mapeamento de uso e cobertura do estado de Goiás, elaborado pelo projeto Mapbiomas (2021), notamos que essa área de maior concentração de queimadas coincide com a de localização de áreas de cultivo de cana de açúcar, cuja queima controlada pode ser realizada no estado mediante solicitação de autorização à Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD (GOIÁS 2020, 2021).

Em Moçambique, os percentuais de área queimada foram superiores aos de Goiás, menos de 30% da área total do país não sofreu ocorrência de fogo nos últimos 10 anos. Ao todo, quase metade da área de Moçambique teve registro de recorrência de queimadas superior a 2, e 3,4% queimou todos os anos avaliados (Figura 4).

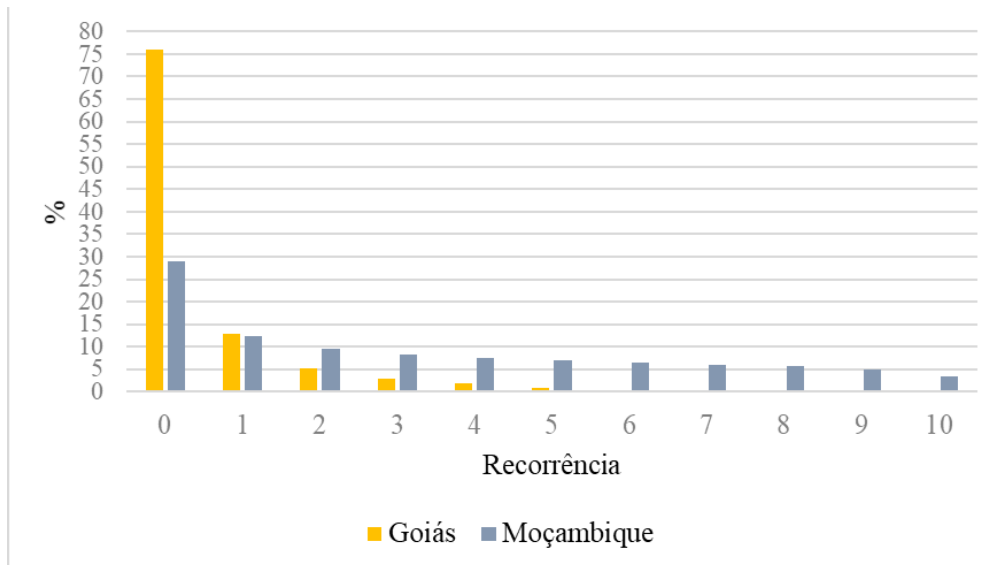


Figura 4. Recorrência (número de vezes que queimou) de áreas queimadas em Goiás e Moçambique entre 2010 e 2019. Elaboração: autores, 2021.

Identificou-se a maior recorrência do fogo na porção centro-norte do país, e certa concentração de focos em seu extremo sul (Figura 5). De maneira geral, as regiões de savana africana são densamente acometidas por eventos de queima (Dwyer et al. 2000), e Moçambique ficou entre os três países com maior atividade do fogo na África Austral entre 2001 e 2008 (Archibald et al. 2010). De acordo com Nhongo et al. (2019), o vigor da vegetação, a temperatura do ar e a precipitação são variáveis intrinsecamente associadas a ocorrência do fogo, com a redução do vigor da vegetação e aumento da biomassa acumulada há aumento da do risco de fogo. Além destes fatores naturais, está presente a influência de fatores antrópicos na África Austral, muitas atividades de subsistência ainda envolvem o uso do fogo (Shaffer 2010).

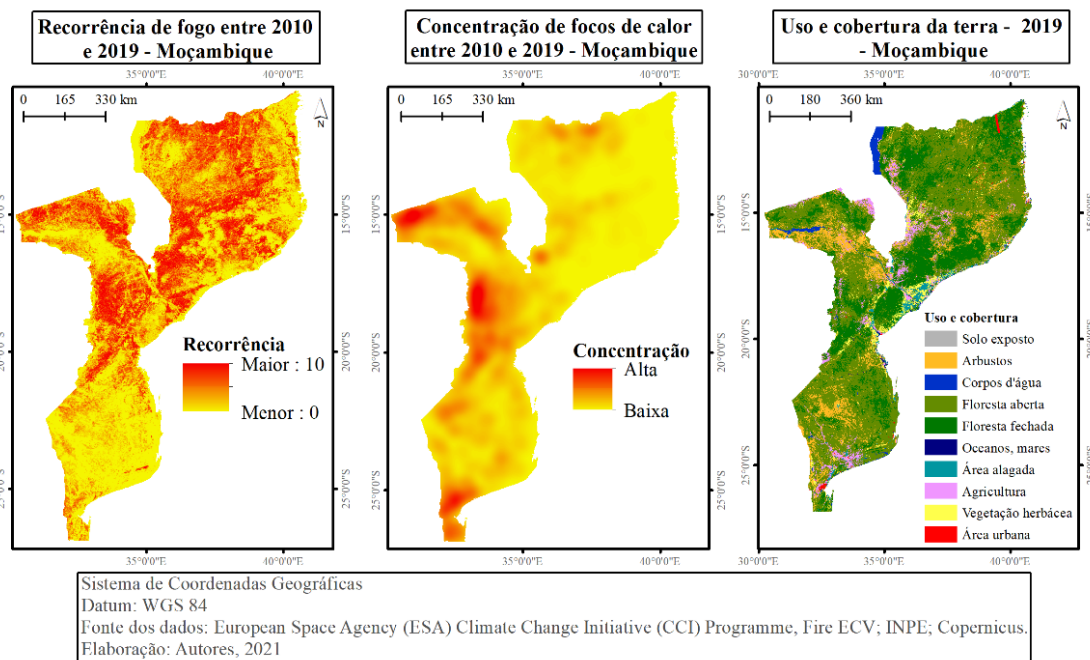


Figura 5. Recorrência de áreas queimadas e concentração de focos de calor de 2010 a 2019, e uso e cobertura da terra de 2019 em Moçambique. Elaboração: autores, 2021.

O tipo de cobertura que predomina em Goiás é a de vegetação do tipo herbácea, seguida pela cultura manejada (agricultura), classes que, juntamente com a de arbustos, são as mais acometidas por eventos de fogo no estado. Porém, quando avaliamos o percentual de queima em relação a área total de cada classe de uso e cobertura, notamos que são as vegetações do tipo arbustivas, seguidas pelas florestas fechadas e florestas abertas as mais afetadas pelas queimadas. As classes de área urbana e vegetação herbácea são as menos atingidas.

Chama a atenção que, embora a classe de vegetação herbácea seja predominante no estado, foi a com segundo menor percentual de área queimada nos últimos anos. Ao observar outros mapas de uso, nota-se que esta classe está associada às pastagens, tipo de uso que ocupava em 2020 aproximadamente 40% da área do estado de Goiás (Mapbiomas, 2021). Já as classes de floresta, embora juntas cubram menos de 30% do estado, tiveram cerca de 55% de sua área queimada nos últimos 10 anos.

A porção do estado de Goiás em que a cobertura natural está mais conservada é a nordeste, e que abriga uma série de áreas protegidas, tais como a Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho e o Parque Nacional da Chapa dos Veadeiros, além do Território Quilombola Kalunga e a Terra Indígena Avá-Canoeiro. O nordeste goiano é também a porção do estado mais acometida pelo fogo durante o período analisado. No Cerrado as áreas protegidas sofrem eventos de queima com certa frequência, o que pode estar atrelado a presença de mais remanescentes de vegetação nativa, que configuram mais biomassa disponível, além da prática de pastoreio em pastagens naturais e conflitos de terra (U. Oliveira et al. 2022). No Parque Nacional da Chapa dos Veadeiros, por exemplo, foram verificadas dentre as principais causas para ocorrência de

incêndios: as queimadas de origem desconhecida e criminosa, renovação de pastagem e raios (Fiedler, Merlo, e Medeiros 2006).

Em Moçambique predomina a classe de floresta aberta, que ocupa mais de 50% do país, seguida pela de floresta fechada, e são estas as que mais queimam em nível nacional. Por outro lado, em relação ao percentual de área queimada de cada tipo de uso e cobertura, a vegetação herbácea, que corresponde a pouco mais de 3% da área territorial do país, registrou maior área queimada, seguida pela de floresta fechada, floresta aberta e arbustos. A classe que menos queimou nos últimos 10 anos foi a de solo exposto (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual de área total queimada entre 2010 e 2019 de cada classe de uso e cobertura de Goiás e Moçambique. Elaboração: autores, 2021.

Classe de uso e cobertura	% tipo de uso e cobertura em relação à área total		% área queimada em relação a área total do tipo de uso e cobertura		% área queimada em relação a área total queimada	
	Goiás	Moçambique	Goiás	Moçambique	Goiás	Moçambique
Arbustos	8,16	9,85	63,11	70,46	21,43	9,79
Vegetação herbácea	43,50	3,29	15,17	90,67	27,43	4,20
Vegetação cultivada e manejada (agricultura)	18,94	4,50	23,53	54,55	18,53	3,46
Área urbana	0,45	0,38	9,07	23,84	0,17	0,13
Vegetação nua, esparsa, solo exposto	0,01	0,01	16,58	8,36	0,00	0,00
Pantanal herbáceo, área alagada	0,38	1,66	16,38	54,65	0,26	1,28
Floresta fechada	13,33	23,91	28,28	74,50	15,68	25,12
Floresta aberta	14,54	54,81	26,90	72,37	16,26	55,94

Oliveira (2020) observou que o Miombo é acometido por mais eventos de queima do que o Cerrado, embora o primeiro esteja com sua cobertura de vegetação natural mais preservada. O intervalo de retorno do fogo (*fire return interval* - FRI) é influenciada pela quantidade de vegetação herbácea presente no ecossistema, o que pode ser uma das explicações da frequência de queima das savanas africanas (Chuvieco et al., 2021). Andela et al. (2019) constaram que a baixa presença de incêndios de grandes proporções na América do Norte e do Sul entre 2003 e 2016, em comparação com outras regiões, pode ser justificado pelas práticas de manejo nessas regiões, caracterizadas por paisagens fragmentadas e políticas de supressão de incêndios.

Ressalta-se que não há uma relação simples e direta entre ocorrência e frequência do fogo e a biodiversidade no contexto savânico, tanto no Miombo em Moçambique e Cerrado no Brasil, uma vez que embora o fogo seja um componente ecológico importante, a diversidade nas savanas também é influenciada por diversos outros fatores, tais como: clima, interação entre plantas e animais, tipo de solo, pluviosidade, relevo, entre outros (Arruda et al., 2018; Bond et al., 2003; Simon et al., 2009).

4. Considerações Finais

Nas duas savanas objeto de estudo, nota-se que o fogo está presente anualmente, porém em frequências e proporções distintas. Ademais, em ambas as áreas não há uma tendência temporal clara na atividade do fogo, nota-se que há certa alternância entre anos de queima mais intensa e de menor, mas sem um padrão preciso.

Enquanto em Goiás os eventos de queima atingem um percentual menor do estado e os níveis de recorrência são consideravelmente baixos, em Moçambique cerca de 30% do país queima anualmente, e os patamares de recorrência são maiores. O que pode estar por trás dessas diferenças são fatores relacionados as especificidades do Cerrado goiano e do Miombo moçambicano. Em Moçambique o fogo ainda é utilizado como meio de manejo de atividades agropastoris. Em Goiás predominam usos da terra em que o fogo já não é mais tão conveniente, além da presença de políticas de contenção de incêndios.

Moçambique encontra-se com sua vegetação natural mais conservada do que Goiás. É interessante salientar que nos dois recortes, são as classes correspondentes a vegetação natural as que mais queimam.

Os resultados apresentados possibilitam uma melhor compreensão a respeito do regime do fogo em diferentes savanas, e podem contribuir para discussões a esse respeito, motivando pesquisas com vistas a maiores esclarecimentos. Além disso, as informações apresentadas podem ser utilizadas como instrumento para elaboração de programas e políticas de controle e monitoramento dos eventos de queima, por parte dos setores envolvidos.

Referencias

Alves, R. N. B.; Modesto Junior, M. S., 2011. Roça sem fogo: alternativa agroecológica para a agricultura familiar. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental.

Andela, N.; Morton, D. C.; Giglio, L.; Paugam, R.; Chen, Y.; Hantson, S.; Van Der Werf, G. R.; Anderson, J. T., 2019. “The Global Fire Atlas of individual fire size, duration, speed and direction”. *Earth System Science Data* 11 (2): 529–52. <https://doi.org/10.5194/essd-11-529-2019>.

Archibald, S., R. J. Scholes, D. P. Roy, G. Roberts, e L. Boschetti., 2010. “Southern African fire regimes as revealed by remote sensing”. *International Journal of Wildland Fire* 19 (7): 861–78. <https://doi.org/10.1071/WF10008>.

Arruda, F. V. D., Sousa, D. G. D., Teresa, F. B., Prado, V. H. M. D., Cunha, H. F. D., & Izzo, T. J., 2018. Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. *Biota Neotropica*, 18, e20170426. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0426>.

Bond, W. J., Midgley, G. F., & Woodward, F. I., 2003. What controls South African vegetation—climate or fire?. *South African Journal of Botany*, 69(1), 79-91. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30362-8](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30362-8).

Bond, W. J., 2008. “What limits trees in C4 grasslands and savannas?” *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 641–59.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173411>.

Bowman, D., 2018. “Wildfire science is at a loss for comprehensive data”. *Nature* 560 (7716): 7. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05840-4>.

Bowman, D. M.J.S.; Balch, J.; Artaxo, P.; Bond, W. J.; Cochrane, M. A.; D’antonio, C. M.; Defries, R.; Johnston, F. H.; Keeley, J. E.; Krawchuk, M. A.; Kull, C. A.; Mack, M.; Moritz, M. A.; Pyne, S.; Roos, C. I.; Scott, A. C.; Sodhi, N. S.; Swetnam, T. W. 2011. “The human dimension of fire regimes on Earth”. *Journal of Biogeography* 38 (12): 2223–36. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>.

Bowman, D. M.J.S.; Balch, J. K.; Artaxo, P.; Bond, W. J.; Carlson, J. M.; Cochrane, M. A.; D’antonio, C. M.; Defries, R. S.; Doyle, J.C.; Harrison, S. P.; Johnston, F. H.; Keeley, J. E.; Krawchuk, M. A.; Kull, C. A.; Marston, J. B.; Moritz, M. A.; Prentice, I. C.; Roos, C. I.; Scott, A. C.; ... Pyne, S. J., 2009. “Fire in the earth system”. *Science* 324 (5926): 481–84. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>.

Bowman, D.; Williamson, G.; Yebra, M.; Lizundia-Loiola, J.; Pettinari, M. L.; Shah, S.; Bradstock, R.; Chuvieco, E., 2020. “Wildfires: Australia needs a national monitoring agency”. *Nature* 584: 188–91.

Buchhorn, M.; Smets, B.; Bertels, L.; De Roo, B.; Lesiv, M.; Tsendbazar, N.E.; Linlin, L.; Tarko, A., 2020. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Product User Manua. Copernicus Global Land Service. Zenodo, Geneve, Switzerland: Copernicus Global Land Operations. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3938963>.PU.

Buchhorn, M.; Lesiv, M.; Tsendbazar, N. E.; Herold, M.; Bertels, L.; Smets, B. 2020. “Copernicus global land cover layers-collection 2”. *Remote Sensing* 12 (6): 1–14. <https://doi.org/10.3390/rs12061044>.

Chuvieco, E.; Pettinari, M.L.; Lizundia-Loiola, J.; Storm, T.; Parellada, M. P., 2018. “ESA Fire Climate Change Initiative (Fire_cci): MODIS Fire_cci Burned Area Pixel product, version 5.1. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire_cci): MODIS Fire_cci Burned Area Pixel product, version 5.1.” Centre for Environmental Data Analysis. 2018. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5285/58f00d8814064b79a0c49662ad3af537>.

Chuvieco, E.; Lizundia-Loiola, J.; Lucrecia Pettinari, M.; Ramo, R.; Padilla, M.; Tansey, K.; Mouillot, F.; Laurent, P.; Storm, T.; Heil, A.; Plummer, S., 2018. “Generation and analysis of a new global burned area product based on MODIS 250 m reflectance bands and thermal anomalies”. *Earth System Science Data* 10 (4): 2015–31. <https://doi.org/10.5194/essd-10-2015-2018>.

Chuvieco, E.; Mouillot, F.; Van Der Werf, G. R.; San Miguel, J.; Tanasse, M.; Koutsias, N.; García, M.; Yebra, M.; Padilla, M.; Gitas, I.; Heil, A.; Hawbaker, T. J.; Giglio, L., 2019a. “Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation”. *Remote Sensing of Environment* 225 (March): 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.013>.

Chuvieco, E.; Pettinari, M. L.; Koutsias, N.; Forkel, M.; Hantson, S.; Turco, M., 2021. “Human and climate drivers of global biomass burning variability”. *Science of the Total Environment* 779: 146361. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146361>.

Cole, M. M., 1986. *The savannas; biogeography and geobotany*. Academic Press. London; Orlando.

Cunha, A. P. M. A.; Zeri, M.; Leal, K. D.; Costa, L.; Cuartas, L. A.; Marengo, J. A.; Tomasella, J.; Vieira, R. M.; Barbosa, A. A.; Cunningham, C.; Garcia, J. V. C.; Broedel, E.; Alvalá, R.; Ribeiro-Neto, G., 2019. “Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019”. *Atmosphere* 10 (11). <https://doi.org/10.3390/atmos10110642>.

Cwffis. 2021. “National Wildland Fire Situation Reports”. Canadian Interagency Forest Fire Centre. (Accessed November 15, 2021) at: <https://cwffis.cfs.nrcan.gc.ca/report>.

Dwyer, E.; Pereira, J. M. C.; Grégoire, J. M.; Dacamara, C. C., 2000. “Characterization of the spatio-temporal patterns of global fire activity using satellite imagery for the period April 1992 to March 1993”. *Journal of Biogeography* 27 (1): 57–69. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00339.x>.

EMBRAPA. 2000. “Alternativas para a prática das queimadas na agricultura”. Embrapa. 2000. www.preveqmd.cnpem.embrapa.br/cartilha.htm.

Fiedler, N. C.; Merlo, D. A.; Medeiros, M. B., 2006. “Ocorrência de Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás”. *Ciência Florestal*, 2006.

França, H.; Neto, M. B. R.; Setzer, A., 2007a. *O Fogo no Parque Nacional das Emas*. MMA. Série Biod. Vol. 27. Brasília - DF: MMA.

Giglio, L., Van der Werf, G. R.; Randerson, J. T.; Collatz, G. J.; Kasibhatla, P., 2006. “Global estimation of burned area using MODIS active fire observations”. *Atmospheric Chemistry and Physics* 6 (4): 957–74. <https://doi.org/10.5194/acp-6-957-2006>.

Giglio, L.; Boschetti, L.; Roy, D. P.; Humber, M. L.; Justice, C. O., 2018. “The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product”. *Remote Sensing of Environment* 217 (March): 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>.

GOIÁS. 2020. Instrução Normativa nº 3 de 2020. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Brasil. (Accessed November 10, 2021) at: <https://diariooficial.abc.go.gov.br>.

———. 2021. Instrução Normativa nº 11 de 2021. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Brasil. (Accessed November 10, 2021) at: <https://diariooficial.abc.go.gov.br/>.

Google Earth Engine. 2019. “Google Earth Engine”. (Accessed October 10, 2018) at: <https://earthengine.google.com>.

Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R., 2017. “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone”. *Remote Sensing of Environment* 202: 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

Hardesty, J.; Myers, R.; Fulks, W., 2005. “Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue”. *Fire Management* 22 (4): 78–87.

Hofmann, G. S.; Cardoso, M. F.; Alves, R. J.V.; Weber, E. J.; Barbosa, A. A.; De Toledo, P. M.; Pontual, F. B.; Salles, L. De O.; Hasenack, H.; Cordeiro, J. L.P.; Aquino, F. E.; De Oliveira, L. F.B., 2021. “The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier”. *Global Change Biology* 27 (17): 4060–73. <https://doi.org/10.1111/gcb.15712>.

INPE. 2020. “Banco de Dados de queimadas”. INPE. (Accessed November 12, 2020) at: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>.

- IPCC. 2021. “Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen”]. Cambridge University Press, n° In Press: 3949. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf.
- Jolly, W. M.; Cochrane, M. A.; Freeborn, P. H.; Holden, Z. A.; Brown, T. J.; Williamson, G. J.; Bowman, D. M.J.S., 2015. “Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013”. *Nature Communications* 6 (May): 1–11. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>.
- Kelly, L. T.; Brotons, L., 2017. “Using fire to promote biodiversity”. *Science* 355 (6331): 1264–65. <https://doi.org/10.1126/science.aam7672>.
- Lauk, C.; Erb, K-H., 2009. “Biomass consumed in anthropogenic vegetation fires: Global patterns and processes”. *Ecological Economics* 69 (2): 328–34. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06.025>.
- Lehmann, C. E.R.; Anderson, T. M.; Sankaran, M.; Higgins, S. I.; Archibald, S.; Hoffmann, W. A.; Hanan, N. P.; Williams, R. J.; Fensham, R. J.; Felfili, J.; Hutley, L.B.; Ratnam, J.; San Jose, J.; Montes, R.; Franklin, D; Russell-Smith, J.; Ryan, C. M.; Durigan, G.; Hiernaux, P.; ... Bond, W. J., 2014. “Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents”. *Science* 343 (6170): 548–52. <https://doi.org/10.1126/science.1247355>.
- Lehmann, C. E.R.; Archibald, S. A.; Hoffmann, W. A.; Bond, W. J. 2011. “Deciphering the distribution of the savanna biome”. *New Phytologist* 191 (1): 197–209. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03689.x>.
- MAPBIOMAS. 2021. “Projeto MapBiomias – Coleção [6] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil”. (Accessed November 15, 2020) at: <http://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>.
- Miranda, E. E., 2001. “Alternativas para a prática das queimadas na agricultura brasileira”. In *Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Simpósio Latino Americano de Controle de Incêndios Florestais, 2.; Reunião Técnica Conjunta IPEF/FUPEF/SIF de Controle de Incêndios Florestais. Vol. 6. Piracicaba: IPEF.
- Moritz, M. A.; Batllori, E.; Bradstock, R. A.; Gill, A. M.; Handmer, J.; Hessburg, P. F.; Leonard, J.; Mccaffrey, S.; Odion, D. C.; Schoennagel, T.; Syphard, A. D., 2014. “Learning to coexist with wildfire”. *Nature* 515 (7525): 58–66. <https://doi.org/10.1038/nature13946>.
- NASA. 2021. “Fires Rage in Turkey”. NASA Earth Observatory. (Accessed November 19, 2021) at: <https://www.earthobservatory.nasa.gov/images/148650/fires-rage-in-turkey>.
- Nhongo, E. J. S.; Fontana, D. C.; Guasselli, L. A.; Bremm, C., 2019. “Probabilistic modelling of wildfire occurrence based on logistic regression, Niassa Reserve, Mozambique”. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 10 (1): 1772–92. <https://doi.org/10.1080/19475705.2019.1615559>.
- Nieman, W. A.; van Wilgen, B. W.; Leslie, A. J., 2021. “A reconstruction of the recent fire regimes of Majete Wildlife Reserve, Malawi, using remote sensing”. *Fire Ecology* 17 (1). <https://doi.org/10.1186/s42408-021-00122-3>.
- Oliveira, U.; Soares-Filho, B.; Bustamante, M.; Gomes, L.; Ometto, J. P.; Rajão, R., 2022. “Determinants of Fire Impact in the Brazilian Biomes”. *Frontiers in Forests and Global Change* 5 (March). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.735017>.

Oliveira, W. N., 2020. “A ocupação de áreas savânicas no Brasil e Moçambique”. Universidade Federal de Goiás.

Padilla, M.; Stehman, S. V.; Chuvieco, E., 2014. “Validation of the 2008 MODIS-MCD45 global burned area product using stratified random sampling”. *Remote Sensing of Environment* 144: 187–96. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.008>.

Pettinari, M. L.; Lizundia-Loiola, J.; Chuvieco, E., 2020. *ESA CCI ECV Fire Disturbance: D4.2 Product User Guide - MODIS, version 1.0*. 1.0. ESA CCI ECV Fire Disturbance. <https://www.esa-fire-cci.org/documents>.

Pinheiro, E. S.; Durigan, G., 2009. “Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil”. *Revista Brasileira de Botânica* 32 (3): 441–54. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042009000300005>.

Pinto, M. M.; Libonati, R.; Trigo, R. M.; Trigo, I. F.; Dacamara, C. C. A., 2020. “A deep learning approach for mapping and dating burned areas using temporal sequences of satellite images”. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 160 (July 2019): 260–74. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.12.014>.

Pivello, V. R.; Vieira, I.; Christianini, A. V.; Ribeiro, D. B.; Da Silva Menezes, L.; Berlinck, C. N.; Melo, F. P.L.; Marengo, J. A.; Tornquist, C. G.; Tomas, W. M.; Overbeck, G. E., 2021. “Understanding Brazil’s catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies”. *Perspectives in Ecology and Conservation* 19 (3): 233–55. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>.

Probert, J. R.; Parr, C. L.; Holdo, R. M.; Anderson, T. M.; Archibald, S.; Mustaphi, C. J. C.; Dobson, A. P.; Donaldson, J. E.; Hopcraft, G. C.; Hempson, G. P.; Morrison, T. A.; Beale, C. M., 2019. “Anthropogenic modifications to fire regimes in the wider Serengeti-Mara ecosystem”. *Global Change Biology* 25 (10): 3406–23. <https://doi.org/10.1111/gcb.14711>.

Ramo, R.; Roteta, E.; Bistinas, I.; Van Wees, D.; Bastarrika, A.; Chuvieco, E.; Van Der Werf, G. R., 2021. “African burned area and fire carbon emissions are strongly impacted by small fires undetected by coarse resolution satellite data”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (9): 1–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011160118>.

Randerson, J. T.; Chen, Y.; Van Der Werf, G. R.; Rogers, B. M.; Morton, D. C., 2012. “Global burned area and biomass burning emissions from small fires”. *Journal of Geophysical Research G: Biogeosciences* 117 (4). <https://doi.org/10.1029/2012JG002128>.

Ribeiro, I. O.; Andreoli, R. V.; Kayano, M. T.; Sousa, T. R.; Medeiros, A. S.; Godoi, R. H. M.; Godoi, A. F. L.; Duvoisin, S.; Martin, S. T.; Souza, R. A. F., 2018. “Biomass burning and carbon monoxide patterns in Brazil during the extreme drought years of 2005, 2010, and 2015”. *Environmental Pollution* 243: 1008–14. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.09.022>.

Rodrigues, J. A.; Libonati, R.; Pereira, A. A.; Nogueira, J. M. P.; Santos, F. L. M.; Peres, L. F.; Rosa, A. S.; Schroeder, W.; Pereira, J. M. C.; Giglio, L.; Trigo, I. F.; Setzer, A. W., 2019. “How well do global burned area products represent fire patterns in the Brazilian Savannas biome? An accuracy assessment of the MCD64 collections”. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 78 (February): 318–31. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.02.010>.

Sá, T. D. A.; Kato, O. R.; Carvalho, C. J. R.; Figueiredo, R. O., 2007. “Queimar ou não queimar?”. *Revista USP* 72: 90–97.

Shaffer, L. J., 2010. “Indigenous Fire Use to Manage Savanna Landscapes in Southern Mozambique”. *Fire Ecology*, 2010. <https://doi.org/10.4996/fireecolgy.0602043>.

Silva, P. S.; Bastos, A.; Libonati, R.; Rodrigues, J. A.; DaCamara, C. C., 2019. “Impacts of the 1.5 °C global warming target on future burned area in the Brazilian Cerrado”. *Forest Ecology and Management* 446 (May): 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.047>.

Silva, P. S.; Nogueira, J.; Rodrigues, J. A.; Santos, F. L. M.; Pereira, J. M. C.; DaCamara, C. C.; Daldegan, G. A.; Pereira, A. A.; Peres, L. F.; Schmidt, I. B.; Libonati, R., 2021. “Putting fire on the map of Brazilian savanna ecoregions”. *Journal of Environmental Management* 296 (February). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113098>.

Simon, M. F., Grether, R., de Queiroz, L. P., Skema, C., Pennington, R. T., & Hughes, C. E., 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(48), 20359-20364. <https://doi.org/10.1073/pnas.0903410106>.

Sodré, G. R. C.; Souza, E. B.; Oliveira, J. V.; Moraes, B. C., 2018. “Cálculo de risco e detecção de queimadas: uma análise na Amazônia Oriental”. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, nº 49: 1–14. <https://doi.org/10.5327/z2176-947820180345>.

Stevanim, L. F., 2020. “Pantanal em Cinzas: destruição provocada pelo fogo gera desequilíbrio ambiental e coloca em risco a saúde”. *RADIS*, nº 218: 10–19.

Venturieri, A.; Silva, J. F. S. K. C. P.; Moreira, L. F.; Alayon, M. N.; Souza, R. R.; Cardoso, T. M.; Lima, T. M.; Salim, A. C. F.; Chaves, B.; Belluzzo, A. P., 2013. “Dinâmica das queimadas no estado do Mato Grosso entre os anos de 2008 e 2010”. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu.

Werf, G. R. V. D.; Randerson, J. T.; Giglio, L.; Van Leeuwen, T. T.; Chen, Y.; Rogers, B. M.; Mu, M.; Van Marle, M. J.E.; Morton, D. C.; Collatz, G. J.; Yokelson, R. J.; Kasibhatla, P. S., 2017. “Global fire emissions estimates during 1997-2016”. *Earth System Science Data* 9 (2): 697–720. <https://doi.org/10.5194/essd-9-697-2017>.

Whelan, R. J., 2009. “The ecology of fire-developments since 1995 and outstanding questions”. *Proceedings of the Royal Society of Queensland* 115 (January 2009): 59–68.

CAPÍTULO 4 - Relação entre diferentes variáveis e a ocorrência do fogo em Moçambique e no estado de Goiás - Brasil

Introdução

O fogo ocorre em diversos ambientes e em um contexto de milhares de anos, influenciando a evolução biológica e biogeoquímica de alguns biomas. Apesar deste histórico, no presente os denominados “regimes contemporâneos do fogo” vem desencadeando uma série de danos, tais como distúrbios econômicos, destruição de infraestruturas, degradação de serviços ecossistêmicos, perda de vidas, contribuindo para uma visão negativa dos eventos de fogo (BOWMAN et al., 2011).

Em 2023 incêndios florestais de grandes proporções assolaram o Canadá e consumiram milhões de hectares (BBC, 2023), com uma série de perdas naturais e econômicas. No início de 2024 o estado brasileiro de Roraima sofreu com severos incêndios e registrou o maior número de focos de calor dos últimos 25 anos (OLIVEIRA; RUFINO, 2024).

Vale ressaltar aqui a diferença entre incêndios florestais e queimadas: queimadas são eventos em que o fogo ocorre de maneira controlada, sem atingir grandes proporções ou causar danos consideráveis, muitas vezes utilizadas para fins científicos ou de manejo de terras agrícolas; já os incêndios dizem respeito ao fogo descontrolado, que pode causar uma série impactos negativos (MPMT, 2020). A presente pesquisa não tem o intuito de realizar uma distinção entre os dois eventos, por este motivo utilizaremos a terminologia “eventos de fogo”, que engloba tanto queimadas como incêndios.

Os efeitos do fogo nos ambientes são duais, e isso vai depender de como e onde ele ocorre (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005), da proporção e intensidade alcançada. Não se trata de queimar ou não queimar, mas sim de uma variedade de condições que influenciarão o comportamento e o tipo do fogo, especialmente quando se trata de impactos sobre a vegetação (CHUVIECO et al., 2019). Apesar de muitas plantas terem desenvolvido características evolutivas adaptadas ao fogo nas áreas que sofrem com incêndios recorrentes (KEELEY et al., 2011), em ambientes mais sensíveis, até mesmo incêndios de baixa intensidade podem causar impactos biológicos severos (BOWMAN, 2018).

Fatores como quantidade de combustível presente no ambiente, questões climáticas e a ação humana tem importante papel na ocorrência de eventos de fogo. A

quantidade de acúmulo, umidade e disponibilidade de combustível disponível, associada a temperaturas mais secas, quentes e menos úmidas contribuem para a queima (JONES et al., 2022). A atividade humana também impacta na distribuição do fogo globalmente, seja com a utilização para manejo da terra ou promoção de ignições (HANTSON; PUEYO; CHUVIECO, 2015; JONES et al., 2022).

O aumento da temperatura do ar, ondas de calor e eventos de seca podem propiciar a ocorrência de eventos de fogo mais intensos (BERGSTROM et al., 2021; JOLLY et al., 2015). No Pacífico Noroeste – USA/Noroeste dos EUA, por exemplo, as condições climáticas vem controlando os regimes de incêndios ao longo do tempo, e projeções indicam que condições climáticas mais quentes e secas podem aumentar a severidade dos incêndios florestais, e que estas condições associadas a outros distúrbios como secas, estarão relacionadas com mudanças nos ecossistemas (HALOFSKY; PETERSON; HARVEY, 2020; WHITLOCK; SHAFER; MARLON, 2003). Na Austrália condições climáticas extremas contribuíram para o aumento dos incêndios entre 2019 e 2020 (BOWMAN; SHARPLES, 2023).

Coutinho (2010) destaca que distintos contextos ecológicos, econômicos e sociais estão relacionados a ocorrência do fogo. Para o manejo do fogo com avaliação de seus danos e benefícios é importante que haja um entendimento das diferentes culturas e tradições do uso do fogo nas diferentes paisagens (BOWMAN et al., 2011).

O presente estudo tem o intuito de averiguar como fatores antrópicos (uso da terra e quantitativo de população) e naturais (precipitação e combustível acumulado) podem estar relacionados a ocorrência de eventos do fogo em Moçambique e no estado de Goiás – Brasil, dois recortes espaciais que abrigam savanas, o Cerrado no Brasil, e o Miombo em Moçambique. As savanas são consideradas como ambientes em que o fogo desempenha certo papel em sua manutenção, os denominados ambientes influenciados pelo fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005). Logo é importante buscar compreender como distintas realidades podem vir a influenciar a ocorrência do fogo em diferentes contextos espaciais e culturais, e identificar semelhanças e diferenças, que possam vir a subsidiar uma gestão do fogo mais direcionada e efetiva. Conhecer como se dá a ocorrência do fogo é o primeiro passo para o seu devido entendimento e para ações de mitigação de impactos deletérios dos eventos descontrolados de queima.

Procedimentos Metodológicos

Recorte espacial

Para o presente estudo foram escolhidos dois recortes espaciais, Moçambique e Goiás, estado localizado na porção central de Brasil (Figura 1). Embora em continentes diferentes, o primeiro na África e o segundo na América do Sul, estão situados na mesma zona bio-climática, e abrigam savanas.

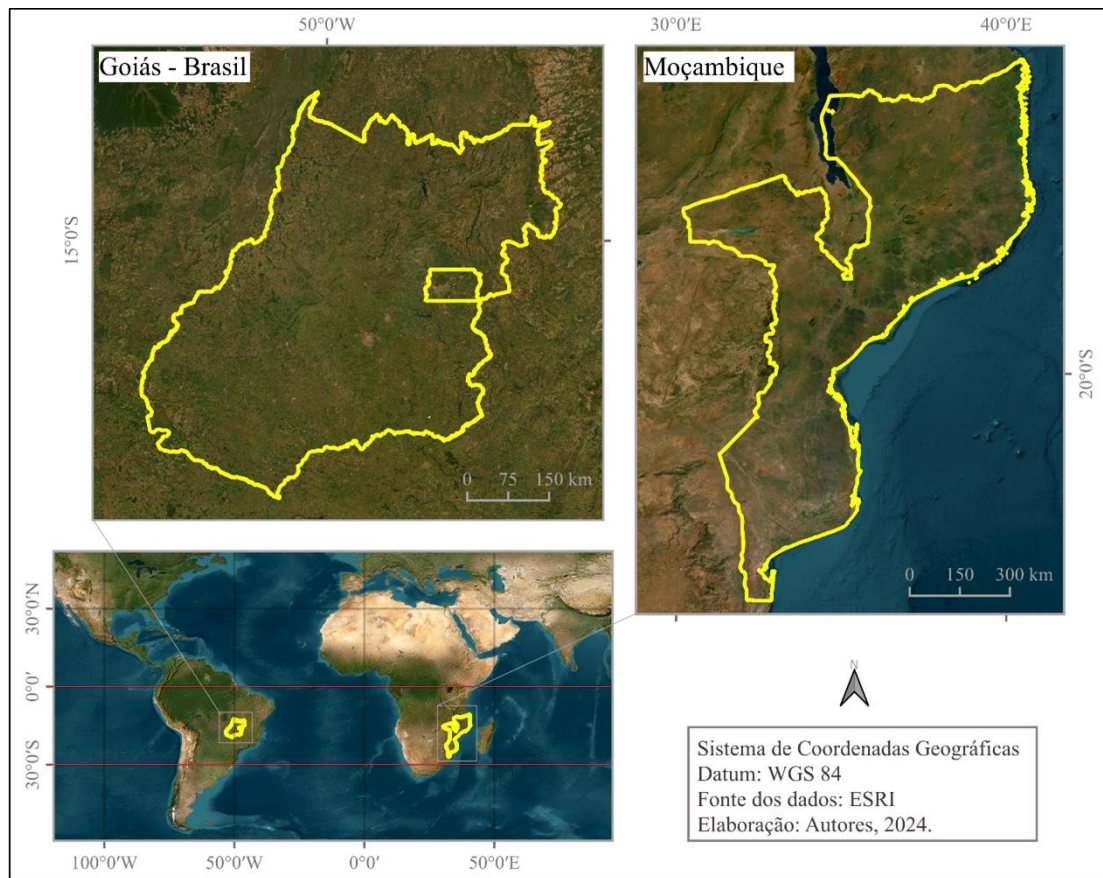


Figura 1. Localização das áreas de estudo.

O estado de Goiás possui uma área territorial de 340.242,859km², com uma população residente de 7.056.495 pessoas (2022) e um IDH de 0,737 em 2021 (IBGE, 2024). Em 2010 a população rural do estado já correspondia a menos de 10% do total de habitantes. No ciclo 2021/2022, o estado consolidou sua relevância no setor agropecuário, foi o terceiro entre os estados brasileiros na produção de grãos, com quinto maior Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) em 2022 (GOIÁS, 2023).

Goiás, localizado no Planalto Central do Brasil, com clima Tropical semiúmido, possui a maior parte do seu território coberto pelo Cerrado, o segundo maior bioma da América do Sul (CODEVASF, 2021). O Cerrado é um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade e figura dentre as savanas mais ricas do mundo no quesito de diversidade

biológica, ocupa cerca de 2 milhões de km² (MMA, [s.d.]), e abrange a porção central do território brasileiro.

O Miombo possui uma área aproximada de 4,5 milhões de km², e está localizado principalmente nos países: Angola, R.D. Congo, Zâmbia, Malauí, Zimbábue, Moçambique, Namíbia, Botsuana e África do Sul (GOEDERT; WAGNER; BARCELLOS, 2008).

Moçambique é um país da costa oriental da África Austral, com área de 801.590 km², e cerca de 27.909.798 habitantes (2017) (REPUBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2024), com mais de 60% da população rural (UN, 2022). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em 2021 era de 0,446, enquanto o do Brasil era de 0,754 (PNUD, 2022). A agricultura é a principal atividade econômica em Moçambique, responsável por 71% dos postos de trabalho, com maior representatividade dos pequenos agricultores na produção, responsáveis por 95% da produção agrícola do país (OCHA, 2023). Em 2022 os serviços e a agricultura contribuíram com 60% do crescimento econômico do país, além disso nesse período as exportações quase dobraram, com destaque para as de carvão, com um aumento de mais de 180% (WORLD BANK, 2023). Apesar do crescimento econômico, ainda há registro de muitos moçambicanos abaixo da linha de pobreza (REPUBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2024). Além disso, o país conta com disparidades regionais, as regiões centro e norte do país possuem taxas de pobreza mais elevadas, enquanto o Sul é mais desenvolvido (OCHA, 2023; REPUBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2024).

Do ponto de vista ambiental, é o país mais exposto e vulnerável a eventos climáticos e desastres naturais no continente africano, propensos a serem potencializados pelas mudanças climáticas (UN, 2022). Ocorrem com frequência cheias, secas e ciclones, causando danos a infraestruturas públicas e consequências para as comunidades rurais (OCHA, 2023). Projeções climáticas indicam uma tendência de aumento da temperatura anual no país, com variações substanciais espaciais e temporais da precipitação (MAVUME et al., 2021).

Levantamento de dados

Os dados foram levantados no *Earth Engine Data Catalog*, um catálogo de dados públicos do Google Earth Engine que concentra conjuntos de dados rasterizados locais, regionais e globais. Para esta pesquisa foram escolhidos dados de população, uso e cobertura da terra, área queimada, precipitação e imagens Landsat 9.

O dado de população selecionado foi o GPWv411: *Population Count (Gridded Population of the World Version 4.11)*, da NASA SEDAC, providos pelo Centro Internacional de Informações em Ciências da Terra (Center for International Earth Science Information Network). Consiste em um modelo da distribuição da população global, com resolução espacial aproximada de 1 km, obtidos por meio de resultados de censos populacionais (CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK (CIESIN), 2018).

O produto de tipos de cobertura da terra utilizado foi o MCD12Q1 versão 6.1 MODIS, disponibilizado pelo USGS EROS Center, e cuja fonte é a NASA LP DAAC. A resolução espacial é de 500 m, e o recorte temporal elegido foi do ano mais recente do mapeamento disponível na época deste estudo, ou seja 2022. Esse produto fornece dados globais anuais de tipos de cobertura da terra, com base na classificação supervisionada de dados de imagem de resolução moderada MODIS Terra e Aqua (SULLA-MENASHE; FRIEDL, 2022), e foi escolhido em virtude de apresentar dados mais recentes de uso e cobertura da terra e abranger ambos os recortes espaciais.

Optou-se por utilizar o dado de área queimada também do USGS EROS Center, NASA LP DAAC, o MCD64A1, versão 6.1. Este é um produto de área queimada mensal, global e com resolução espacial também de 500 m (GIGLIO et al., 2016). Para esta pesquisa o recorte temporal selecionado foi de 2019 a 2023. Este produto, assim como o de cobertura da terra, engloba os recortes espaciais propostos para o estudo, e conta com dados mensais, possibilitando um recorte temporal mais atualizado.

Para precipitação acumulada entre 2019 e 2023 utilizou-se o dado CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station), da UCSB/CHG. Trata-se de um conjunto de dados de precipitação diário, disponível desde 1981, em resolução espacial aproximada da 5566 m. Baseado na integração entre dados satelitários e de estações terrestres, oferece estimativas de precipitação diárias (FUNK et al., 2015).

As imagens Landsat 9, coleção 2, tier 1, foram utilizadas para elaboração do mapa de acúmulo de combustível. Para tal foram selecionadas cenas dos meses de julho a outubro de 2023, em virtude de serem os meses de período mais seco em ambos os recortes espaciais, com menor probabilidade de concentração de nuvens nas imagens.

Processamento

Os dados foram recortados para as áreas de estudo e selecionados para os períodos propostos na plataforma de processamento geoespacial baseado em nuvem *Google Earth*

Engine (GEE). O GEE é baseado na tecnologia computacional de nuvem que facilita o acesso a recursos computacionais de alta performance para processamento de grandes conjuntos de dados (GORELICK et al., 2017). O *Google Earth Engine* conta com um catálogo de vários *petabytes* de dados públicos, dentre eles series de mais de 30 anos de imagens obtidas por sensores instalados a bordo de diversos satélites (GOOGLE EARTH ENGINE, 2019).

Também nessa plataforma foi aplicada a metodologia proposta por (FRANKE et al., 2018) para mapeamento do acúmulo de combustível. Para tal foram utilizadas imagens satelitárias Landsat 9, bandas do visível (VIS): banda 2 (azul), banda 3 (verde), banda 4 (vermelho); banda do infravermelho próximo (NIR): banda 5; e bandas do infravermelho de onda curta (SWIR): banda 6 e banda 7. Foi aplicado a estas bandas via GEE o método de filtragem espectral combinada, o *Mixture Tuned Matched Filtering* (MTMF).

Os dados de área queimada entre 2019 e 2023 foram somadas, via processamento em nuvem, de forma a gerar o mapa de recorrência de áreas queimadas, ou seja, um dado de quantos anos determinada área queimou, com valores de 0 (áreas que não queimaram nem uma vez durante o período estudado) a 5 (áreas que queimaram todos os anos). Para os dados de precipitação foi aplicada uma metodologia semelhante, foi realizado um agrupamento dos dados de precipitação dos 5 anos analisados, o que gerou um mapa de precipitação acumulada, em mm.

Após estes processamentos iniciais, os dados *raster* foram trabalhados em programas computacionais para processamento de dados geográficos, com ferramentas para realização de operações que envolvem álgebra de mapas, modelagens e outras análises espaciais, o que possibilitou uma avaliação espaço-temporal dos dados e geração de mapas temáticos. Além de realização de alguns ajustes necessários, como checagem de número de pixels, composições coloridas, mosaico de imagens e extração via máscaras vetoriais.

Como o quantitativo de dados utilizados foi consideravelmente denso, optou-se por utilizar uma grade de pontos para extração das informações de pixel dos dados *raster* via amostragem. A distância entre os pontos foi obtida mediante testes, com vistas a obter pontos não tão esparsos, mas que fossem representativos dos dados mapeados. Por meio de procedimentos em SIG foi gerada uma grade de pontos de 0.07 graus de distanciamento.

O arquivo tabular gerado foi trabalhado em softwares de ambiente de linguagem de programação para gráficos e cálculos estatísticos, na figura do RStudio. Neste ambiente os dados foram processados e interpretados, com o intuito de averiguar se existe alguma relação entre a ocorrência do fogo e as variáveis: precipitação (Prec), população (Pop), vegetação seca (NDV) e vegetação verde (GV), para dois recortes espaciais: Goiás-BR e Moçambique.

Aplicou-se o teste de correlação de Pearson para averiguar possíveis relações lineares entre os dados de recorrência do fogo e as variáveis: precipitação (Prec), população (Pop), vegetação seca (NDV) e vegetação verde (GV). Também foram elaborados gráficos de dispersão para cada par de variáveis analisadas, com regressões lineares simples incorporadas para ilustrar as tendências observadas. Para uma investigação mais aprofundada das interações entre variáveis foi utilizado um modelo de regressão linear múltipla.

A figura 2 apresenta um resumo dos procedimentos metodológicos adotados.

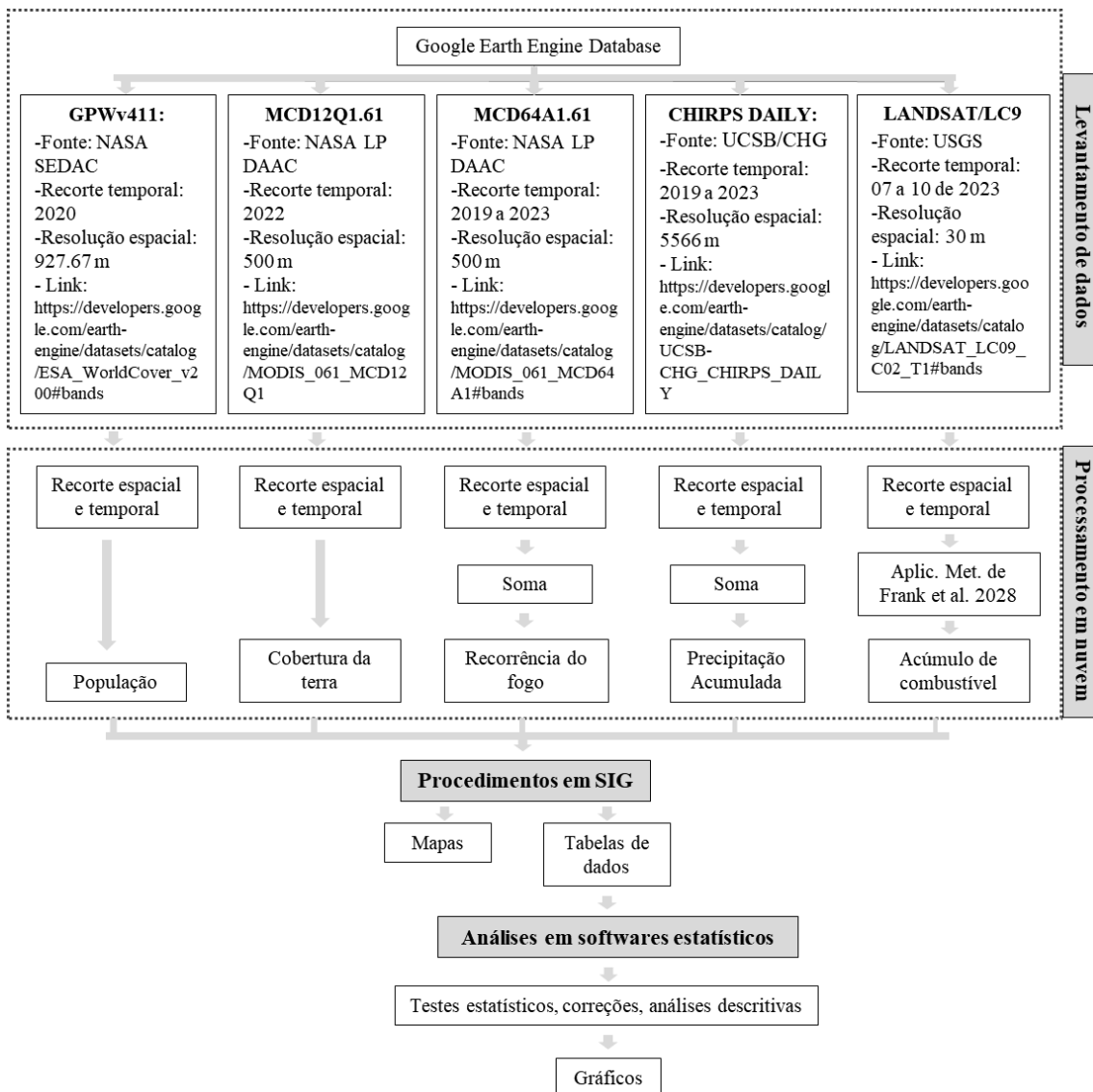


Figura 2. Resumo da metodologia adotada neste estudo.

Resultados

A porção sudeste de Goiás-BR concentrou a maior parte da precipitação entre 2019 e 2023, enquanto a nordeste a menor (Figura 3). Em relação a recorrência de área queimada, observa-se maior quantitativo também na porção nordeste do estado, e em alguns trechos do sul do estado, em especial nos coincidentes com áreas de plantio de cana de açúcar, assim como observado por (SANTOS et al., 2022). A maior concentração populacional em 2020 ocorreu na capital do estado e em seu entorno. As formações campestres predominam no estado, e incluem pastagens e campos naturais. Também se destacam áreas de cultivo, compostas por pelo menos 60% da área cultivada (SULLAMENASHE; FRIEDL, 2022).

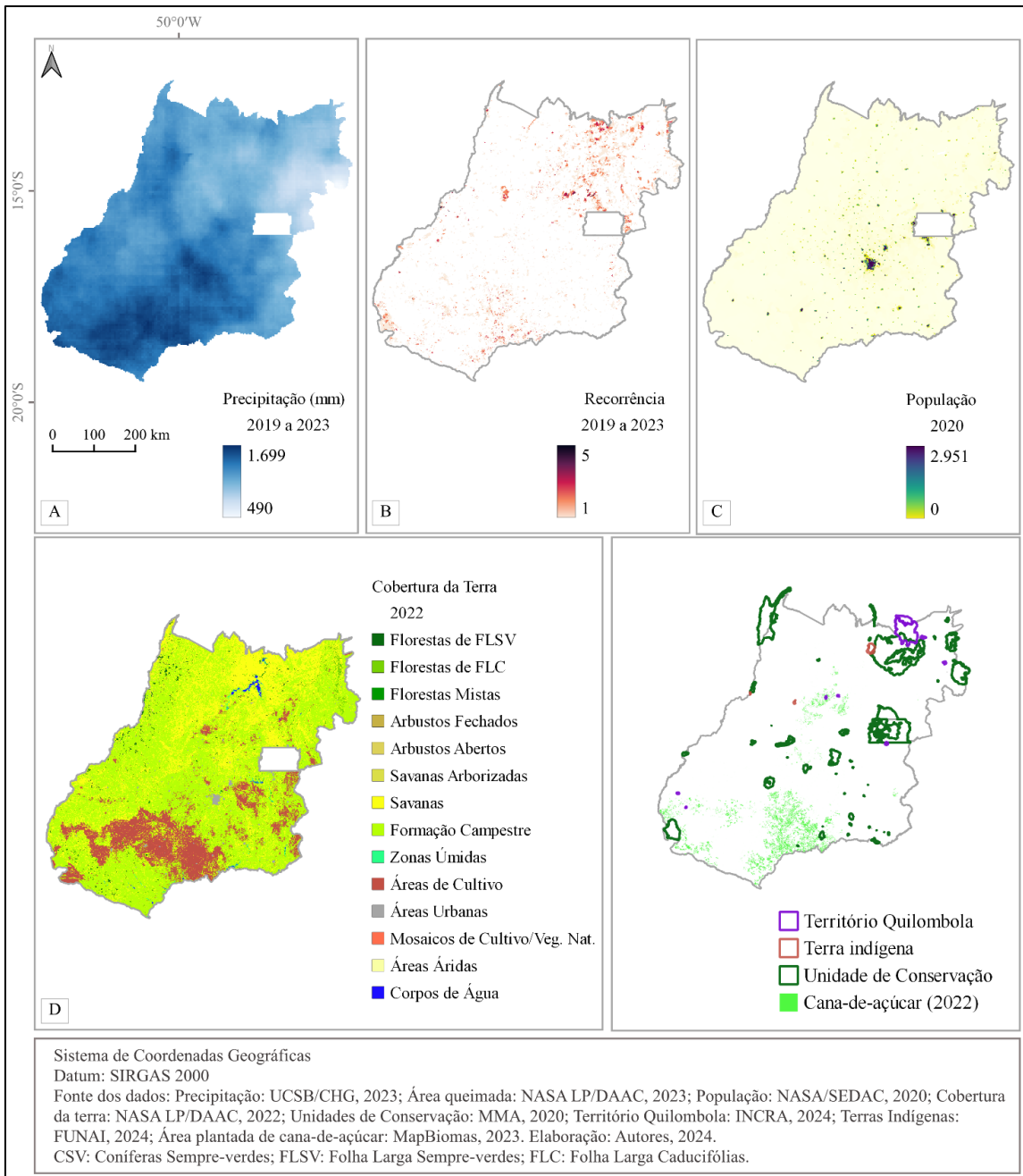


Figura 3. Estado de Goiás – Brasil: A) precipitação acumulada entre 2019 e 2023; B) recorrência do fogo entre 2019 e 2023; C) concentração populacional em 2020; D) cobertura da terra em 2022.

Em Moçambique nota-se maior precipitação acumulada nas porções central e noroeste do país. A recorrência da área queimada foi maior que no estado de Goiás, com presença de áreas que queimaram todos os anos entre 2019 e 2023. As maiores densidades populacionais concentraram-se na capital e suas proximidades, assim como observado em Goiás. Já no aspecto de cobertura da terra, as savanas abrangem significativa porção do território, presentes em quase toda a sua extensão, assim como formações campestres também se destacam, mas com predomínio ao sul. Áreas de cultivo não são tão

representativas, e estão presentes nas proximidades de corpos de água e dos centros urbanos (Figura 4).

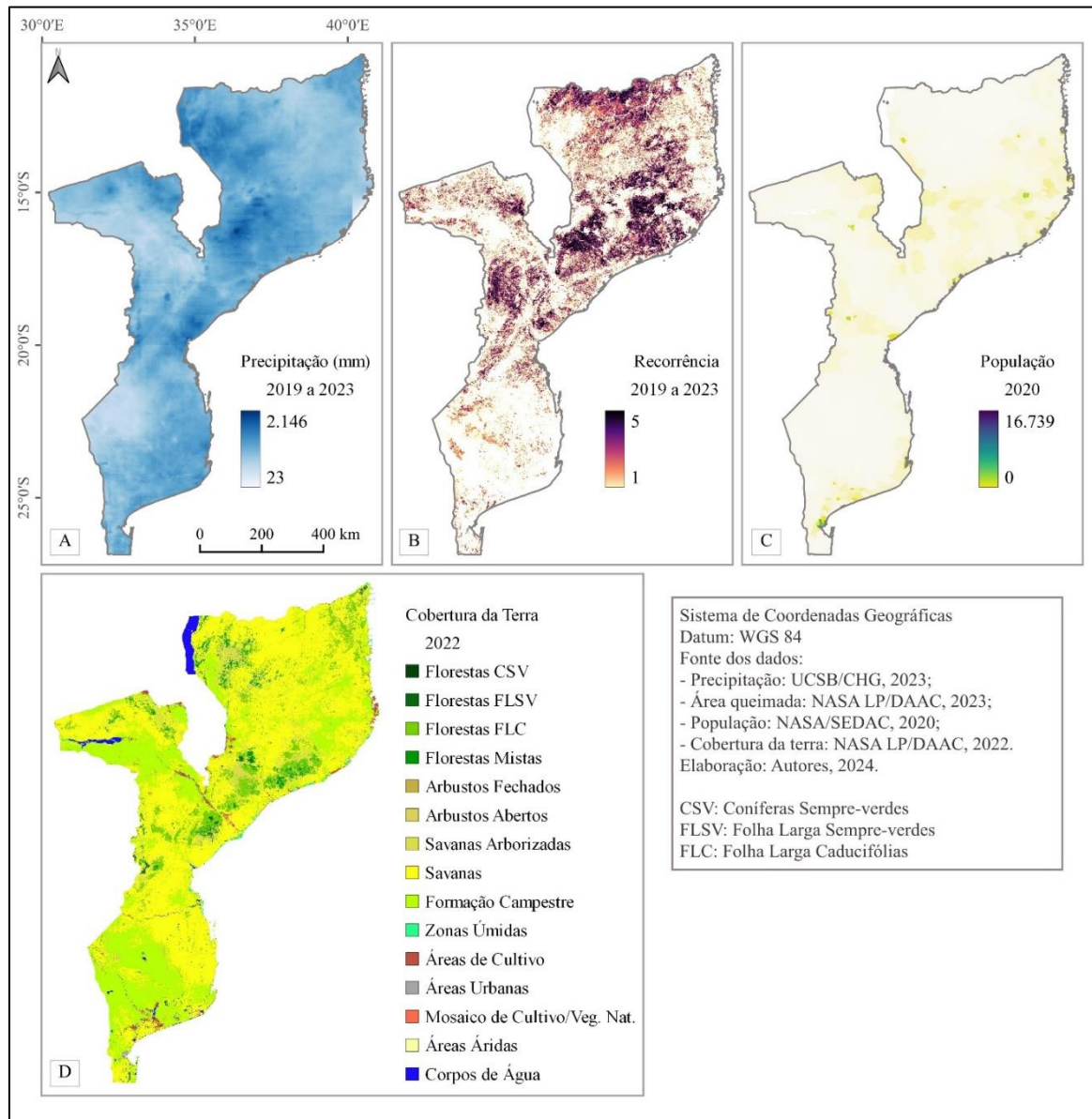


Figura 4. Moçambique: A) precipitação acumulada entre 2019 e 2023; B) recorrência do fogo entre 2019 e 2023; C) concentração populacional em 2020; D) cobertura da terra em 2022.

Em relação ao combustível acumulado, para o período de análise, a vegetação seca predominava em Goiás. As maiores quantidades de NDV foram observados ao nordeste do estado e áreas coincidentes com remanescentes de vegetação natural como Parque Nacional de Emas ao sul, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Território Kalunga ao norte, enquanto as áreas de GV eram pontuais (Figura 5).

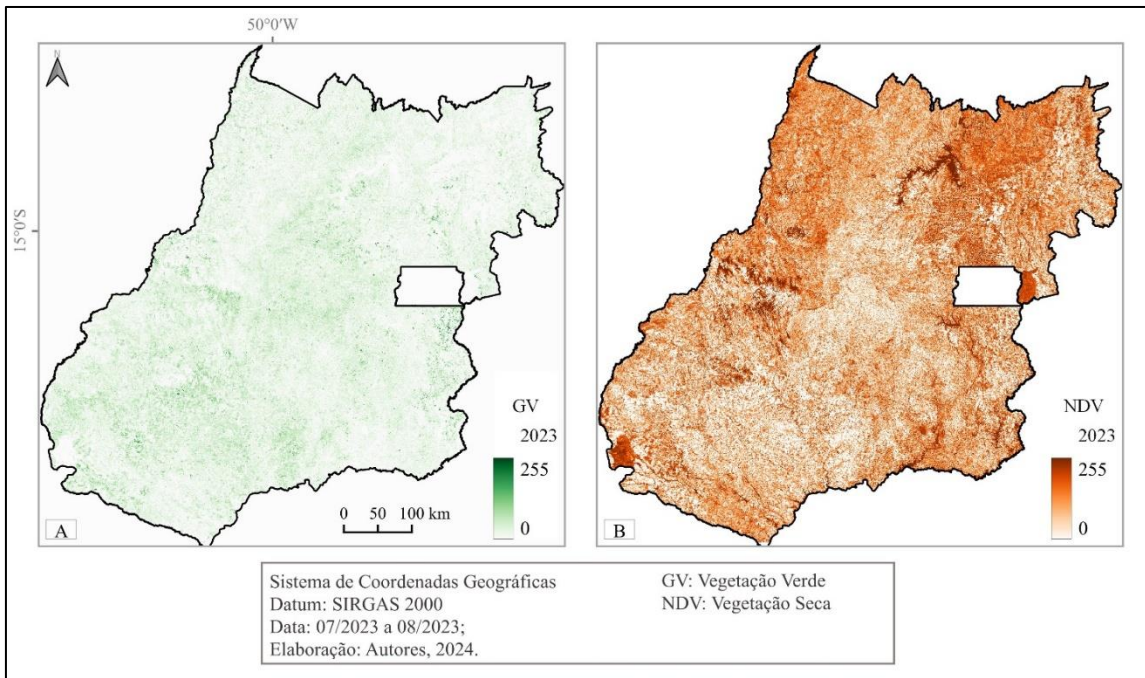


Figura 5. Combustível acumulado no estado de Goiás entre julho e agosto de 2023: A) Vegetação Verde (GV); B) Vegetação Seca (NDV).

Já em Moçambique, nota-se uma maior uniformidade ente GV e NDV, com maior presença de GV no extremo Sul. No geral não há tanto combustível seco acumulado disponível, e este distribui-se de maneira mais homogênea pelo território (Figura 6).

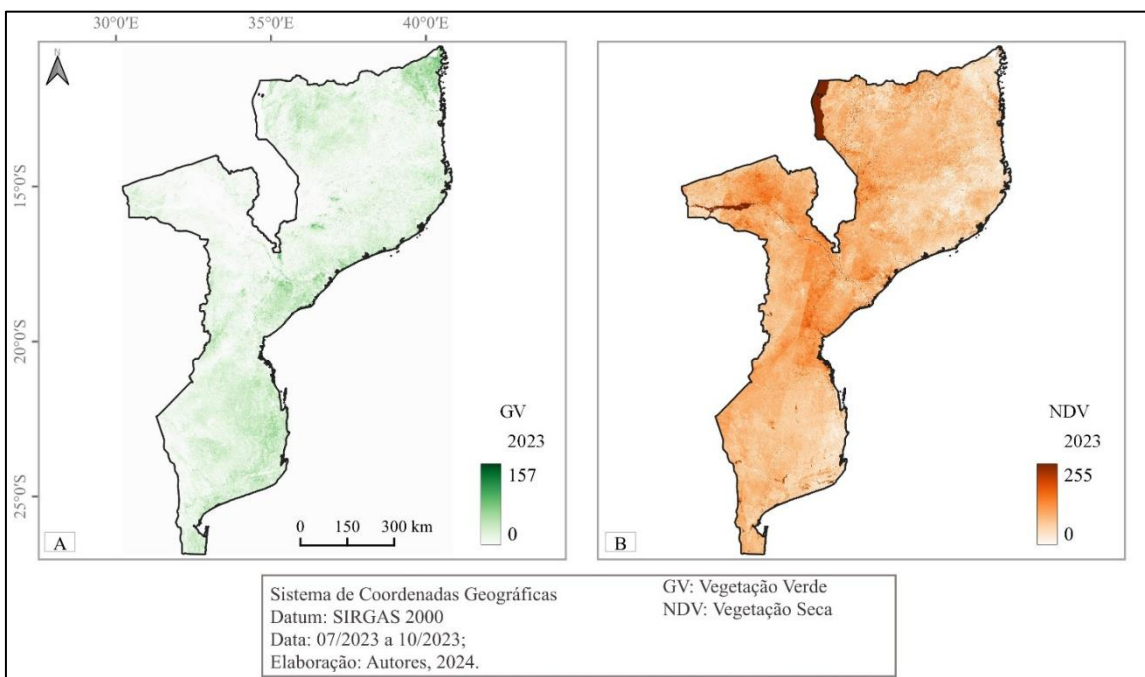


Figura 6. Combustível acumulado em Moçambique entre julho e outubro de 2023: A) Vegetação Verde (GV); B) Vegetação Seca (NDV).

Em Goiás as classes de cobertura da terra que sofrem com maior recorrência do fogo são as de formação campestre, savanas e áreas de cultivo, representadas no estado principalmente pela cana de açúcar cultivada. A Instrução Normativa SEMAD nº 11 de 2021 (GOIÁS, 2021) regulamentou o uso do fogo nas lavouras de cana-de-açúcar, dispondo que a queima controlada poderia ser realizada como corta-fogo para eliminar a palhada em determinada faixa ou talhão de maneira a prevenir incêndios, contra-fogo como estratégia de combate a incêndio, e método despalhador em áreas com declividade superior a 12%.

Não foi possível observar uma nítida relação entre precipitação acumulada e recorrência do fogo, porém, na classe de florestas de folha largas caducifólias, os pontos de maior recorrência do fogo concentraram-se nas taxas de precipitação entre 750 e 1000 mm, relativamente mais baixas, enquanto na classe de áreas cultivadas nota-se uma maior recorrência em taxas de precipitação maiores (Figura 7).

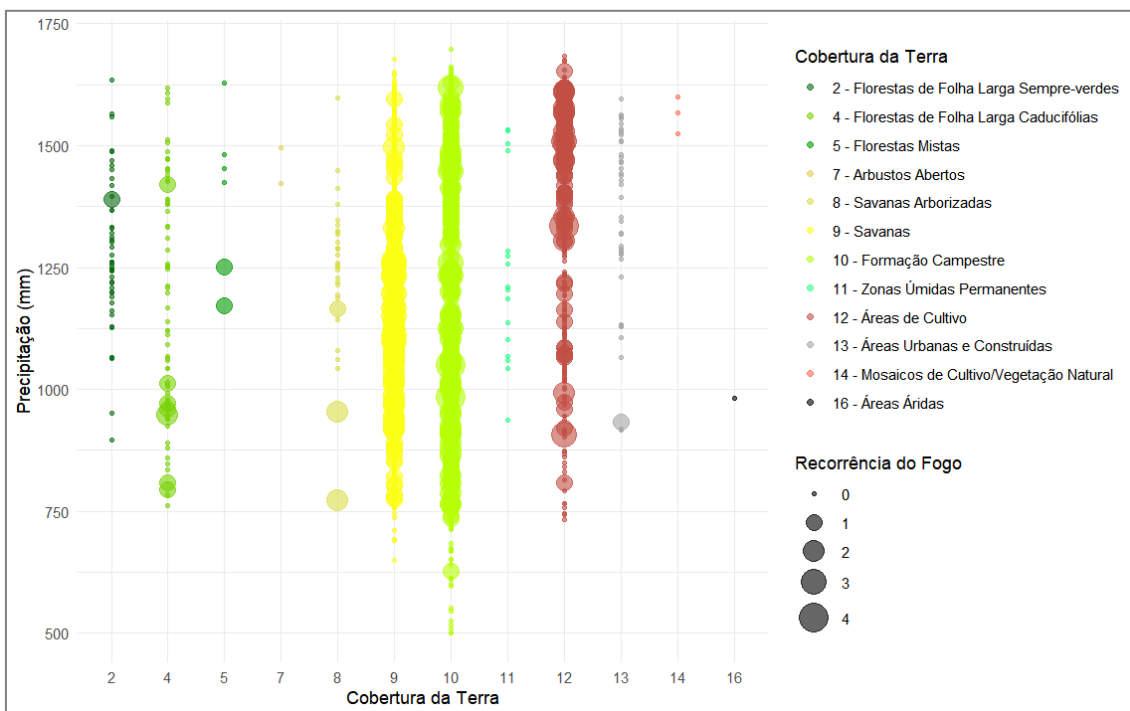


Figura 7. Relação entre precipitação acumulada entre 2019 e 2023, cobertura da terra em 2022 e recorrência do fogo entre 2019 e 2023 em Goiás-BR. Elaboração: autores, 2024.

Em Moçambique mais classes de cobertura da terra queimaram ao longo dos anos, tanto as florestais como as savanas e campos queimaram com significativa frequência, a maioria entre 4 e 5 vezes no período avaliado (Figura 8). Já as que menos queimam

corresponderam as de zonas úmidas, áreas urbanas e arbustos. Logo o fogo é mais recorrente que em Goiás, assim como o observado por Santos et al (2022).

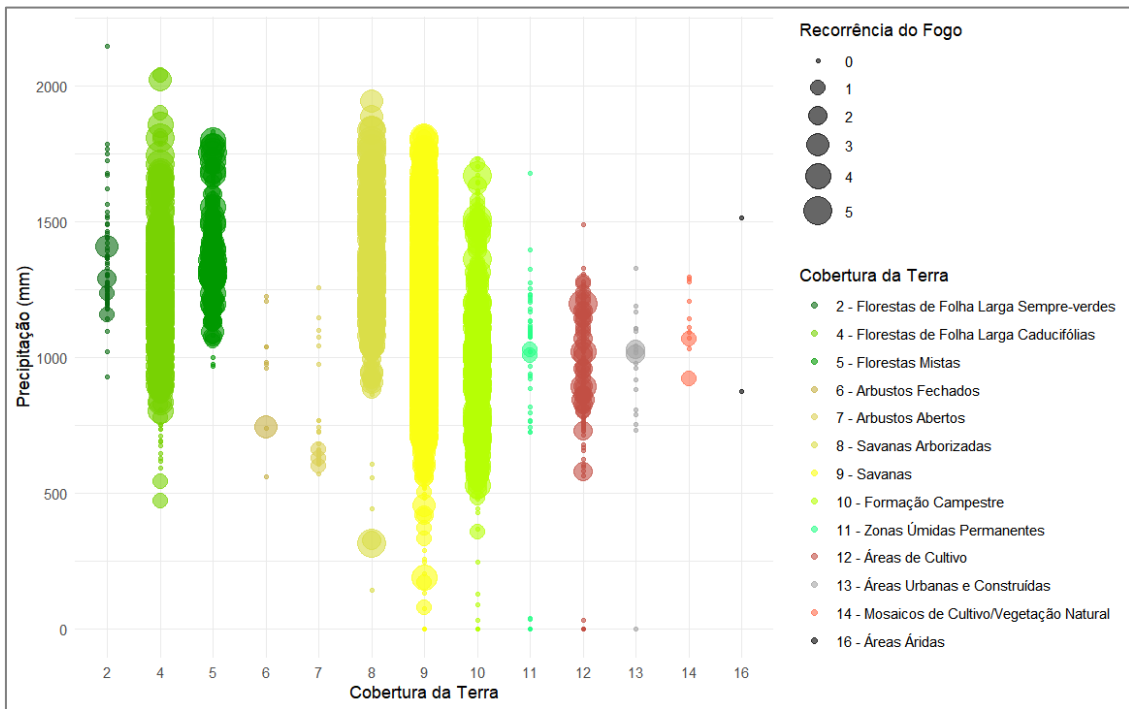


Figura 8. Relação entre precipitação acumulada entre 2019 e 2023, cobertura da terra em 2020 e recorrência do fogo entre 2019 e 2023 em Moçambique. Elaboração: autores, 2024.

Os picos de área queimada tanto em Moçambique como em Goiás ocorreram durante os períodos de menor precipitação. No geral Moçambique queima mais que Goiás, no segundo inclusive observa-se uma redução da área queimada entre 2022 e 2023. Já em Moçambique os picos de área queimada aparentam ser constantes, com um recorde de área queimada em 2022 (Figuras 9 e 10).

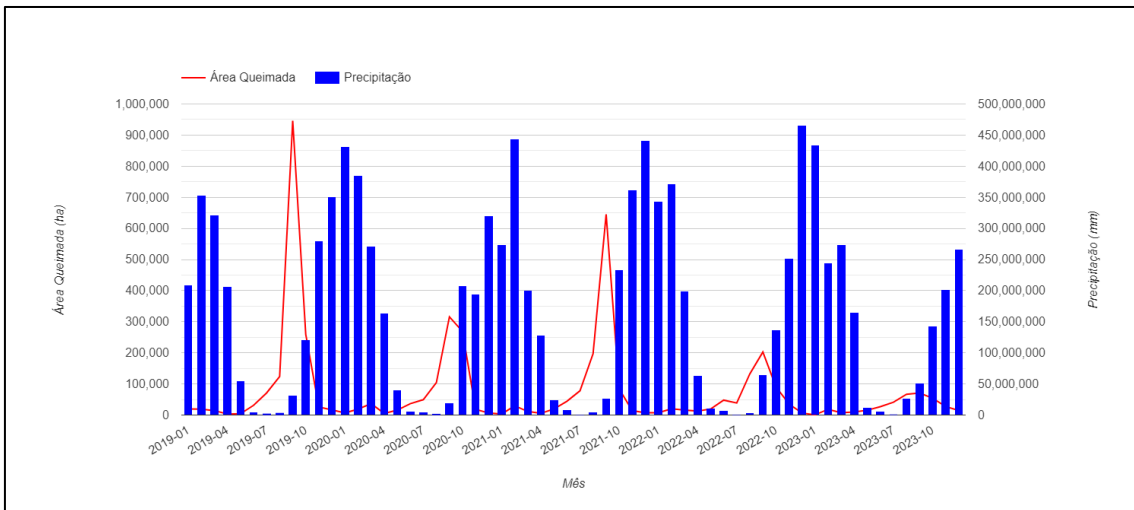


Figura 9. Evolução da precipitação e área queimada mensalmente entre 2019 e 2023 em Goiás-BR. Elaboração: autores, 2024.

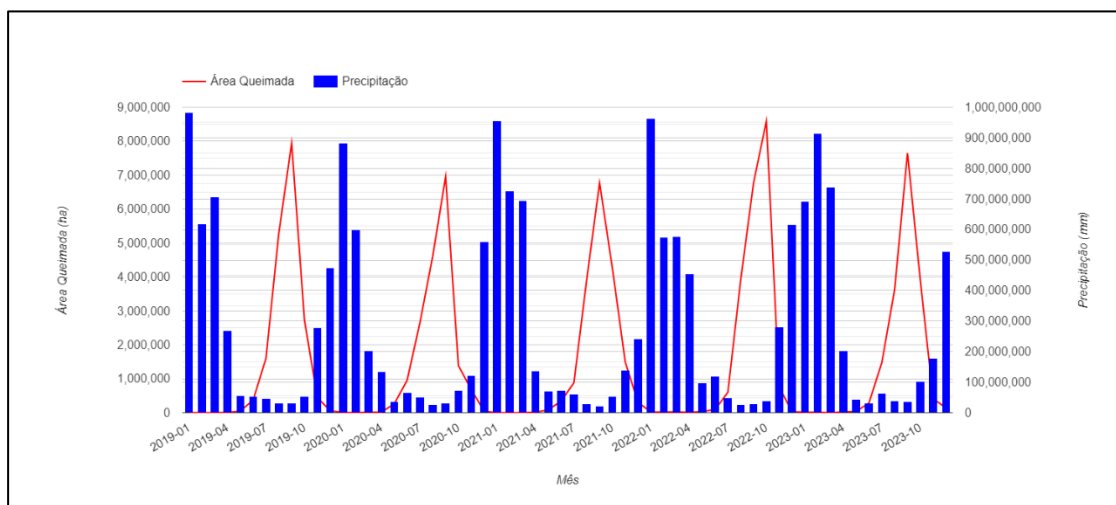


Figura 10. Evolução da precipitação e área queimada mensalmente entre 2019 e 2023 em Moçambique. Elaboração: autores, 2024.

Em termos estatísticos, não foi possível constatar por meio dos testes aplicados correlações elevadas. No estado de Goiás a relação entre área queimada e precipitação tende a ser negativa, embora seja uma correlação fraca, esta é estatisticamente significativa de acordo com os testes estatísticos correlação de Pearson e regressão linear múltipla (Tabela 1). Já a relação entre população e área queimada é muito fraca, e estatisticamente não significativa, mas de maneira geral locais com maior população tendem a ter ligeiramente menor incidência de fogo. Nota-se uma tendência positiva e significativa de relação entre NDV e área queimada, em que à medida que a vegetação seca aumenta, há uma tendência de aumento da área queimada. Já com a vegetação verde (GV) ocorre o oposto, há uma sutil correlação negativa, porém estatisticamente positiva, o que indica que áreas com vegetação verde queimam menos.

Em Moçambique diferentemente do estado de Goiás, observa-se uma tendência de aumento da área queimada com o aumento da precipitação, apresentando correlação positiva fraca, conforme os testes de correção de Pearson e regressão linear múltipla (Tabela 2). Assim como identificado no estado de Goiás, há uma correlação negativa entre área queimada e aumento da população, porém ao contrário do observado no caso anterior, é estatisticamente significativa. Já entre vegetação seca (NDV) e ocorrência do fogo, há uma sutil correlação positiva, em que quanto maior a NDV, maior a ocorrência do fogo, também estatisticamente significativa. Entre GV e recorrência do fogo identifica-se uma correlação negativa mais expressiva e significativa, sugerindo uma redução da ocorrência do fogo conforme a vegetação verde aumenta (Figura 11).

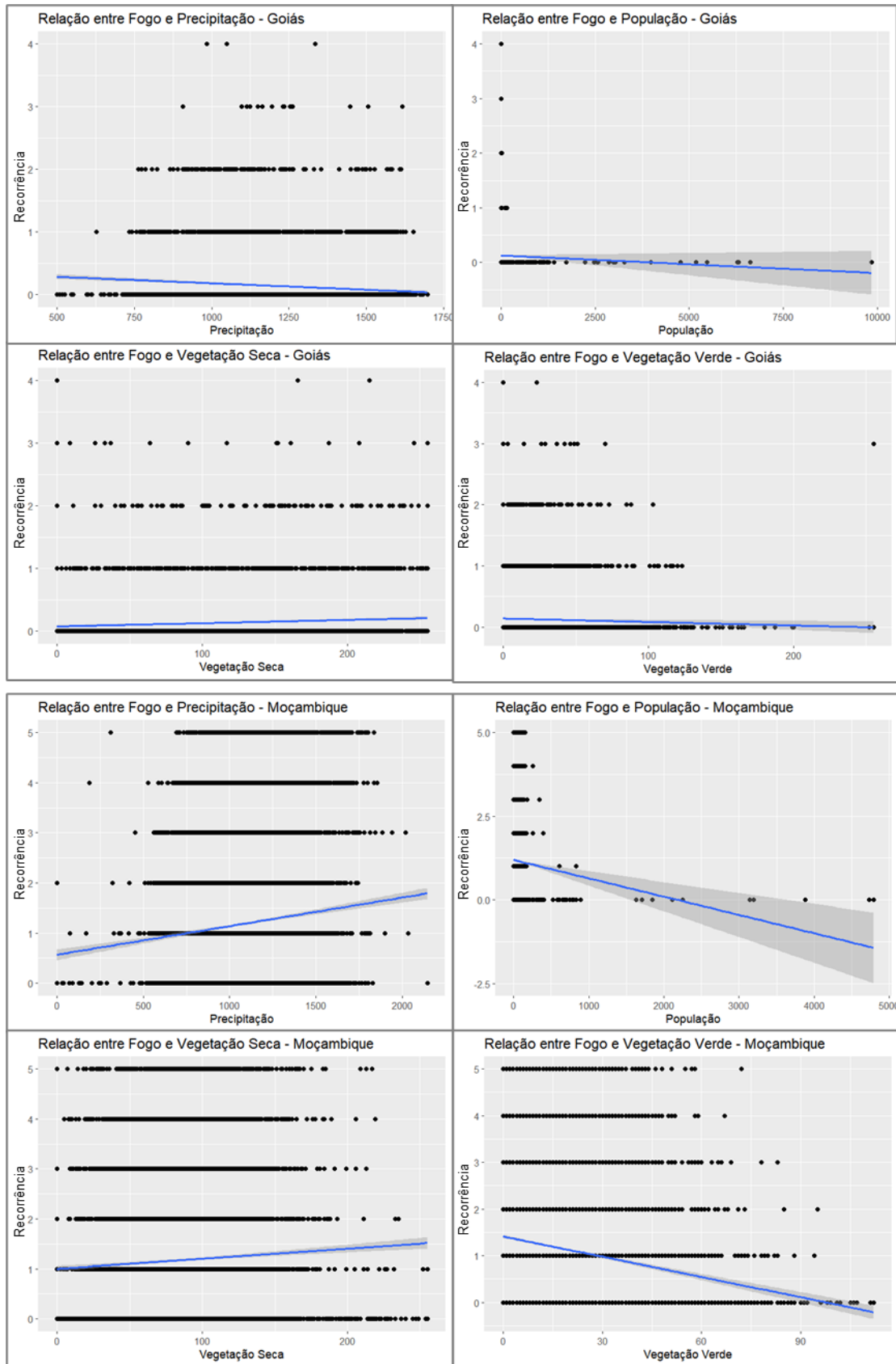


Figura 11. Relação entre as variáveis precipitação acumulada entre 2019 e 2023, concentração de população em 2020, Vegetação Seca em 2023 e Vegetação Verde em 2023 com a recorrência do fogo entre 2019 e 2023. Elaboração: autores, 2024.

Tabela 1. Goiás- BR: Resultados dos testes de correção de Pearson e do modelo de regressão linear múltipla para as variáveis precipitação acumulada entre 2019 e 2023, concentração de população em 2020, NDV e GV, em relação à recorrência do fogo entre 2019 e 2023. Elaboração: autores, 2024.

Correlação de Pearson				
Variável	Correlação r	Valor t	Valor p	Intervalo de Confiança
Precipitação	-0,104	-8,024	1,23E-15	-0.12935100 a -0.07876597
População	-0,02	-1,568	0,1169	-0.04600818 a 0.00511827
NDV	0,097	7,464	9,59E-14	0.0715413 a 0.1222002
GV	-0,035	-2,716	0,00663	-0.06093086 a -0.00985582

Regressão Linear				
Variável	Estimativa β	Erro Padrão	Valor t	Valor p
Precipitação	-0,0002	2,6E-05	-7,105	1,34E-12
População	-3E-05	2,1E-05	-1,341	0,1799
NDV	0,00057	8,7E-05	6,625	3,77E-11
GV	0,00059	0,00026	2,272	0,0231

Tabela 2. Moçambique: Resultados dos testes de correção de Pearson e do modelo de regressão linear múltipla para as variáveis precipitação acumulada entre 2019 e 2023, concentração de população em 2020, NDV e GV, em relação à recorrência do fogo entre 2019 e 2023. Elaboração: autores, 2024.

Correlação de Pearson				
Variável	Correlação r	Valor t	Valor p	Intervalo de Confiança
Fogo e Prec	0,09388443	11,028	< 2.2e-16	0.07724713 a 0.11046945
Fogo e Pop	0,04135133	-4,8399	1.313e-06	-0.05806992 a -0.02460955
Fogo e NDV	0,05196799	6,0856	1.192e-09	0.03523985 a 0.06866702
Fogo e GV	-0,1602589	-18,987	< 2.2e-16	-0.1765436 a -0.1438865

Regressão Linear				
Variável	Estimativa β	Erro Padrão	Valor t	Valor p
Intercepto	0,8016	0,06463	12,404	< 2e-16
Prec	0,0008088	0,00005186	15,597	< 2e-16
Pop	-0,0006936	0,0001109	-6,254	4.13e-10
NDV	-0,00183	0,0003696	-4,951	7.47e-07
GV	-0,01873	0,0008703	-21,516	< 2e-16

Discussão

Estudos indicam que globalmente houve uma redução da área queimada desde o início do século XXI, com maior parte desta redução nas savanas africanas, responsáveis por mais da metade dos incêndios florestais globais (JONES et al., 2022). Os mesmos autores (JONES et al., 2022) pontuam que nas savanas africanas a ocorrência de incêndios florestais não está tão relacionada a tendências climáticas propícias a incêndios, mas sim a outros fatores bioclimáticos ou humanos, sendo estes incêndios limitados principalmente pela disponibilidade de combustíveis e gestão da terra. Estes sustentam o argumento de que com a conversão das paisagens em terras de agricultura de maior produtividade econômica, e conseqüente maior fragmentação das savanas, há uma redução da área queimada tanto nas savanas intactas como nas terras cultivadas (JONES et al., 2022). Com o aumento das terras agrícolas e da densidade populacional há um declínio da área queimada, que por sua vez é ligeiramente compensado pelo aumento das ignições provocado pelas populações (KELLEY et al., 2019). Logo, há certa relação indireta entre o aumento da densidade populacional e a ocorrência de do fogo, uma vez que as populações alteram as paisagens, a cobertura da terra, e os incêndios agrícolas tendem a ser de menor proporções e limitados pelos limites do campo, reduzindo a área queimada, mas também contribuem com ignições, que aumentam a área queimada (HANTSON; PUEYO; CHUVIECO, 2015).

Archibald (2016) identificou uma correlação negativa entre densidade populacional e área total queimada no continente africano. Com aumento da densidade populacional há maior fragmentação das paisagens, maior prevenção contra incêndios florestais e mudanças nas práticas agrícolas, fatores que contribuem para a redução a área queimada (DOERR; SANTÍN, 2016). Porém a redução da área queimada não é o único elemento a se levar em consideração em relação aos impactos do fogo, sua intensidade e a severidade também necessitam ser levados em conta (DOERR; SANTÍN, 2016). Embora haja uma tendência de redução da área queimada em nível global, têm sido observados incêndios mais severos, atípicos e em áreas que antes não eram afetadas (STEIL, 2024).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com esta linha de pensamento, uma vez que no estado de Goiás observa-se uma configuração territorial em que o fogo não é mais tão utilizado para manejo da terra e os remanescentes de vegetação natural são pressionados pelo processo de antropização e conversão das paisagens naturais. São menores os eventos de queima, porém em virtude do quantitativo de combustível

acumulado em algumas áreas, estes podem vir a ser mais severos. Já em Moçambique há maior predominância de remanescentes de cobertura natural da terra, com paisagens menos fragmentadas, e observa-se eventos de fogo mais constantes, frequentes e abrangentes. Além disso, um maior número de classes de cobertura da terra é queimado anualmente em comparação a Goiás, o que resulta em menor quantidade de combustível disponível. Já em Goiás a predominância de vegetação seca propicia a queima, especialmente em locais onde há maior concentração de remanescentes de vegetação natural, com destaque para a sua porção nordeste onde estão localizadas áreas protegidas como o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e o Território Quilombola Kalunga. Nessas áreas vem sendo realizado o Manejo Integrado do Fogo (MIF), com queimadas prescritas que envolvem o trabalho conjunto entre órgãos públicos (IBAMA/Prevfogo, ICMBio), comunidade e pesquisadores (DOS SANTOS et al., 2019; FALLEIRO et al., 2020; GARRIDO, 2023).

Enquanto em Goiás os fatores como precipitação, população, GV e SDV não apresentam grande associação estatística com a recorrência do fogo, em Moçambique nota-se relações um pouco mais expressivas, e chama a atenção que há uma relação positiva entre precipitação e recorrência, ou seja, com o aumento da precipitação tende a ocorrer aumento da área queimada. Uma das possíveis justificativas para tal é o fato de que com o aumento da precipitação, aumenta o nível de combustível disponível durante o período de seca, propiciando a ocorrência de incêndios.

Considerações finais

Foi possível verificar que tanto em Goiás como em Moçambique o fogo está presente anualmente, porém em abrangências espaciais diferentes. Enquanto em Moçambique é alta a recorrência do fogo e mais classes de cobertura da terra queimam, em Goiás menos classes de cobertura queimam, com destaque para áreas de cultivo, representadas principalmente pelo cultivo de cana de açúcar e remanescentes de vegetação natural.

Fatores como precipitação, concentração populacional e combustível acumulado apresentaram relações discretas com a ocorrência do fogo nos dois recortes, mas no geral há uma tendência de redução da recorrência do fogo com o aumento populacional e da vegetação verde, enquanto com aumento da vegetação seca a recorrência do fogo tende a aumentar. Das variáveis analisadas, a “precipitação acumulada” demonstrou comportamento diferenciado entre os dois recortes espaciais, enquanto em Goiás com aumento da precipitação a recorrência do fogo tende a diminuir, em Moçambique ocorreu

o oposto, conforme a precipitação aumentava a recorrência do fogo também tendia a aumentar.

O presente estudo não esgota os questionamentos a respeito das diferentes culturas de uso do fogo nos dois recortes espaciais selecionados, e fatores naturais e culturais atrelados ao comportamento do fogo. Além disso as análises podem ser aprimoradas com aplicação de outros testes estatísticos e inclusão de mais variáveis.

Referências

ARCHIBALD, S. Managing the human component of fire regimes: Lessons from Africa. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 371, n. 1696, 2016.

BBC. **Incêndios no Canadá: as impressionantes imagens que mostram avanço do fogo em área em estado de emergência**. 2023. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/articles/ckm2n72dex0o>>. Acessado em: jul. 2024.

BERGSTROM, D. M.; WIENECKE, B. C.; VAN DEN HOFF, J.; HUGHES, L.; LINDENMAYER, D. B.; AINSWORTH, T. D.; BAKER, C. M.; BLAND, L.; BOWMAN, D. M. J. S.; BROOKS, S. T.; CANADELL, J. G.; CONSTABLE, A. J.; DAFFORN, K. A.; DEPLEDGE, M. H.; DICKSON, C. R.; DUKE, N. C.; HELMSTEDT, K. J.; HOLZ, A.; JOHNSON, C. R.; MCGEOCH, M. A.; MELBOURNE-THOMAS, J.; MORGAIN, R.; NICHOLSON, E.; PROBER, S. M.; RAYMOND, B.; RITCHIE, E. G.; ROBINSON, S. A.; RUTHROF, K. X.; SETTERFIELD, S. A.; SGRÒ, C. M.; STARK, J. S.; TRAVERS, T.; TREBILCO, R.; WARD, D. F. L.; WARDLE, G. M.; WILLIAMS, K. J.; ZYLSTRA, P. J.; SHAW, J. D. Combating ecosystem collapse from the tropics to the Antarctic. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 27, n. 9, p. 1692–1703, 2021.

BOWMAN, D. Wildfires science is at a loss for comprehensive data. **Nature**, [s. l.], v. 560, p. 7, 2018.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; COCHRANE, M. A.; D'ANTONIO, C. M.; DEFRIES, R.; JOHNSTON, F. H.; KEELEY, J. E.; KRAWCHUK, M. A.; KULL, C. A.; MACK, M.; MORITZ, M. A.; PYNE, S.; ROOS, C. I.; SCOTT, A. C.; SODHI, N. S.; SWETNAM, T. W. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, [s. l.], v. 38, n. 12, p. 2223–2236, 2011.

BOWMAN, D. M. J. S.; SHARPLES, J. J. Taming the flame, from local to global extreme wildfires. **Science**, [s. l.], v. 381, n. 6658, p. 616–619, 2023.

CARRIÓN-PALADINES, V.; CORREA-QUEZADA, L.; VALDIVIEZO MALO, H.; ZURITA RUÁLES, J.; PEREDDO TUMBACO, A.; ZAMBRANO PISCO, M.; LUCIO PANCHI, N.; JIMÉNEZ ÁLVAREZ, L.; BENÍTEZ, Á.; LOJÁN-CÓRDOVA, J. Exploring the ethnobiological practices of fire in three natural regions of Ecuador, through the integration of traditional knowledge and scientific approaches. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 20, n. 1, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13002-024-00699-4>>

CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK

(CIESIN). **Documentation for the Gridded Population of the World**, Columbia University, 2018.

CHUVIECO, E.; MOUILLOT, F.; VAN DER WERF, G. R.; SAN MIGUEL, J.; TANASSE, M.; KOUTSIAS, N.; GARCÍA, M.; YEBRA, M.; PADILLA, M.; GITAS, I.; HEIL, A.; HAWBAKER, T. J.; GIGLIO, L. Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 225, n. March, p. 45–64, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.013>>

CODEVASF. **Caderno De Caracterização Estado De Goiás**, 2021. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes>>. Acessado em: jun. 2024.

COUTINHO, A. C. Queimadas Fenômeno complexo determinado por conjunturas distintas. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. Ano XIX, n. 4, p. 78–94, 2010.

DOERR, S. H.; SANTÍN, C. Global trends in wildfire and its impacts: Perceptions versus realities in a changing world. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 371, n. 1696, 2016.

DOS SANTOS, A. C.; DOS SANTOS, A. F.; PINTO, C. P.; SCHMIDT, I. B.; LEITE, J. da S.; CARVALHO, V. da S. Caracterização das queimas prescritas realizadas no Território Quilombola Kalunga e no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros no âmbito do Manejo Integrado do Fogo. **7ª Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais**, [s. l.], p. 73790000, 2019.

FALLEIRO, R. de M.; XERENTE, P. P.; OLIVEIRA, M. S. De; MIYAKAWA, Y. M.; SANTOS, L. C. Dos; NEZOKEMAECE, L.; CAXIAS, E. P. Produção de frutos do cerrado utilizando o manejo tradicional do fogo. In: ANAIS DO 3 O CONGRESSO INTERNACIONAL POVOS DA AMÉRICA LATINA (CIPIAL) 2020, **Anais...** [s.l: s.n.]

FRANKE, J.; BARRADAS, A. C. S.; BORGES, M. A.; MENEZES COSTA, M.; DIAS, P. A.; HOFFMANN, A. A.; OROZCO FILHO, J. C.; MELCHIORI, A. E.; SIEGERT, F. Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado in support of integrated fire management. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 217, n. January, p. 221–232, 2018.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, [s. l.], v. 2, p. 1–21, 2015.

GARRIDO, B. A. **Brigadistas Kalungas contribuem para transformar manejo do fogo no Cerrado**. 2023. Disponível em: <<https://ipam.org.br/brigadistas-kalungas-contribuem-para-transformacao-do-manejo-do-fogo-no-cerrado/>>. Acessado em: 17 jul. 2024.

GIGLIO, L.; BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HOFFMAN, A.; HUMBER, M. Collection 5 MODIS Burned Area product User Guide Version 3.0.1, May 2013. **Nasa**, [s. l.], v. Version 1., n. May, p. 1–12, 2016.

GOEDERT, W. J.; WAGNER, E.; BARCELLOS, A. de O. Savanas Tropicais:

dimensão, histórico e perspectivas. In: FALEIRO, F. G.; NETO, A. L. de F. (Eds.). **Savanas - Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. 1. ed. Planaltina,DF: Embrapa Cerrado, 2008. p. 49–77.

GOIÁS. Instrução Normativa SEMAD nº 11/2021Brasil, 2021. p. 5. Disponível em: <<https://diariooficial.abc.go.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/4720/#/p:1/e:4720>>. Acessado em: jul. 2024.

GOIÁS. **Goiás se consolida entre os seis maiores exportadores do agro**. 2023. Disponível em: <<https://goias.gov.br/casacivil/goias-se-consolida-entre-os-seis-maiores-exportadores-do-agro/>>. Acessado em: jul. 2024.

GOOGLE EARTH ENGINE. **Google Earth Engine**. 2019. Disponível em: <<https://cloud.google.com/earth-engine?hl=pt-BR>>. Acessado em: jun. 2024.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 202, p. 18–27, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>>

HALOFSKY, J. E.; PETERSON, D. L.; HARVEY, B. J. Changing wildfire, changing forests: the effects of climate change on fire regimes and vegetation in the Pacific Northwest, USA. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 4, 2020. Disponível em: <<https://fireecology.springeropen.com/articles/10.1186/s42408-019-0062-8>>

HANTSON, S.; PUEYO, S.; CHUVIECO, E. Global fire size distribution is driven by human impact and climate. **Global Ecology and Biogeography**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 77–86, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geb.12246>>

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **Fire Management**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 78–87, 2005.

IBGE. **Cidades e Estados**. 2024. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go.html>>. Acessado em: jun. 2024.

JOLLY, W. M.; COCHRANE, M. A.; FREEBORN, P. H.; HOLDEN, Z. A.; BROWN, T. J.; WILLIAMSON, G. J.; BOWMAN, D. M. J. S. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. **Nature Communications**, [s. l.], v. 6, n. May, p. 1–11, 2015.

JONES, M. W.; ABATZOGLOU, J. T.; VERAVERBEKE, S.; ANDELA, N.; LASSLOP, G.; FORKEL, M.; SMITH, A. J. P.; BURTON, C.; BETTS, R. A.; VAN DER WERF, G. R.; SITCH, S.; CANADELL, J. G.; SANTÍN, C.; KOLDEN, C.; DOERR, S. H.; LE QUÉRE, C. Global and Regional Trends and Drivers of Fire Under Climate Change. **Reviews of Geophysics**, [s. l.], v. 60, n. 3, p. 1–76, 2022.

KEELEY, J. E.; PAUSAS, J. G.; RUNDEL, P. W.; BOND, W. J.; BRADSTOCK, R. A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, [s. l.], v. 16, n. 8, p. 406–411, 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1360138511000835>>

KELLEY, D. I.; BISTINAS, I.; WHITLEY, R.; BURTON, C.; MARTHEWS, T. R.; DONG, N. How contemporary bioclimatic and human controls change global fire regimes. **Nature Climate Change**, [s. l.], v. 9, n. 9, p. 690–696, 2019. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1038/s41558-019-0540-7>>

MAVUME, A. F.; BANZE, B. E.; MACIE, O. A.; QUEFACE, A. J. Analysis of Climate Change Projections for Mozambique under the Representative Concentration Pathways. **Atmosphere**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 588, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4433/12/5/588>>

MMA. **O Bioma Cerrado**. [s.d.]. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>>. Acessado em: jun. 2024.

MPMT. **Queimadas e incêndios florestais: efeitos das queimadas na saúde e na natureza**. Cuiabá/MT: MPMT, 2020. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/incendios_florestais_vigilancia_ambiental.pdf>. Acessado em: jul. 2024.

OCHA. **Necessidades Humanitárias e Plano de Resposta Moçambique**. [s.l.] : OCHA, 2023.

OLIVEIRA, V.; RUFINO, S. **Terra do fogo: como Roraima se tornou o estado com maior número de incêndios em fevereiro de 2024**. 2024. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2024/02/29/terra-do-fogo-como-roraima-se-tornou-o-estado-com-maior-numero-de-incendios-em-fevereiro-de-2024.ghtml>>. Acessado em: jul. 2024.

PNUD. **Desenvolvimento Humano: relatório de 2021/2022**. New York: PNUD, 2022.

REPUBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Portal do Governo de Moçambique**. 2024. Disponível em: <<https://www.portaldogoverno.gov.mz/por/Mocambique/Economia>>. Acessado em: jun. 2024.

SANTOS, S. A. Dos; OLIVEIRA, W. N. De; RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, N. C. Fire regime in Goiás - Brazil and Mozambique between 2010 and 2019: frequency, recurrence, and most affected cover classes. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 375–385, 2022.

SHAFFER, L. J. Indigenous Fire Use to Manage Savanna Landscapes in Southern Mozambique. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 43–59, 2010. Disponível em: <http://fireecology.net/index.php?option=com_journal&view=abstract&id=99>

STEIL, L. 1º Simpósio Nacional sobre Gestão do Fogo (Sinafogo). In: 2024, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=A3lT8Fkor5E&list=PLLcKNOhQzMsfVyyz3ObPyBat4QkfYZHcr&index=4>>. Acessado em: jul. 2024.

SULLA-MENASHE, D.; FRIEDL, M. A. **User Guide to Collection 6 MODIS Land Cover (MCD12Q1 and MCD12C1) Product**, USGS, 2022.

UN. **UN Country Annual Results Report Mozambique**. Mozambique: United Nations, 2022.

WHITLOCK, C.; SHAFER, S. L.; MARLON, J. The role of climate and vegetation change in shaping past and future fire regimes in the northwestern US and the implications for ecosystem management. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 178, n. 1–2, p. 5–21, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112703000513>>

WORLD BANK. **Actualidade Económica de Moçambique: Moldando o futuro.**
Washington: World Bank, 2023.

CONCLUSÃO GERAL

A presente pesquisa buscou contribuir com a discussão a respeito dos eventos do fogo no meio científico. Os assuntos aqui levantados não esgotam a temática, e sim trazem mais questionamentos a serem investigados. A ocorrência do fogo é complexa, e envolve uma variedade de elementos, como exposto.

Goiás-BR e Moçambique são dois territórios em que o fogo esteve e está presente, contribuindo para formação de suas paisagens e manejo de terras. Os resultados obtidos demonstraram o importante papel das políticas públicas para o manejo do fogo, assim como a influência de aspectos naturais e culturais. Tanto em Moçambique como no Brasil foram aprovadas recentemente políticas voltadas especificamente para a gestão e manejo do fogo, o que demonstra avanços no assunto.

Os resultados desta pesquisa corroboram com o entendimento de que, embora muitos os fatores estejam envolvidos na ocorrência do fogo, nos dois recortes estudados, aspectos relacionados ao uso e cobertura da terra tem papel significativo. Além disso, as práticas de uso da terra, nos dois contextos, são influenciadas por questões socioeconômicas e ambientais específicas, que não implicam diretamente na ocorrência do fogo, mas que podem colaborar com esta em associação com outros elementos. Assim, para lidar com os eventos de fogo de maneira eficaz, é necessário adotar uma abordagem que leve em conta a complexidade desses fatores e promova estratégias de manejo sustentável que considerem tanto a dinâmica ambiental quanto as condições locais. Para aprofundar a compreensão sobre essa dinâmica, é recomendável a realização de estudos adicionais que integrem análises detalhadas e metodologias robustas, que poderão contribuir com a discussão a respeito dos fatores que influenciam a frequência e intensidade dos incêndios em diferentes contextos.

GLOSSÁRIO

Atributos ou características do regime de fogo: incluem frequência (incluindo a ausência de fogo), severidade, intensidade, escala espacial, sazonalidade e fonte de ignição predominante. Ecossistemas (HARDERY et al. 2005, p. 80). (Traduzido pelos autores)

Cicatrizes de queimada: área queimada, “as “cicatrizes” deixadas pelo fogo” (França et al. 2007, p. 28).

Combustível: Todo o material orgânico combustível em florestas e outros tipos de vegetação, incluindo biomassa agrícola como grama, galhos e madeira, infraestrutura em áreas rurais ou urbanas, que criam calor durante o processo de combustão (FAO 2006, p. 59). (Traduzido pelos autores)

Combustível Florestal: todo tipo de vegetação que pode ser queimada como capim, folhas, galhos, troncos e turfa; podendo estar em ambientes naturais, como florestas, ou artificiais, como pastagens e plantações (MMA/IBAMA, 2017, p. 14).

Ecossistemas dependentes do fogo: o fogo é essencial para manter a composição, estrutura, função e extensão do ecossistema predominante. Se o fogo for removido, ou se o regime de fogo for alterado além de sua faixa histórica de variabilidade, o ecossistema sofre mudanças/pode ser alterado para outro tipo; espécies dependentes e seus habitats declinam ou desaparecem. A vegetação é propensa a queima e altamente inflamável. A estrutura do ecossistema e a arquitetura vegetal facilitam a propagação do fogo. As fronteiras entre ecossistemas dependentes do fogo e independentes do fogo são em grande parte determinadas pela continuidade relativa dos combustíveis queimados ou pela probabilidade de condições climáticas que permitam o fogo (FAO 2006, p. 57). (Traduzido pelos autores)

Ecossistemas independentes do fogo: os incêndios caracteristicamente não ocorreriam, por falta de combustível e/ou fontes de ignição. Os regimes de fogo podem ser alterados por uma mudança de combustíveis (por exemplo, espécies invasoras) ou ignições ecologicamente inapropriadas causadas pelo homem (FAO 2006, p. 58). (Traduzido pelos autores)

Ecossistemas sensíveis ao fogo: estrutura e composição do ecossistema tendem a inibir a ignição e a propagação do fogo. A maioria das espécies geralmente carece de adaptações para responder positivamente ao fogo. O fogo pode influenciar a estrutura do ecossistema, abundância relativa de espécies e/ou limitar a extensão do ecossistema, ou pode ocorrer naturalmente muito raramente ou durante eventos climáticos extremos. Se os incêndios forem muito frequentes ou muito grandes, eles podem ser prejudiciais e causar mudanças no ecossistema para vegetação mais propensa ao fogo. Alguns ecossistemas sensíveis ao fogo também são conhecidos como influenciados pelo fogo, particularmente aqueles adjacentes a ecossistemas dependentes do fogo (FAO 2006, p. 59). (Traduzido pelos autores)

Foco de Calor: Registro de aumento da temperatura em determinado local, captado por sensores de satélites. Geralmente está associado a uma queimada ou incêndio florestal (MMA/IBAMA, 2017, p. 14).

Frente de Fogo: É uma parte específica da linha de fogo (MMA/IBAMA, 2017, p. 14).

Incêndio: Qualquer queimada não planejada e não-controlada que, independentemente da fonte de ignição, requer supressão ou qualquer outra ação de acordo com a política da agência responsável (FAO, 2006). (Traduzido pelos autores)

Incêndio Florestal: É todo fogo sem controle que avança sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser iniciado pelo homem (intencional ou acidental) ou por fonte natural (raio) (MMA/IBAMA, 2017, p. 14). Fogo não controlado em floresta ou qualquer outra forma de vegetação (BRASIL, 1998, p. 4).

Linha de Fogo: É a borda do incêndio (perímetro) (MMA/IBAMA, 2017, p. 14).

Manejo de incêndios: todas as atividades necessárias para a proteção da floresta queimada e outros valores vegetais do fogo, e o uso do fogo para cumprir as metas e objetivos de manejo da terra. Envolve a integração estratégica de fatores como conhecimento de regimes de incêndio, prováveis efeitos de incêndio, valores de risco, nível de proteção florestal necessário, custo de atividades relacionadas ao fogo e tecnologia de queima prescrita associadas a planos de uso múltiplo, tomada de decisão e atividades cotidianas para cumprir os objetivos declarados de gestão de recursos (FAO 2006, p. 58). (Traduzido pelos autores)

Manejo sustentável: administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços (Brasil 2012, p. 2).

Perigo de incêndio: termo geral usado para expressar uma avaliação de fatores fixos e variáveis do ambiente de incêndio que determinam a facilidade de ignição, taxa de propagação, dificuldade de controle e impacto do fogo – muitas vezes expressos como índice (FAO 2006, p. 57). (Traduzido pelos autores)

Queima controlada: o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos (Brasil 1998, p. 2).

Queima prescrita: Aplicação controlada de fogo à vegetação em seu estado natural ou modificado, em condições ambientais especificadas, que permitem que o fogo fique confinado a uma área predeterminada e, ao mesmo tempo, produzir a intensidade do calor e da taxa de propagação necessária para atingir os objetivos de gerenciamento de recursos planejados (cf. fogo prescrito). Nota: este termo substituiu o termo anterior 'queima controlada' (FAO 2006, p. 60). (Traduzido pelos autores)

Queimada controlada: uso do fogo como uma técnica de produção na agricultura e pecuária. A queimada controlada deve ser sempre realizada de maneira que o fogo se mantenha dentro dos aceiros, que são obrigatórios. Nos casos previstos em lei a queimada deve ser autorizada pelo órgão competente (MMA/IBAMA, 2017, p. 14).

Queimada prescrita: Uso do fogo com o objetivo de conservação ambiental, como redução do combustível florestal (prevenção de incêndios), manejo da paisagem e

preservação dos ecossistemas dependentes do fogo (MMA/IBAMA, 2017, p. 14).

Recorrência: resultantes da sobreposição dos mapas de queimadas anuais (França et al. 2007, p. 64).

Regime de fogo: padrões de ocorrência do fogo, tamanho e severidade – e às vezes efeitos do fogo sobre a vegetação também – em uma determinada área ou ecossistema. Integra várias características do fogo. Um regime natural de fogo é o padrão total de incêndios ao longo do tempo que é característico de uma região natural ou ecossistema. A classificação dos regimes de fogo inclui variações na ignição, intensidade e comportamento do fogo, tamanho típico do fogo, intervalos de retorno de fogo e efeitos ecológicos (FAO 2006, p. 59). (Traduzido pelos autores)

Regime de queima: é o conjunto de características históricas das queimadas, determinado pela frequência, intensidade, tamanho e época de ocorrência das queimadas. A caracterização de um regime de queima é sempre feita com base na análise de uma série temporal (França et al. 2007, p. 73).

Uso alternativo do solo: substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana (Brasil, 2012, p. 2).

Referências

BRASIL. **Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998.** [S. l.: s. n.], 1998. Available at: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=2661&ano=1998&ato=373ETUE50dNpWT98a>.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** [S. l.: s. n.], 2012. Available at: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>.

FAO. **Fire management: voluntary guidelines. Principles and strategic actions. Fire Management Working Paper.** Rome: [s. n.], 2006. Available at: www.fao.org/forestry/site/35853/en.

FRANÇA, H.; NETO, M. B. R.; SETZER, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas.** [S. l.]: MMA, 2007.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **Fire Management**, v. 22, n. 4, p. 78–87, 2005.

MMA/IBAMA. **Manual do Brigadista.** [S. l.]: MMA/IBAMA, 2017.