



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PROJECTO FINAL

**Análise e mapeamento de regime de queimadas no Parque Nacional da Gorongosa entre
2015 á 2020**

Relatório final de Monografia a ser apresentado e defendido como requisito para a obtenção do
grau de Licenciatura em Engenharia Florestal

Autor: Cleonicio Sérgio Chipatime

Tutor: dr. Arão Raimundo Finiasse (MSc)

Lionde, Setembro de 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

A presente monografia fala sobre Análise e mapeamento de regime de queimadas no Parque Nacional da Gorongosa entre 2015 á 2020, foi apresentado ao curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Projecto defendido e aprovado no dia 16 de Novembro de 2022

Arão Finiasse **Júri**

Supervisor: Arão Finiasse (MSc)

Eduardo Peniel Soto

Avaliador 1: Eduardo Soto (MSc)

Emidio José Matusse

Avaliador 2: Emidio Matusse(MSc)



Declaração

INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Eu Cleonício Sérgio Chiptime Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

24 de Novembro de 2022

Assinatura

Cleonício Sérgio Chiptime

(Cleonício Sérgio Chiptime)

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a toda Família Chipatime, em Particular o meu pai Sérgio Paulo Chipatime, minha mãe Etelvina Júlio Mutombene, pelo exemplo de coragem e simplicidade em suas metas, e com muito carinho me ensinou o caminho da justiça, ao meu Líder na fé Fabio Gune, e os meus irmãos Mauricio Chipatime, Arcénio Chipatime, que foram uma das fontes para as minhas inspirações e a todos os meus colegas de curso que contribuíram para o meu crescimento e aprendizagem.

A Vós Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso;

Aos meus pais Sérgio Paulo Chipatime, e Etelvina Júlio Mutombene, a meus irmãos Mauricio Chipatime, Arsênio Chipatime, Américo Chipatime e a minha prima Sara Muchanga, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização desse curso;

Meu orientador dr. Arão Finiasse, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos;

Ao Instituto Superior Politécnico de Gaza, Faculdade de Agricultura, em especial ao curso de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar o curso;

A todos os Docentes da EF, ao doutor Arão Finiasse, Dr. Prof. Mário Sebastião Tuzine, Eng^o. Edson Moisés Massingue, Eng^o. Pedro Venâncio Wate, Eng^o. Emídio José Matusse, Eng^o. Severino José Macoô, Eng^a. Juvência Yolanda Malate e doutor Sérgio Alfredo Bila pelas correções e ensinamento que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação acadêmica;

Meu supervisor do estagio Dr. Salomão Sérgio Bié, a dr. Silvia Limeme, e ao dr Ivan da Costa. Meus Líderes e mentores na Fé, especificamente ao meu Pai na fé Apostolo Siloé Bethel, Líder Abraão Guacha, Líder Ntsaco Mapswanganhe, Servo Mercio Mawelele, Fernando Siteo, Isaque Cambaco, Pedro Moiane, Gabriel Novela, Jeremias Furuma, Miguel Inacio, Faustino Finiche, David Mapswanganhe, Cristiano Titos e irmãos da igreja pelo apoio emocional e ensinamentos.

Meus amigos da infância Albercidio Siteo, Dalton Flora de Barros, Gercio Castigo, Kelvin Assamo

Meus colegas do Instituto Superior Politécnico de Gaza da turma 2017 especialmente ao Eng^o Martes Domingo Macajo, Eng^o Richard Boaventura Zinenda, Aristides Orlando Guilima, Eng^o Joel Pedro Chuguane, Constância Da Silva, Ester Januário, Eng^a Lezia Jossefa, Álvaro Uamusse, Eng^o Delito Ernesto King, Eng^o Abilio Mucavel, Dário Caste, Zelia Banze por toda atenção, ajuda e boas conversas;

E a todos que directa ou indirectamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

MUITO OBRIGADO!

INDICE

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	v
I.ÍNDICE DE TABELAS	vi
II.INDICE DE FIGURAS.....	vii
I.INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema de estudo e justificação.....	2
1.2 OBJECTIVOS.....	3
1.2.1 Objectivo Geral.....	3
1.2.2 Objectivos específicos.....	3
1.2.3Hipótese para a pesquisa:	3
II.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Ecossistema de Miombo	4
2.1.1Estrutura e composição do Miombo	5
2.1.2.Floresta de Miombo em Moçambique	5
2.1.3.Divisão do Miombo	6
2.1.4.Queimadas no ecossistema de Miombo.....	6
2.1.5.Efeitos de assentamentos humanos, clima, e topografia sobre regime de queimadas no ecossistema de Miombo.....	7
2.2 Regime de Queimadas	8
2.2.1.Formas de Propagação das queimadas.....	9
2.2.2.Elementos que compõem o fogo.....	9
2.3 Breve história sobre o uso do fogo pelo homem.....	9
2.4 Definições relacionadas com fogo	10
2.5 Ocorrência de queimadas nas áreas de conservação.....	11
2.6 Uso de teledeteccção para o mapeamento de áreas queimadas	12
2.6.1 Teledeteccção	12

2.6.2.Fontes de energia	12
2.6.3.Espectro Eletromagnético	13
2.6.4.Energia reflectida da superfície terrestre	13
2.7 MODIS.....	13
2.7.1.Vantagens de sensor MODIS.....	14
2.7.2. Limitações do sensor Modis	14
2.8 Características dos Produtos MODIS (MCD14ML e MCD45A1).....	15
2.8.1 Produto de fogos activos (MCD14ML).....	15
III. METODOLOGIAS.....	19
3.1. Descrição da área de estudo.....	19
3.1.1 Mapa de localização da área de estudo	19
3.1.1.2 Limites e Superfície	20
3.1.1.3. Hidrologia	20
3.1.1.4.Vegetação.....	20
3.1.1.5.Planície de inundação	Erro! Indicador não definido.
3.1.1.6.Lago urema	Erro! Indicador não definido.
3.2.2.1.Mapa de precipitação	22
3.3. MATERIAIS.....	24
3.3.1 Métodos.....	24
3.4.ANALISE E PROCESSAMENTO DE DADOS.....	24
3.4.1. Imagens MODIS (MCD45A1)	24
3.5. Estimativas de áreas queimadas.....	25
3.5.1. Mapa de frequência.....	25
3.5.2. Determinação do intervalo médio de retorno de queimadas.....	25
3.5.3.A frequência média de queimadas é dada pela equação 2:	26
3.5.4.Estimativa da densidade.....	26

3.5.4.1.Cálculo da densidade e intensidade das queimadas	26
3.5.5.Identificação das áreas prioritárias.....	28
4.RESULADOS E DISCUSSÃO	30
4.1.Mapa de frequênciae focos de queimadas	30
4.1.1.Áreas queimadas em km ²	32
4.1.2.Distribuição media mensal de áreas queimadas.....	34
4.3.Densidade e intensidade de Queimadas no PNG.....	38
4.4.Áreas prioritárias de intervenção no PNG	41
4.5.Entrevistas.....	43
4.7.Estrategias de redução das queimadas no PNG.....	46
4.7.1. Apicultura	46
V. CONCLUSÃO	48
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DA GORONGOSA (PNG).....	19
FIGURA 2: TEMPERATURA MEDIA ANUAL COMPREENDIDA ENTRE OS ANOS DE 2011 Á 2018.....	21
FIGURA 3: PRECIPITAÇÃO ANUAL COMPREENDIDA ENTRE OS ANOS DE 2011 A 2018.....	22
FIGURA 4: MAPA DE DIREÇÃO DOS VENTOS NO PNG	23
FIGURA 5: FREQUÊNCIA DE QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL DA GORONGOSA	30
FIGURA 6: ÁREA QUEIMADA POR ANO NO PNG ENTRE (2015 A 2020).	33
FIGURA 7: DISTRIBUIÇÃO MENSAL DE ÁREAS QUEIMADAS ENTRE 2015 A 2020.	34
FIGURA 8: INTERVALO MEDIO DE RETORNO DE QUEIMADAS ENTRE (2015 A 2020).	36
FIGURA 9: DENSIDADE DE QUEIMADAS EM KM2 ENTRE 2015 A 2020 NO PNG.	38
FIGURA 10: ÁREAS PRIORITÁRIAS DE INTERVENÇÃO NO PNG ENTRE (2015 A 2020);	42
FIGURA 11: CAUSAS DE QUEIMADAS NO INTERIOR DO PNG NO PERIODO DE (2015 A 2020).....	44
FIGURA 12: PRODUÇÃO DE CAFÉ NO PNG – ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DE DEFLORESTAÇÃO	46

INDICE DE TABELAS

TABELA 1: SATÉLITES COM RESPECTIVOS SENSORES QUE CAPTAM OS FOCOS DE CALOR;.....	16
TABELA 2: RESUMO DESCRITIVO DA INFORMAÇÃO CONTIDA NO PRODUTO DE LOCALIZAÇÃO DE... 17	
TABELA 3: ALDEIAS ENTREVISTADAS	29
TABELA 4: ÁREAS AFECTADAS PELAS QUEIMADAS POR ANO.....	32
TABELA 5: DISTRIBUIÇÃO MEDIA MENSAL DE ÁREAS QUEIMADAS ENTRE 2015 A 2020	34
TABELA 6: RESULTADO DAS ENTREVISTAS.	43
TABELA 7: SITUAÇÃO DAS QUEIMADAS PARA CADA USO	45
TABELA 8: GANHOS E SUCESSOS NA ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO DAS QUEIMADAS;	47

SIGLAS E ABREVIATURAS

ASCII	- American Standard Code for Information Interchange
°C	- Graus Celsius;
CENACARTA	- Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção;
HDF	- Hierarchical Data Format;
IMRQ	- Intervalo Médio de Retorno de Queimadas;
Km ²	- Quilometro quadrado;
MICOA	- Ministério para a Coordenação do Meio Ambiente;
MODIS	- Imagens Moderadas de Resolução espectro radioelétricas;
NASA	- National and Space Administration;
PNG	- Parque Nacional de Gorongosa;
SRTM	- Shuttle Radar Topography Mission;
TIF	- Tagged Image File Format
USGS	- Universal System Geographic;
FRP	- Frequencia Radioactiva de Energia
UTM	- Universal Transversal de Mercator;
WSG	- World Geodetic System;
REN	- Reserva Espacial de Niassa
RNG	- Reserva Nacional de Gilé
IRQ	- Intervalo de retorno de Queimadas

RESUMO

Em Moçambique, as queimadas descontroladas constituem um dos problemas ambientais que preocupa toda a sociedade, agravado pelos índices elevados de pobreza em que vive a maioria da população rural e urbana do país, e o parque nacional da Gorongosa fazendo parte de Moçambique não está isento de queimadas. O objectivo deste estudo foi de analisar a ocorrência de queimadas no parque nacional da Gorongosa, e assim sendo a metodologia sustentou-se no processamento de imagens MODIS de fogos activos e áreas queimadas onde extraiu-se pixéis com níveis de confiança igual ou superior a 80%, QGIS 3.14 (software de processamento de informação geográfica), para mapear a ocorrência de áreas queimadas, estimar a frequência de queimadas, o intervalo médio de retorno de queimadas, a densidade, e as medidas e estratégias de controlo e redução de queimadas descontroladas no PNG, posteriormente fez-se entrevista aos informantes chaves para perceber as causas de queimadas no PNG, foram entrevistadas cinco (5) aldeias. Os resultados mostraram que nos 5 anos o em estudo o Parque Nacional da Gorongosa teve um total de 4829.01 Km² de áreas queimadas, apresentando maior ocorrência no ano de 2015 e 2019 o qual diferiu dos restantes anos e em termos de época de ocorrência das queimadas. O Parque atingiu o número máximo de focos e áreas queimadas na estação seca e menor na estação chuvosa, verificou-se maiores registos de queimadas nos meses de Agosto, Setembro e Outubro (fim da época seca) com as maiores áreas registadas nos meses de Setembro e Outubro. Tendo se verificado uma frequência que variou de 1 a 6 vezes nos 5 anos em estudo, observando-se a densidade de queimada em 5 classes: Muito baixa (0.5 focos/km²), Baixa (0.7 focos/km²), Média (0.10 focos/km²), Alta (0.14 focos/km²) e Muito Alta (0.18 focos/km²), com uma intensidade maxima para o período de 5 anos foi de 52300 kWatts, com um intervalo médio de retorno de queimadas (IMRQ) de 1,7 anos, o tempo necessário para ocorrer 2 fogos consecutivos ou mais. Assim a área prioritária de intervenção no âmbito de prevenção contra queimadas no PNG foram detectadas como sendo a Planície baixa de inundação. As principais causas de queimadas no PNG são inerentes a abertura de campos agrícolas (52%), pastagem (39%), caça somente na zona tampão (5%) e 4% inerentes a outras queimadas (fumadores, colecta de mel).

Palavra chave: Regime de queimadas, Intervalo de retorno de queimadas, Densidade de queimadas.

SUMMARY

In Mozambique, uncontrolled fires are one of the environmental problems that concerns the whole of society, aggravated by the high levels of poverty in which the majority of the rural and urban population of the country live, and the Gorongosa National Park, which is part of Mozambique, is not exempt from burned. The objective of this study was to analyze the occurrence of fires in Gorongosa National Park, and therefore the methodology was based on the processing of MODIS images, in QGIS 3.16 software, and QGIS 3.14 (geographical information processing software), to map the occurrence of burned areas, estimate the frequency of fires, the density, the average return interval of fires, identify the causes of fires in the PNG, and the measures and strategies to control and reduce uncontrolled fires in the PNG, in a second phase, Key informants were interviewed to understand the causes of fires in PNG. The results showed that in the 5 years under study, Gorongosa National Park had a total of 4829.01 Km² of burned areas, with a higher occurrence in 2015 and 2019, which differed from the other years and in terms of the time of occurrence of the fires. The Park reached the maximum number of fires and areas burned in the dry season and the lowest number in the rainy season, there were higher records of fires in the months of August, September and October (end of the dry season) with the largest areas recorded in the months of September and October. Having verified a frequency that varied from 1 to 6 times in the 5 years under study, observing a high density of fires from 60 to 70 fires/km², with an average intensity of 27.07 kw/m, with an average return interval (IMRQ) of 1.7 years, which was 1.7 years, the time required for 2 consecutive fires or more to occur. Thus, the priority areas of intervention in the scope of prevention against fires in the GNP were detected as being Lake Urema and Low Flood Plain. The main causes of fires in GNP are inherent to the opening of agricultural fields (52%), pasture (39%), hunting only in the buffer zone (5%) and 4% inherent to other fires (smokers, honey collection).

Keywords: Mapping of fires, Gorongosa National Park, MODIS Images.

LINTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Em Moçambique, as queimadas descontroladas constituem um dos problemas ambientais que preocupa toda a sociedade, agravado pelos índices elevados de pobreza em que vive a maioria da população rural e urbana do país. As queimadas descontroladas estão relacionadas com à prática de actividades agrícolas impróprias, caça, necessidade de combustível lenhoso principalmente em zonas rurais, questões sócio - culturais, resultando na destruição da biodiversidade e dos habitats, na perda da fertilidade de solos, entre outros (Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, 2018).

As queimadas a nível nacional, fazem parte do modo de vida das populações rurais como meio de gestão da terra e dos recursos naturais. Muitas destas queimadas acabam tornando se descontroladas, devido às proporções que atingem, por causa do desconhecimento das melhores práticas para o seu controlo e as vezes por simples negligência dos seus autores (MICOA, 2008). No distrito de Gorongosa, as comunidades locais têm utilizado as queimadas descontroladas com base nas práticas e hábitos costumeiros Dgedge (2016), Segundo Matimbe (2015), 90% dos incêndios florestais são causados pelo ser humano, 5% têm causas naturais e outros 5% de origem desconhecida.

As actividades que envolvem fogo quando não são bem geridas podem resultar em queimadas descontroladas e conseqüentemente degradam os ecossistemas. Em Moçambique são escassos estudos que abordam esta informação, havendo necessidade de realiza-los para demonstrar as comunidades, os perigos que podem resultar no uso descontrolado do fogo (Ossene, 2015).

O objetivo do presente estudo é de mapear a ocorrência de queimadas no Parque Nacional da Gorongosa, a partir focos de queimada de modo a identificar a área prioritária de intervenção no âmbito da prevenção e da vigilância com vista a intervir e minimizar os impactos negativos dos mesmos.

1.1 Problema de estudo e justificação

Segundo TREDD (2013) as queimadas na província de Sofala continuam a ser uma das principais causas de degradação florestal, estima-se que em 2012 cerca de 18570 hectares foram queimados, sendo que os distritos de Búzi, Gorongosa, Maringue, Chibabava, Cheringoma, Nhamatanda e Muanza são os mais afectados.

Segundo Sebastião (2018) no distrito de Gorongosa, a caça de roedores (ratazanas), a limpeza de campos agrícolas e renovação de áreas de pastagens são apontados como as principais causas de queimadas descontroladas, os fogos chegam a atingir uma extensão de mais de 20 km².

As comunidades da zona tampão beneficiam-se da caça, agricultura de subsistência, venda de estacas e produção de carvão e lenha (Zoro, 2011), assim sendo, a produção de carvão, e a caça influencia no alastramento e intensidade de queimadas em Gorongosa reduzindo a componente faunística e florística. Segundo Holdo (2009) citado por (Cangela, 2014) as queimadas aumentam, modificam o padrão de distribuição, a abundância bem como, reduz a tolerância de várias espécies, colocando-as em risco de extinção.

No Parque nacional da Gorongosa as queimadas descontroladas constituem um dos problemas que influencia na redução da biodiversidade e modificação do habitat natural, segundo Siteo *et al.* (2012) as comunidades da zona tampão ou ao redor das áreas de conservação têm utilizado as queimadas nas actividades de uso de terra.

O presente estudo tem como enfoque contribuir na procura soluções prováveis para redução de queimadas frequentes, usando a teledeteção remota para o alcance dos objectivos de identificar as áreas prioritárias de intervenção no âmbito da prevenção da vigilância e melhor controlo de regime de queimadas. Com este propósito pretende-se mapear o PNG e análise espacial de queimadas no PNG.

A escolha da região é sustentada por existir evidência de ocorrência de queimadas no PNG, Domingos (2011), como também por apresentar um enorme valor da fauna e flora, com aproximadamente doze ecossistemas principais, sendo que estão distribuídos ao redor do mundo como África do Sul, Malawi, Zimbabwe, Tanzânia, México, dentre outros países, sendo que estes ecossistemas são de grande importância para a conservação e preservação da biodiversidade da flora e fauna.

1.2 OBJECTIVOS

1.2.1 Objectivo Geral

- Analisar o regime de queimadas no Parque Nacional de Gorongosa entre 2015 á 2020;

1.2.2 Objectivos específicos

- Determinar a frequência, intervalo médio de retorno, e a densidade de queimadas;
- Identificar as áreas prioritárias de intervenção contra queimadas no PNG.
- Identificar as estratégias de controlo e redução de queimadas descontroladas;

1.2.3 Hipótese para a pesquisa:

Áreas queimadas (Hipótese)

- **H1:** As actividades de uso de terra influenciam no regime de queimadas no PNG
- **Ho:** As actividades de uso de terra não influenciam no regime queimadas no PNG

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Ecossistema de Miombo

As florestas de Miombo são o maior ecossistema florestal seco da África Subsaariana com uma extensão de aproximadamente 2.7 milhões de km² distribuídos em sete países (WWF, 2012), e constitui base de sustento para mais de 90% dos cerca de 690 milhões de habitantes desta região que vivem com menos de 1 dólar por dia (FAO, 2008).

A Floresta do Miombo é de extrema importância para a proteção do meio ambiente, tendo em conta que é um dos maiores ecossistemas de florestas tropicais a nível de África e do mundo, constituindo deste modo uma fonte de biodiversidade e de regulação do clima (MITERRA, 2022).

O Miombo denota uma ou mais espécies do género *Brachystegia*, *Julbernardia*, e *Isoberlinia* (Família Fabacea e Subfamília Caesalpinioideae) como sendo as mais abundantes da região. Existem 21 espécies de *Brachystegia* em Miombo e três espécies em cada um dos géneros relacionados. Espécies como a *Parinari excelsa*, *Entandophragma delevoiyi* e *Syzygium guineense* são intolerantes ao fogo, mas as espécies pertencentes aos géneros *Brachystegia* e *Julbernardia* são sensíveis ao fogo na fase jovem e, outras espécies são semi ou completamente tolerantes ao fogo (White 1983) citado por (Maúnze, 2016). As queimadas tendem a ser mais severas no fim da estação seca, onde quando o Miombo é exposto a estas queimadas, a composição de espécies pode mudar (Banda *et al.*, 2006) citado por (Dgedge *et al* 2016) e, quando exposto a repetitivas queimadas intensas no final da estação seca, eventualmente pode ser totalmente convertido em pastagem, com poucas árvores tolerantes ao fogo (Deweese *et al.*, 2011).

A floresta de Miombo é a floresta tropical sazonal mais extensa em África, cobrindo cerca de 2,7 milhões de km² em regiões com mais de 700 mm de precipitação média anual e em solos pobres em nutrientes (Frost 1996). Segundo White (1983) citado por (Maúnze, 2016). O Miombo abrange sete países da África: Angola, Zimbábwe, Zâmbia, Malawi, Moçambique, Tanzânia e uma parte do Sul da República Democrática do Congo (RDC).

2.1.1 Estrutura e composição do Miombo

Apesar de ocorrer em regiões com poucos nutrientes, estação seca prolongada e baixa precipitação em algumas áreas, a floresta de Miombo é abrigo de muitas espécies, incluindo várias espécies de aves endémicas exclusivas do Miombo. Ela também fornece alimentação e abrigo a mamíferos como o elefante leão (*Panthera leo*) búfalo (*Syncerus caffer caffer*) leopardo (*Panthera pardus*) e zebra (*Equus burchelli boehmi*), impala (*Aepyceros melampus johnstoni*) (WWF, 2012).

Conforme as variações topográficas e fisiográficas, a estrutura e composição do Miombo são modificadas pelo clima, solo e altitude, distinguindo-se de uma região para outra. A vegetação é dominada por árvores de folha larga sem espinho, da subfamília Caesalpiniodeae, mas a vegetação herbácea é dominada por espécies da família Andropogoneae. O estrato arbustivo é geralmente ausente e descontínuo. Uma das características principais de Miombo é a sua aparente uniformidade em vastas regiões, devido à fisionomia semelhante das espécies dominantes da subfamília Caesalpiniodeae (Pereira, 2002)

Segundo White (1983) o clima do Miombo é marcado por duas estações separadas, onde mais de 95% das chuvas ocorrem de 5 a 7 meses, com um verão quente e húmido, o que resulta numa estação onde se concentram as actividades de produção lenhosa, crescimento, reprodução e decomposição, isto é, geralmente de Novembro a Abril.

2.1.2. Floresta de Miombo em Moçambique

Em Moçambique assim como nos outros Países, a estrutura e composição de Miombo são modificadas pelo clima, solo e altitude, distinguindo-se de uma região para outra. Em Moçambique o Miombo húmido é dominado por *Brachystegia spiciformis* com alturas de 15 a 22 m, ocorrendo em simultâneo com as florestas semi-decíduas mesoplanálticas de *Pteleopsis* sp, *Erythrophleum* sp. e *Newtonia* sp. (Ribeiro et al., 2013). O Miombo húmido ocorre em regiões altas das províncias de Manica e Zambézia com altitude superior a 1000 m e precipitação média anual que varia de 1200 a 1800 mm (Ribeiro et al., 2002). O Miombo semi-decíduo ocorre nas regiões de baixa altitude e precipitação entre 800-1200 mm. Ambos são dominados pela *Brachystegia spiciformis* e *Julbernadia globiflora* e várias espécies de valor económico tais como: *Pterocarpus angolensis*, *Swartzia madagascarensis* e *Millettia stuhlmanii*. O Miombo decíduo é típico das zonas de baixa altitude e precipitações médias anuais entre 600 a 800 mm, representando a vegetação mais dominante em Moçambique (Marzoli, 2007).

2.1.3.Divisão do Miombo

Segundo Ribeiro (2002) de acordo com precipitação, o Miombo subdivide-se em húmido e seco. O Miombo húmido é mais frequente em áreas com precipitação média anual superior a 1000 mm. Esta subdivisão é pouco frequente em Moçambique, pode ser encontrado em Gurué na província da Zambézia e em algumas províncias como Nampula e Cabo Delgado.

O Miombo seco ocorre em Moçambique, em áreas com uma precipitação média inferior a 1000 mm/ano, apresentando uma diversidade florística menor que o Miombo húmido.

2.1.4.Queimadas no ecossistema de Miombo

As queimadas registadas nos ecossistemas de miombo são na sua maioria de origem antropogénica e começam no final da época chuvosa (Abril) atingindo o seu pico durante a época seca entre os meses de Agosto a Outubro (Frost, 1999) citado por (Ponganhe, 2020).

A manifestação mais evidente da alteração do regime de queimadas nos ecossistemas de miombo é o aumento da frequência e intensidade das queimadas. Vários estudos já mencionados anteriormente demonstraram o impacto negativo do aumento da frequência e intensidade de queimadas sobre a biodiversidade (Williams, 2011).

A alteração na frequência e intensidade de queimadas modifica também a estrutura e composição da vegetação, podendo transformar florestas densas em áreas de vegetação aberta dominada por espécies tolerantes ao fogo, como por exemplo, *Acacia polyacantha*, *Dalbergia melanoxylon*, *Pterocarpus rotundifolius*, *Diplorhynchus condilocarpon*, *Cobretum zeyheri*, *Terminalia stenostachya*, *Lonchocarpus capassa* (Ribeiro *et al.*, 2008).

A sazonalidade das queimadas influencia a intensidade e o grau de impacto que o fogo causa sobre a vegetação e a fauna. Queimadas frequentes principalmente na época seca reduzem a densidade da população de várias espécies de microfauna do solo por exemplo, espécies dos géneros *Annelida*, *Chilopoda*, *Arachnidae* *Hexapoda* (Sileshi e Mafongoya, 2005) citado por (Cangela, 2014) com forte impacto no balanço dos nutrientes do solo.

2.1.5.Efeitos de assentamentos humanos, clima, e topografia sobre regime de queimadas no ecossistema de Miombo

O Homem influencia o regime das queimadas dos ecossistemas de miombo quer pela modificação da frequência de ignição como pela alteração das paisagens e distribuição do combustível. O crescimento populacional aumenta a frequência de ignição do fogo (Guyette *et al.*, 2002). Porém, as actividades humanas como, construção de infraestruturas, abertura de campos de cultivo, expansão urbana fragmentam as paisagens limitando a propagação do fogo (Keeley *et al.*,2009) citado por (Ponganhe, 2020).

A alteração dos regimes de queimadas nos ecossistemas de miombo é directamente ou indirectamente ligada as alterações climáticas, expansão das actividades humanas (Shlinsky *et al.*, 2009). De acordo com Williams *et al.* (2009), as mudanças climáticas alteram o regime de queimadas dos ecossistemas através da modificação no crescimento da biomassa, variação na disponibilidade de combustível e alteração na ignição e as condições ambientais (Temperatura, humidade e circulação do ar).

O clima determina o tipo de vegetação, a época de ocorrência e a frequência de queimadas de uma determinada região. Os nutrientes do solo e a precipitação abundante aumentam a produção e produtividade de biomassa determinando desta forma, a quantidade de combustível produzido pelo ecossistema (Hely *et al.*, 2003).De acordo com Shlinsky *et al.*(2009) as mudanças climáticas irão aumentar a frequência e a severidade das estiagens nas zonas tropicais criando condições para a propagação das queimadas e redução dos intervalos de retorno, ameaçando desta forma a preservação diversidade biológica.

A morfologia do terreno influencia a continuidade da distribuição do combustível e a dispersão do fogo entro do ecossistema. A frequência de queimadas aumenta com a redução da elevação e com o aumento da inclinação do terreno e o grau de exposição em relação ao sol (Foster, 1998).

De acordo com Agee (1991) citado por (Pongaqnhe, 2020) há medida que a altitude aumenta a quantidade de combustível disponível diminui devido às condições edafo-climáticas adversas que reduzem a produção da biomassa, ao mesmo tempo, nas zonas altas a temperatura é baixa e a humidade do ar é elevada o que reduz a inflamabilidade do combustível.

Encostas mais expostas ao sol acumulam maior quantidade de combustível, pois, a radiação solar estimula a actividade fotossintética e, por conseguinte, aumenta a produção da biomassa vegetal, combustível para as queimadas. Simultaneamente, o sol acelera a secagem da matéria vegetal morta tornando-a mais disponível para queimar-se (Foster, 1998) citado por (Ponganhe, 2020).

Encostas mais expostas ao sol acumulam maior quantidade de combustível, pois, a radiação solar estimula a actividade fotossintética e, por conseguinte, aumenta a produção da biomassa vegetal, combustível para as queimadas. Simultaneamente, o sol acelera a secagem da matéria vegetal morta tornando-a mais disponível para queimar-se (Foster, 1998) citado por (Ponganhe, 2020).

2.2 Regime de Queimadas

OSSENE (2015) a alteração do regime de queimadas (intensidade, frequência, intervalo de retorno) em ecossistemas florestais causa grandes mudanças na estrutura da vegetação e composição específica, factos que para FAO (2005) levam à degradação das florestas.

O fogo é um processo natural em muitos ecossistemas e, tem desempenhado um papel importante, moldando a ecologia e a evolução de espécies, mas também ajuda a manter a composição de espécies e integridade de alguns ecossistemas, (Syphard, 2000) citado por (OSSENE, 2015).

Embora o fogo tenha efeitos benéficos a alguns ecossistemas, este pode ter impactos na cobertura do solo, bem como na dinâmica da comunidade quando o regime natural do fogo ultrapassa a sua faixa de variabilidade, causando vários danos, quando frequentes podendo resultar em perda de habitat, fragmentação florestal, mudança na composição, bem como levar à redução de pequenos mamíferos que é também acompanhada pela perda de predadores (BARRO *etal*, 2012).

O regime de queimadas é descrito pela frequência, magnitude (gravidade/severidade e intensidade), previsibilidade, tamanho, sazonalidade e padrões espaciais (Morgan 2001).

O aumento da frequência de queimadas nos ecossistemas tem implicações directas sobre as mudanças climáticas através do aumento da emissão de CO₂ na atmosfera e redução do carbono sequestrado, isto é, contribui para o aumento dos eventos extremos (secas, cheias, ciclones, entre outros) que degradam as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, causando o declínio da sua produtividade e funções ecológicas, segundo (IPCC, 2010) citado por (MICOA,2017)

De acordo com (Brown, 2005), citado por OSSENE, (2015) o regime de queimadas pode servir de indicador para a determinação de estratégias de controlo. Como instrumento de manejo e de conservação da biodiversidade, as queimadas frias são aplicadas para o rejuvenescimento dos ecossistemas, manejo de pastos, controle de espécies invasoras entre outros fins.

A intensidade de queimadas nos ecossistemas de savana é influenciada pela sazonalidade, isto é, queimadas que ocorrem entre Agosto e Outubro são mais intensas do que as que ocorrem entre Maio a Julho e Novembro a Abril, respectivamente. A intensidade de queimadas é causada por factores climáticos tais como a precipitação e temperatura. Os meses entre Agosto a Outubro coincidem com o pico da época seca onde a precipitação é escassa. Condições de baixa humidade aceleram a secagem da biomassa e aumentam o poder calorífico do combustível lenhoso.

2.2.1. Formas de Propagação das queimadas

Segundo FROST (1999) as queimadas propagam-se de quatro formas:

- ✓ Por Radiação, onde acontece transporte de energia de forma omnidirecional através do ar, suportada por infravermelhos e ondas eletromagnéticas;
- ✓ Por Convecção, onde a energia é transportada pela movimentação do ar aquecido pela combustão;
- ✓ Por Condução, onde a energia é transportada através de um corpo;
- ✓ Por Projeção de partículas inflamadas, que pode ocorrer na presença de explosões e fagulhas transportadas pelo vento.

2.2.2. Elementos que compõem o fogo

Segundo Frost (1999) os elementos que compõem o fogo são: combustível (material oxidável), oxigênio (material oxidante), e calor (fonte de ignição).

2.3 Breve história sobre o uso do fogo pelo homem

Segundo (Costa, 2009) citado por (Ossene, 2015), o fogo é considerado como a mais antiga fonte de energia natural dominada pelo homem sendo um fenómeno que sempre existiu na superfície do planeta e no princípio da civilização. As principais fontes de ignição eram descargas eléctricas (raios), gerando fogo a partir da queima da vegetação natural. O fogo passou a ser usado como fonte de calor para o aquecimento e o preparo de alimentos, possibilitando a fixação de tribos nómadas nas diversas regiões do globo terrestre. Segundo (Viana, sd), podem-se verificar outros usos do fogo, tais como:

- Uso do fogo em áreas de pastagens para diminuir o material combustível seco, com vista a viabilizar o crescimento de nova vegetação, tornando mais nutritiva e preferida pelos animais;

- Uso do fogo na prática agrícola para a redução do material combustível existente considerada como resíduos agrícolas, podendo ser antes ou depois da capina, depois da colheita entre outros;
- Na caça para afugentar os animais de uma área para caírem nas armadilhas dos caçadores ou pode ser depois da caça para a conservação na secagem da carne a partir de uma fogueira;

2.4 Definições relacionadas com fogo

Queimada florestal é a propagação de fogo de forma descontrolada sobre a vegetação e possui uma intensidade que dificulta a sua pronta extinção usando instrumentos tradicionais/ordinais comuns (NWCG 2012).

Queimada prescrita (ou controlada) denomina –se o fogo controlado e provocado com a finalidade de manejo. Queimadas prescritas são feitas mediante um plano e observando todas as regras previstas para o efeito (NWCG 2012).

Regime de queimadas é a sequência de queimadas ocorridas num determinado lugar no que diz respeito ao intervalo e época do ano em que ocorrem bem como a respectiva intensidade. O regime de queimadas é caracterizado pelo tipo, intensidade, extensão, frequência, intervalo de retorno e características espaciais dos fogos que ocorreram nesse lugar num passado histórico recente (Myers *et al.* 2004).

Fogo - É uma reação química de oxidação com desprendimento de luz e calor, esta reação é denominada de combustão (Frost, 1996) citado por (Ponganhe, 2020).

Combustível é todo material que queima podendo ser sólidos, líquidos e gasosos, sendo que os sólidos e os líquidos se transformam primeiramente em gás pelo calor e depois inflamam.

Oxigênio é o elemento ativador do fogo, que se combina com os vapores inflamáveis dos combustíveis, dando vida às chamas e possibilitando a expansão do fogo.

Calor é uma forma de energia. É o elemento que dá início ao fogo, é ele que faz o fogo se propagar. Pode ser uma faísca, uma chama ou até um super aquecimento em máquinas e aparelhos energizados.

Foco de calor é qualquer temperatura registrada acima de 47 °C e que geralmente são detectados por satélites que estão em órbita, constituindo parte importante do sistema de monitoramento de incêndios florestais (Thomaz *etal.*, 2014)

Queimada: prática agro-pastoril ou florestal que utiliza o fogo para viabilizar a agricultura ou renovar as pastagens. É feita em condições controladas, que permitam que o fogo se mantenha confinado à área determinada (Gerhardt, 2018).

Incêndio Florestal: É o fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem (intencional ou negligência), quanto por uma causa natural, como os raios solares (Gerhardt, 2018)

Queimada fria – são actividades feitas sob um plano e controlo que ajuda a mudar a estrutura da vegetação, reduzindo a densidade de plantas que levam a cargas extremas de combustível (Gerhardt, 2018)

Frequência de queimadas é definida como o número médio de incêndios que ocorrem numa determinada área por unidade de tempo (Mcalpine, 2010), a frequência das queimadas é controlada essencialmente pela taxa de acumulação da vegetação que se segue à ocorrência dos incêndios (Moreira, 2001)

Intervalo de retorno de queimadas número médio de anos entre incêndios numa determinada área durante um período definido (Mcalpine, 2010)

Intensidade de queimadas é definida como a libertação de energia por unidade de tempo e por unidade de comprimento da frente de chamas (em kWm^{-1}), resultando do produto do calor de combustão (kJ/kg^{-1}), quantidade de combustível consumido por unidade de área da zona de combustão com chama, e velocidade linear de propagação do fogo (m/s^{-1}) (Byram, 1959).

2.5 Ocorrência de queimadas nas áreas de conservação

Parque Nacional é uma reserva de terra natural, desenvolvida, declarada pelo Estado. A União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) é uma das organizações internacionais que ajudam a proteger os Parques Nacionais. Ela define as áreas protegidas como “uma porção de terra ou mar especialmente dedicada à protecção da diversidade biológica, recursos naturais e culturais a ela associados (ANAC, 2005).

As queimadas nas áreas de conservação influenciam na perda de habitat e destruição pode ocorrer naturalmente ou através de causas antropogénicas. São exemplos as alterações climáticas, eventos catastróficos tais como explosões vulcânicas e as interações entre espécies invasivas e não invasivas. As mudanças naturais do clima têm sido a causa de muitas perdas de habitat em grande escala.

ANAC (2005) queimadas nas áreas de conservação para além de constituir uma das principais causas do desflorestamento, contribui para o agravamento do efeito estufa, provocando o aquecimento global. Uma área queimada é igualmente propensa à ocorrência de erosão pois o solo fica exposto ao sol tornando-se assim seco e duro.

As causas de queimadas nas áreas de conservação são naturais podendo ser causadas por relâmpagos e faíscas, que constituem os principais focos, e ocorrem em lugares de vegetação seca devastando áreas extensas (ANAC, 2005).

As principais causas de queimadas de origem humana acontecem maioritariamente na zona tampão, destacam - se, a limpeza de campos agrícolas, a abertura de caminhos para facilitar a circulação, a limpeza da mata para melhorar a visibilidade, a caça, a colheita de mel, o controlo de espécies indesejáveis e protecção contra animais ferozes, conflitos sociais, controlo de pragas e negligência (lançamento de beatas de cigarros, lareiras deixadas acesas na beira das estradas). As queimadas descontroladas resultantes da actividade humana são as mais frequentes (ANAC, 2005).

2.6 Uso de teledeteccção para o mapeamento de áreas queimadas

2.6.1 Teledeteccção

É o conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos, áreas, fenómenos), através do registro da interacção da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por sensores distantes, ou remotos. Geralmente estes sensores estão presentes em plataformas orbitais ou satélites, aviões (Pereira *et al.* 2003).

Segundo Pereira (2007) o fogo produz 4 tipos de sinais espectrais observáveis a partir do espaço, designadamente, o calor e a luz correspondentes à radiação emitida pelas chamas, os aerossóis emitidos em forma de fumo, os resíduos sólidos (estilhaços e cinza) e as cicatrizes (alteração na estrutura da vegetação). Os fogos activos correspondem aos sinais térmicos enquanto as áreas queimadas são detectadas a partir da emissão de resíduos sólidos e pela alteração na estrutura da vegetação.

2.6.2. Fontes de energia

Qualquer actividade requer o uso de energia, assim como para a obtenção de dados por teledeteccção. A energia com a qual operam os sensores remotos pode ser proveniente de uma fonte natural, como a luz do sol e o calor emitido pela superfície da Terra, e pode ser de uma fonte artificial como. A frequência de onda é o número de vezes que uma onda se repete por

unidade de tempo. Dessa maneira, quanto maior for o número, maior será a frequência e, quanto menor, menor será a frequência de onda (Aronoff, 1989).

Segundo Gerhardt (2009) o comprimento de onda é a distância entre dois picos de ondas sucessivos: quanto mais distante, maior é o comprimento e, quanto menos distantes, menor será o comprimento de onda. A frequência de onda é directamente proporcional à velocidade de propagação e inversamente proporcional ao comprimento de onda.

2.6.3. Espectro Eletromagnético

O espectro eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência. O espectro eletromagnético abrange desde curtos comprimentos de onda, como os raios cósmicos e os raios gama (γ), de alta frequência, até longos comprimentos de onda como as ondas de rádio e TV de baixa frequência. Na região do espectro visível, o olho humano enxerga a energia (luz) eletromagnética, sendo capaz de distinguir as cores do violeta ao vermelho. A radiação do infravermelho (aquela do calor) é subdividida em três regiões: infravermelho próximo (0,7-1,3 μm), médio (1,3-6,0 μm) e distante ou termal (6,0- 1000 μm) (Aronoff, 1989) citado por (Ponganhe, 2020)..

2.6.4. Energia reflectida da superfície terrestre

De acordo com Aronoff (1989) os objectos da superfície terrestre como a vegetação, a água e o solo refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características bio-físico-químicas. A variação da energia reflectida pelos objectos pode ser representada através de curvas. Devido a essas variações, é possível distinguir os objectos da superfície terrestre nas imagens de sensores remotos. A representação dos objectos nessas imagens vai variar do branco (quando reflecte muita energia) ao preto (quando reflete pouca energia).

2.7 MODIS

O Sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um instrumento a bordo dos satélites TERRA e ACQUA. O MODIS do TERRA e o MODIS do ACQUA lançados em dezembro de 1999 e maio de 2002 respectivamente, visualizam a superfície completa da Terra de 1 a 2 dias. O MODIS do TERRA é um radiômetro-imageador com resolução espacial de 250 (bandas 1 e 2), 500 (bandas 3 a 7) e 1000 metros (bandas 8 a 36), totalizando 36 bandas espectrais que se estendem do visível ao infravermelho termal (0,4 a 14,4 μm), com resolução radiométrica de 12 bits (Rudorff *et al.*, 2007).

O MODIS é um dos mais completos sensores que operam na faixa óptica do espectro eletromagnético e possui bandas passíveis de serem correlacionadas com o ETM+/Landsat 7, ampliando o campo de aplicação de seus produtos.

Os dados MODIS encontram-se disponíveis no formato Hierarquical Data Format (HDF) e na projeção sinusoidal de difícil manipulação na maioria dos softwares de processamento de imagens. Por isso, a NASA disponibilizou uma ferramenta de conversão de projeção e outros parâmetros designada MODIS Reprojection Tools (MRT) (Aragão *et al.*, 2009).

Dos 44 produtos disponíveis, o MOD13 contém os índices de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e Enhanced Vegetation Index (EVI), produzidos em escala global nas resoluções de 1 km, 500 m e 250 m em composições de imagens ou mosaicos de 16 dias. Em relação ao NDVI e o EVI, é importante ressaltar que o NDVI é mais sensível à presença de clorofila e outros pigmentos da vegetação responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho, enquanto que o EVI é mais sensível à variação na estrutura do dossel, incluindo o Leaf Area Index (LAI), a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (Huete *et al.*, 2002).

2.7.1. Vantagens de sensor MODIS

O sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua, tem sido amplamente utilizado no mapeamento de áreas queimadas (Giglio *et al.*, 2009).

O sensor MODIS tem a vantagem de combinar resolução espacial (250, 500 e 1000 m), espectral (comprimento de onda visível, NIR, SWIR e TIR) e temporal (duas imagens diárias combinando os satélites Terra e Aqua) com escala regional e global para mapeamentos da superfície terrestre. Outra vantagem do sensor MODIS é a acurácia na geolocalização das imagens e o acesso livre através da National Aeronautics and Space Administration (Bastarrika *et al.*, 2011)

2.7.2. Limitações do sensor Modis

GIGLIO (2018) o instrumento Terra MODIS sofria de vários problemas de hardware que afetou adversamente todos os produtos de incêndio MODIS. Em particular, alguns detectores foram renderizados morto ou inutilizável. Pequenos incêndios não detectados e grandes incêndios não detectados, alguns casos muito raros, erro de calibração grave da banda-21 nas primeiras semanas dos dados MODIS arquivo 2000. Erro de estimativa no intervalo de confiança, Foi implementado a versão 6 para ajustes no intervalo de confiança.

Erro de alarmes falsos em pequenas clareiras florestais, extensa validação do produto de fogo Collection-5 Level-2 Terra MODIS, para a Coleção 6, a frequência desse tipo de alarme falso foi reduzido usando um teste de rejeição adicional (Giglio, 2018).

2.8 Características dos Produtos MODIS (MCD14ML e MCD45A1)

Os produtos de dados globais de fogos da NASA MODIS, são mapas digitais provenientes de dados dos sensores Terra e Aqua MODIS que, foram inicialmente desenhados com intuito de servir necessidades de modelagem de emissões. Os algoritmos foram desenhados para fornecer um produto global abrangente e bom desempenho durante o intervalo de variação das condições do fogo (Justice *et al.*, 2011).

2.8.1 Produto de fogos activos (MCD14ML)

O produto de fogos activos (MCD14ML) usa uma metodologia baseada no algoritmo desenvolvido para os produtos AVHRR e TRMM, que usam principalmente dados a partir do infravermelho intermédio e também incluem o parâmetro de energia radioactiva do fogo (Justice *et al.*, 2011).

O produto de localização de incêndio mensal contém a localização geográfica, data e algumas informações adicionais para cada pixel de incêndio detectado pelos sensores Terra e Aqua MODIS mensalmente. Por conveniência, o produto é distribuído como um arquivo ASCII (texto) simples com campos de largura fixa delimitados com espaços (Giglio, 2018). É distribuído em forma de planilha ASCII (text) para além da data, hora e coordenadas incluem informação da intensidade e o nível de confiança dos fogos detectados, classificados em: *baixo* (0-30%), *moderado* (30-80%) e *alto* (80-100%), sendo recomendado o uso de pixels cujo nível de confiança é superior a 80%. A Universidade de Maryland disponibiliza os produtos MCD14ML que agrupam os fogos activos registados ao longo de cada mês dando as coordenadas geográficas de cada *pixel* onde foi detectado sinais de fogo activo (Giglio, 2018).

Tabela 1: Satélites com respectivos sensores que captam os focos de calor;

SatéliteTipo	Sensor	Resolução Espacial	Revisita
Órbita Polar			
NOAA	AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)	1,1km	12 horas
AQUA	MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro radiometer)	1 km	1a2 dias
TERRA	MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectro radiometer)	1 km	1a2 dias
ERS-2	ATSR(Along Track Scanning Radiometer)	1 km	3,35e176 dias
Geoestacionários			
GOES	GOES-I-M(Imager Radiometere Vertical Sounder)	4 km	30minutos
MSG-02	SEVIRI(Spinning Enhanced Visible and Infra – red)	3 km	a cada 30 minutos

Fonte: Adaptado por (Gustavo, 2011).

Tabela 2: Resumo descritivo da informação contida no produto de localização de queimadas MCD14ML.

Nome	Unidade	Descrição
YYYYMMDD	___	Ano (YYYY), mês (MM) e dia (DD).
HHMM	___	Horas (HH) e minutos(MM).
SAT	_____	Satélite: Terra(T) ou Aqua (A)
LAT	Graus	Latitude no centro do pixel.
LONG	Graus	Longitude no centro do pixel.
T21	K	Temperatura de Brilho do pixel de fogo na Banda 21.
T31	K	Temperatura de Brilho do pixel de fogo na Banda 31
Sample (amostra)	_____	Número da amostra (variando de 0a 1353)
FRP	KW(Kilowatts)	Fire Radiative power (Energia radio activa do fogo)
CONF		Confiança de detecção (varia de0 a 100)
		Tipo de Ponto quente inferido:
		0=Presumível fogo em vegetação
		1=Vulcão activo.
		2=Outras fontes estáticas da terra
		3= No mar
12	dn	Sinalizador do algoritmo dia/noite; d (dia) e n (noite)

Fonte: Adaptado de Giglio (2018)

O produto MCD14ML versão 6 possui um dígito adicional de precisão na latitude e longitude campos e uma nova coluna indicando o estado dia/noite de cada pixel de fogo.

2.8.2. Produto de área queimada (MCD45A1)

Existem várias versões de produtos MODIS de área queimada, das quais se destacam (Boschetti2013):

- O produto oficial MCD45A1 no formato *HDF-EOS*, o qual está disponível como parte do conjunto de produtos globais da terra da MODIS;
- O produto mensal re - projectado para a versão *Geotiff*,
- O produto mensal re - projectado para a versão *Shapefile*.

A detecção de áreas queimas fornecidas por este produto é baseada nas cicatrizes, em que o mapeamento é realizado em áreas como vegetação afectada ou destruída, dependendo das mudanças nas características espectrais em imagens antes e depois das queimadas ocorrerem. Para este caso utilizam-se bandas espectrais na faixa do visível, infravermelho próximo e do infravermelho médio no espectro electromagnético (Royet *al.*, 2002).

De acordo com Giglio (2016), o produto de área queimada MCD45A1 é um produto mensal de nível 6, fornecido em grelha de 500 metros contendo por cada *pixel* queimado, informação de qualidade e metadados em nível detelhado. É distribuído no formato padrão de produtos da superfície da Terra da MODIS (HDF) e inclui um conjunto de dados científicos definidos para o seu pixel de 500 metros como:

Data de queima: dias Julianos aproximados da queima a partir de oito (8) dias antes do mês anterior, até oito dias depois do fim do mês seguinte, ou códigos indicando áreas não queimadas, neve, água ou falta de dados.

- 0–não queimada;
- 1-366– dias Julianos aproximados de queima;
- 900– neve ou grandes aerossóis;
- 9998– corpos de água internos;
- 9999– corpos de água (mares e oceanos);
- 10000–falta de dados.

detecção, variando de 1 a 4, sendo 1 – maior nível de confiança de detecção e 4 – menos confiante.

III. METODOLOGIAS

3.1. Descrição da área de estudo

O Parque Nacional da Gorongosa localiza-se na província de Sofala, no Distrito de Gorongosa na região central de Moçambique. Ocupa uma área de cerca de 4067 Km², apresentando uma geologia complexa com influência directa na morfologia. (KOPPEN, 2020). Gorongosa estende-se entre as longitudes de 33° 36' E 34° 48'E as latitudes 18° 48'S e 19° 12'S, estando localizado na parte Centro-Occidental de Sofala. (KOPPEN, 2020). O PNG estende-se pelos distritos de Gorongosa, Cheringoma, Muanza, e é limitado pelos distritos de Nhamatanda e Dondo no sudeste do grande complexo do Vale do Rift (Stalmans & Beilfuss, 2008).

3.1.1 Mapa de localização da área de estudo

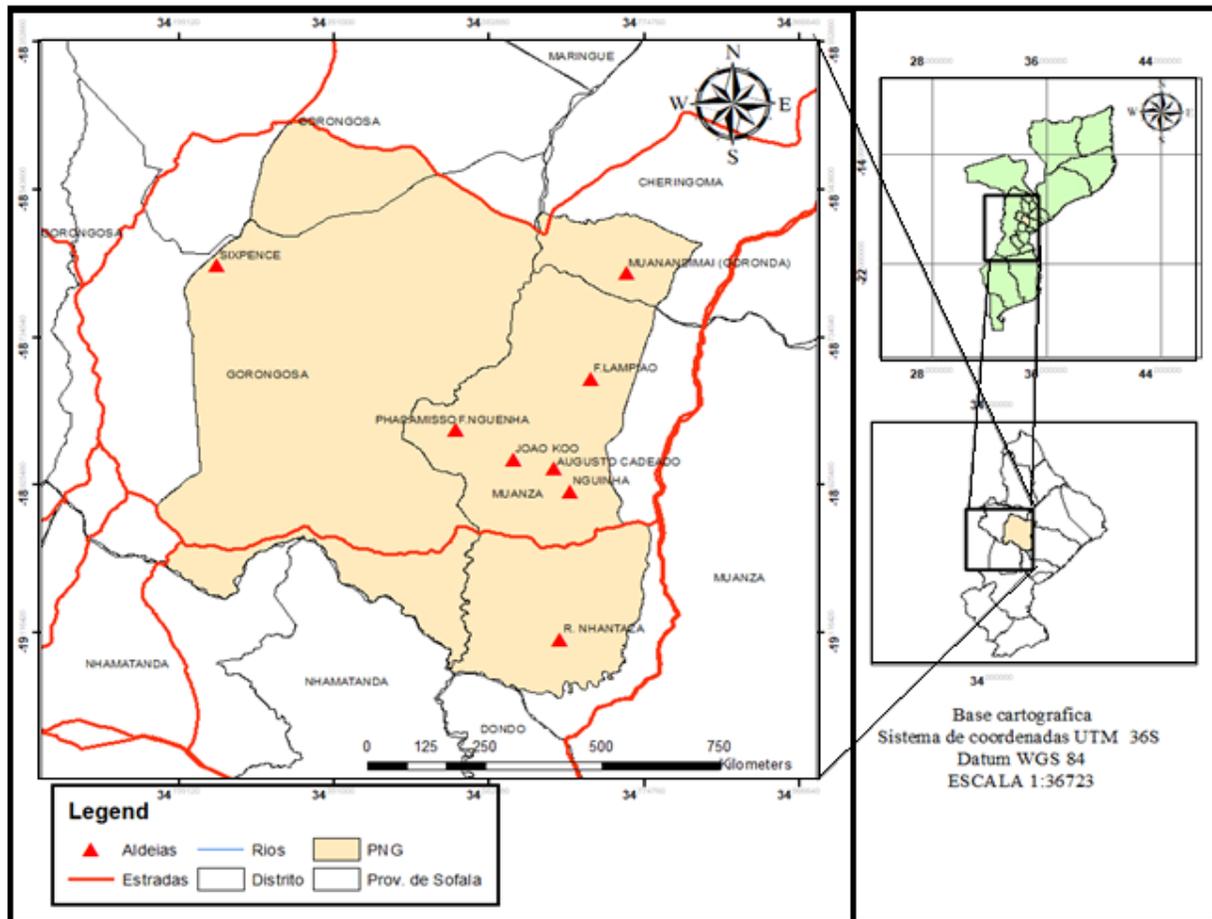


Figura 1: Mapa de localização do Parque Nacional da Gorongosa (PNG).

Fonte: Autor

3.1.1.2 Limites e Superfície

Como limites tem a Norte o Distrito de Maringue, a Sul o distrito de Nhamatanda, a Este os distritos de Cheringoma e Muanza ao longo do rio Urema, e a Oeste os distritos de Macossa e Gondola (Província de Manica), tendo como limite natural o rio Púngoe na parte Sul. Com uma superfície de 6.722 km².

3.1.1.3. Hidrologia

O PNG é drenado por vários Rios provenientes da Serra da Gorongosa, da Região Central e do Planalto de Cheringoma até ao Vale do Rift. “O Lago Urema encontra-se no epicentro da drenagem com um extravasamento da drenagem através do Rio Urema para o Pungué no seu caminho para o oceano. A fronteira Leste do PNG, encontra-se a Bacia hidrográfica no topo do Planalto de Cheringoma. A parte oriental extrema da Zona Tampão é drenada para o Leste diretamente para o oceano, enquanto as encostas ocidentais do Planalto de Cheringoma são drenados para o Rio Urema e depois para o Rio Pungué. Grande extensão do Vale do Rift é inundada regularmente, trazendo grandes implicações na gestão e desenvolvimento do PNG” (BR, 2016).

3.1.1.4. Vegetação

Segundo Dgedge et al (2016) o PNG é constituído por 6 (seis) tipos de vegetação que são: vegetação de savana; vegetação muito esparsa; vegetação de transição floresta/matos; vegetação esparsa de planície de inundação; Floresta esparsa; e Floresta densa.

Segundo Stalmanse Beilfuss (2008) o PNG apresenta 15 paisagens diferentes espalhadas pelas quatro (4) regiões fisiográficas:

- ✓ Paisagem de Miombo Seco e de Floresta Mista da Região Central (*Midlands*);
- ✓ Paisagem Aluvial da Região Central (*Midlands*);
- ✓ Paisagem *Inselberg* da Região Central (*Midlands*);
- ✓ Pradarias de Montanhas Inferiores e Paisagem de Formações Lenhosa da Gorongosa;
- ✓ Pradarias de Montanha e Paisagem de Formações Lenhosas de Arbustos da Gorongosa;
- ✓ Paisagem de Formações Lenhosas de Montanha da Gorongosa;
- ✓ Paisagem de Miombo Húmido da Região Central (*Midlands*);
- ✓ Paisagem do Cone Aluvial do Vale do Rift

3.2.1. Mapa de temperatura

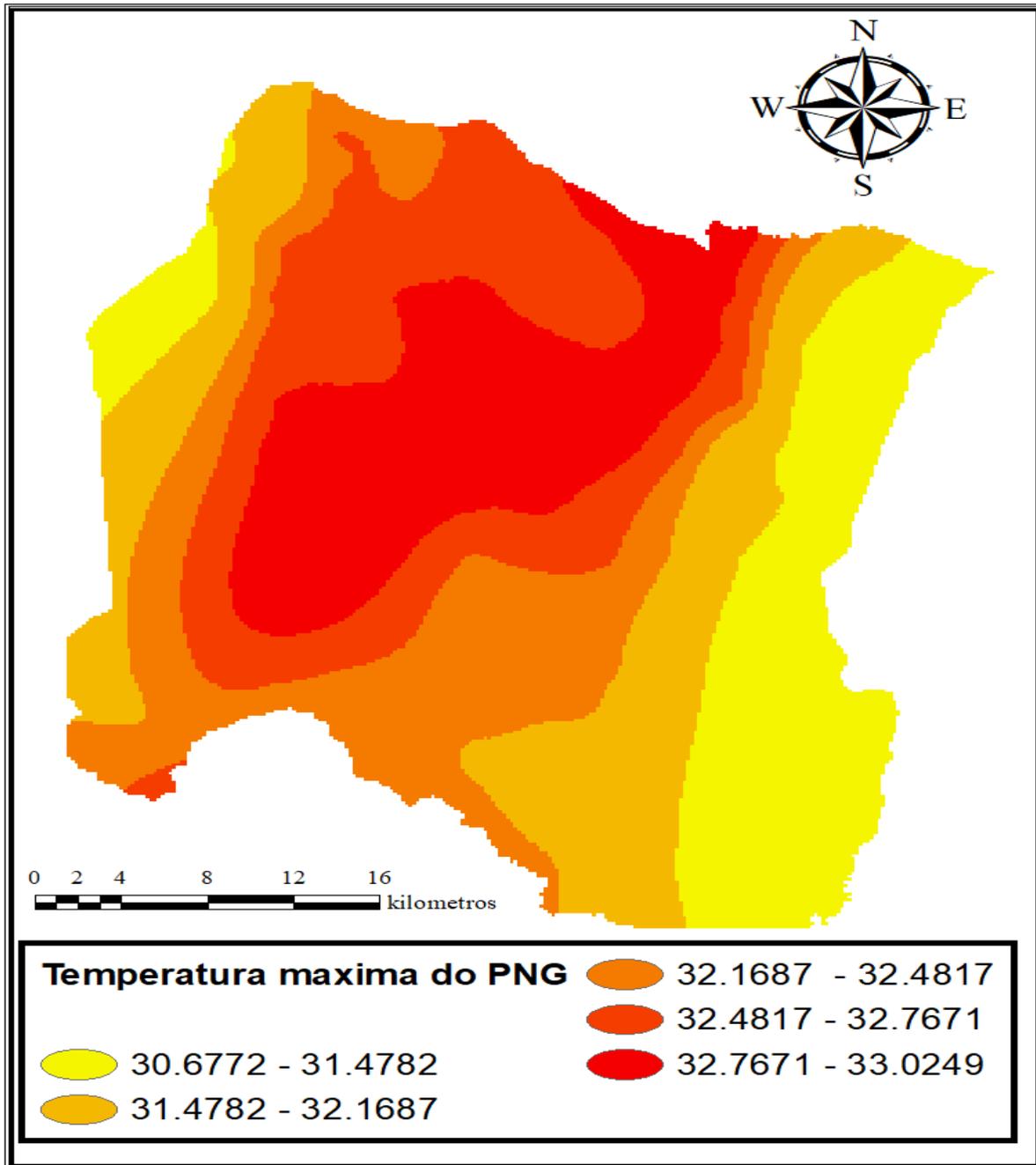


Figura 2: Temperatura media anual compreendida entre os anos de 2011 á 2018 (dados baixados na worldclim);

Fonte: Autor

3.2.2.1. Mapa de precipitação

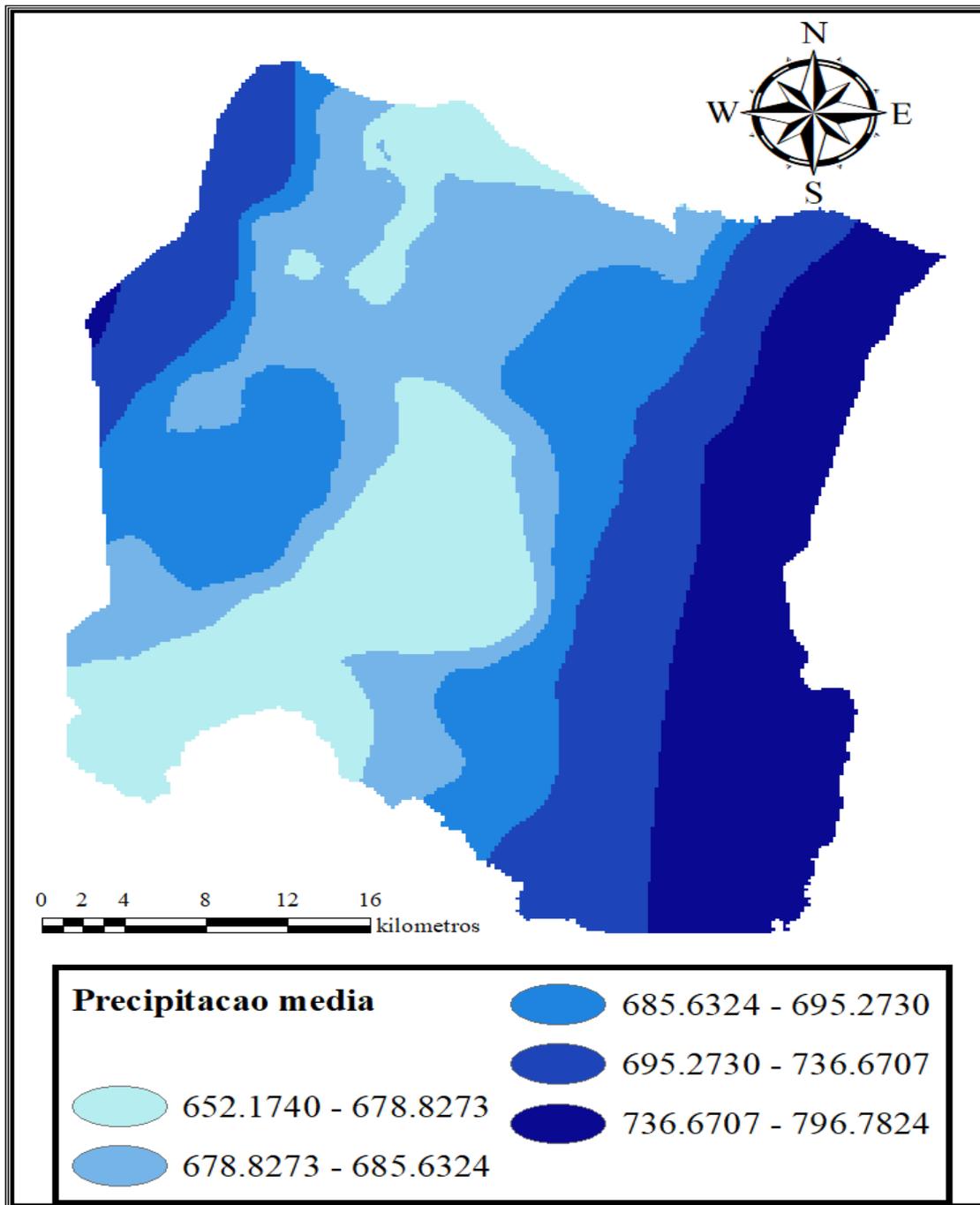


Figura 3: Precipitação anual compreendida entre os anos de 2011 a 2018(Dados baixados no website da worldclim);

Fonte: Autor

3.2.3. Velocidade dos ventos

Segundo a classificação de Koppen (2020), a velocidade dos ventos do PNG é:

Nos meses de Dezembro a Abril com ventos de Sul e Sudeste (13,4 km/h);

Nos meses de Maio a Julho com ventos de Sul e Sudeste (11,7 km/h);

Entre Agosto e Setembro com ventos de Sudeste e Sul (13,3 km/h);

Em Outubro e Novembro com ventos de Sudeste e Este (16,2 km/h).

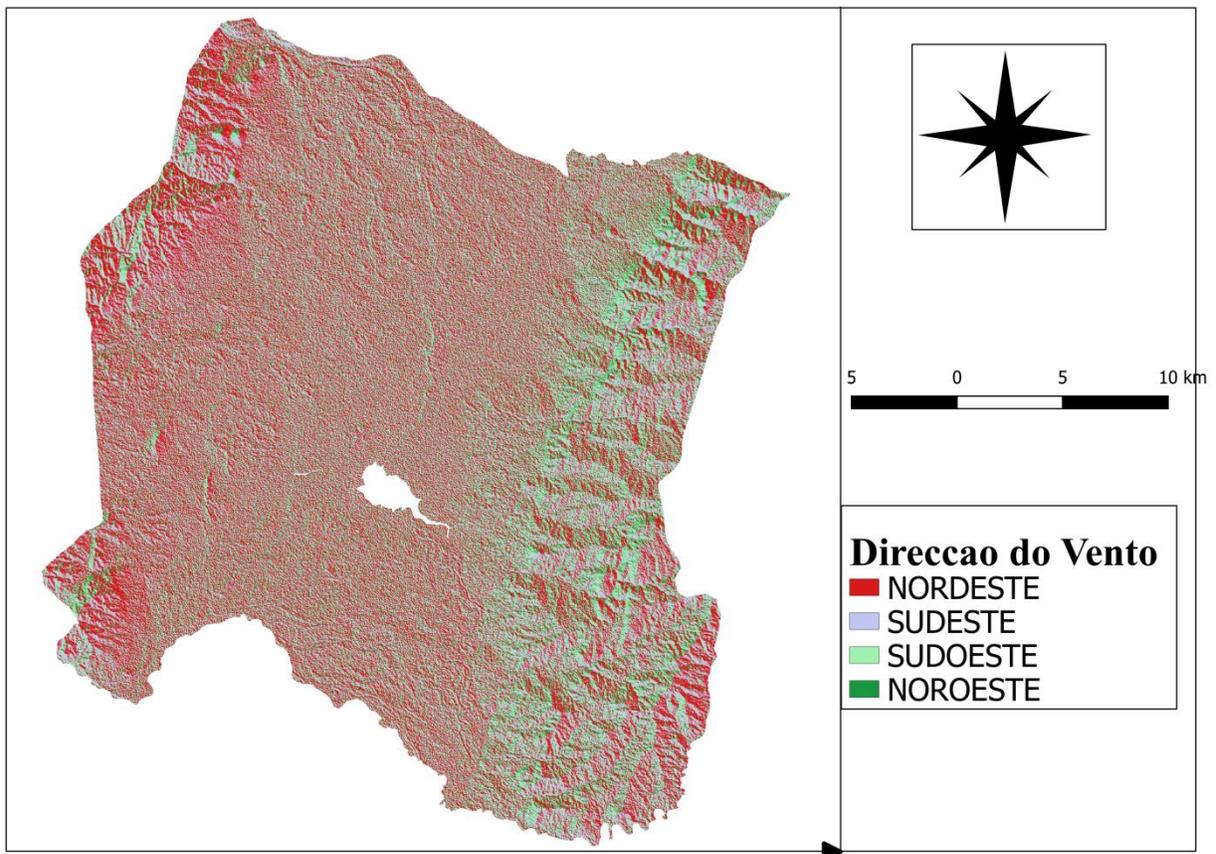


Figura 4: Mapa de direção dos ventos no PNG (dados baixados na earthexplorer).

Fonte: Autor

3.3. MATERIAIS

Para o levantamento de dados foram úteis as seguintes ferramentas:

- QGIS 3.14 (Software de processamento de informação geográfica);
- Aplicativo Microsoft Office Word e Excel 2013;
- Sites da NASA;
- Google earth;
- Inquérito;

3.3.1 Métodos

O método usado nesta pesquisa foi o de observação através de imagens satélites que consistiu na análise espacial, e neste método usou-se o sensor MODIS (satélite Terra, Aqua), para a caracterização do regime de queimadas, determinação da frequência de queimadas, densidade de queimadas, equações matemáticas para determinar o intervalo médio de retorno de queimadas e questionário.

3.4. ANALISE E PROCESSAMENTO DE DADOS

3.4.1. Imagens MODIS (MCD45A1)

A caracterização do regime de queimadas foi feita com base em imagens do sensor MODIS correspondentes as áreas queimadas referentes ao período entre 2015 á 2020. A estimativa da área queimada, frequência e intervalo de retorno médio de queimadas e densidade foi baseada em imagens do produto do sensor MODIS o MCD45A1 referente a áreas queimadas e (MCD14ML) concernente a fogos activos, estes dados foram acessados nos websites :

<http://modis-fire.umd.edu/pages/BurnedArea.php?target=GeoTIFF>,

Foram adquiridas 125 imagens mensais para cobrir todo o período em estudo (1 de Janeiro de 2015 a 31 de Dezembro 2020) e obtidas gratuitamente no formato HDF no *site* da NASA.

As imagens MCD45A1 foram obtidas em formato HDF e de seguida transformadas para o formato Geotiff, usando a operação *Data – Export Data* no QGIS 3.14. De seguida as imagens seguiram ao processo de correções das projecções, passando para a projecção UTM, Zona 36 S, datum WGS84. Feito isto, seguiu-se o recorte da área de estudo nas imagens, a qual foi realizada usando ferramentas de extracção (*Extract By Mask*), das imagens MCD45A1 foram extraídas e classificadas como áreas queimadas os pixéis cujos valores variaram entre 1 a 366 dias julianos, os pixéis com valores diferentes a estes foram classificados como áreas não queimadas.

3.5. Estimativas de áreas queimadas

A partir de dados das imagens MODIS no formato GEOTIFF e programa (Excel e QGIS), foi possível processar os dados de áreas queimadas de 2015 a 2020 e determinar a frequência e o intervalo de retorno de áreas queimadas. Para a obtenção de áreas queimadas usou-se as imagens do produto MODIS MCD45A1, e seguidamente submetidos ao processo de definição do sistema de referenciamento de coordenadas (WGS 1984_UTM Zone 36S) e recorte, de modo a obter apenas áreas queimadas correspondentes a área de interesse. De seguida procedeu-se com a extração de pontos a partir de uma grade de 500 metros mediante a execução de uma ferramenta *extract by point*.

3.5.1. Mapa de frequência

O mapa de frequência de queimadas foi obtido a partir das imagens mensais de áreas queimadas (MCD14A1), através da transformação em números binários (0 e 1, 0= área não queimada, 1 =queimada) que através da ferramenta *raster calculator* do software QGIS 3.14 foram combinadas para determinar o número de vezes que cada pixel foi afectado pelo fogo durante 5 anos. A frequência de queimadas é dada pelo numero de vezes que um determinado *pixel* é afectado pelo fogo durante os 5 anos em análise (2015 e 2020).

3.5.2. Determinação do intervalo médio de retorno de queimadas

O processamento dos dados para o cálculo de áreas e intervalo de retorno consistiu no seguinte: O processamento das áreas queimadas fez-se através da conversão dos pixels no formato raster (extraídos para PNG) para o formato polígono em cada mês para completar o respetivo ano, fez-se a junção dos meses e anos a partir da função *MERGE* (management). Após está etapa, calculou-se as áreas queimadas (Km²) a partir da função *CALCULATE ÁREA*, produziu-se o mapa das áreas queimadas dos 5 anos com base na ferramenta *ANÁLISE TOOLS* nos 5 anos, o Intervalo médio de retorno de queimadas foi calculado com base na metodologia apresenta por JÚNIOR *et al.* (2014), recorrendo-se a equação 1 e o intervalo médio de retorno (IMRQ) foi calculado a partir da média altimétrica ponderada dos respetivos anos de retorno de queimada e somente foi calculado para as áreas que tiveram retorno de queimadas no período de estudo.

O Intervalo médio de retorno de queimadas é o tempo entre duas queimadas sucessivas dado em anos (Whelan, 1995). Na qual a determinação do intervalo médio de retorno foi feita usando a expressão:

$$IMRQ = T * \frac{A}{a} \text{ (equação 1)}$$

Onde : T = período de tempo em análise (5 anos),

A = área total do Parque (4067 Km²) e;

a = Área queimada dentro do período em estudo (4829.01 Km²)

3.5.3.A frequência média de queimadas é dada pela equação 2:

$$Frequencia = \frac{1}{IMRQ} \text{ (equação 2)}$$

3.5.4.Estimativa da densidade

A densidade de queimadas baseou-se nos focos de queimadas agrupados em dados mensais no QGIS desde 2015 a 2020 e através da função *KERNEL DENSITY* para a representação. O mapa de *kernel* foi elaborado com recurso a ferramenta IDW (do inglês, *Inverse Distance Weighting*, que significa *ponderação da distância inversa*), dentro da caixa de ferramentas Spatial analyst tools (*interpolation*), de seguida foi feita a classificação através da função *classify*. A densidade de queimada foi classificada em 5 classes: Muito baixa (0.5 focos/km²), Baixa (0.7 focos/km²), Média (0.10 focos/km²), Alta (0.14 focos/km²) e Muito Alta (0.18 focos/km²). Onde a densidade muito baixa (0.5 focos/km²) foi observada em Dezembro a Janeiro, a densidade media (0.10 focos/km²) em julho a agosto e a densidade muito alta (0.18 focos/km²) em Setembro a Outubro

3.5.4.1.Cálculo da densidade e intensidade das queimadas

Para o calculo da densidade e intensidade foram processados os dados do produto MCD14ML no formato de ASCII (Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação) – texto, fornecidos em planilhas que podem ser visualizadas no Excel. Para a conversão do formato de shapefiles (dados vectoriais) foi necessário configurar as colunas considerando que o carácter de separação é a tecla backspace (espaço) e de seguida os arquivos salvos no Excel foram abertos no QGIS onde foram apresentados de acordo com as coordenadas de cada ponto.

Estes pontos representam focos de queimadas, que foram recortados para a área de estudo (PNG) e submetidos a uma correcção da projecção geográfica para WGS_1984_UTM_Zone_36S, com recurso à ferramenta reproject. Foi feito o procedimentos de correcções atmosféricas, pois anomalias relacionadas a estas correcções são efectuadas dentro dos algoritmos de processamento (mascaramento das nuvens; identificação de potenciais pixéis de fogos) (Giglio *et al.* 2018) das imagens antes de serem fornecidas para os usuários finais Giglio *et al.* (2016).

Foi feita uma exclusão dos focos com um nível de confiança (confidence) abaixo de 80%, pois estes podem estar associados a focos de baixa intensidade (baixo valor de FRP) e a falsos alarmes (Gajović & Todorović, 2013), como por exemplo, limpeza controlada de campos agrícolas localizadas dentro da reserva, e outras queimadas derivadas de perseguição de animais. A operação de exclusão de focos de baixa confiança foi realizada com base na ferramenta *Select by attributes*, tendo sido seleccionada a categoria confidence maior ou igual a 80%, e de seguida foram exportados (*Export data*) para uma nova camada de mapa, e de seguida foi adicionado (*add data*) o shapefile correspondente a área de estudo.

Quer a densidade como a intensidade de queimadas foi calculada a partir dos focos de fogos activos extraídos das imagens MCD14ML. A densidade de queimadas é o número de pixéis contendo focos de queimadas por km² durante os 5 anos de estudo (NWCG, 2012). O cálculo da densidade de queimadas foi feito no *raster calculator*, a partir da equação 3:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{númeropixéis contendo fogos activos}}{\text{Área}} \text{ (equacao 3)}$$

De acordo com NWCG (2012) citado por Maúnze (2016) a intensidade de queimadas é taxa de calor emitido por uma linha de frente de fogo num determinado tempo e, é apresentada nas imagens MCD14ML como *Fire Radiative Power* e, é medida em Quilowatts por metro (KW/m). Com base nos focos foi realizado a análise Getis-Ord Gi* (Getis & Ord, 1992) citado por (Pungulanhe, 2020) no QGIS, que permitiu distinguir duas regiões (*cold spot – 85% confidence e hot spot – 85% confidence*) com padrões diferentes de foco onde (zona fria e zona quente com 85% de confiança), considerando a força radioactiva de fogo, uma região tratada como zona de alta intensidade de queimadas (*hot spot*) e outra região como sendo a de fraca intensidade de queimadas (*cold spot*).

Este procedimento foi realizado com recurso as ferramentas *Select by attributes e Export data*. A análise Getis-Ord Gi* está disponível na caixa de ferramenta *Spatial Statistics Tool*, onde no espaço de *Input field* (campo de entrada de dado) foi seleccionada a coluna de *FRP*.

Foi observado que os focos situados na região de zona quente (*hot spot*) possuíram um FRP de 52300 Kw/m e os focos situados na zona fria (*cold spot*) possuíram um FRP de 1023 Kw/m. O modelo *Getis-Ord Gi* faz esta classificação de forma autónoma, considerando o global dos valores a serem analisados (Anselin, 1995). Porém não existe um consenso absoluto sobre os valores de FRP acima dos quais pode se considerar queimadas de alta intensidade, ou um valor

abaixo de FRP que se pode considerar queimadas de baixa intensidade, Giglio et al. (2006) e Oom (2014) citado por (Pungulanhe, 2020).

3.5.5. Identificação das áreas prioritárias

Para a identificação das áreas prioritárias de intervenção no âmbito de prevenção contra queimadas descontroladas, foi feita com base na frequência, IMRQ e densidade dos focos de queimadas do produto MODIS MCD14ML sobre o mapa de uso cobertura de terra do PNG (anexo III), com cinco classes de uso e cobertura de terra (floresta Densa, floresta esparsa, lago urema, planície baixa de inundação, e solo exposto).

Foi realizada através dos pontos (focos), após a conversão no formato ASCII para coordenadas de cada ponto (foco) pela função *Select by attribute* no QGIS, de seguida foi feita a exportação dos focos (*export data*) sobre o mapa de uso e cobertura de terra e executada a função *Spatial tool (classes - quantify)* para a quantificação dos focos em cada classe, para melhor identificar as classes com maior concentração dos focos.

A detecção das áreas prioritárias de intervenção no âmbito de prevenção contra queimadas no PNG foi feita com base nas seguintes variáveis:

- ✓ Frêquencia media de queimadas (equação 2);
- ✓ Intervalo de retorno de queimadas (equação 1);
- ✓ Calculo da densidade de queimadas (equação 1);

Estas variáveis permitiram a detecção das áreas prioritárias, e a análise da distribuição da densidade dos focos (Myers, 2007) sobre as 5 classes de uso e cobertura, as regiões de maior frêquencia, menor IRQ e maior densidade, foram consideradas como sendo áreas prioritárias no ecossistema (Ribeiro, 2014). A área identificada como sendo prioritária foi a Planície baixa de inundação.

3.5.6. Entrevistas

Nesta fase o objectivo foi de perceber as principais causas de queimadas e actividades com mais frequência de uso de fogo na zona tampão e nas pequenas aldeias no interior do Parque, onde foram considerados os seguintes factores: agricultura, caça, pastagem e outros (apicultura, colecta de mel). Apresenta-se de seguida os métodos e técnicas de recolha de dados, bem como o procedimento da selecção da população alvo.

Métodos e técnicas de recolha de dados:

A recolha de dados baseou-se em métodos qualitativos, a partir de amostragem não probabilística e pela combinação da técnica de observação não participativa e entrevistas. A observação não participativa consistiu na observação dos locais onde se inquiriu e serviu de comparação entre as respostas dos questionários e as características dos locais onde se pratica as actividades de uso de terra. A técnica usada baseou-se em questionários e entrevistas. As entrevistas foram realizadas aos técnicos do Parque e as aldeias no interior e na zona tampão.

Procedimento da selecção da população alvo:

A selecção dos informantes chaves (grupo alvo) baseou-se em dados de focos, áreas queimadas e a distribuição das aldeias no interior e na zona tampão do PNG, foram seleccionadas as aldeias mais próximas dos locais onde apresentava maior ocorrência de focos e áreas queimadas e de seguida os dados foram processados no pacote excell.

Tabela 3: Aldeias entrevistadas

Zonas Habitacionais (aldeias)	Entrevistados	
Chitengo/Mtindiri	4 homens	2 Mulher
Goinha	5 homens	4 Mulheres
Cusinurera	7 Homens	5 Mulheres
Bute	8 Homens	6 Mulheres
Chipondaminga	6 Homens	4 Mulheres
Chamissanga	6 Homens	3 Mulheres
TOTAL	36 homens	24 Mulheres

As entrevistas foram realizadas nas 3 aldeias (Goinha, Cusinurera, Chipondaminga) no interior do Parque, em Chitengo/Mtindiri (nas instalações do PNG – interior do Parque) aos técnicos do PNG no qual foram 4 técnicos que foram entrevistados, e as restantes entrevistas foram feitas na zona tampão nas duas comunidades ao redor do PNG. A entrevista nas aldeias, consistiu em ser apresentado pelo Parque nas aldeias a serem entrevistadas e 56 membros da aldeia que foram entrevistados. As mulheres foram entrevistadas porque fazem actividades de uso de terra.

4.RESULADOS E DISCUSSÃO

4.1.Mapa de frequência e focos de queimadas

Foi feito o mapa de frequência de queimadas a partir das imagens MODIS fogos activos onde foram agregados todos os fogos activos identificados entre 2015 a 2020.

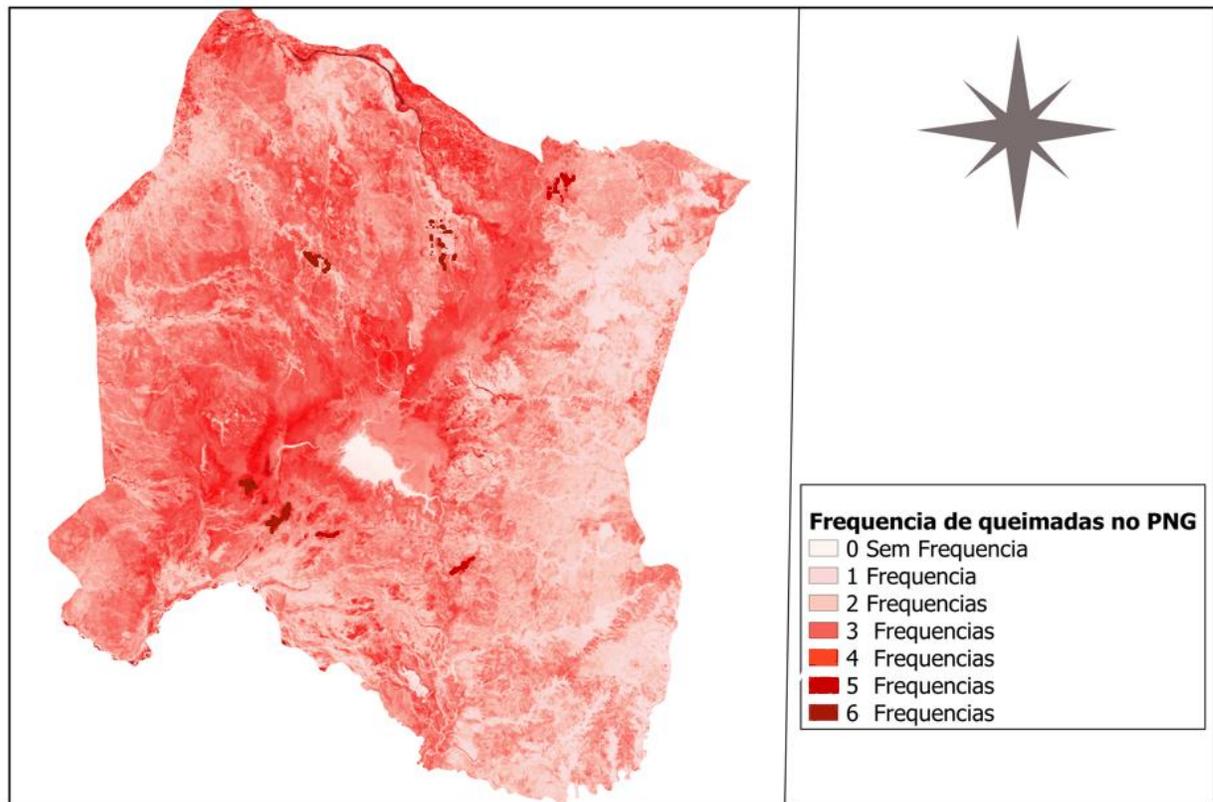


Figura 5: Frequência de Queimadas no Parque Nacional da Gorongosa (período 2015 a 2020).

A frequência de queimadas no Parque Nacional da Gorongosa variou de 1 a 6 vezes nos 5 anos em estudo, de ressaltar que a frequência média foi de 2.7 vezes, relacionadas com a incidência de manchas durante todo o período de estudo, mas também identificaram-se áreas em que não houve registo de nenhuma queimada no período em estudo como ilustra a figura 4, inerente as áreas afectadas pelos focos de queimadas.

Nesta análise temporal o valor zero (0) apresentado como valor de frequência, representa as áreas que não foram afectadas por queimadas nos 5 anos em estudo, a classe representada pelo valor “1” refere-se a ocorrência de apenas uma queimada, enquanto a classe 6 representa a

ocorrência de queimadas no mesmo local durante seis vezes nos 5 anos, isto mostra que dentro do Parque Nacional da Gorongosa existem áreas que foram afectadas por queimadas mais de uma vez por ano, justificando assim o valor de frequência maior que o período em análise para certas áreas (o caso de regiões com frequência entre 5 a 6 vezes). E as áreas afectadas por cada classe de frequência de queimadas são representadas na Tabela 3.

Relacionando entre a distribuição de ocorrência de queimadas, a distribuição da precipitação média (figura 3), e a distribuição das temperaturas máximas (figura 2) do período em estudo, constatou-se que há uma relação directa entre a frequência das queimadas, precipitação, e temperatura visto que observou-se maior ocorrência de queimadas, na região central do PNG devido a muita concentração de precipitação na época chuvosa, facto que condiciona o alto crescimento das gramíneas, e entre os meses de Julho a Setembro época de baixa precipitação e altas temperaturas que condicionam na secagem e redução do teor de humidade do combustível (Hely *et al* 2003) e associado aos ventos que propiciam a direcção de velocidade de propagação das queimadas que influenciam no alastramento e frequência das queimadas no PNG.

Maior frequência (6 vezes) de queimadas foi verificada na região central ou seja na planície baixa de inundação (figura 10), e menor frequência de (1 vez) foi verificada na região sul do Parque. Estes resultados convergem com os resultados encontrados por Russell-Smith e Yates (2007) cujo fez estudos nas savanas da Austrália, na qual encontraram uma relação directa entre a frequência de queimadas e a precipitação, justificando que isto se deve ao crescimento graminal suficiente para se realizar queimadas numa média anual nas áreas de maior pluviosidade e para uma vez a cada ano em zonas com menor precipitação.

Os resultados deste estudo divergem com os resultados encontrados por Maúnze (2016) na Reserva de Gilé no ecossistema de Miombo, no qual fez relação entre a distribuição da frequência de queimadas e a distribuição da precipitação, constatou a existência de uma relação inversa entre a frequência de queimadas e a precipitação, uma vez que as zonas de menor precipitação são as que registaram maior frequência de queimadas e vice versa.

Observou-se que 26% do do território não foi afectado pelo fogo ao longo do período analisado. Dos restantes 74% do território afectados por queimadas, uma percentagem significativa 50% teve um máximo de 4 ocorrências no período em estudo, e, cerca de 24% do território do PNG detectou frequência de queimadas 5 ou mais vezes no período em estudo, implica que houve maior frequência de queimadas.

4.1.1. Áreas queimadas em km²

Tabela 4: Áreas afectadas pelas queimadas por ano.

Anos	Áreas queimadas em (Km ²)	% da área do PNG
2015	1242,04	33,80
2016	644,98	17,55
2017	271,22	7,35
2018	425,78	11,54
2019	1095,46	29,81
2020	105,10	2,84

Foi observado uma sucessão anual de áreas queimadas, constatou-se que algumas regiões são afetadas regularmente pelo fogo. Isto revela-nos que a frequência de fogos detectados nestes 5 anos analisados pode atingir o valor máximo possível, ou seja, há áreas que arderam em todos os anos analisados, a planície baixa de inundação (figura 9).

Observando as áreas afectadas por queimadas, pode-se afirmar que o ano de 2015 apresentou maior área queimada e a menor área é verificada no ano de 2020, cujo ocupam cerca 1242,04 e 105,10 km² respectivamente e percentagem de 33,80% para 2015 e 2,84% para 2020, isto significa que houve decréscimo das áreas queimadas durante o período estudado. Segundo a entrevista feita aos líderes comunitários concernente as causas de queimadas constatou-se que no ano de 2015, a maior incidência de queimadas deveu – se a queimadas para renovação do pasto. No ano de 2019 as queimadas se alastraram até 1095, 46 km² isto se deveu a prática de agricultura (abertura de campos agrícolas para o plantio do cafeeiro e extração de mel), estas queimadas não iniciaram no interior do Parque, tiveram início na zona tampão e se alastraram até aos limites do Parque.

Estes resultados divergem com (Ossene, 2015) avaliou o regime de queimadas no ecossistema de mopane em Mabalane tendo obtido resultados crescentes das áreas queimadas devido a produção de carvão. E os mesmos resultados convergem com (Maúnze, 2016) fazendo o mapeamento das áreas queimadas na Reserva Nacional de Gilé, onde obteve dados que mostram claramente um decréscimo da área queimada, e N'Datchoh *et al.*, (2015) fazendo estudo de regime de queimadas nas savanas da África Ocidental, esta convergência é devido as actividades

de manejo envidados pelo Parque (fiscalização e integração dos comunitários na monitoria e gestão de queimadas).

Da análise realizada as áreas queimadas no período de 2015 a 2020, relativa à área do Parque Nacional da Gorongosa foi verificado decréscimo na extensão da área queimada. Nos 5 anos considerados, apenas em dois deles (2015 e 2019) os valores de área queimada foram superior a 1000 km², em outros três anos a área total afectada pelas queimadas foi inferior a 700 km², o que indica que no período em estudo houve redução drástica das queimadas, estes resultados divergem com (Dgedge *et al* ,2016) avaliou a ocorrência de queimadas no ecossistema de Miombo, cujo obteve valores de área ardida inferior a 500 km² em apenas 2 anos, e em outros sete anos obteve área total ardida com valores superior a 1000 km², o que significa que houve maior incidência de queimadas, mas o que influência na divergência dos resultados é devido as actividades de manejo, sensibilização das comunidades e integração das comunidades na gestão e controlo de queimadas no PNG. Ao passe que para (Dgedge *et al*, 2016) houve fraca actividade de manejo, gestão de queimadas e muita disponibilidade de combustível pesado (biomassa lenhosa).

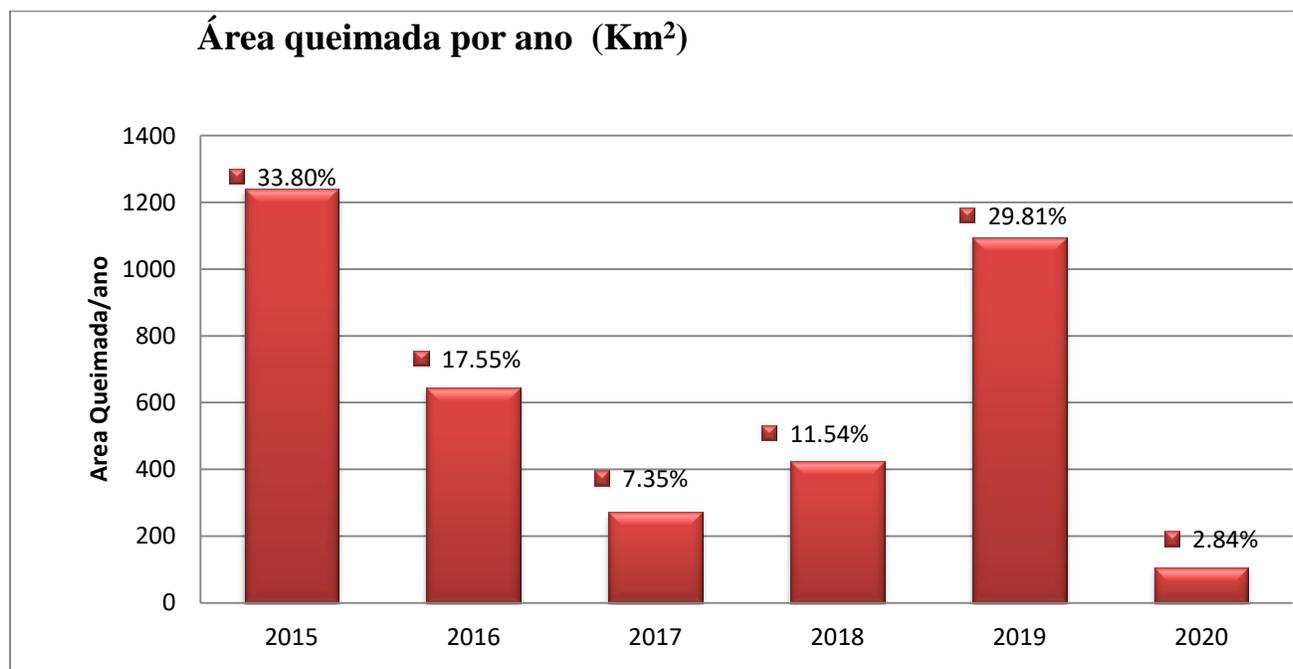


Figura 6: Área queimada por ano no PNG entre (2015 a 2020).

4.1.2. Distribuição média mensal de áreas queimadas

Feita a distribuição média mensal das áreas queimadas, no Parque Nacional da Gorongosa foi observado elevado número nos seguintes meses: Agosto, Setembro, Outubro; e baixo número de área queimada nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e dezembro, conforme a tabela 4.

Tabela 5: Distribuição média mensal de áreas queimadas entre 2015 a 2020

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Junh	Julh	Agost	Setembr	Outubr	Nov	Dez
Area km2	2.8	2.9	2.19	16.2	24.87	15.87	50.8	65.65	100.09	93.08	21.48	0.83

O mês com maior pico de queimadas foi o de Setembro, e o mês com menor ocorrência foi o de Janeiro, e Dezembro devido a elevada precipitação, conforme ilustra a figura 6.

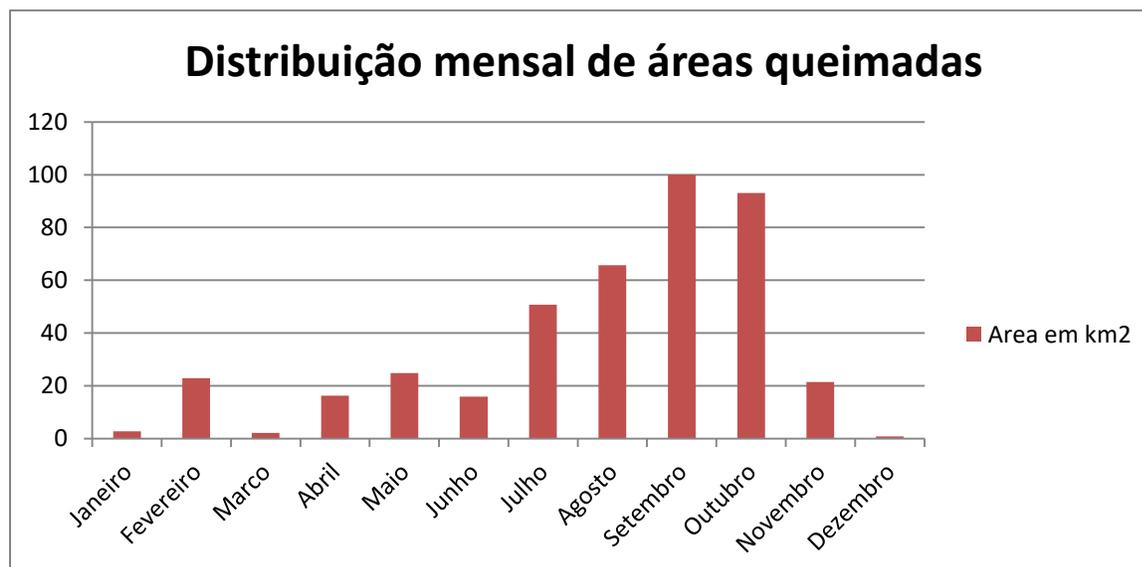


Figura 7: Distribuição mensal de áreas queimadas entre 2015 a 2020.

O maior pico de queimadas no mês de Setembro deveu – se as altas temperaturas desta época que condicionaram a disponibilidade do combustível para a queima, e o início das actividades de agricultura (preparação de campos agrícolas). As altas queimadas observadas nos meses de Agosto, Setembro e Outubro, foram o resultado do efeito combinado das altas temperaturas e ventos fortes tal como baixa precipitação. Estes resultados são sustentados por (Hely *et al.*, 2003) menores precipitações e maiores temperaturas propeçiam maior disponibilidade do combustível apto para queimar, através da redução da humidade do mesmo, uma vez que a humidade é um dos factores que pode reduzir a disponibilidade de material para queimar (acessibilidade do

material), ventos influenciam na velocidade e direção de propagação de fogo, segundo (Sampaio, 1991). Estes resultados convergem com (Pungulanhe, 2020), (Maúnze, 2016) ambos fizeram estudo na Reserva de Gilé e (Ossene, 2015) que avaliou a incidência de queimadas no ecossistema de Mopane no distrito de Mabalane, cujo ambos autores obtiveram maior área queimada nos meses de Agosto a Outubro. Esta convergencia deve-se a mesma época de actividades de uso de terra (actividades agrícolas, pastagem, extração de mel etc) que envolvem queimadas em Moçambique (MICOA, 2007).

Estes resultados comparados com Molinario *et al* (2013) na caracterização espacial e temporal de queimadas na Etiópia, divergem visto que obteve como resultados de Março a Novembro como meses com maiores áreas queimadas, a razão da divergência é devido ao padrão de condições climáticas diferentes de Moçambique e longo periodo da estação seca.

A diferença entre áreas queimadas para os vários meses, foi devido as temperaturas baixas do inverno que condicionaram no teor de humidade (Hely *et al* 2003) o qual terminam entre Junho e Julho, baixa velocidade do vento que não contribuiu na propagação do fogo, enquanto que temperaturas dos meses de Setembro e Outubro são reactivamente altas, com muito combustível leve (componente graminal), que proporciona alta velocidade de propagação das queimadas.

4.2. Intervalo médio de retorno das queimadas (IMRQ)

Foi calculado o intervalo médio de retorno das queimadas no Parque Nacional da Gorongosa no qual foi de 1,7 anos com uma frequência média de 2.7 vezes, o tempo necessário para ocorrer 2 fogos consecutivos ou mais, o que revela que as queimadas voltam em cada ano no PNG.

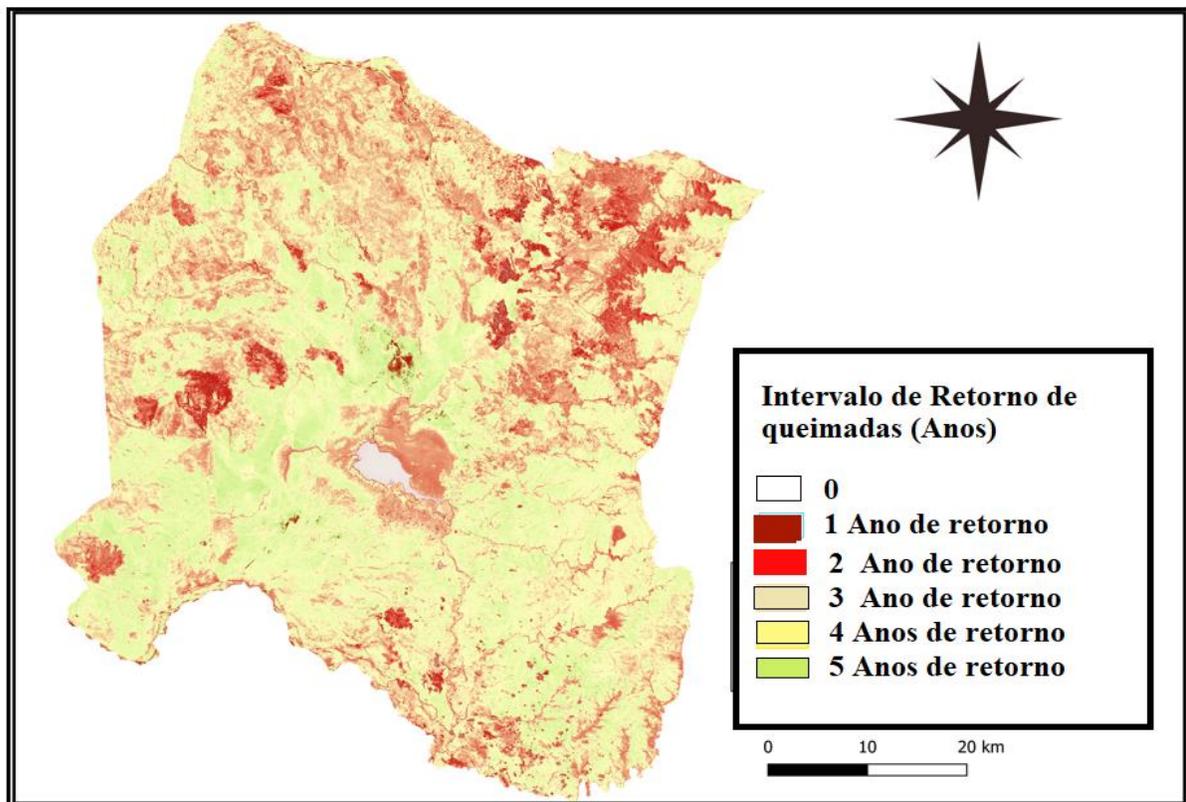


Figura 8: Intervalo medio de retorno de queimadas entre (2015 a 2020).

O valor baixo (1.7 anos) de IMRQ foi verificado mais para a região central do PNG ao redor das zonas de inundação (figura 10) devido a muita disponibilidade de combustível leve ou composição graminal na época seca. Segundo as entrevistas feitas na zona tampão constatou-se que actividades que envolvem queimadas na zona tampão propiciam o alastramento do fogo até aos limites do PNG, e influenciam na frequência e no intervalo de retorno de queimadas. Esta constatação é sustentada por DNAC (2010) a população exerce pressão sobre as áreas de conservação na qual se destaca actividade agrícola e caça praticada pelas comunidades que levam ao desmatamento na área.

Foi verificado intervalo maior de retorno (5 anos) na região sul do PNG, intervalo medio (3 anos) na região norte e intervalo menor (1,7 anos) na planície de inundação (região central).

O intervalo médio de retorno de queimadas no período em estudo é de 1.7 anos e segundo Júnior *et al.* (2014), num estudo realizado na Savana de Cerado (área de proteção) encontrou IMRQ de 2.72 nos diferentes tipos de ecossistemas da área, e segundo Melo (2010), num estudo realizado para Guine-Bissau em vários locais, verificou uma variação de 12 a 8599, e Ossene (2015) num estudo realizado no distrito de Mabalane obteve um IMRQ de 142.5 anos, no entanto os valores encontrados neste estudo se enquadram no intervalo encontrado por Júnior *et al.* (2014) e distante de valores determinado por Melo (2010) e esta diferença esta associada com a percentagem de área queimada, o que significa que para Júnior *et al.* (2010) a percentagem da área queimada é próxima a 100% e a percentagem de área queimada de Melo (2010) é próxima a 0%. Foi verificado que quanto mais a área queimada for menor que a área em estudo, o valor de IMRQ tende a aumentar ou seja, existe uma proporcionalidade direta entre a área queimada e o IMRQ. Tendo em conta o valor de IMRQ para o Parque Nacional da Gorongosa, pode-se notar que é necessário 1.7 anos para que queime uma área correspondente a 4067 Km² que é igual a área de estudo, no entanto tendo em conta o PRF, nota-se que é necessário que passe pouco tempo para que a área total do parque queime por completo.

Neste estudo, ter o intervalo médio de retorno (IMR) de 1,7 anos, não implica que o PNG só queima a cada 1,7 anos, há áreas em que as queimadas retornam em cada 2 anos ou mais.

Segundo Magadzire (2013) citado por Maúnze (2016) períodos de retorno menores que dois anos (IMRQ < 2) podem promover a invasão por espécies que são mais tolerantes a queimadas frequentes em relação às espécies dominantes do miombo. Intervalos de retorno menores ainda retardam o desenvolvimento das espécies de árvores dominantes e consequentemente expõem as copas para a zona de chamas, aumentando assim a susceptibilidade a queimadas. Isto significa que no Parque Nacional da Gorongosa provavelmente pode haver a invasão por espécies que são mais tolerantes a queimadas frequentes.

4.3. Densidade e intensidade de Queimadas no PNG

Foi obtida a densidade de queimada em 5 classes: Muito baixa (0.5 focos/km^2), Baixa (0.7 focos/km^2), Média (0.10 focos/km^2), Alta (0.14 focos/km^2) e Muito Alta (0.18 focos/km^2) a um intervalo de 85% (Gajović & Todorović, 2013). Onde a densidade muito baixa (0.5 focos/km^2) foi observada em Dezembro a Janeiro, a densidade media (0.10 focos/km^2) em julho a agosto e a densidade muito alta (0.18 focos/km^2) em Setembro a Outubro. No qual baixa densidade foi observada na região sul do Parque, e alta densidade na região central do Parque ou seja na planície baixa de inundação (figura 10).

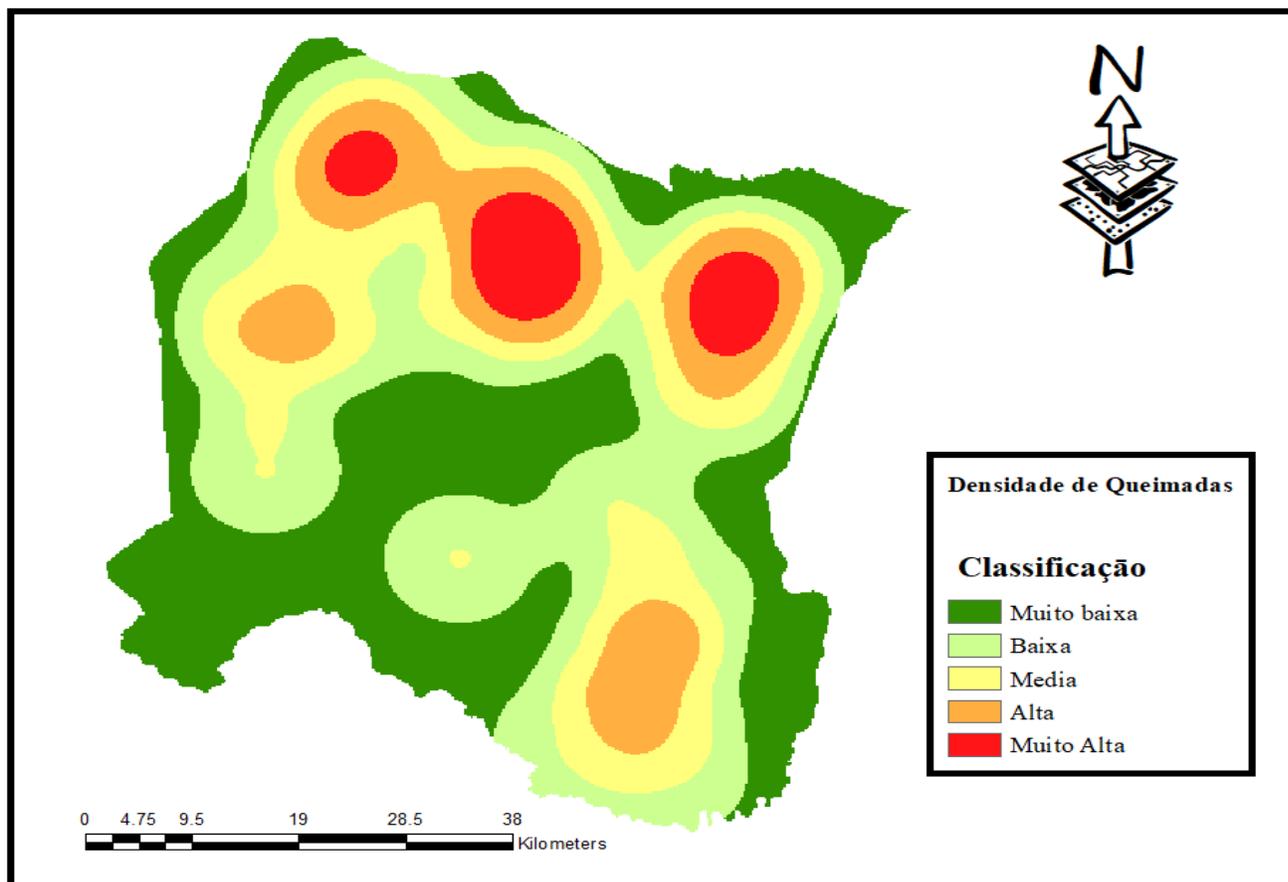


Figura 9: Densidade de queimadas em km^2 entre 2015 a 2020 no PNG.

Ao analisar-se a densidade de queimadas no PNG entre o período em estudo (2015 a 2020), foi verificado a existência de uma relação directa entre a densidade e intensidade de calor, constatou-se que áreas com muita densidade de queimadas emitiram elevada intensidade de calor, observou-se alta densidade de 0.14 a 0.18 focos/km^2 com uma intensidade de 52300 kwatt/m .

A alta densidade de queimadas no PNG é directamente proporcional a densidade populacional, visto que o PNG possui pequenas aldeias residentes no interior e pressão das comunidades da zona tampão. Alta densidade (0,18 focos/km²) foi verificado na planície baixa de inundação.

Altas densidades de focos de fogos no PNG estão interligadas a concentração de focos de calor e frequência de queimadas anuais, por serem frequentes influenciam na emissão de calor, e propiciam na baixa acumulação de grandes quantidades de biomassa vegetal (combustível).

Feita as entrevistas na zona tampão constatou-se que a densidade populacional e a distribuição geográfica das aldeias na zona tampão foram os principais factores que proporcionaram o aumento da densidade, visto que estas aldeias dependem da prática de agricultura, pastagem para a sobrevivência, assim sendo a densidade populacional afecta na densidade de queimadas pela prática das suas actividades de uso de terra. Segundo DNAC, (2010) a população que habita em redor ou nas proximidades das áreas de conservação exerce pressão sobre as mesmas, na qual se destaca actividade agrícola praticada pelas comunidades que causa queimadas, resultando em desmatamento.

Comparando os resultados de Maúnze (2016) com os deste estudo, notou - se uma diferença, na qual para a RNG obteve-se pouca densidade de queimadas 3 a 5 focos/km², em relação ao PNG que apresentou 5 a 18 focos activos/km² com uma alta densidade de queimadas, esta diferença deve-se ao facto de RNG não apresentar nenhuma população a habitar nela.

Comparando a densidade deste estudo com os resultados obtidos por Ossene, (2015) tendo obtido uma alta densidade 20 focos/km² no distrito de Mabalane em relação ao PNG houve uma divergência visto que o (Ossene, 2015) teve uma alta densidade de queimadas devido a produção de carvão e fraca actividade de manejo e controlo das florestas comunitárias, ao passo que no PNG a alta densidade de queimadas é devido a actividades de uso de terra e por ser uma área de conservação com actividades de manejo e gestão de fogos.

Segundo o modelo de (Anselin, 1992) foi observado que os focos situados na região de zona quente (*hot spot*) possuíram um FRP de 52300 Kw/m e os focos situados na zona fria (*cold spot*) possuíram um FRP de 1023 Kw/m.

A intensidade máxima para o período de 5 anos foi de 52300 kWatts, alta intensidade de queimadas deve ao facto de o PNG possuir queimadas frequentes e combustível leve (componente graminal) que emite elevada intensidade de calor e alta capacidade de velocidade de propagação dos fogos nos meses de Agosto a Setembro.

Esta intensidade de calor difere dos resultados obtidos por Cangela (2014) no ecossistema de Miombo onde encontrou uma intensidade de $\pm 80000\text{kw}$, muito alta em relação ao PNG devido a baixas densidades de focos de fogo, alta densidade de elefantes, e baixa frequência de queimadas que propiciaram acumulação de biomassa vegetal (combustível). Neste estudo verificou-se resultados próximos, aos resultados alcançados por Pungulanhe (2020) que obteve um pico de 48000 kw/m na RNG, devido a pressão das comunidades da zona tampão visto que na RNG não existe nenhuma comunidade a habitar nela.

O resultado encontrado neste estudo em relação à intensidade de queimadas é sustentado por Giglio *et al.* (2006) sugere que geralmente altas intensidades maiores ou igual a (40 MegaWatts) ocorrem em zonas com pressão humana, enquanto que baixas intensidades de (15 Megawatts) de queimadas (FRP) estão associadas a áreas com cobertura florestal densa. As baixas intensidades em florestas tropicais são devido a altos teores de humidade dos combustíveis, não permitindo assim a ocorrência de queimadas intensas, isto implica que a baixa intensidade de 1023kwh verificada na zona fria do PNG segundo o modelo de (Anselin, 1992), deve –se ao facto de alto teor de humidade do combustível.

4.4. Áreas prioritárias de intervenção no PNG

Feita a detecção das zonas prioritárias com base nas áreas de maior frequência, intervalo medio de retorno e maior densidade de queimadas. Neste estudo foi obtido como resultado frequência de 6 vezes, intervalo medio de retorno de 1.7 anos e alta densidade de focos/km² de 0.18, os quais foram verificados na planície baixa de inundação (região central) no PNG. Segundo Stalmanse & Beilfuss (2008) planície baixa de inundação são áreas periodicamente húmidas com predominância de herbáceas, gramíneas e pequenos arbustos (material de alta inflamabilidade e rápida propagação).

De acordo com Myers (2007) as áreas de intervenção são as mais susceptíveis a degradação devido a concentração de actividades que contribuem para a mudança do padrão natural do ecossistema. A planície de inundação foi detectada como sendo a área de intervenção no âmbito de prevenção e vigilância contra queimadas, de modo a inibir a degradação e mudança do padrão natural do ecossistema de Miombo no interior do PNG.

Áreas com densidades de fogos são susceptíveis a perda da biodiversidade (Frost *et al*, 1991) citado por (Maúnze, 2016). Isto significa que na planície baixa de inundação cujo foi observada alta densidade de queimadas há perda da biodiversidade devido a densidade de queimadas.

Frequencia maior de queimada causa modifica o padrão natural do habitat (Ossene, 2015), isto foi verificado na planície baixa de inundação.

Segundo Magadzire (2013) períodos de retorno menores que dois anos (IMRQ < 2) podem promover a invasão por espécies que são mais tolerantes a queimadas frequentes. Isto significa que na planície baixa de inundação onde foi verificado um intervalo de retorno de 1.7 anos há invasão por espécies mais tolerantes a queimadas frequentes.

Intervalos de retorno menores retardam o desenvolvimento das espécies de árvores dominantes e aumentando assim a susceptibilidade a queimadas (Magadzire, 2013) Isto mostra que na planície baixa de inundação há susceptibilidade de queimadas, justificando assim prioridade de intervenção e prevenção contra queimadas.

Planície de inundação são regiões de grande valor e com muitos recursos que propiciam um bom desenvolvimento da flora e fauna, pois é nestas áreas que toda biodiversidade depende para o seu crescimento e desenvolvimento ecológico (Stalmanse, 2008).

Estes resultados comparados com (Cangela, 2014) na Reserva especial de Niassa, identificou regiões Este e Central-Norte ao passe que neste estudo apenas foi identificada uma área como sendo prioritária (região central – planície baixa de inundação), esta divergencia de regiões encontradas por (Cangela, 2014) deve ao facto da Reserva Especial de Niassa possuir alta densidade de elefantes, segundo(Maúnze, 2016) na Reserva nacional de Gilé identificou a região norte da Reserva, estes resultados convergem com este estudo visto que ambos estudos identificaram uma área região prioritária, esta convergencia deve se as actividades da zona tampão que exercem pressão sobre a área de conservação (DNAC, 2012).

A área prioritária identificada no PNG foi Planície baixa de inundação interligada ao lago Urema visto que estas são as mais propensas a queimadas devido ao alto potencial graminal e pequenos arbustos (material de alta inflamabilidade e rápida propagação) (Stalmanse & Bellfuss, 2008). Esta área precisa de intervenção no âmbito da prevenção e vigilância contra queimadas. De acordo com Myers (2007) acções de manejo de queimadas devem priorizar as áreas onde as queimadas causam danos sobre os ecossistemas, contudo, sem excluir aquelas áreas onde as acções de manejo irão potencializar os benefícios ecológicos das queimadas sobre os ecossistemas.

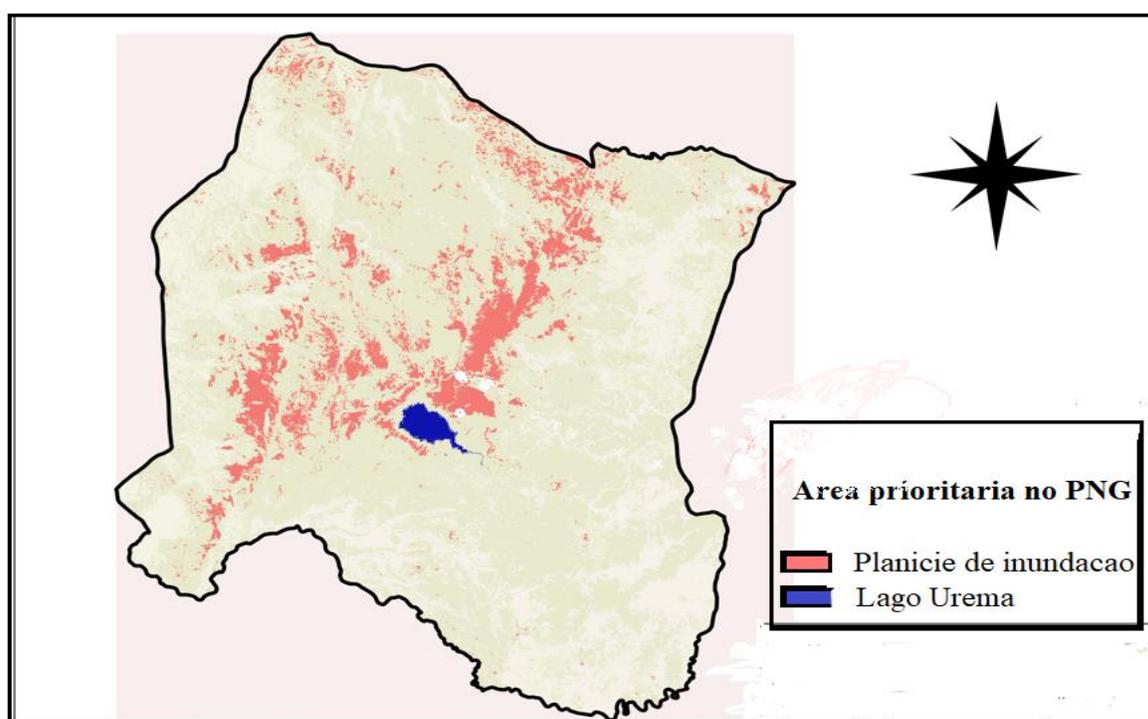


Figura 10: Áreas prioritárias de intervenção no PNG entre (2015 a 2020);

4.5.Locais

Tabela 6: Resultado das entrevistas.

Local/entrevistado	Resultados da entrevista
Aldeias no interior do Parque	Nas entrevistas constatou-se que a principal causa das queimadas no interior é abertura de machambas, abertura de caminhos para circulação dentro da floresta. A pastagem e a caça não acontecem nas aldeias dentro dos limites do PNG.
Zona tampão	<p>Constatou-se que a maior parte das queimadas são causadas durante a prática de agricultura, pastagem, e a caça. A pastagem e caça só acontece na zona tampão que por sua vez se alastram até aos limites do PNG.</p> <p>Usam as queimadas para renovação do pasto, abertura de terrenos para construção de casas, abertura de caminhos alternativos até a estrada e ou outras aldeias. Os comunitários entrevistados afirmaram que a causa de maior incidência de queimadas em 2015 foi a pouca queda de chuva, o que condicionou a pastagem (seca da componente graminal), sem alternativa optaram em queimadas para a renovação de pasto. No ano de 2019 o aumento de queimadas foi devido a prática de agricultura, porém estas queimadas foram controladas.</p>
Técnicos do PNG	Constatou-se que as principais queimadas são provenientes da zona tampão, visto que estas fazem a prática de agricultura, caça, e pastagem, actividades estas que envolvem queimadas para a satisfação das suas necessidades. Mas como forma de reduzir as queimadas, o Parque está envidando esforço e estratégias de redução das queimadas.

Num total de 60 entrevistados, 52% de queimadas são inerentes a abertura de campos agrícolas, 39% inerentes a pastagem e 5% inerentes a caça somente na zona tampão e 4% inerentes a outras queimadas (fumadores, colecta de mel, causas naturais).

A pastagem e abertura de campos agrícolas foram a principal causa das queimadas intensas em 2015 onde verificou-se maior área queimada.

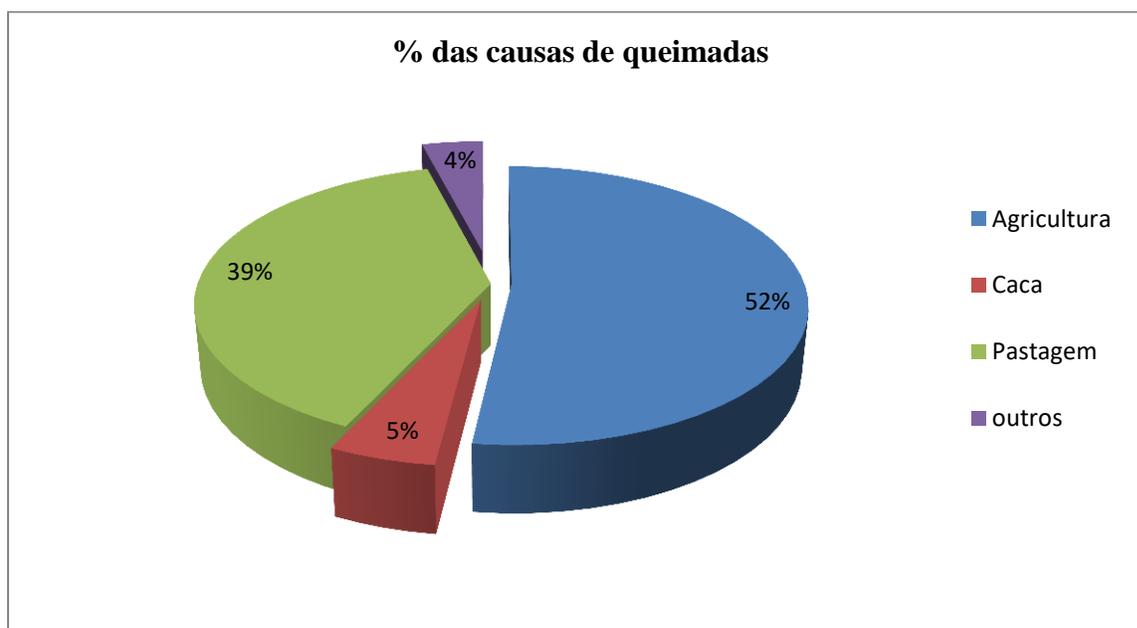


Figura 11: Causas de queimadas no interior do PNG no período de (2015 a 2020).

No período em estudo a abertura de campos agrícolas foi a principal actividade causa de queimadas, estes resultados diferem dos resultados obtidos por Ossene (2015) para estudo no distrito de Mabalane num período de 10 anos, no qual obteve a produção de carvão como a principal causa de queimadas com uma área queimada de 43,2 km². No PNG as queimadas foram usadas para abertura de machambas e renovação do pasto (componente graminal) no período seco. As causas de queimadas neste estudo estão intimamente ligadas com causas do Siteo *et al* (2013) o autor considera que as principais causas de queimadas em Moçambique estão relacionadas com aberturas de machambas (agricultura itinerante), pastagem, caça, colheita de mel.

Tabela 7: Situação das queimadas para cada uso

Fonte: Autor

Pastagem	<p>Os que praticam queimadas para a pastagem correspondem a maior parte da população (39%) (visto que estas comunidades residentes nos limites do PNG possuem muito gado caprino), usam principalmente para a eliminação do graminal seco, com vista a garantir o crescimento do graminal jovem e verde para garantir a alimentação dos animais.</p> <p>As queimadas são usadas no período seco, os técnicos enfrentam dificuldades para controlar o fogo, devido a falta de equipamento (carro de bombeiros), porém usam queimada fria no fim do inverno) na zona tampão.</p>
Agricultura	<p>A maioria das comunidades (52%) pratica agricultura. Geralmente as queimadas mais frequentes são usadas na abertura de novas áreas para o cultivo, segundo os comunitários, estas queimadas são feitas em todas épocas do ano.</p>
Caça	<p>A caça so acontece na zona tampão e extremidades ou limites do parque. As queimadas usadas na caça geralmente têm feito para afugentar os animais e caírem nas ratoeiras ou para caçar, em alguns casos, a caça foi feita no período seco, o que influência nos 5% de queimadas.</p>
Outras actividades	<p>Segundo os técnicos, outras actividades causadoras de queimadas são colheita de mel, através de fumadores, e altas temperaturas no período seco que coincidem com o graminal seco.</p>

4.7. Estratégias de redução das queimadas no PNG

O PNG desenhou planos e estratégias de redução de desmatamento após queimadas intensas de 2015, com enfoque na participação, engajamento, e integração das comunidades na redução das mesmas. O PNG no âmbito de mitigação de queimadas em 2016 promoveu actividades de redução de queimadas a saber: apicultura, produção de café, participação na gestão de Lodges comunitários (1 lodge), integração dos fiscais comunitários, capacitação da comunidade no plantio e restauração das áreas degradadas pelas queimadas na zona tampão.

A actividade com mais destaque de contributo e integração da comunidade é: apicultura e produção de café na Serra da Gorongosa.

4.7.1. Apicultura

A apicultura é a criação abelhas para produção de mel com enfoque na geração de renda. Este ramo introduzido no interior das comunidades do PNG, com vista a consciencializar as mesmas sobre a conservação e preservação das florestas, visto que as colmeias são montadas nas árvores (facto que consciencializa a importância das árvores). A promoção da apicultura (produção de colmeias e capacitação dos produtores locais), foi uma das medidas para reduzir as queimadas.

4.7.3. Produção de café

A produção de café foi uma actividade de engajamento e integração das famílias com o enfoque na mitigação dos efeitos da deflorestação e das alterações climáticas, esta actividade promoveu o agronegócio e segurança alimentar das famílias.



Figura 12: Produção de café no PNG – estratégia de mitigação de deflorestação

Tabela 8: Ganhos e sucessos na estratégia de redução das queimadas;

Estrategias	Sucessos
Reassentamento das comunidades	O PNG está no processo de reassentamento das comunidades para zona tampão, onde algumas comunidades já foram reassentadas na zona tampão, simplesmente ficaram pequenas comunidades dentro dos limites do parque. O reassentamento foi uma actividade implementada no âmbito de redução e mitigação de queimadas e conflito homem-fauna.
Integração das comunidades na construção de infraestruturas	Alguns comunitários residentes na zona tampão e outros dentro dos limites do parque foram integrados na construção de caminhos para o turismo, e instâncias turísticas, assim como escolas e hospitais na zona tampão.
Integração e participação das comunidades nos serviços de saúde	O PNG sensibilizou as comunidades no planeamento familiar de modo a reduzir a densidade ou o crescimento populacional, para alívio da fome/ pobreza. O PNG integrou no quadro de serviços de saúde membros comunitários como forma de aliar a pobreza.
Formação de fiscais comunitários	A capacitação dos fiscais comunitários consistiu na integração das comunidades na fiscalização e manejo da flora e fauna.
Contratação e integração de comunitários nos serviços do turismo	O PNG integrou as comunidades nos serviços de lodge , um restaurante.
Capacitação dos comunitários na apicultura	Capacitação dos comunitários na apicultura consistiu na montagem de colmeias nas árvores como forma de agregação de renda no seio das comunidades, e descoberta do mercado.
Restauração e plantio de cafeeiro	O plantio do cafeeiro consistiu no comércio do produto (café) para arrecadação de renda nas famílias.

V. CONCLUSÃO

Com este trabalho que visava fazer análise e mapeamento de regime de queimadas no Parque Nacional da Gorongosa entre 2015 á 2020, conclui-se o seguinte:

- Regime de queimadas no PNG é caracterizado por elevada frequência de queimadas, apresentado frequência média de 2.7 vezes ao ano, em termos médios o fogo retorna a um sito particular em cada 1.7 anos.
- Alta densidade (0.18 focos/km²) de queimadas acontece na planície baixa de inundação e entre os meses de Setembro a Outubro.
- Em todo período o parque foi afectado por queimadas em cerca de 74 % da sua extensão total.
- Neste estudo há tendencia de redução da área queimada nos últimos anos.
- No PNG o maior registo de queimadas foi verificado nos meses de Agosto a Setembro.
- A área prioritária de intervenção no ambito de prevenção contra queimadas é a planície baixa de inundação.
- As principais causas de queimadas observadas neste estudo foram agricultura (52%), pastagem (39%), caça (5%) e outras queimadas (fumadores, colecta de mel, causas naturais) (4%).

VI.Recomendações

- O regime de queimadas é um fenómeno complexo a sua dinâmica pode não ser compreendida em 5 anos, daí que estudos adicionais de mapeamento e caracterização do regime de queimadas durante períodos maiores de 5 anos são necessários para a consolidação dos resultados aqui alcançados;
- Os parâmetros analisados neste estudo não são suficientes para explicar a dinâmica do regime de queimadas no PNG, assim sendo, há necessidade de serem analisados outros parâmetros como por exemplo, o efeito da densidade, efeito das queimadas nas bem como a sazonalidade das queimadas.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, J.; ARAI, E.; SHIMABUKURO, Y. Preparação dos produtos MODIS para aplicações operacionais como o Projeto Deter In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, Anais INPE, p. 2531
- Banda, T., Schwartz, M. W., & Caro, T. (2006). Woody vegetation structure and composition along a protection gradient in a miombo ecosystem of western Tanzania. *Forest Ecology and Management*, 230, 179-185.
- Barro, S. C., & Conard, S. G. (1991). Fire Effects on California Chaparral Systems: An Overview. *Environmental International*, 17, 135-149.
- BATISTA, A. & SOARES, R. (1997). Manual de prevenção e combate a incêndios florestais. FUPEF, 50p.
- Batista, A. C. (2006). *Detecção de Incêndios Florestais por Satélites*. Paraná: Universidade Federal do Paraná.
- Boschetti, L., Roy, D., & Hoffmann, A. A. (2009). *MODIS Collection 5 Burned Area (Product - MCD45) - User's Guide* (Vol. 2.0). Maryland: University of Maryland
- Boschetti, L., Roy, D., Hoffmann, A. A., & Humber, M. (2013). *MODIS Collection 5.1 Burned Area (Product - MCD45) - User Guide* (Vol. 3.0). Maryland: University of Maryland
- Brown, S. 2002. **Measuring carbon in forests: current status and future challenges**. Environmental Pollution
- Byram, G. M. (1959). Combustion of forest fuels. In (K. N. DAVIS, Ed.) "Forest Fire: Control and Use". McGraw Hill, New York, USA, 61-89.
- CANGELA, A. (2014). Caracterização e Mapeamento de regime de queimadas na reserva Nacional do Niassa. Tese de Mestrado UEM-FAEF.
characterization of fuels, fire behavior, combustion completeness, and emissions from experimental burns in infertile grass savannas in western Zambia. In: Journal of Arid Environments. Vol. 54:381–394. *Conservation Biology*, 1533–1540
- Dewees, P. A., Campbell, B. M., Katerere, Y., Siteo, A., Cunningham, A. B., Angelsen, A., & Wunder, S. (2011). *Managing the Miombo Woodlands of Southern Africa:*

Policies, Incentives, and Options for the Rural Poor. Whashington DC.: Program on Forests (PROFOR).

- DGEDGE G. S. (2016) *reflexões sobre a geografia física e o ambiente num mundo em conflito* (Vol 2). Universidade pedagógica
- DOMINGOS, J., Campbell, B. M., Moe, S. R. e Frost, P. G.H. 2005. Fire behaviour in a semi-arid Baikiaea plurijuga savanna woodland on Kalahari sands in western Zimbabwe. *South African Journal of Science*. Vol. 101 (5): 239_244.
- FAEMG. Queimada controlada. Disponível em: http://www.faemg.org.br/ambiente_cartfogo.asp Consultado em 15/11/2012 as 15:20h.
- FAO. (2007). *Fire management Global assessment (Forest Paper 151)*. Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations).
- FAO. 2008. *Water and the Rural Poor Interventions for improving livelihoods in sub-Saharan Africa*. Rome Italy
- FERRÃO, M. Manual de Teledetecção, Fascículo I: Satélites e Princípios Físicos da Teledetecção. CENACARTA, Maputo, 2005.
- Frost, P. (1999). The ecology of miombo woodlands. In B. Campbell (ed). *Centre for International Forestry Research*, 11-57.
- Frost, P. 1996. The ecology of miombo woodlands. in: *The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa*. Indonesia. 11-57
- Gerhard R. (2018) *queimadas e incêndios florestais*. Greenpeace, disponível em www.greenpeace.org/br/blog/
- Giglio, L. (2013). *MODIS Collection 5 Active Fire Product User's Guide Version 2.5*. Maryland: University of Maryland.
- Giglio, L. (2015). *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision A*. Maryland: University of Maryland. Gajović, V., & Todorović, B. (2013). Spatial and temporal analysis of fires in Serbia for period
- GIGLIO, L., Boschetti, L., Roy, D., Hoffmann, A. A., Humber, M., & Hall, J. V. (August de 2018). Collection 6 MODIS Burned Area Product User's Guide Version 1.2. *User Guide*. USA: Remote Sensing of Environment.

- GIGLIO, L., Csiszar, I., & Justice, C. O. (2016). Global distribution and seasonality of active fires as observed with the Terra and Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensors. *Journal Of Geophysical Research*, doi:10.1029/2005JG000142
- Guyette, R. P., Muzika, I. R. M., e Dey, D. C. 2002. Dynamics of an Anthropogenic Fire Regime Ecosystem. *Ecosystems*. Vol 5: 472-486.
- Hely, C., Alleaume, S., Swap, R.J., Shugart, H.H. e Justice, C.O. 2003. SAFARI-2000
- Holdo, R. M., Holt, R. e Fryxell, J. 2009. Grazers, browsers, and fire influence the extent
- HOUGH, L. J. (1992). Why burn the bush? Social approaches to bush-fire management in the west African National Parks. *Biological Conservation*, v. 65.
- HUETE, A., DIDAN, K., MIURA, T., RODRIGUEZ, E., GAO, X.; FERREIRA, L. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. Maryland Heights, v. 83, p. 195-213. 2002.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. (R. K. The Core Writing Team, Ed.) Geneva, Switzerland: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).
- Justice, C. O., Giglio, L., Roy, D., Boschetti, L., Csiszar, I., Davies, D., . . .Morisette, J. (2011). MODIS-Derived Global Fire Products. (B. Ramachandran, Ed.) *Land Remote Sensing and Global Environmental Change: Remote Sensing and Digital Image Processing* , 11, 661-679. doi:10.1007/978-1-4419-6749-7_29
- Justice, C.O., Giglio, L., Korontzi, S. Owens, J., Morisette J.T. e Roy, D. 2002. The MODIS fire products. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 83: 244-262.
- Keeley, J.E.; Aplet, G.H.; Christensen, N.L.; Conard, S.C.; Johnson, E.A.; Omi, P.N.; Peterson, D.L.; Swetnam, T.W. 2009. *Ecological foundations for fire management in North American forest and shrubland ecosystems*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-779. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 92 p.
- KOPPEN,(2020). Global climate monitor, publicado no www.Globalclimatemonitor.com/org, acessado em 05 de julho de 2020

- LOMBARDI, R. (2005). Estudo da ocorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat. Instituto Nacional de pesquisas espaciais – MCT – São José dos Campos
- MAE. (2005). Perfil do Distrito de Gorongosa Província de Sofala. Ministério de Administração Estatal.
- Magadzire, N. (2013). *Reconstruction of Fire Regime using MODIS burned area data: Charara Safari Area, Zimbabwe*. Stellenbosch University.
- MARZOLI A. (2007). *Avaliação Integrada de Florestas de Moçambique Inventário florestal nacional. Relatório final*. Direcção Nacional de Terras e Florestas. Ministério da Agricultura. Maputo, Mozambique.
- Marzoli, A. (2007). *Inventário Florestal Nacional*. Maputo: Ministério de Agricultura.
- MATIMBA D. (2015) Participação comunitária na gestão das queimadas descontroladas no Posto Administrativo de Mapinhane - Distrito de Vilankulo. Maputo: FAEF/UEM
- MAÚNZE, C. R. (2016). Análise Espacial e Temporal de Queimadas usando Imagens Satélite na Reserva Nacional do Gilé (de 2004 a 2014). *Monografia*. Maputo, Maputo, Mocambique: UEM/FAEF.
- MCALPINE S. T., Johnson, E. A. (2010). Fire and biological processes. *Journal of Vegetation Science* 14, 622-623
- MICOA. (2007). Plano de Acção para a Prevenção e Control às Queimadas Descontroladas 2008-2018: Queimadas Descontroladas, soluções para um problema global. Maputo: Ministerio Para a Coordenação da Acção Ambiental (MICOA).
- MITERRA, M. d. (FEVEREIRO de 2022). *Ecosistema de Miombo*. Maputo, Mocambique publicado no www.dw.com.pt
- MOREIRA, F., Rego, F. C., Ferreira, P. G. (2001). Temporal (1958-1995). pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecol.* 16 : 557-567.
- MORGAN, P., Hardy, C., Swetnum, T., Rollins, M. e Long, D. (2001). Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wildland Fire* 10 (3-4), 329-342.

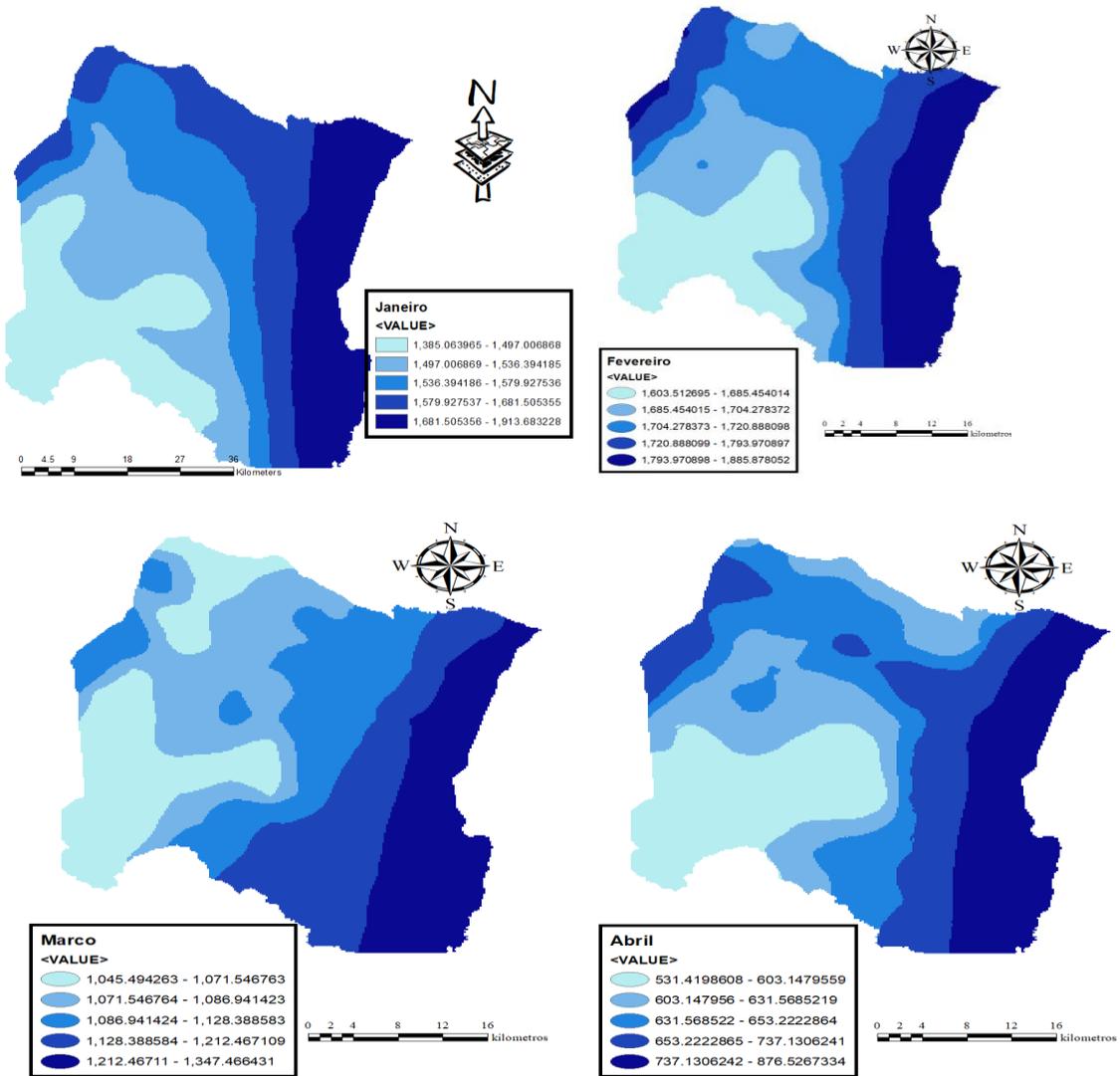
- MYERS, R. L. (2006). *Convivendo com o Fogo - Manutenção dos Ecossistemas e Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo*. (M. Batalha, Trad.) Tallahassee, United States Of America: The Nature Conservancy/Iniciativa Global para o Manejo do Fogo
- MELO, A. S. (2008). What do we win ‘confounding’ species richness and evenness in a diversity index?, <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?point-of-view>.
- N'DATCHOH, E. T., Konaré, A., Diedhiou, A., Diawara, A., Quansah, E., & Assamoi, P. (2015). Effects of climate variability on savannah fire regimes in West Africa. *Earth System Dynamics*, 6, 161-174.
- OSSENE A.(2015) *Avaliação da Incidência de Queimadas no Ecossistema de Mopane no Distrito de Mabalane de 2002 a 2011*. Maputo: DEF/FAEF/UEM.
- PUNGULANHE A.(2020) *Caracterização Da Vegetação Arbórea Sob Diferentes Regimes De Queimadas Na Floresta De Miombo, Reserva Nacional Do Gilé*. Provincia Da Zambézia: DEF/FAEF/UEM
- PEREIRA J. M. C., Mota, B., Privette, J. L., Caylor, K. K., Silva, J. M. N., Sa A. C. L. e Ni-Meister, W. 2002. Simulation analysis of the detectability of understory burns in miombo woodlands. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 93: 296–310.
- PEREIRA, J. M.C. 2007. *Remote Sensing of Fire. Advanced Course on Remote sensing*. D4L1. Available on: <http://earth.esa.int/landtraining07/D4L1-Pereira.pdf>.
- RIBEIRO, G. A. BONFIM, V. R. (2000). Incêndio florestal x queima controlada. Revista Acao Ambiental. Viçosa/MG: Folha de Viçora Ltda.
- RIBEIRO, N. S., Shugart, H. H., & Washington-Allen, R. (2008b). The effects of fire and elephants on species composition and structure of the Niassa Reserve, northern Mozambique. *Forest Ecology and Management - Elsevier*, 1626-1636.
- RIBEIRO, N., SITO, A. A., Guedes, B. S., & Staiss, C. (2002). Manual de silvicultura tropical. Maputo, Mocambique: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal.
- ROSENQVIST, A., Milne, A., Lucas, R., Imhoff, M. & Dobson, C. 2003. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. *Environmental Science & Policy*. Vol. 6: 441–455 pp.
- ROY, D. P., LEWIS, P. E., & Justice, C. O. (2002). Burned area mapping using multi-temporal moderate spatial resolution data - a bi-directional reflectance model based expectation approach. *Remote Sensing of Environment*, 83, 263-286.

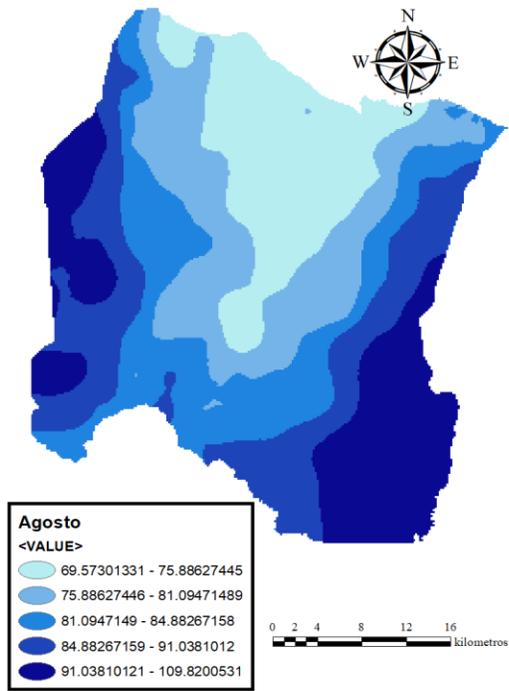
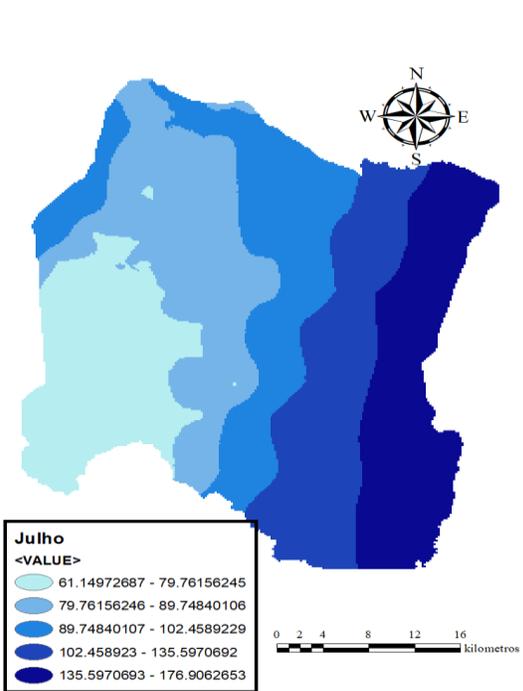
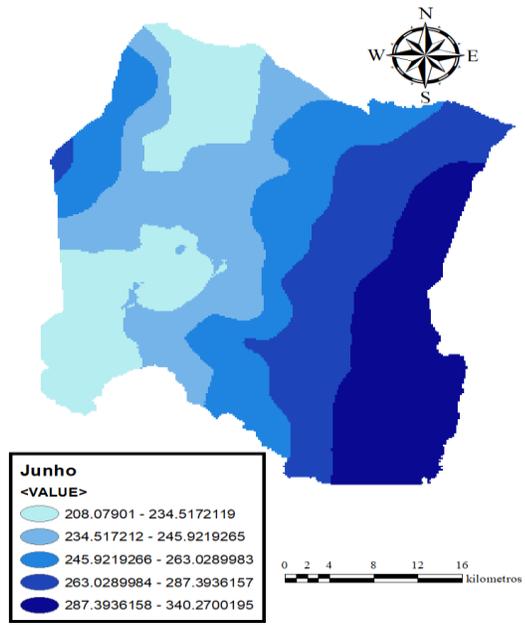
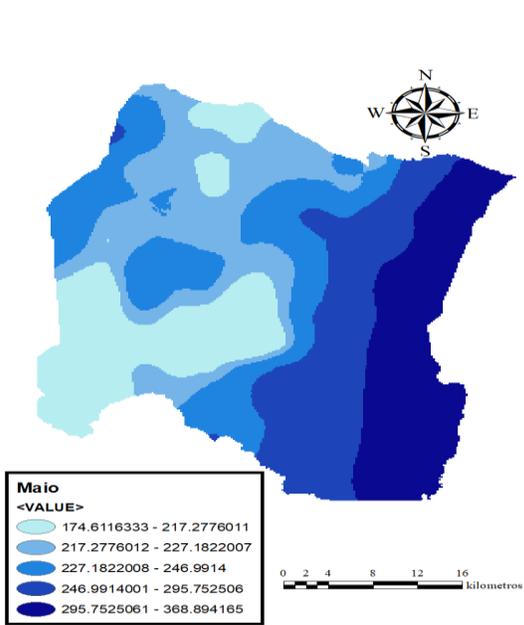
- RUDORFF, B.; SHIMABUKURO, J.; CEBALLOS, J. O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil. São José dos Campos, SP: Parênteses. p. 423. 2007
- Russell-Smith, J., & Yates, C. P. (2007). Australian Savanna Fire Regimes: context, scales, patchiness. *Fire Ecology Special Issue*, 3(1), 48-63.
- Sebastião A. (2018) Moçambique: Queimadas descontroladas devastam florestas em Sofala, disponível em www.dw.com/pt. Acesso em : 03 de Outubro de 2018
- Shlisky, A. Waugh, J., Gonzalez, P., Gonzalez, M., Manta, M., *et al.* (2007) *Fire, ecosystems and people: Threats and strategies for global biodiversity conservation*.
- Sileshi, g. e Mafongoya, P.L. 2005. The short-term impact of forest fire on soil invertebrates in the miombo. *Biodiversity & Conservation*. Vol. 15 (10): 3153-3160
- SOARES, A. C. & BATISTA, R. V. (1997). Manual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Curitiba: FUPPEF
- SOARES, R. V. (1980). Os incêndios florestais na região do Cerrado. *BrasilFlorestal*, n. 10, v. 41.
- SYPHARD, A. D., *etal* (2007). Human Influence on California Fire Gerimes. *EcologicalApplications*, 17, 1388-1402.
- THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V.; DOERR, S. H. Effects of fire on the physicochemical properties of soil in a slashandburn agriculture. *Catena*, Amsterdam, v. 122, p. 209- 215, 2014
- Tinley, K.L. (2000). *Framework of the Gorongosa Ecosystem*. DSc. Thesis, University of Pretoria.Pretoria, South Africa.
- Torres *etal* (2017). *Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento, Floresta e Ambiente 2017; 24:*
- TREDD (2013) *Projecto de Testagem de modelos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal. Beira. 30pp*
- Van Wilgen, B., Govender, N., Biggs, H., Ntsala, D., & Funda, X. (2004). Response of Savanna Fire Regimes to Changing Fire-Management Policies in a Large African National Park.
- VIANA, H. (Sd) Prevenção e controle as queimadas e incêndios florestais no Amazonia.

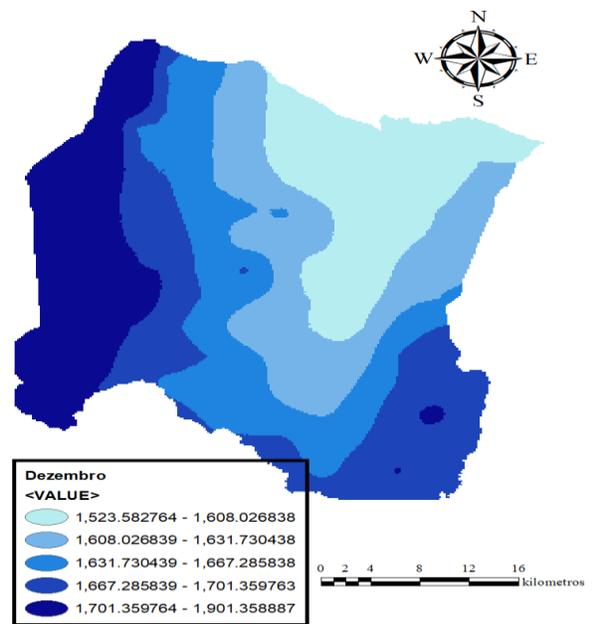
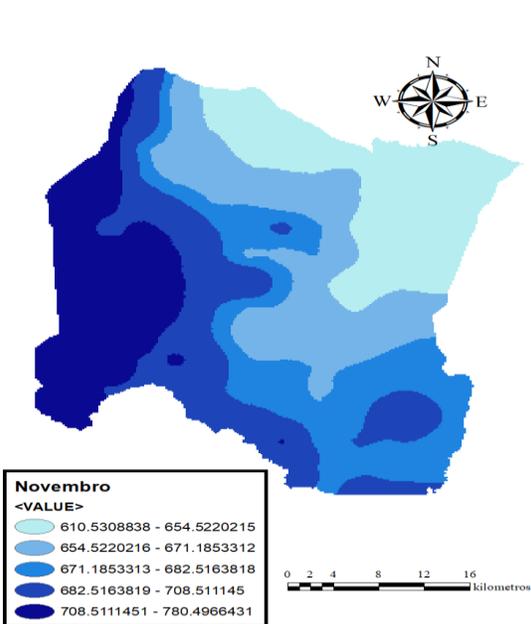
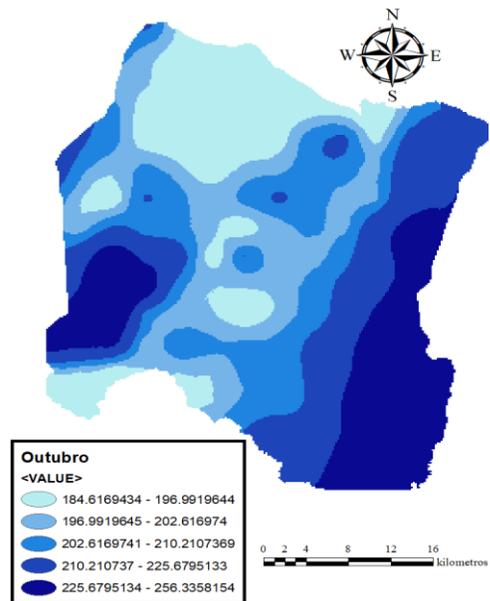
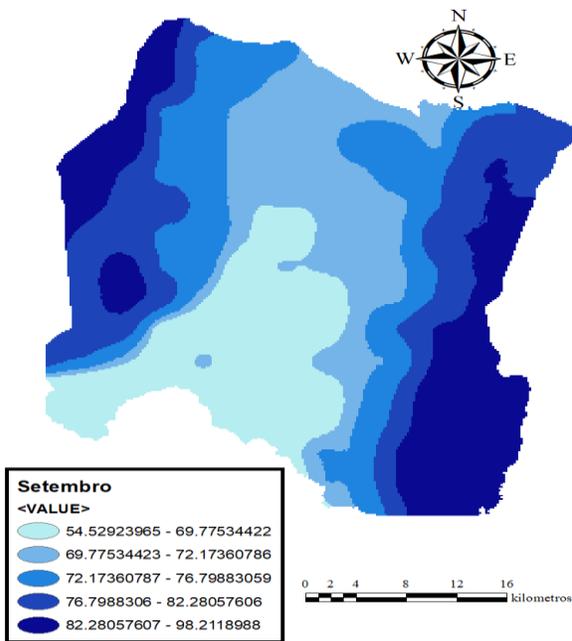
- Whelan, R. J. (1995). *The Ecology of Fire*. United Kingdom: Cambridge University Press/ Cambridge Studies in Ecology.
- White, F. 1983. *The Vegetation of África*. Natural Resources Research 20, UNESCO, Paris.
- Williams R.J., Bradstock, R. A., Cary G. J., Enright, N.J., Gill, A. M., Liedloff, A. C., Lucas, C. Whelan, R. J., Andersen, A. N., Bowman, D. M. J. S., Clarke, P. J., Cook, G. D., Hennessy, K. J., e York, A. 2009. *Interactions between climate change, fire regimes and biodiversity in Australia- a preliminary assessment*. Report to the Department of Climate Change and Department of Environment , Water, Heritage and Arts, Canberra.
- World Wide Fund For Nature (WWF). 2012. *Miombo Eco-region Report “Home of the Zambezi” Conservation Strategy: 2011-202*. Harare. 36p. Zolho, R. (2010). *Mudanças Climáticas e sa Florestas em Moçambique*. (T. Selemane, Ed.) Maputo: Amigos da Floresta/ Centro de Integridade Pública (CIP).
- Zolho, R. 2005. *Effect of Fire Frequency on the Regeneration of Miombo Woodland in Nhambita, Mozambique*. Master of Science Dissertation. University of Edinburgh. Scotland –UK

ANEXO

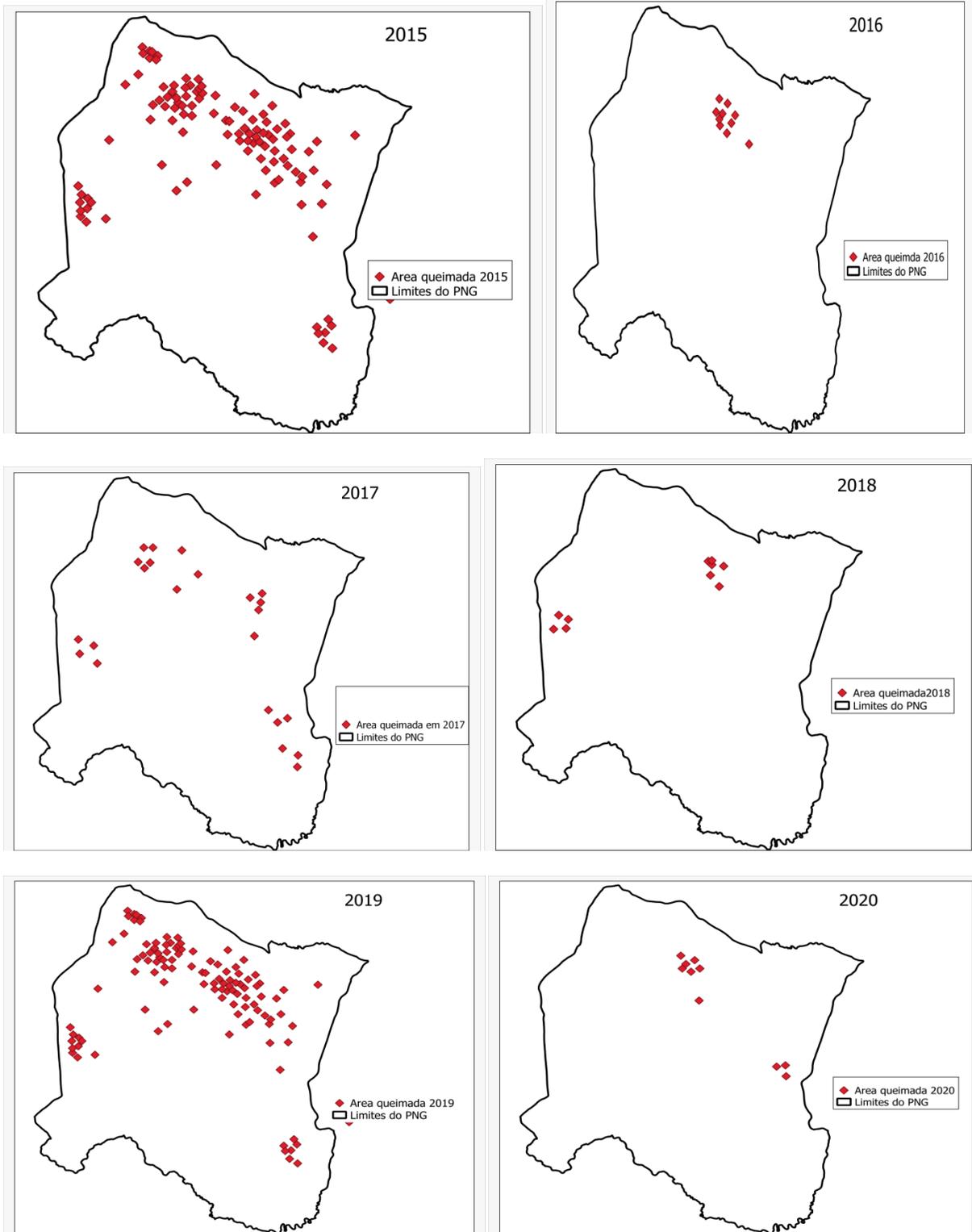
Anexo I. Mapa de precipitação media mensal



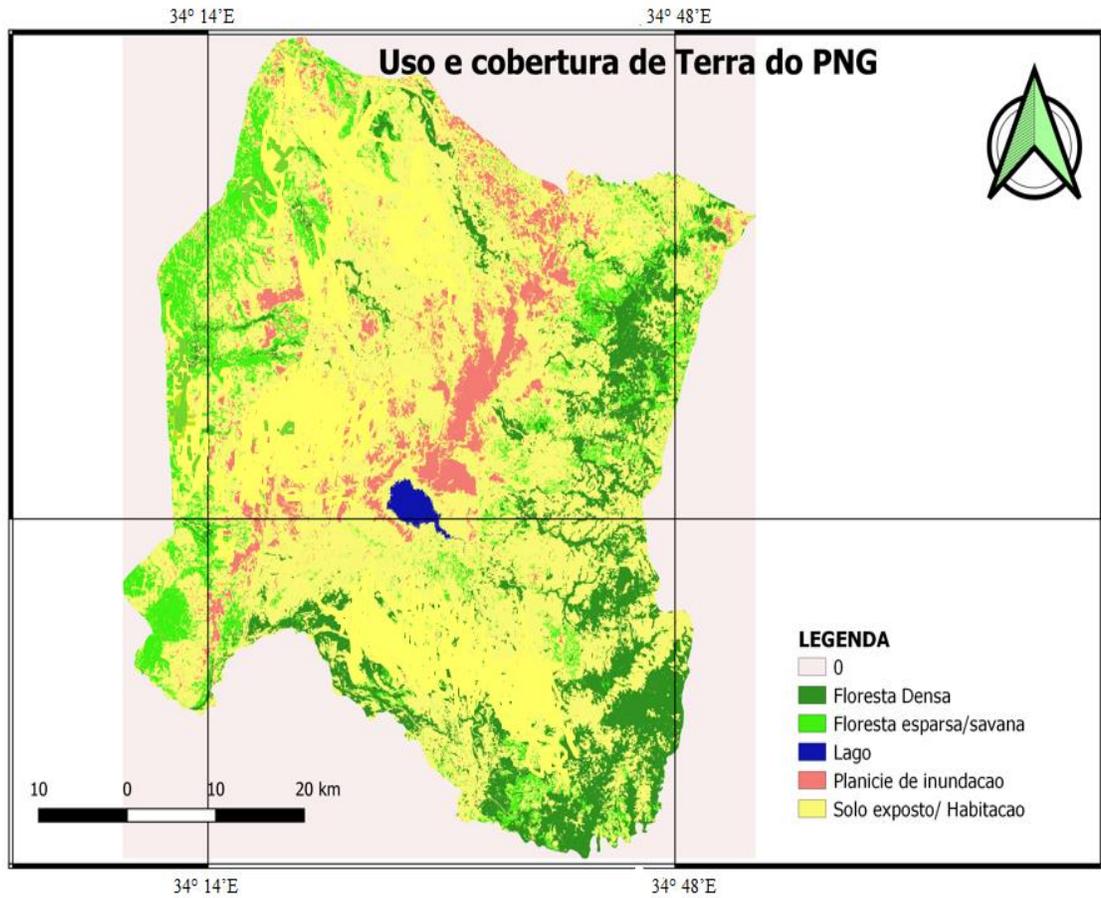




Anexo II. Picos de queimada por ano;



Anexo III. Mapa de uso e cobertura de terra



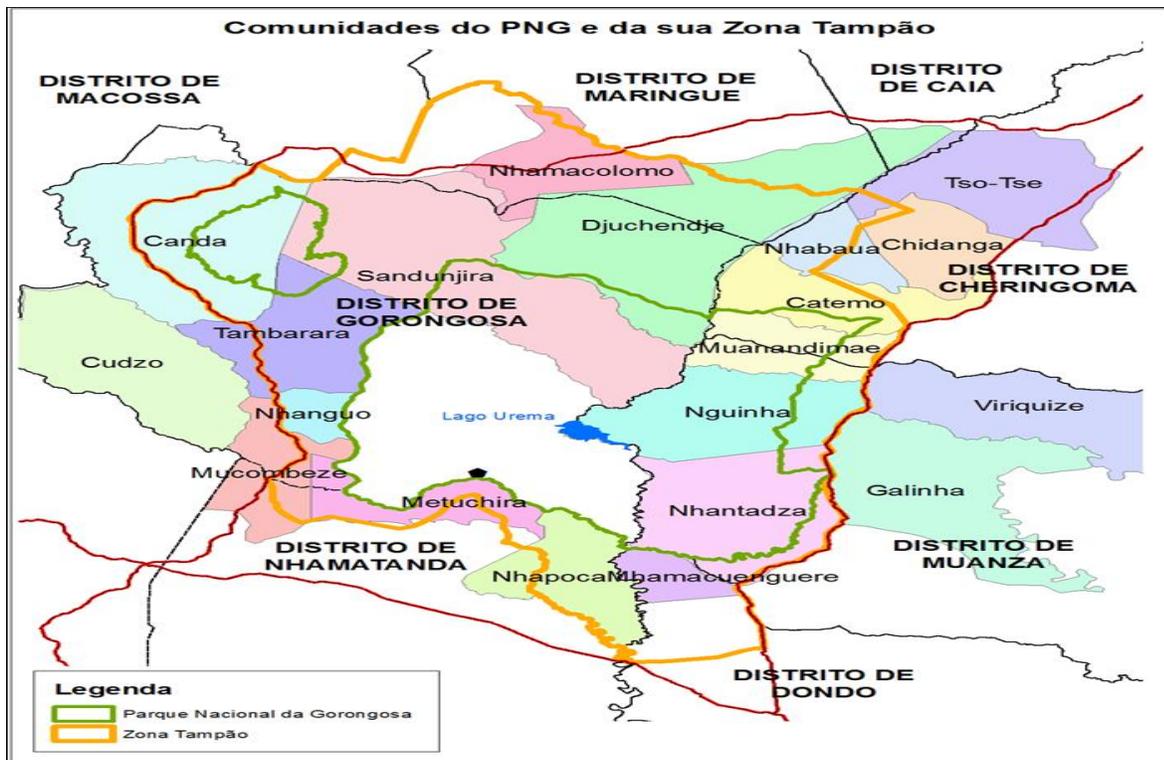
Anexo IV. Aldeias actuais residentes no interior e na zona tampão do PNG

Fonte: Google Earth, 2022.



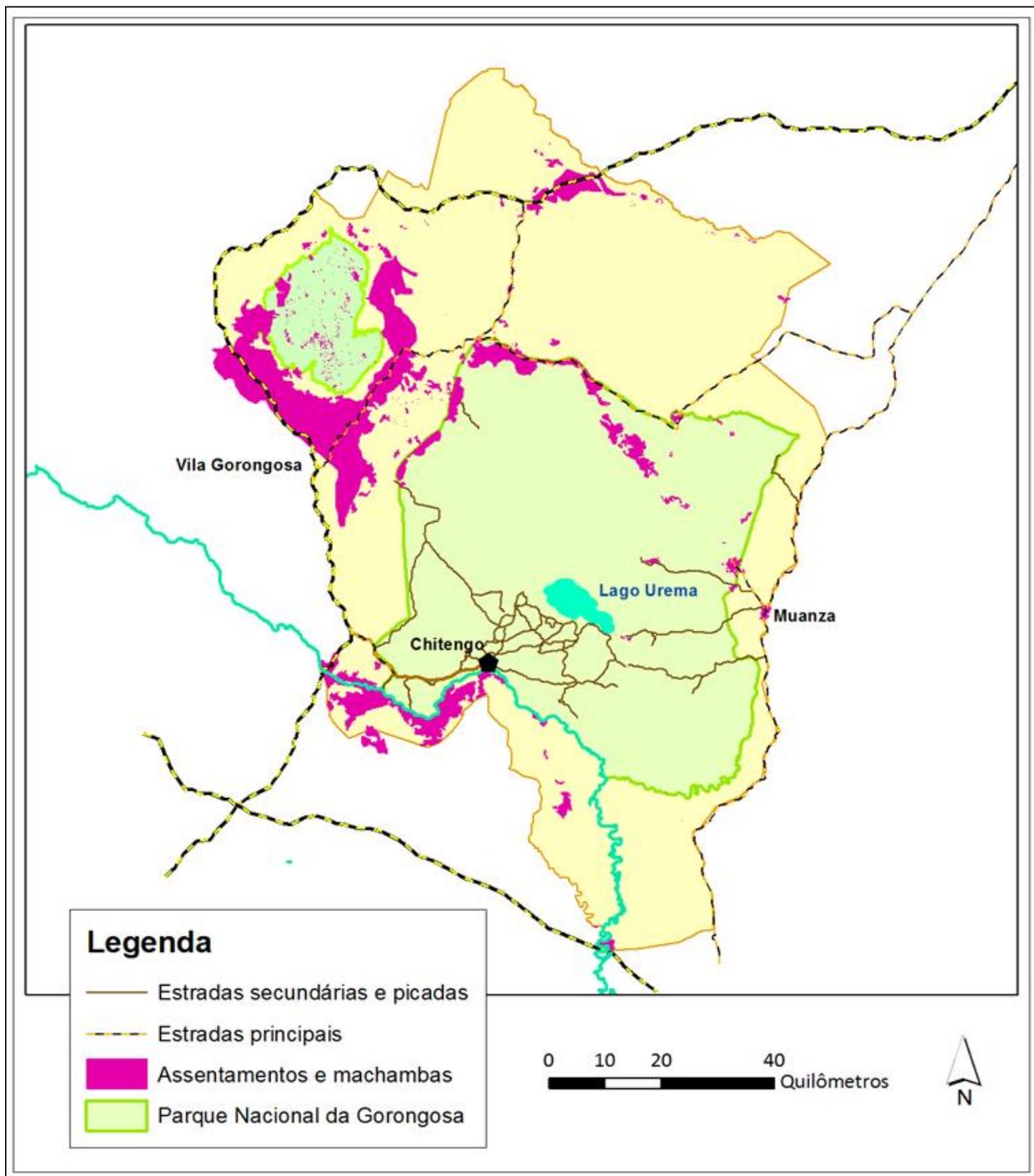
Anexo V. Comunidades e distritos da zona tampão influenciam nas actividades de uso de terra dentro dos limites do PNG.

Fonte: Autor



Anexo VI. Vias de acesso e uso de terra no PNG

Fonte: Autor



Anexo VII. Inquérito

Inquérito de levantamento das causas de queimadas

Inquérito relacionado com queimadas no PNG

Aldeia/ Bloco _____; Nr. Questionário _____; Data __/__/____/

Posição/cargo _____; Sexo _____

1. Já ouviu falar das queimadas descontroladas?

Sim _____; Não _____;

Se sim, o que são queimadas descontroladas?

_____.

2. Qual é a principal causa de queimadas?

Agricultura _____; Caça _____ Pastagem _____; Outros _____;

3. Qual é a actividade que a aldeia pratica?

agricultura _____; Caça _____ Pastagem _____; Outros _____;

Pastagem

4. Para que fim é usado o fogo na pastagem?

Eliminar o capim seco e germinar o verde _____; Diminuir a quantidade do material combustível
l _____; Outros _____;

5. Em que período é feito a queima relacionado com pastagem?

Período seco _____; Período chuvoso _____; Outro _____;

6. Quais são as dificuldades que enfrentam na gestão do fogo para a pastagem? Porque?

Controlar o fogo _____; outros _____, Indicar _____. Falta de equipamento _____; Outros _____;

7. Sempre que usam o fogo para este fim conseguem alcançar o objectivo? Sim _____; Não _____;

Agricultura

8. Como é usado o fogo para a actividade de agricultura?

Na limpeza do terreno _____; Depois da colheita _____; Mencionar _____.

9. Qual é a finalidade dos resíduos tirados na machamba?

Queimado _____; Enterrado _____; Outros _____, Indicar _____.

10. Quantas vezes é usado o fogo para fins de actividades agrícola por ano?

Uma vez _____; Duas vezes _____; Três vezes _____; Ou mais _____; Mencionar _____

Outros

16. Quais são os outros prováveis usos de fogo? _____ .
17. Tem existido queimadas descontroladas causadas por fumadores? Sim (); Não ().
18. No ano de 2015 houve muitas queimadas! Tem alguma informação sobre qual pode ter sido a causa? Sim (); Não ()
Se sim! Qual foi? _____ .
19. No ano de 2019 houve muitas queimadas! Tem alguma informação sobre qual pode ter sido a causa? Sim (); Não ()
Se sim! Qual foi? _____ .
20. O que tem feito para reduzir as queimadas descontroladas?

Para departamento de queimadas no PNG

Inquérito relacionado com queimadas no PNG

Aldeia/ Bloco _____; Nr. Questionário _____; Data ___/___/___/

Posição/cargo _____; Sexo _____

1. Já ouviu falar das queimadas descontroladas ?
2. O que usam para controlar as queimadas descontroladas e em relação aos autores que praticam?
3. Já tiveram casos em que encontraram indivíduos que fizeram queimadas descontroladas no parque? Se sim, qual é o encaminhamento que dão?
4. As aldeias tem noções básicas de queimadas descontroladas? Se sim existiu algum interveniente?
Se sim, diga-nos quem?
5. Qual é a principal causa de queimadas no parque?
6. Quem tem feito essas queimadas?
7. Das várias actividades de uso e cobertura de terra qual é que é mais preocupante?
8. O que o parque fez em relação as queimadas descontroladas?
9. Qual a estratégia de mitigação e redução de queimadas descontroladas que o Parque adoptou?