

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

GABRIELLA HELENA CAMARGO GOMES

**INFLUÊNCIA DO EFEITO DE QUEIMADAS NA VISIBILIDADE HORIZONTAL
EM AERÓDROMOS NO ESTADO DO MATO GROSSO**

**RECIFE-PE
2022**

GABRIELLA HELENA CAMARGO GOMES

**INFLUÊNCIA DO EFEITO DE QUEIMADAS NA VISIBILIDADE HORIZONTAL
EM AERÓDROMOS NO ESTADO DO MATO GROSSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora:
Profa. Dra. Cristina Rodrigues Nascimento

**RECIFE-PE
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G633i Gomes, Gabriella Helena Camargo
INFLUÊNCIA DO EFEITO DE QUEIMADAS NA VISIBILIDADE HORIZONTAL EM AERÓDROMOS NO
ESTADO DO MATO GROSSO / Gabriella Helena Camargo Gomes. - 2022.
40 f.

Orientadora: Cristina Rodrigues Nascimento.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Florestal, Recife, 2022.

1. Incêndio Florestal. 2. Aerossóis. 3. Operações aeroportuárias. 4. Fumaça. 5. Código METAR. I. Nascimento,
Cristina Rodrigues, orient. II. Título

CDD 634.9

GABRIELLA HELENA CAMARGO GOMES

**INFLUÊNCIA DO EFEITO DE QUEIMADAS NA VISIBILIDADE HORIZONTAL
EM AERÓDROMOS NO ESTADO DO MATO GROSSO**

Aprovado em 23 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabrício Marcos Oliveira Lopes
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Profa. Dra. Simone Mirtes Araujo Duarte
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Profa. Dra. Cristina Rodrigues Nascimento
(Orientadora – Universidade Federal Rural de
Pernambuco)

RECIFE-PE
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes e acima de tudo, a Deus por sua infinita graça, compaixão e amor. Sua fidelidade e bondade me acompanham todos os dias e Ele é a razão da minha vida. Que toda a glória seja dada ao Seu nome!

Aos meus pais, Adriana e Joselito, por toda a base, incentivo e apoio até aqui. Vocês são os maiores responsáveis pela minha formação em todos os sentidos, acadêmica, intelectual, pessoal, espiritual e emocional. Amo muito vocês!

À minha irmã, Tainah, por dividir a vida lado a lado, em meio às alegrias, tristezas, dúvidas, anseios e sonhos. Amo você, obrigada por sempre estar aqui. *I'll be there for you too.*

Aos meus avós Vanilde e Neto, e à minha avó Alice, sou grata por me ensinarem que mesmo distantes fisicamente a gente consegue demonstrar amor e cuidado a quem nos é precioso. Obrigada por sempre me colocarem nas orações de vocês.

A todos os meus professores, tanto os da escola quanto os da graduação. Vocês é quem me deram todo o suporte para que fosse possível galgar os degraus dessa caminhada profissional. Gratidão especial aos professores do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE que me instruíram e incentivaram a buscar excelência acadêmica a cada período.

A minha orientadora, professora Cristina, que com sua paciência e gentileza abraçou a ideia do projeto de pesquisa desde o início e embarcou nessa junto comigo. Muito obrigada por toda sua dedicação e atenção!

A todos os integrantes do PET AgroEnergia desde 2017, muito obrigada por todo acolhimento, aprendizados, conversas e risadas. A graduação se tornou mais alegre e rica em experiências com vocês. Agradecimento especial à minha querida tutora Cristiane Guiselini, por ter me dado a oportunidade de participar deste programa tão singular e por me ajudar a desenvolver meus potenciais ao máximo. Além de você ser uma referência profissional, também se tornou amiga, líder, chefe, terapeuta, *personal academic* e fotógrafa. Sinto-me honrada pelo privilégio de ser uma petiana AgroEnergética!

Sou grata a Gabriel Silva que prontamente se dedicou a transmitir conhecimentos sobre a parte de aviação da pesquisa que não dominávamos. E a José Rafael pela paciência e auxílio no uso de softwares e plataformas de geoprocessamento.

Agradeço a todos os colegas e amigos do curso de Engenharia Florestal e da Universidade Federal Rural de Pernambuco com quem tive a oportunidade de interagir. Em especial a Luana e Adrielle, porque esse trio depois que se juntou foi sucesso do começo ao fim. A Shermesson que desde as aulas práticas de química até as fotos de formatura estava

lá ao meu lado, fazendo as piadas mais sem graça serem engraçadas. E a Matheus Melo, que mesmo tendo me abandonado no meio do caminho para alcançar seus próprios sonhos e objetivos, foi um grande amigo e trouxe mais leveza em períodos críticos. Obrigada a todos vocês por dividirem essa jornada!

A todas as minhas amigas do PG (tá bem, do grupinho) que sempre deram suporte, conselhos e que me ouviram tagarelar várias vezes sobre a graduação e sobre esse trabalho de conclusão de curso. Obrigada pelos abraços e palavras de encorajamento, não sei o que faria sem vocês.

A todos os demais familiares e amigos que torceram por mim, choraram com minhas tristezas e se alegraram com minhas alegrias, espero poder retribuir-lhes sempre o carinho.

RESUMO

As queimadas e incêndios florestais no estado do Mato Grosso ocasionam uma série de consequências para o meio ambiente e para a sociedade. As partículas em suspensão no ar, provenientes da grande quantidade de fumaça liberada, podem trazer desafios e prejuízos à aviação civil, pois, em alguns casos, interrompem as operações aeroportuárias, colocam em risco a vida de passageiros e afetam a economia local. Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a influência na visibilidade horizontal da concentração de material particulado na atmosfera, ocasionada em consequência de eventos de queimadas, em aeródromos nos municípios de Alta Floresta e Cuiabá e analisar a evolução desses focos de calor ao longo de uma série temporal. Foi utilizada a técnica de *Quantis* para a classificação da distribuição da precipitação a partir dos dados do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) e posteriormente foi realizada a quantificação dos focos de calor nesses Municípios na série temporal de 2018 a 2021. A avaliação da relação entre a quantidade de focos de calor *versus* o lançamento de aerossóis na atmosfera, e da relação entre a visibilidade horizontal e restrições à pousos e decolagens em aeródromos foi feita com base em dados de aerossóis obtidos pela plataforma AERONET (*Aerosol Robotic Network*). Foram consultados os dados dos relatórios meteorológicos de aeródromo, METAR (*Meteorological Aerodrome Report*), a fim de verificar quais eram as condições de visibilidade nos aeroportos de Alta Floresta e Cuiabá nos dias com maior número de focos de calor, que ocasionalmente ocorreram no ano de 2020. Concomitantemente, foram estudadas a evolução temporal desses focos ao longo dos anos analisados e as unidades de paisagens sensíveis a ocorrência de queimadas, a partir de dados do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra do Brasil (MapBiomass). Sendo assim, verificou-se que no ano de 2020, de modo geral, houve forte aumento no número de focos de calor em ambos municípios e no dia 31 de agosto de 2020 houve impossibilidade de se realizar pousos e decolagens no aeroporto de Cuiabá devido à alta concentração de fumaça. Também foi possível perceber que não há um padrão de locais específicos para ocorrência de focos de calor nessas cidades nos meses mais secos, porém há certo padrão no tipo de área em que eles predominantemente ocorrem, sendo Pastagem em Alta Floresta e Formação Savânica em Cuiabá.

ABSTRACT

Forest fires in the state of Mato Grosso cause a series of consequences for the environment and society. Particles suspended in the air, from the large amount of smoke released, can bring challenges and damages to civil aviation, as, in some cases, they interrupt airport operations, endanger the lives of passengers and affect the local economy. Therefore, the present research aims to evaluate the influence on the horizontal visibility of the concentration of particulate matter in the atmosphere, caused as a result of fire events, at airfields in the municipalities of Alta Floresta and Cuiabá and to analyze the evolution of these outbreaks of heat over a time series. The *Quantis* technique was used to classify the distribution of precipitation based on data from the Agrometeorological Monitoring System (Agrimtempo) and later the quantification of hotspots in these Municipalities was carried out in the time series from 2018 to 2021. The evaluation of the relationship between the number of hotspots *versus* the release of aerosols into the atmosphere, and the relationship between horizontal visibility and restrictions on landings and take-offs at aerodromes was based on aerosol data obtained by the AERONET (*Aerosol Robotic Network*) platform. Data from the meteorological aerodrome reports, METAR (*Meteorological Aerodrome Report*), were consulted in order to verify what were the visibility conditions at the airports of Alta Floresta and Cuiabá on the days with the highest number of hotspots, which occasionally occurred in the year of 2020. Concomitantly, the temporal evolution of these hotspots over the years analyzed and the units of landscapes sensitive to the occurrence of fires were studied, based on data from the Annual Mapping Project of Land Use and Coverage in Brazil (MapBiomass). Therefore, it was found that in 2020, in general, there was a strong increase in the number of hotspots in both municipalities and on August 31, 2020, it was impossible to perform landings and takeoffs at Cuiabá airport due to the high concentration of smoke. It was also possible to notice that there is no pattern of specific locations for the occurrence of hotspots in these cities in the driest months, but there is a certain pattern in the type of area in which they predominantly occur, being Pasture in Alta Floresta and Savânica Formation in Cuiabá.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 GERAL	14
2.2 ESPECÍFICO	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 ÁREA DE ESTUDO	15
3.2 DADOS CLIMÁTICOS	15
3.3 QUANTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR.....	15
3.4 REGISTRO DE VISIBILIDADE	16
3.5 DADOS DE AEROSSÓIS.....	16
3.6 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE	16
3.7 USO E COBERTURA DO SOLO.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de incêndios florestais acarreta diversos impactos negativos nos âmbitos social, econômico e ambiental. Esses incêndios possuem complexas interações entre vegetação, clima, topografia e atividades humanas ao longo do tempo. Em escala regional, o clima é o principal controlador não apenas do tipo de vegetação local, mas também das características dominantes dos incêndios, pois determina o teor de umidade do combustível e a quantidade de biomassa disponível (TORRES et al., 2017). A topografia e o uso do solo também afetam a frequência, velocidade de propagação e tamanho das áreas queimadas. Por outro lado, as ações antrópicas têm forte influência sobre as características dos incêndios, também alterando frequência, área queimada e padrão de distribuição das ocorrências (CHANG et al., 2015).

Os incêndios florestais se referem à propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação, diferentemente das queimadas, que se referem ao uso controlado do fogo, segundo a Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE (ANDERSON et al., 2020). As queimadas e incêndios causam impactos significativos não apenas pela degradação da fauna e flora, como também pela liberação de aerossóis, isto é, partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera (SANTOS; NOGUEIRA, 2015), nocivos à saúde humana e que alteram o balanço energético da atmosfera. De forma indireta, os aerossóis podem alterar propriedades das nuvens como refletância, tempo de vida, fase, tamanho e precipitação, ao atuarem como núcleo de condensação de nuvens (ROCHA; YAMASOE, 2013).

Em alguns casos, as queimadas e incêndios florestais trazem prejuízo à aviação civil, pois podem interromper as operações dos aeroportos e assim colocar em risco a vida de passageiros e a economia local. O principal motivo é a perda da visibilidade horizontal, causada pela emissão de fumaça próxima aos aeródromos, o que pode gerar interrupções do tráfego aéreo no local e até causar acidentes graves (PALMEIRA et al., 2019).

Segundo Barroso et al. (2016), o estado de Mato Grosso se destacou, entre os anos 2000 e 2015, como o estado brasileiro que registrou o maior número absoluto de focos de calor. Isso se dá, principalmente, pela condição climática sazonal, marcada por uma estação de seca prolongada (RODRIGUES et al., 2013; RODRIGUES et al., 2014). Além disso, o Cerrado brasileiro tem sido fortemente impactado por atividades antrópicas há muitos anos com aumento na frequência de queimadas, muitas delas criminosas, (OLIVEIRA et al., 2005; FELIPE et al., 2019), as quais por sua vez afetam significativamente os processos e as propriedades atmosféricas (RODRIGUES et al., 2014).

Como verificado por Novais et al. (2017), as partículas de aerossóis predominam

entre os meses da estação seca no Mato Grosso. Nessa época do ano, as regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil ficam cobertas por espessa camada de fuligem (SANTOS et al., 2016). De acordo com Palmeira et al. (2019), nos anos de 1997 a 2018, os aeroportos que mais registraram restrições por fumaça foram: Alta Floresta/MT (com 625 dias), Carajás/PA (com 494 dias), Porto Velho/RO (com 481 dias) e Rio Branco/AC (com 363 dias). O pior período ocorreu no mês de agosto de 1999, na cidade de Alta Floresta/MT, quando foram registrados 31 dias de fumaça, destes, cerca de 100 horas foram com visibilidade horizontal abaixo dos 1.500 metros, o que resultou no total fechamento do aeroporto.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem atuado com um sistema de monitoramento e alerta de focos de queimadas e incêndios, por meio das informações adquiridas no processamento digital automático de imagens de satélites e de modelos atmosféricos computacionais de trajetórias. Assim, o sistema fornece as informações de localização e propagação das queimadas e incêndios florestais, de forma que, quando associadas às previsões de direção do vento, facilitam o serviço de monitoramento e previsão da dispersão da fumaça em aeródromos. (PALMEIRA et al., 2019).

A tecnologia de geoprocessamento tem sido apresentada por muitos pesquisadores como ferramenta útil e importante no desenvolvimento de estudos que procuram entender a estrutura, a função e a dinâmica dos elementos da paisagem, para que se possa definir a espacialização de fenômenos como os incêndios e queimadas (FERNANDES et al., 2011).

Entende-se que há necessidade de estudos que expressem uma relação entre os focos de calor, a concentração de aerossóis na atmosfera e o impacto desses fatores na aviação civil, para que medidas de segurança e prevenção possam ser tomadas. Sendo assim, a presente pesquisa busca investigar tais dados na região do Mato Grosso entre os anos 2018 a 2021, por meio de técnicas de geoprocessamento.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Estudar a influência da concentração de aerossóis, provenientes de incêndios e queimadas, na visibilidade horizontal em aeródromos dos municípios de Alta Floresta e Cuiabá entre os anos de 2018 a 2021, a partir da plataforma AERONET e de Relatórios Meteorológicos de Aeródromo (METAR) da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

2.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar a relação entre a quantidade de focos de calor *versus* o lançamento de aerossóis na atmosfera;
- ✓ Avaliar a relação existente entre a visibilidade horizontal e restrições à pousos e decolagens em aeródromos;
- ✓ Avaliar a evolução temporal dos focos de calor ao longo da série temporal;
- ✓ Caracterizar as áreas mais susceptíveis a incidência de focos de calor nos municípios analisados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Foram estudadas as cidades de Cuiabá/MT (15° 38'S de Latitude e 56° 07'W de Longitude) e Alta Floresta/MT (09° 51'S de Latitude e 56° 06'W de Longitude). A geografia do estado do Mato Grosso recebe a influência de três grandes biomas: Amazônia, Cerrado e Pantanal (MATO GROSSO, 2020). Em Cuiabá, a vegetação predominante pertence ao bioma Cerrado e o clima é tropical semiúmido (FERREIRA; HUGEDA JÚNIOR, 2020). Já Alta Floresta é caracterizada pelas formações vegetais típicas do bioma Amazônia e o clima é tropical quente úmido (IBGE, 2019). A temperatura média anual de ambos os Municípios fica em torno de 26°C (CALLEJAS et al., 2019; VIEZZER et al., 2021). A seleção da área de estudo está relacionada à disponibilidade de dados para análise da visibilidade horizontal da atmosfera e à alta concentração de focos de calor que ocorrem principalmente entre os meses de maio e setembro, e coincidem com o período mais seco do ano nessa região.

3.2 DADOS CLIMÁTICOS

As normais climatológicas (INMET, 2009) do total de precipitação anual, dos municípios: Cuiabá e Alta Floresta, foram utilizadas para caracterização climática da área de estudo por meio da técnica de *Quantis*, de acordo com a metodologia proposta por MONTEIRO et al. (2012). Após esta análise, foram utilizados os dados de precipitação anual da série temporal de 2018 a 2021, de modo a caracterizar o ano em uma das três classes resultantes da análise do *Quantis* (Normal, Seco e Chuvoso). Os dados pluviométricos nesta etapa foram obtidos pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo (AGRITEMPO, 2021).

3.3 QUANTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR

Após a caracterização dos períodos mais secos de cada ano, da série temporal (2018 a 2021), foi realizada a coleta e quantificação mensal dos focos de calor obtidas pelo Banco de Dados de Queimadas – BDQueimadas (BDQUEIMADAS, 2021) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

3.4 REGISTRO DE VISIBILIDADE

A visibilidade horizontal, que indica o grau de transparência da atmosfera, é definida, para fins aeronáuticos, como a maior distância na qual um objeto de dimensões convenientes pode ser visto e reconhecido contra o horizonte. No projeto, os dados de visibilidade horizontal foram obtidos a partir de Relatórios Meteorológicos de Aeródromo – METAR, da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET, 2021). O METAR é um relatório codificado que fornece informações meteorológicas regulares de aeródromos. É utilizado para a descrição completa das condições meteorológicas observadas em um aeródromo específico e, geralmente, é composto pelas variáveis: visibilidade, alcance visual, tempo presente na pista, vento, nebulosidade, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e pressão ao nível do mar. É reportado em intervalos regulares de 1 hora (DECEA, 2021). Na Aeronáutica, a unidade de medida da visibilidade é o metro. Porém, para fins de observação, utilizam-se incrementos de 100 em 100 metros até 5000 metros, e de 1000 em 1000 metros para valores acima. Além disso, o máximo valor de visibilidade registrado, de interesse operacional, é 20 quilômetros (EEAr, 1996; DEPV, 1998).

3.5 DADOS DE AERROSSÓIS

Os aerossóis são partículas presentes na atmosfera que podem bloquear a luz solar, absorvendo ou espalhando luz. A profundidade óptica de aerossol é uma medida da extinção do feixe solar por poeira e neblina. Os dados sobre a Profundidade Óptica de Aerossóis (AOD) foram obtidos da rede gerenciada pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), o Aerosol Robotic Network – AERONET (AERONET, 2021), que funciona a partir de sensores em fotômetros solares instalados nos municípios de Alta Floresta e Cuiabá. Os arquivos de dados da rede AERONET são divididos em três níveis de qualidade: nível 1.0 (dados brutos), nível 1.5 (dados sem a contaminação de nuvens) e nível 2.0 (qualidade assegurada pela rede) (HOLBEN et al., 1998; SMIRNOV et al., 2000). Na presente pesquisa foram utilizados os dados de nível 1.5 e dentre as variáveis disponíveis, foi analisada a AOD para a radiação de 500nm.

3.6 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Foram utilizadas imagens provenientes do sensor MODIS da plataforma orbital TERRA, disponibilizados no site da USGS (United States Geological Survey), para a confecção de mapas que permitissem visualizar a localização dos focos de calor, dos

aerportos e dos sensores do AERONET em Alta Floresta e em Cuiabá. Todo processamento das imagens foi realizado no Software ENVI 5.3, incluindo a conversão do formato *HDF-EOS para *GeoTIFF, realizado do software MRT (Modis Reprojection Tool), e geração de mosaicos, que possibilitou a análise da área de estudo.

3.7 USO E COBERTURA DO SOLO

Uma ferramenta que permite verificar o tipo de uso e cobertura do solo em dada região é o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra do Brasil, por meio da plataforma MapBiomias (MAPBIOMAS, 2021a; MAPBIOMAS, 2021b). Esse projeto proporciona a obtenção de mapas anuais relativos ao uso e cobertura do solo no Brasil de 1985 a 2020 (Coleção 6), em um formato matricial (30x30m), com cada pixel caracterizado em diferentes tipos a partir de uma identificação numérica (ID). Dessa forma, foi possível identificar, analisar e quantificar a distribuição espacial das classes correspondentes ao uso e cobertura do solo nos municípios estudados, por meio de mapas dos anos 2018, 2019 e 2020.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscou-se comparar a temperatura com a precipitação a fim de notar se há uma relação entre o aumento da temperatura com a diminuição do índice pluviométrico nas cidades de Alta Floresta e Cuiabá. Para isso foram usadas as médias mensais da série temporal de 2005 até 2020 (Figuras 1 e 2), conforme os dados de temperatura e precipitação obtidos do Agritempo.

Figura 1. Relação entre as médias do acumulado de precipitação e médias de temperatura de cada mês nos anos de 2005 a 2020, no município de Alta Floresta, MT.

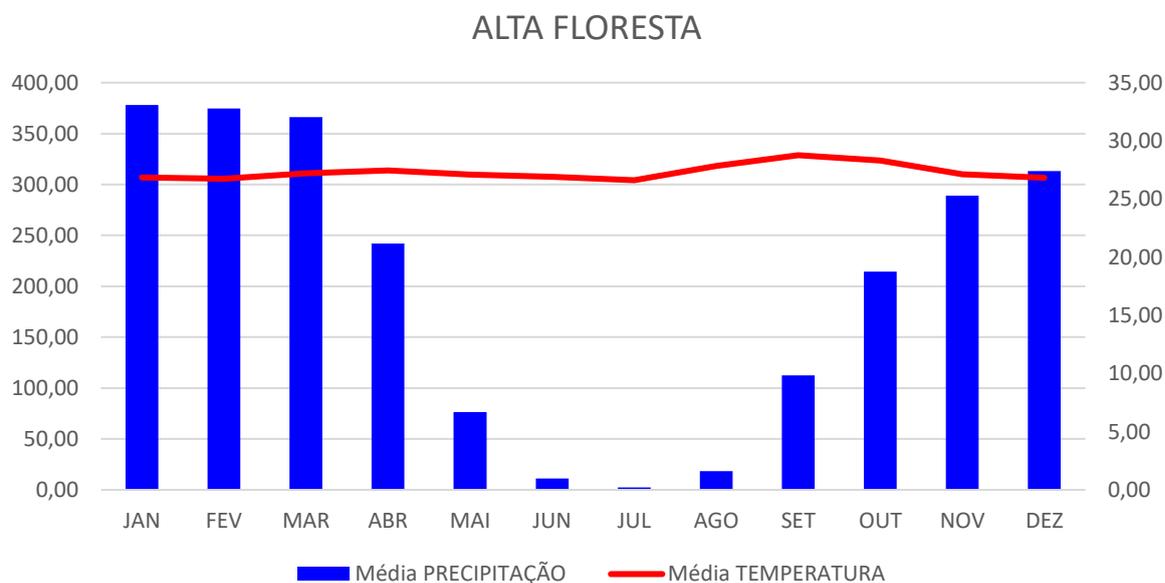
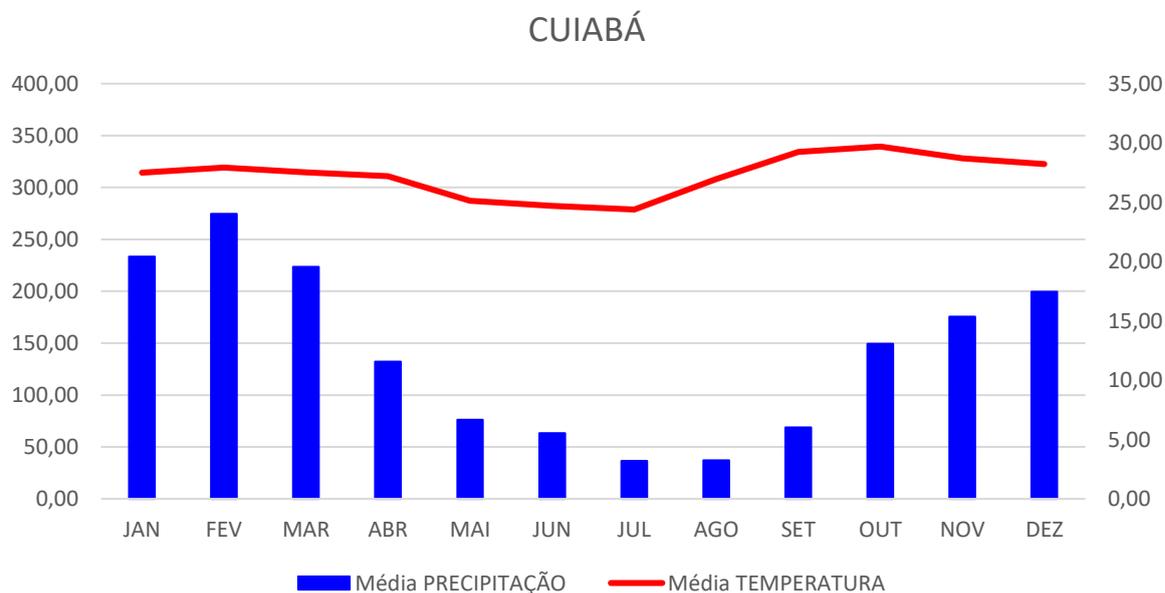


Figura 2. Relação entre as médias do acumulado de precipitação e médias de temperatura de cada mês nos anos de 2005 a 2020, no município de Cuiabá, MT.



Verificou-se que, em ambas as cidades, o período de menor pluviosidade ocorre entre os meses de maio à setembro, o que corresponde ao período seco nessa região (RODRIGUES et al., 2020). Em Alta Floresta o acumulado de precipitação diminui especialmente nos meses de junho, julho e agosto, o que é compatível com a análise de Oliveira et al. (2019) em estudo feito no mesmo município, mais especificamente na bacia hidrográfica do Médio Curso do Rio Teles Pires, em que foi observado que o acumulado de precipitação diminui entre os meses de abril e setembro, principalmente no trimestre junho, julho e agosto.

Nesses dois Municípios, foi observada a diminuição da temperatura nos meses de maio até julho, período que corresponde ao final da estação do outono e vai até meados do inverno, seguida por aumento da temperatura nos meses ainda secos de agosto e setembro.

Para a análise *Quantis* (Tabelas 1 e 2), que está relacionada com a classificação climática, foi utilizada série temporal do ano 2000 até 2021. Observa-se que em Alta Floresta apenas o ano 2000 foi classificado como Seco. Em Cuiabá, o ano de 2007 foi classificado como Chuvoso e 2020 como Seco, o que indica que a variação pluvial anual em ambas as áreas é pouco acentuada.

Tabela 1. Classificação de *Quantis* para o município de Alta Floresta no período de 2000 a 2021. Destaque em negrito para o ano classificado como Seco.

Ano	Precipitação (mm)	Classificação
2000	1551,97	Seco
2001	2250,70	Normal
2002	1817,00	Normal
2003	1976,20	Normal
2004	1923,00	Normal
2005	2133,80	Normal
2006	2043,00	Normal
2007	1871,60	Normal
2008	2124,50	Normal
2009	2507,10	Normal
2010	1895,10	Normal
2011	2082,90	Normal
2012	2608,70	Normal
2013	2737,80	Normal
2014	2449,70	Normal

2015	2051,50	Normal
2016	2274,90	Normal
2017	1975,70	Normal
2018	1896,50	Normal
2019	2237,10	Normal
2020	1830,60	Normal
2021	1995,00	Normal

Tabela 2. Classificação de *Quantis* para o município de Cuiabá no período de 2000 a 2021. Destaque em negrito para os anos classificados como Chuvoso e Seco.

Ano	Precipitação (mm)	Classificação
2000	1702,20	Normal
2001	1659,60	Normal
2002	1560,76	Normal
2003	1950,95	Normal
2004	1708,50	Normal
2005	1543,47	Normal
2006	1644,50	Normal
2007	2433,40	Chuvoso
2008	1257,53	Normal
2009	2215,68	Normal
2010	1586,64	Normal
2011	1662,30	Normal
2012	1644,81	Normal
2013	1694,15	Normal
2014	2063,61	Normal
2015	1715,37	Normal
2016	1649,22	Normal
2017	1529,05	Normal
2018	1533,50	Normal
2019	1421,96	Normal
2020	943,67	Seco
2021	1192,90	Normal

A análise dos focos de calor foi feita com dados obtidos dos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021. Verificou-se que, em média, 76,20% e 92,20% dos focos de calor ocorrem nos meses de maio a setembro, respectivamente em Alta Floresta e Cuiabá (Figuras 3 e 4). Portanto, a maior parte dos focos de calor nessas duas cidades ocorrem justamente no período de menor pluviosidade, ou seja, no período seco da região (RODRIGUES et al., 2020).

Figura 3. Comparação entre a quantidade de focos de calor nos meses de maio a setembro com a quantidade anual total de focos dos anos de 2018 a 2021 no município de Alta Floresta, MT.

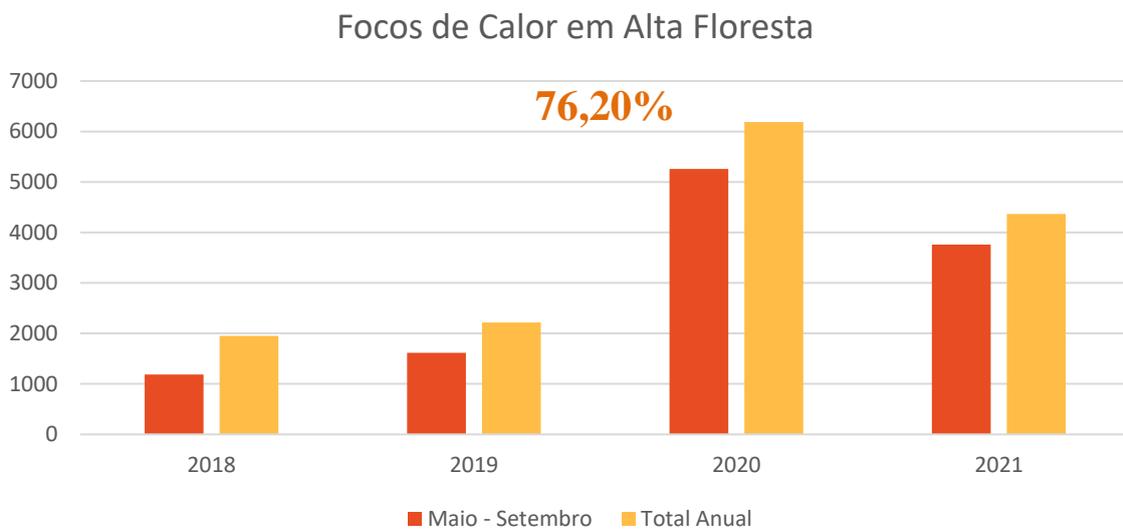
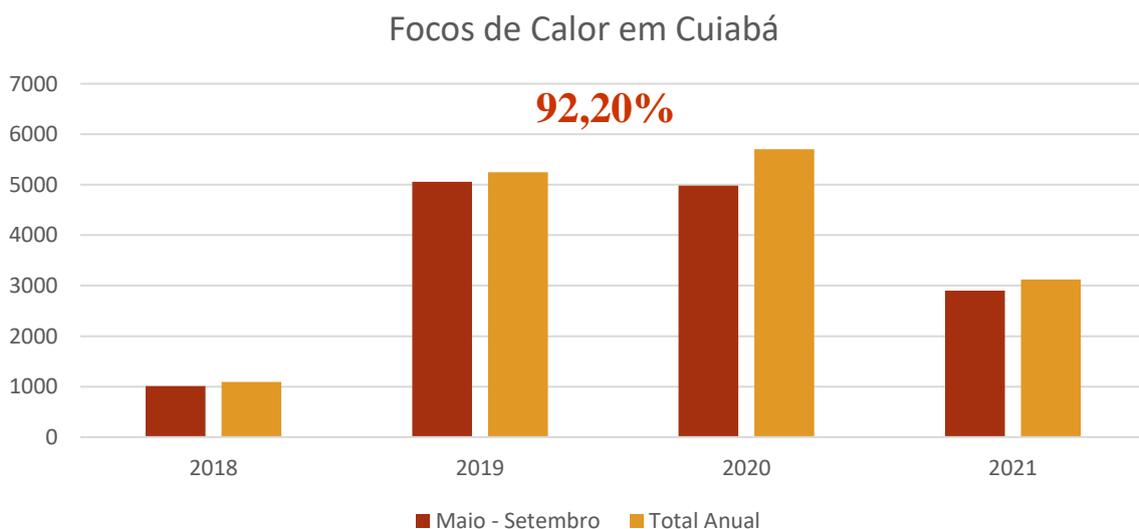


Figura 4. Comparação entre a quantidade de focos de calor nos meses de maio a setembro com a quantidade anual total de focos dos anos de 2018 a 2021 no município de Cuiabá, MT.



De acordo com Soriano, et al. (2020), o controle do fogo depende das condições meteorológicas em determinado período mensal, além da vegetação que constitui o bioma e

as cidades que também estão inseridas neste meio.

Em relação à visibilidade horizontal, para saber o valor mínimo requerido em um procedimento de aviação seguro, é necessário conferir a carta de visibilidade do aeroporto em questão. No caso de Alta Floresta, o valor mínimo requerido é de 1500m (Figura 5) e em Cuiabá é de 1200m (Figura 6).

Figura 5. Carta de visibilidade do aeroporto de Alta Floresta com destaque em vermelho para o valor mínimo de visibilidade horizontal requerido em um procedimento de aviação seguro.

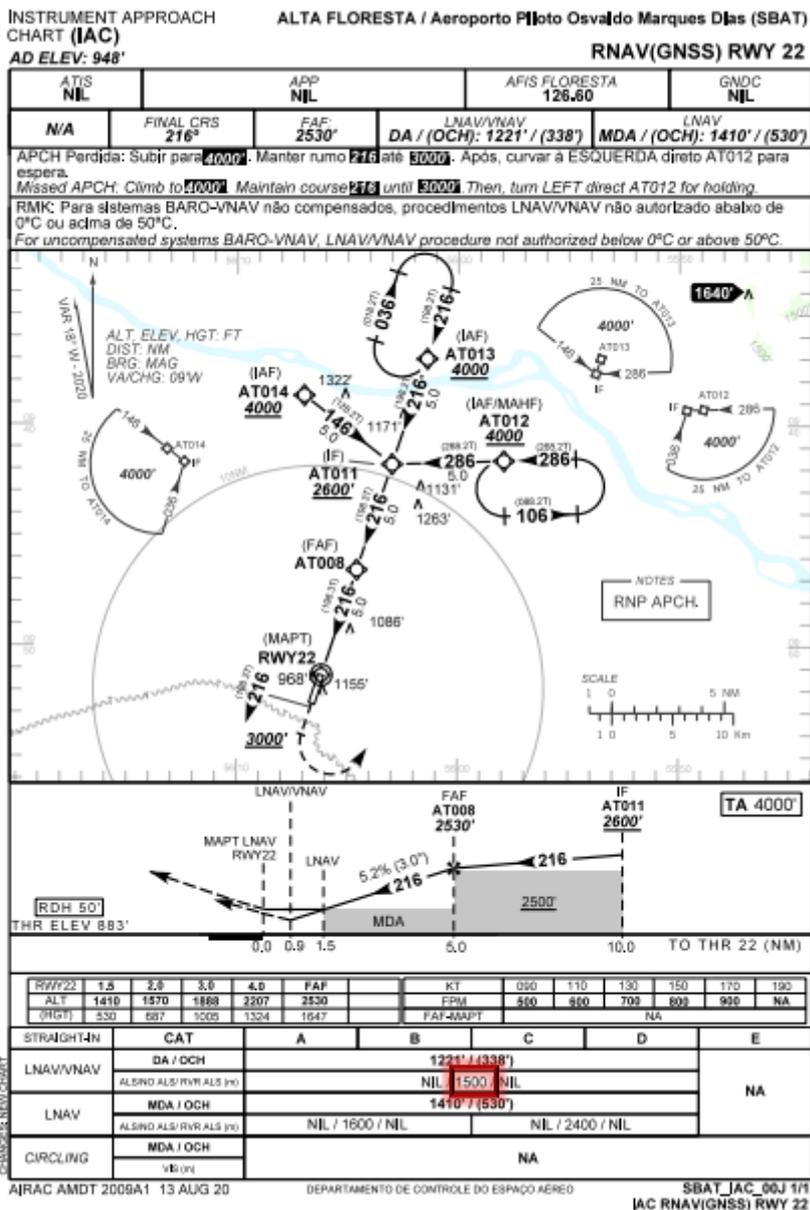
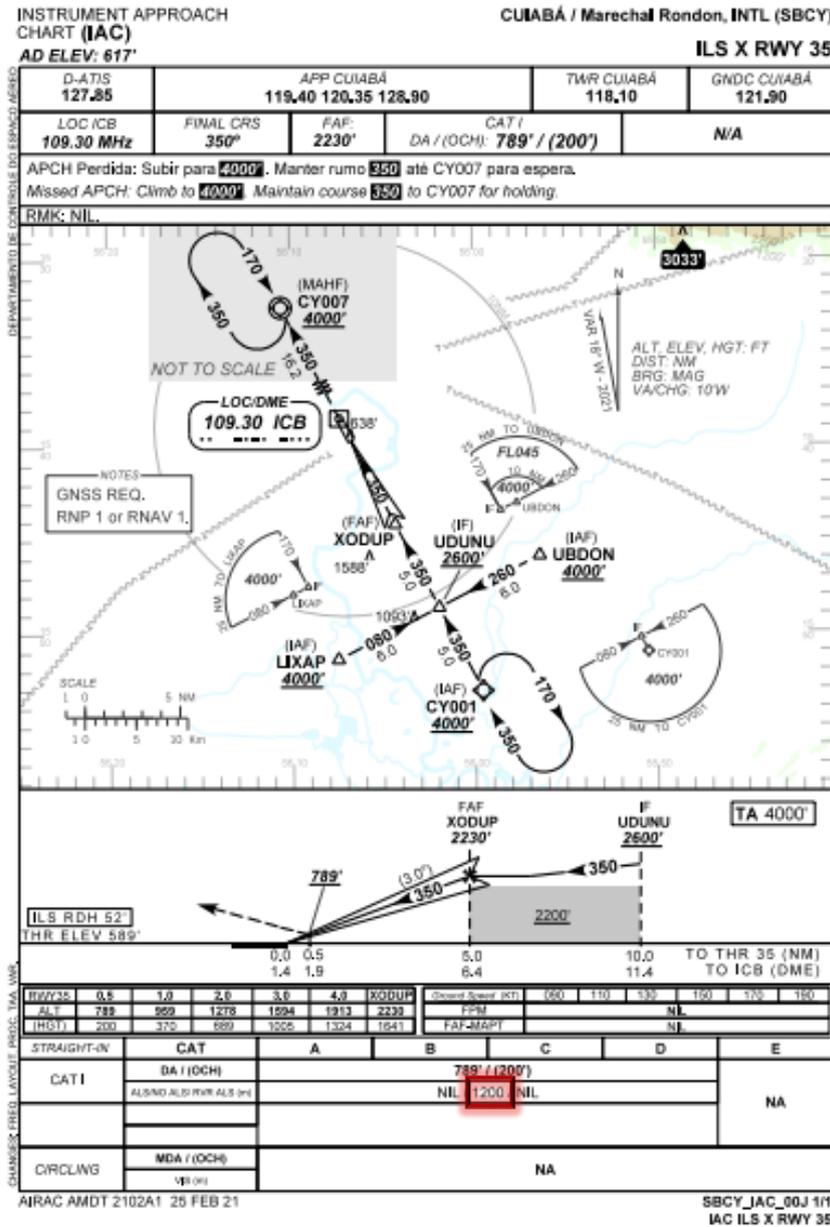


Figura 6. Carta de visibilidade do aeroporto de Cuiabá com destaque em vermelho para o valor mínimo de visibilidade horizontal requerido em um procedimento de aviação seguro.



Para a análise da visibilidade horizontal, em cada Município foram considerados os três dias com maior ocorrência de focos de calor nos meses de maio a setembro de 2020, ano com maior número total de focos. Verificou-se o horário de maior ocorrência de focos diários; a partir dele foram obtidos os dados da espessura óptica dos aerossóis (AOD) na faixa dos 500nm no horário mais próximo possível, conforme a disponibilidade de dados do AERONET, e os dados de visibilidade horizontal nos aeroportos a partir do METAR (Tabelas 3 e 4). Os valores de AOD são os valores máximos encontrados, sem a aplicação de qualquer fator de escala. A Tabela 5 contém a legenda de alguns códigos que apareceram no METAR.

Tabela 3. Os três dias de maior foco nos meses de maio a setembro de 2020 em Alta Floresta, MT; quantidade de focos de calor diário; horário de maior ocorrência dos focos; horário mais próximo ao horário de maior ocorrência dos focos, registrado pelo AERONET; espessura óptica do aerossol em 500nm e visibilidade horizontal registrada pelo METAR. Destaque em negrito para os dias em que houve detecção de fumaça na atmosfera.

Alta Floresta 2020	Foco Diário	Horário Maior nº Focos	Horário AERONET	AOD 500 nm	METAR
23/05	50	04:36	17:59:35	0,047889	-
29/05	16	17:00	19:00:18	0,117571	9999 SCT030
31/05	24	4:36 e 5:24	18:00:38	0,062704	-
07/06	44	04:54	-	-	-
10/06	43	4:48 e 22:20	18:33:25	0,074842	-
12/06	40	21:56	18:33:50	0,250119	-
01/07	18	22:14	-	-	-
28/07	17	21:21	-	-	CAVOK
29/07	18	17:54	-	-	9999 SCT045
20/08	45	21:53	-	-	-
21/08	154	17:24	-	-	CAVOK
27/08	32	17:12	18:55:05	0,609178	5000 FU SCT035
14/09	539	16:36	16:41:01	1,273752	5000 FU NSC
15/09	617	17:00	17:10:32	2,467195	3000 FU NSC
16/09	835	17:36	18:10:10	1,693853	5000 FU NSC

Tabela 4. Os três dias de maior foco nos meses de maio a setembro de 2020 em Cuiabá, MT; quantidade de focos de calor diário; horário de maior ocorrência dos focos; horário mais próximo ao horário de maior ocorrência dos focos, registrado pelo AERONET; espessura óptica do aerossol em 500nm e visibilidade horizontal registrada pelo METAR. Destaque em negrito para o dia em que houve detecção de fumaça na atmosfera.

Cuiabá 2020	Foco Diário	Horário Maior nº Focos	Horário AERONET	AOD 500 nm	METAR
13/05	4	05:12	-	-	FEW020 SCT100
20/05	7	17:14	-	-	CAVOK
21/05	20	05:18	-	-	CAVOK
10/06	7	17:20	17:30:19	0,063620	CAVOK
16/06	5	16:18	16:31:30	0,83838	CAVOK

23/06	24	16:37	16:47:59	0,144474	CAVOK
23/07	115	18:06	18:22:11	0,088172	CAVOK
24/07	152	16:55	17:37:14	0,104712	CAVOK
29/07	100	17:54	18:00:49	0,303329	CAVOK
29/08	298	17:19	17:32:20	0,219973	CAVOK
30/08	209	17:01	17:17:03	0,512388	9000 NSC
31/08	223	17:36	17:46:50	2,521378	1500 FU
11/09	226	17:30	17:43:08	0,469740	8000 NSC
13/09	335	17:38	17:42:26	0,692181	CAVOK
14/09	306	04:47	10:34:02	1,235905	CAVOK

Tabela 5. Legenda dos códigos encontrados pelos registros do METAR pesquisados.

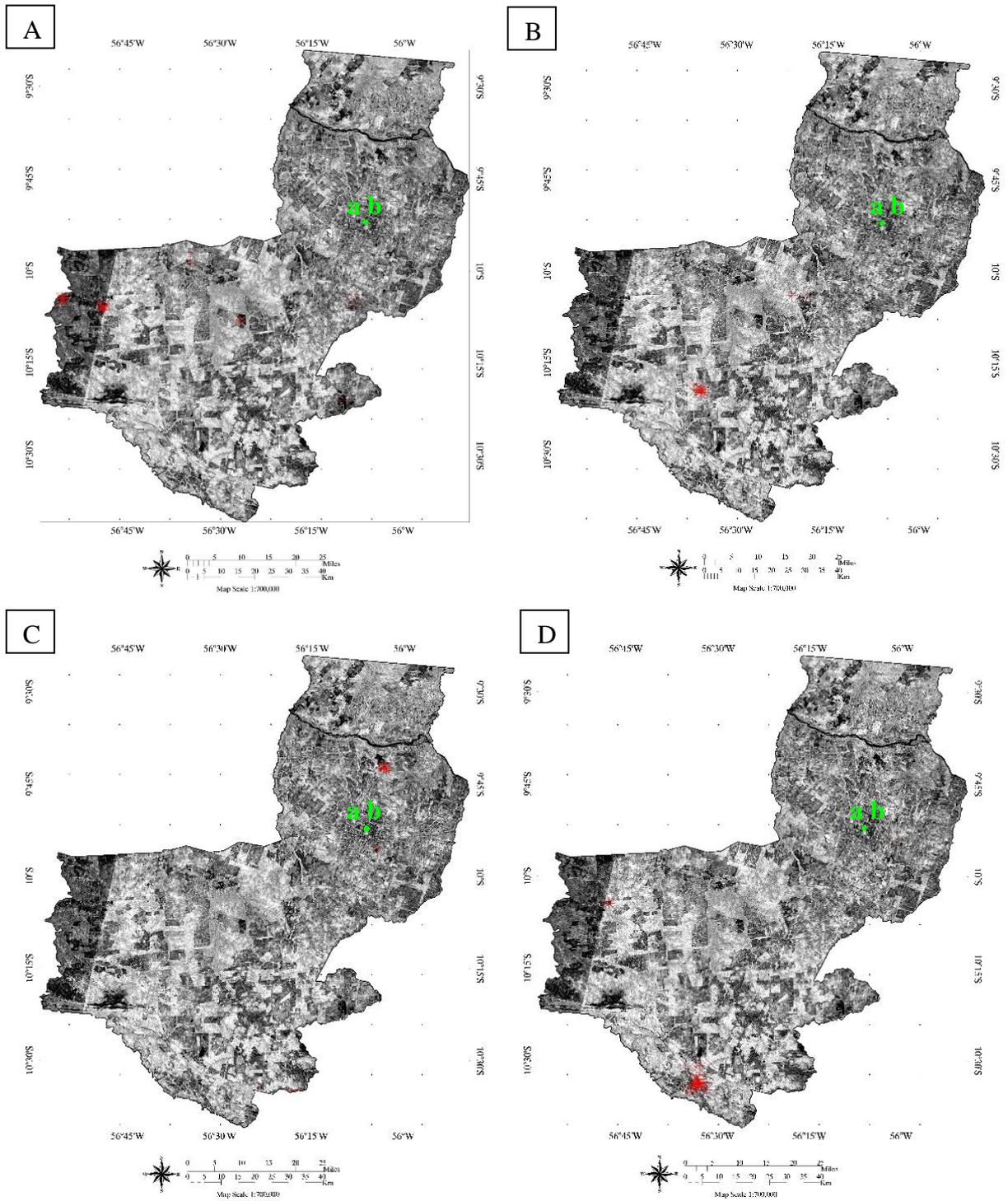
SCT	Nuvens esparsas.
NSC	Possibilidade de nuvens acima da medida indicada (dada em pés).
FU	Fumaça.
FEW	Poucas nuvens.
CAVOK	Ceilling and Visibility OK, teto e visibilidade OK. Quando a visibilidade é 10km ou mais, ausência de trovoadas, precipitações, tempestades, Cumulus Nimbos e nenhuma nuvem abaixo de 1500m.

No aeroporto de Alta Floresta, o código METAR informou a presença de fumaça densa na atmosfera nos dias 27/08, 14/09, 15/09 e 16/09 de 2020, cujos raios de visibilidade horizontal variaram entre 3000m e 5000m, valores bem acima do mínimo requerido pela carta do aeroporto. Portanto, as atividades aeroportuárias não foram interrompidas.

Já em Cuiabá, no dia 31/08/2020 o aeroporto fechou no período da tarde devido a impossibilidade de realizar pousos ou decolagens por conta da fumaça presente na atmosfera. No horário analisado (17h – 18h), que teve como base o período de maior incidência de focos de calor, já seria possível realizar os procedimentos aéreos pois a visibilidade mínima requerida pela carta de visibilidade do aeroporto é de 1200m e a registrada no METAR era de 1500m, porém ao observar o METAR de algumas horas mais cedo (12h – 13h) verificou-se que a visibilidade no aeroporto era de 800m, abaixo do valor mínimo.

Foram gerados mapas para que fosse possível visualizar as áreas de ocorrência dos incêndios e/ou queimadas no dia com maior número de focos de calor de cada mês (maio-setembro) em Alta Floresta e em Cuiabá no ano de 2020, que podem ser observados nas Figuras 7 e 8.

Figura 7. Mapas do município de Alta Floresta com pontos em vermelho mostrando a concentração dos focos de calor e pontos em verde marcando o aeroporto (a) e o radar do AERONET (b). A, B, C, D e E correspondem aos dias de maior foco nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, respectivamente, de 2020.



E

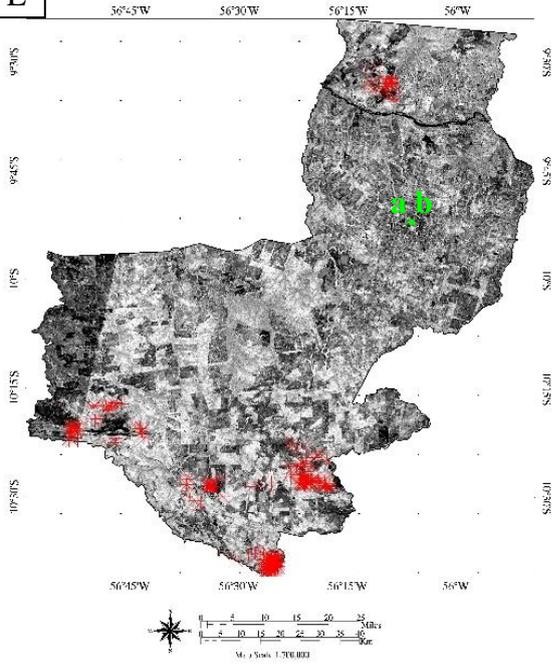
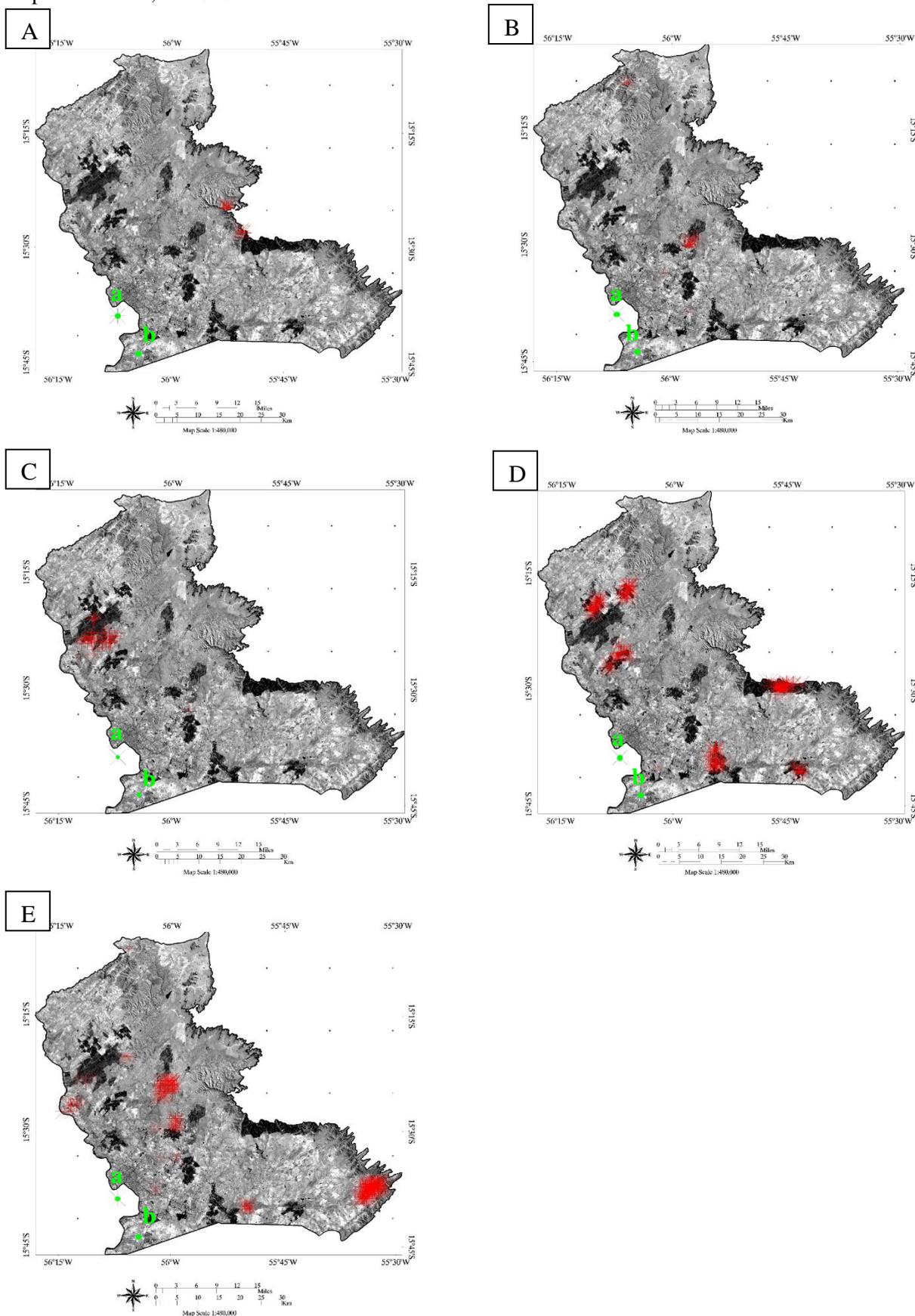


Figura 8. Mapas do município de Cuiabá com pontos em vermelho mostrando a concentração dos focos de calor e pontos em verde marcando o aeroporto (a) e o radar do AERONET (b). A, B, C, D e E correspondem aos dias de maior foco nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, respectivamente, de 2020.



A partir dos mapas, foi possível perceber que tanto em Alta Floresta como em Cuiabá, os focos ocorrem em diferentes locais (variabilidade espacial de ocorrência) e geralmente em áreas afastadas dos aeroportos, o que torna nítida a necessidade de outros fatores meteorológicos, como a velocidade e direção do vento por exemplo, para que as atividades aeroportuárias sejam interrompidas devido alta densidade de fumaça presente na atmosfera.

Além disso, o mês de setembro de 2020 se destacou pela grande quantidade de focos de calor em ambos os Municípios, o que corrobora com a pesquisa feita por Machado Neto et al. (2017) no Mato Grosso, onde o Parque Nacional da Chapada dos Guimarães foi analisado de 2007 a 2015 e verificou-se maiores valores percentuais dos focos de calor nos meses de agosto e setembro.

Em relação ao uso e cobertura do solo, foram contabilizados os números de focos de calor do menor mês e do maior mês de ocorrência dos anos 2018, 2019 e 2020, e identificadas suas áreas de incidência, conforme a disponibilidade de dados do MapBiomas. O resultado pode ser observado em maiores detalhes nas Tabelas 6, 7 e 8, e de modo mais simplificado nos gráficos das Figuras 9 e 10, os quais foram gerados a partir do somatório total do número de focos de calor do menor mês e do maior mês de ocorrência, dos três anos analisados.

Tabela 6. Classes de uso e cobertura do solo; quantidade de focos de calor; percentual queimado e tipo de área correspondente, nos meses com menor e maior número de focos de calor dos municípios de Alta Floresta/MT e Cuiabá/MT em 2018.

2018							
Alta Floresta				Cuiabá			
MÊS MENOR: MAIO							
Classe	Focos	Percentual	Tipo de Área	Classe	Focos	Percentual	Tipo de Área
3	5	7,04%	Formação Florestal	4	2	33,33%	Formação Savânica
4	1	1,41%	Formação Savânica	15	2	33,33%	Pastagem
15	64	90,14%	Pastagem	24	2	33,33%	Área Urbanizada
39	1	1,41%	Soja				
MÊS MAIOR: SETEMBRO							
3	165	31,73%	Formação Florestal	3	73	8,78%	Formação Florestal
12	5	0,96%	Formação Campestre	4	530	63,78%	Formação Savânica
15	342	65,77%	Pastagem	11	5	0,60%	Campo Alagado e Área Pantanosa
39	7	1,35%	Soja	15	190	22,86%	Pastagem
41	1	0,19%	Outras Lavouras Temporárias	21	8	0,96%	Mosaico de Agricultura e Pastagem
				24	10	1,20%	Área Urbanizada
				25	12	1,44%	Outras Áreas Não Vegetadas
				33	1	0,12%	Rio, Lago e Oceano
				39	1	0,12%	Soja
				41	1	0,12%	Outras Lavouras Temporárias

Tabela 7. Classes de uso e cobertura do solo; quantidade de focos de calor; percentual queimado e tipo de área correspondente, nos meses com menor e maior número de focos de calor dos municípios de Alta Floresta/MT e Cuiabá/MT em 2019.

2019							
Alta Floresta				Cuiabá			
MÊS MENOR: MAIO							
Classe	Focos	Percentual	Tipo de Área	Classe	Focos	Percentual	Tipo de Área
3	9	8,26%	Formação Florestal	3	1	9,09%	Formação Florestal
15	83	76,15%	Pastagem	4	4	36,36%	Formação Savânica
41	17	15,60%	Outras Lavouras Temporárias	15	4	36,36%	Pastagem
				24	2	18,18%	Área Urbanizada
MÊS MAIOR: JUNHO				MÊS MAIOR: SETEMBRO			
3	117	26,83%	Formação Florestal	0	3	0,12%	Não informado
15	306	70,18%	Pastagem	3	293	12,02%	Formação Florestal
39	2	0,46%	Soja	4	1585	65,04%	Formação Savânica
41	11	2,52%	Outras Lavouras Temporárias	11	24	0,98%	Campo Alagado e Área Pantanosa
				12	1	0,04%	Formação Campestre
				15	468	19,20%	Pastagem
				21	34	1,39%	Mosaico de Agricultura e Pastagem
				24	18	0,74%	Área Urbanizada
				25	9	0,37%	Outras Áreas Não Vegetadas
				30	1	0,04%	Mineração
				33	1	0,04%	Rio, Lago e Oceano

Tabela 8. Classes de uso e cobertura do solo; quantidade de focos de calor; percentual queimado e tipo de área correspondente, nos meses com menor e maior número de focos de calor dos municípios de Alta Floresta/MT e Cuiabá/MT em 2020.

2020							
Alta Floresta				Cuiabá			
MÊS MENOR: MAIO							
Classe	Focos	Percentual	Tipo de Área	Classe	Focos	Percentual	Tipo de Área
3	18	10,98%	Formação Florestal	3	18	50,00%	Formação Florestal
15	145	88,41%	Pastagem	4	12	33,33%	Formação Savânica
41	1	0,61%	Outras Lavouras Temporárias	15	6	16,67%	Pastagem
MÊS MAIOR: SETEMBRO							
0	7	0,18%	Não informado	0	11	0,49%	Não informado
3	1947	49,47%	Formação Florestal	3	791	35,25%	Formação Florestal
4	21	0,53%	Formação Savânica	4	911	40,60%	Formação Savânica
11	3	0,08%	Campo Alagado e Área Pantanosa	11	42	1,87%	Campo Alagado e Área Pantanosa
12	220	5,59%	Formação Campestre	15	395	17,60%	Pastagem
15	1729	43,93%	Pastagem	21	41	1,83%	Mosaico de Agricultura e Pastagem
24	3	0,08%	Área Urbanizada	24	39	1,74%	Área Urbanizada
33	4	0,10%	Rio, Lago e Oceano	25	10	0,45%	Outras Áreas Não Vegetadas
39	2	0,05%	Soja	30	2	0,09%	Mineração
				33	1	0,04%	Rio, Lago e Oceano
				39	1	0,04%	Soja

Figura 9. Somatório total dos focos de calor em cada tipo de área nos menores e maiores meses de sua ocorrência dos anos 2018, 2019 e 2020 em Alta Floresta, MT.

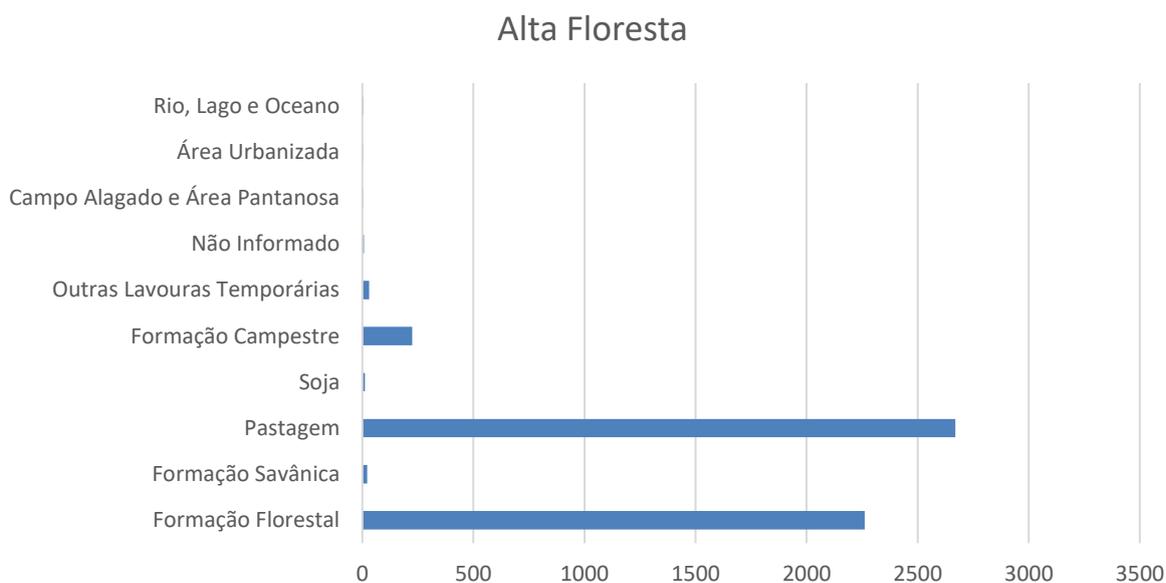
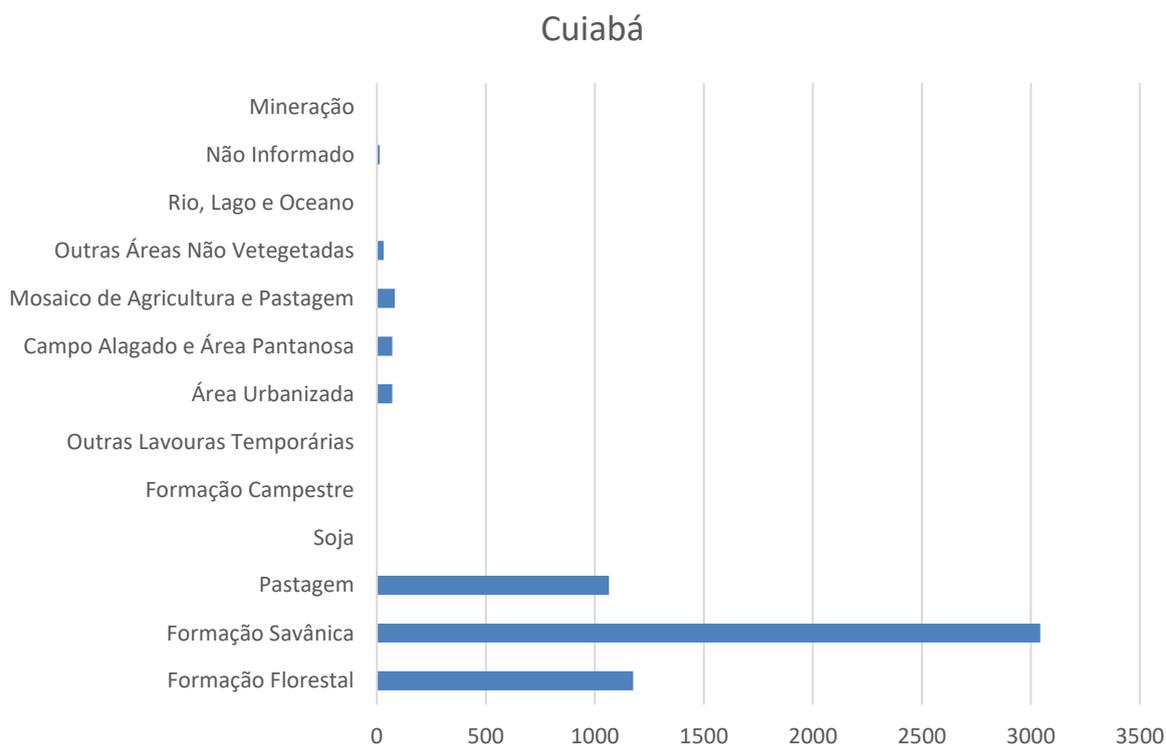


Figura 10. Somatório total dos focos de calor em cada tipo de área nos menores e maiores meses de sua ocorrência dos anos 2018, 2019 e 2020 em Cuiabá, MT.



Nota-se que em Alta Floresta a maior ocorrência de focos foi em áreas de Pastagem, seguida pela de Formação Florestal, e em Cuiabá foi em áreas de Formação Savânica, seguida pela de Formação Florestal e Pastagem, o que indica que esses são os tipos de cobertura vegetal mais susceptíveis a queimar no período seco desses Municípios.

Pelas tabelas, percebe-se que especialmente no ano de 2020 houve um aumento expressivo de focos de calor em áreas de Formação Florestal nos dois municípios. De acordo com Rios et al. (2018), a vegetação do Cerrado tem como característica a perda das folhas a fim de se preservar da baixa disponibilidade hídrica na estação seca, o que gera maior ocorrência de matéria seca para combustão e favorece tanto a queimada natural quanto a antrópica.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, obteve-se conhecimento atualizado sobre a ocorrência de focos de calor nas cidades de Cuiabá e Alta Floresta, ambas pertencentes ao estado do Mato Grosso, na série temporal 2018 a 2021. Essas informações podem ser utilizadas por legisladores e planejadores para que os impactos ambientais negativos ocasionados por esses incêndios e queimadas possam ser reduzidos, já que eles afetam a população da região, a biodiversidade local e também os procedimentos de aviação civil.

O ano de 2020 teve destaque, pois de modo geral houve forte aumento no número de focos de calor em ambos Municípios, e em Cuiabá, conforme a análise de *Quantis*, esse foi considerado um ano Seco, o que somado a outros possíveis fatores meteorológicos, pode auxiliar na compreensão de porquê no dia 31 de agosto de 2020 houve impossibilidade de se realizar pousos e decolagens no aeroporto da cidade, devido à alta concentração de fumaça presente na atmosfera nesse dia. Com exceção desse caso, não foi detectada interrupção nas atividades aeroportuárias nos aeródromos de Alta Floresta e Cuiabá no período analisado.

Foi possível perceber que não há um padrão de locais específicos para ocorrência de focos de calor nessas cidades nos meses mais secos, porém há certo padrão no tipo de área em que eles predominantemente ocorrem, sendo Pastagem em Alta Floresta e Formação Savânica em Cuiabá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERONET. **Aerosol Robotic Network**. Disponível em: <<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 19 mai. 2021.

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp/>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

ANDERSON, L. O.; BURTON, C.; REIS, J. B. C.; PESSÔA, A. C. M.; SELAYA, G.; BETT, P.; JONES, C.; WILLIAMS, K.; TAYLOR, I.; WILTSHIRE, A.; ARAGÃO, L. Identification of priority areas for reducing the likelihood of burning and forest fires in South America August to October 2020. 16p. São José dos Campos, 2020. SEI/Cemaden processo 01250.029118/2018-78/ 5761326. DOI: 10.13140/RG.2.2.13727.79523

BARROSO, P. A. S.; BEZERRA, F. G. V.; OLIVEIRA, J. C. P. A. Atuação do corpo de bombeiros militar do Mato Grosso na temporada de incêndios florestais 2015. **Revista Homens do Mato**, v. 16, n. 2, 2016.

BDQUEIMADAS. **Programa Queimadas – INPE**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CALLEJAS, I. J. A., BIUDES, M. S., MACHADO, N. G., DURANTE, L. C., LOBO, F. A. Patterns of energy exchange for tropical urban and rural ecosystems located in Brazil central. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 13, p. 69-79, 2019.

CHANG, Y.; ZHU, Z.; BU, R.; LI, Y.; HU, Y. Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987-2007) in China. **Forest Ecology and Management** 2015; 2015(356): 13-21. PMid:26288802. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.012>.

DEPV. Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo. **Manual do Ministério da Aeronáutica**. Brasília: Operações das estações meteorológicas de superfície. jun. 1998. 53p. (MMA 105-4).

DECEA. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**. Central de Ajuda - O que é METAR? Disponível em: <<https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/o-que-e-metar/>>. Acesso em: 30 ago. 2021

EEAr. Escola de Especialistas da Aeronáutica. **Curso de observadores meteorológicos**. Brasília: Observação meteorológica de superfície. jun. 1996. 82p.

FELIPE, E. F. C. J. C.; BARBOSA, T. S.; PIRES, J. R.; OLIVEIRA, G. S. Focos e emissões de queimadas no Cerrado nos últimos anos. [XI Congresso Interdisciplinar - Cerrado, Sua Riqueza e Diversidade - ISSN: 2595-7732](#), v. 4, n. 1, 2019.

FERNANDES, A. L. V.; IZIPPATO, F. J.; OLIVEIRA, W. Utilização de SIG e técnicas de geoprocessamento como subsídio à caracterização e análise de uso da terra no município de Água Clara/MS para fins de planejamento ambiental. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 07, n. 02, 2011.

FERREIRA, H. V. L.; HUGEDA JÚNIOR, J. C. Variação da temperatura da superfície através de imagens aster em zonas climáticas locais da cidade de Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 393-410, 2020.

HOLBEN, B.N., ECK, T.F., SLUTSKER, I., TANRÉ, D., BUIS, J.P., SETZER, A., VERMOTE, E., REAGAN, J.A., KAUFMAN, Y.J., NAKAJIMA, T., LAVENU, F., JANKOWIAK, I., SMIRNOV A. AERONET – a federated instrument network and data archive for aerosol characterization. **Remote Sensing of the Environment**, v. 66, n. 1, p. 1-16, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bioma: IBGE**, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/alta-floresta/panorama>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Edição revista e ampliada. Brasília: ed. Letra livre, 2009.

MACHADO NETO, A. P.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; BIONDI, D.; MORAIS, R. L. Avaliação dos focos de calor e da fórmula de Monte Alegre no parque Nacional da Chapada dos Guimarães. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 535-543, 2017.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 6 (1985-2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021a**. Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomas. Disponível em: <<https://mapbiomas-brasil-site-stg.herokuapp.com/codigos-de-legenda>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 6 (1985-2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021b**. Produtos. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/produtos>>. Acesso em: 23 jan. 2022.

MARANHOLI, H. N. G.; GONZALEZ, A. Z. D. Análise da evolução da ilha de calor na cidade de Cuiabá e alterações durante o evento El Niño. **Revista Equador (UFPI)**, v. 7, n. 1, p. 01-19, 2018.

MATO GROSSO. Governo de Mato Grosso. **Geografia**. 2020. Disponível em: <<http://www.mt.gov.br/geografia>>. Acesso em 22 jul. 2021.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica dos *Quantis* para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): baixo curso do apodi-Mossoró/RN. **Revista do Departamento de Geografia, [S. l.]**, v. 23, p. 232-249, 2012. DOI: 10.7154/RDG.2012.0023.0010. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47212>>. Acesso em: 05 out. 2020.

NETO, N. M. Contribuição das queimadas na América do Sul para o derretimento das geleiras andinas: estudo de caso sobre o impacto do aerossol "*black carbon*" na geleira Zongo - Bolívia. 2017. 144f. (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

NOVAIS, J. W. Z.; SANTANNA, F. B.; ARRUDA, P. H. Z.; PEREIRA, O. A.; DUTRA, R. Relação entre profundidade óptica de aerossóis e radiação fotossinteticamente ativa e global no cerrado mato-grossense. **Revista Estudo & Debate**, v. 24, n. 1, 2017.

OLIVEIRA, A. S.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUSA, J. B. Características do meio físico da bacia hidrográfica do Médio Curso do Rio Teles Pires, no município de Alta Floresta – MT. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, n. 3, p. 159 – 177, 2019.

OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E. A.; PINTO, F.; KLIK, C. A.; NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savanas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, p. 574-581, 2005.

PALMEIRA, A. F.; ROMÃO, M.; SETZER, A.; MORELLI, F. O Impacto das Emissões de Fumaça nos Aeroportos Brasileiros. **BioBrasil**, 7ª Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais – Resumos, ano 9, n.1, p.137, 2019.

REDEMET. **Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica**. Decodificação de METAR. Disponível em: <<https://www.redemet.aer.mil.br>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

RIOS, M. N. S.; SILVA, J. C. S.; MALAQUIAS, J. V. Mudanças pós-fogo na florística e estrutura da vegetação arbóreo arbustiva de um Cerrado sentido restrito em Planaltina – DF. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 469-482, 2018. DOI:10.5902/1980509832028.

ROCHA, V. R.; YAMASOE M. A. Estudo da Variabilidade Espacial e Temporal da Profundidade Óptica do Aerossol obtida com o Modis sobre a região Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.2, p. 210-220, 2013.

RODRIGUES, T. R.; PAULO, S. R.; NOVAIS, J. W. Z.; CURADO, L. F. A.; NOGUEIRA, J. S.; OLIVEIRA, R. G.; LOBO, F. A.; VOURLITIS, G. L. Temporal Patterns of Energy Balance for Brazilian Tropical Savanna under Contrasting Seasonal Conditions. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 2013, p. 1-9, 2013.

RODRIGUES, T. R.; VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; OLIVEIRA, R. G.; NOGUEIRA, J. S. Seasonal variation in energy balance and canopy conductance for a tropical savanna ecosystem of South central Mato Grosso, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 119, p. 1-13, 2014.

RODRIGUES, J. B., SILVA, D. D. S., SALES, L. L. N., FREITAS, S. J. N., & CABRAL, A. C. L. C. Análise de focos de queimadas no município de Balsas/MA. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 3, p. 146-151, 2020.

ROMÃO, M. Queimadas x aviação “ameaça cinzenta”. **ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil**, 2017. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/veja-mais/artigos>>. Acesso em: 03 set. 2020.

SANTOS, A. C. A.; NOGUEIRA, J. S. Análise do material particulado no Pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, 254-264, 2015.

SANTOS, A. C. A.; FINGER, A.; NOGUEIRA, J. S.; CURADO, L. F. A.; PALÁCIOS, R. S.; PEREIRA, V. M. R. Análise da concentração e composição de aerossóis de queimadas no Pantanal Mato-Grosso. **Quim. Nova**, v. 39, n. 8, p. 919-924, 2016.

SMIRNOV, A.; HOLBEN, B. N.; ECK, T. F.; DUBOVIK, O.; SLUTSKER, I. Cloud screening and quality control algorithms for the AERONET data base. **Remote Sensing of the Environment**, v. 73, p. 337-349, 2000.

TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S.V.; FARIA, A. L. L. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, 2017; 24: e00025615 <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.025615> ISSN 2179-8087 (online).

TOSTES, J. O. Sinergismo entre eventos climáticos extremos, desmatamento e aumento da suscetibilidade a incêndios florestais no estado do Acre. 2016. 149f. (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

VIEZZER, M. R. Z.; KONRAD, O.; DALLASTRA, M.; SPINELLI, R.; DA SILVA, A. S. Estratégias Bioclimáticas Para Cidade de Alta Floresta-MT/Brasil. **Id on Line Rev. Mult. Psic.**, v. 15, n. 55, p. 505-523, 2021; Edição eletrônica em: <<http://idonline.emnuvens.com.br/id>>.