

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
Coronel Osmar Alves Pinheiro  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

**CADETE BM/2 DANIEL ALVES VIEIRA**



**ÍNDICES DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ÂMBITO  
DA OPERAÇÃO VERDE VIVO**

**BRASÍLIA  
2021**

CADETE BM/2 **DANIEL ALVES VIEIRA**

## **ÍNDICES DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ÂMBITO DA OPERAÇÃO VERDE VIVO**

Artigo científico apresentado à disciplina Metodologia Científica como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais Combatentes do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Maj. QOBM/Comb. BRUNO **MARCELINO** DE ALMEIDA NUNES

Brasília,  
2021

CADETE BM/2 **DANIEL ALVES VIEIRA**

**ÍNDICES DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ÂMBITO DA  
OPERAÇÃO VERDE VIVO**

Artigo científico apresentado à disciplina  
Trabalho de Conclusão de Curso como  
requisito para conclusão do Curso de  
Formação de Oficiais Combatentes do Corpo  
de Bombeiros Militar do Distrito Federal

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**ALBERTO WESLEY DOURADO DE SOUZA** – Ten-Cel. QOBM/Comb.  
**Presidente**

---

**VINÍCIUS FIUZA DUMAS** – Maj. QOBM/Comp.  
**Membro**

---

**ZILTA DIAZ PENNA MARINHO** - Professora  
**Membro**

---

**BRUNO MARCELINO DE ALMEIDA NUNES** – Maj. QOBM/Comb.  
**Orientador**

## RESUMO

Os incêndios florestais no Distrito Federal exigem que grande quantidade de recursos humanos e materiais sejam mobilizados por parte do CBMDF. Visando a otimização do emprego desses recursos, a utilização de índices de risco de incêndios florestais podem auxiliar os tomadores de decisões, visto que refletem antecipadamente a possibilidade da ocorrência, e conseqüentemente podem ser subsídios para planos de proteção florestal contra incêndios florestais. Dessa forma, o presente estudo buscou saber se o uso dos índices de risco de incêndios florestais permitiria melhor gestão da Operação Verde Vivo do CBMDF. Dados referentes ao número de ocorrências e área queimada diariamente por incêndios florestais no DF foram comparados com os índices de risco calculados diariamente para todo o período da OPVV 2020, e por meio de estatísticas e gráficos observou-se correlações entre essas informações. Os resultados mostraram que o índice FMA tem potencial significativo em auxiliar na tomada de decisão de acionamento das fases 2 e 3 da OPVV, enquanto o índice de Angstrom no acionamento da fase 4, confirmando a hipótese de que os índices estudados podem auxiliar a melhor alocação de recursos ao longo da maior operação do CBMDF.

**Palavras-chave:** Incêndios florestais. Índices de risco. Operação verde vivo.

## **FIRE RISK INDICES ON OPERATION VERDE VIVO CONTEXT**

### **ABSTRACT**

Forest fires in the Federal District require that a large number of human and material resources be mobilized by the CBMDF. In order to optimize the use of these resources, forest fire risk indexes can help decision makers, since they can predict the possibility of occurrence of forest fires, and consequently can be used as subsidies for forest protection plans. Thus, the present study seeks to find out whether the use of forest fire risk indexes would allow better management of CBMDF Verde Vivo Operation (OPVV). Data referring to the number of occurrences and area burned daily by forest fires in the Federal District were compared with the risk indexes calculated daily for the entire OPVV 2020 period, using statistics and graphs to view correlations between this information. Results showed that the FMA index has significant potential to assist in the decision-making of triggering OPVV's phases 2 and 3, while Angstrom index in triggering phase 4, confirming the hypothesis that the studied indices allow better allocation of resources throughout the largest operation of the CBMDF.

**Key-words:** Forest fires. Risk index. Verde vivo operation.

## 1. INTRODUÇÃO

As savanas estão entre os tipos de vegetação mais propensos a ocorrência de fogo, sendo a presença de gramíneas uma das principais causas de sua alta inflamabilidade. No Cerrado brasileiro, que também é caracterizado como vegetação savânica, ocorre uma estação seca bem definida e conseqüentemente é frequente a ocorrência de incêndios florestais. Com isso, é possível perceber que as plantas apresentam adaptações que garantem resistência e/ou resiliência após a passagem de fogo (PIVELLO, 2011).

Apesar de ser uma característica do bioma Cerrado, é preocupante a ocorrência de incêndios florestais de forma cada vez mais frequente, uma vez que esse fenômeno pode causar extinção de espécies, modificação de paisagens e facilitação de invasão por espécies que não são nativas do bioma e que prejudicam o estabelecimento de espécies nativas (SILVÉRIO *et al.*, 2013). De acordo com Bowman *et al.* (2009), a principal causa desse aumento do número de ocorrências de incêndios florestais se deve às alterações de cobertura vegetal promovidas pelo homem (desmatamento) e mudanças climáticas.

No Distrito Federal é comum a ocorrência de vários focos de incêndios florestais durante o ápice da estação seca. Tendo em vista que uma das competências do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) é a execução de atividades de prevenção aos incêndios florestais, com vistas à proteção ambiental (BRASIL, 2011), e que, de acordo com a Lei Distrital Nº 6.364, de agosto de 2019, o poder público do DF deve incentivar a conservação do Cerrado, essa situação exige que a corporação esteja preparada operacionalmente para a proteção do meio ambiente.

Deste modo, visando a otimização do emprego dos recursos nas atividades de combate a incêndios florestais, é importante que se utilizem ferramentas que auxiliem o processo de tomada de decisões. Uma dessas ferramentas é a utilização de índices de risco de incêndios florestais, visto que refletem antecipadamente a possibilidade da ocorrência, e conseqüentemente podem ser subsídios para planos de proteção florestal contra incêndios,

equivalente ao escopo da Operação Verde Vivo do CBMDF (SCHUMACHER *et al.*, 2005; TEDESCHI, 2013).

Diante do exposto, buscou-se responder à seguinte questão: O uso dessas ferramentas em forma de índices de risco de incêndios florestais permite melhor alocação de recursos ao longo da Operação Verde Vivo ?

Tem-se como objetivo geral mostrar que índices de risco de incêndios florestais podem ser empregados como subsídios para o planejamento da Operação Verde Vivo.

Para que o objetivo geral seja alcançado, têm-se os seguintes objetivos específicos: Verificar se existe correlação entre os dados de ocorrências de incêndio florestal no DF (Área queimada e N° de ocorrências) e as previsões obtidas com os índices de riscos de incêndios florestais; Analisar se ocorre correlação entre o início de cada fase da OPVV e o aumento do número de ocorrências e das áreas queimadas por incêndios florestais no DF; e analisar se existe correlação entre o início de cada fase da OPVV e o aumento do grau de risco previsto pelos índices de riscos de incêndios florestais.

O produto da presente pesquisa é uma planilha em que os índices que mais se adequam ao uso na OPVV são calculados automaticamente, com base em variáveis meteorológicas de fácil acesso disponibilizadas diariamente.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Bioma Cerrado**

O Cerrado é o segundo maior Bioma brasileiro em termos de extensão territorial, ocupando uma área de mais de dois milhões de km<sup>2</sup>, ou seja, 23% da superfície do território nacional (GAMARRA *et al.*, 2016).

Sua vegetação apresenta formações florestais, savânicas e campestres, também denominadas fitofisionomias do bioma Cerrado onde as florestas são áreas com predominância de espécies arbóreas, com dossel contínuo ou descontínuo; as savanas são áreas com espécies arbóreas e arbustivas,

espalhados sobre um estrato de gramíneas, sem a formação do dossel contínuo; e as formações campestres são áreas com dominância de herbáceas e arbustos, com pequena quantidade de árvores (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Esse “mosaico” de formações vegetacionais se deve a diversidade de solos, relevo, climas e frequência de incêndios florestais existentes nessa extensa região brasileira (SILVA *et al.*, 2008). Em geral, o Cerrado caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, clima classificado na literatura como clima Aw de Koppen (tropical chuvoso), em que as chuvas se concentram nos meses de outubro até março; enquanto de abril/maio a setembro, os índices pluviométricos reduzem consideravelmente, sendo comum chegar a zero (COUTINHO, 2002).

Em geral, a precipitação média anual no bioma fica entre 1200 e 1800 mm. Nos meses mais críticos da estação seca, é frequente a ocorrência de incêndios florestais. No entanto, grande parte das espécies vegetais do cerrado possuem adaptações à esse fenômeno, como o súber (casca) espesso e resistente ao fogo e raízes profundas que atingem camadas úmidas do solo mesmo durante o auge da estação seca, tendo em vista que algumas alcançam mais de 15 metros de profundidade (COUTINHO, 2002).

De acordo com Myers *et al.* (2000), o Cerrado consta na lista dos *hotspots* de biodiversidade do mundo, ou seja, o bioma abriga alta concentração de espécies endêmicas, e, apesar disso, é intensa a perda de habitats naturais devido às ações humanas.

## **2.2. Fogo no Cerrado**

O Cerrado pode ser definido como um ecossistema savânico dependente do fogo, isto é, está sujeito a presença de incêndios periodicamente e que ocorrem naturalmente devido a descargas atmosféricas no início da estação chuvosa, dependendo desse fenômeno para que se mantenham seus processos ecológicos (PIVELLO, 2011; HARDESTY, MYERS, FULKS, 2005). Como foi dito anteriormente, a vegetação do bioma contém espécies arbustivas e arbóreas que são adaptadas à passagem do fogo, como por exemplo cascas com cortiça



espessa (funcionando como isolantes térmicos), floração intensa do estrato herbáceo, raízes que atingem profundidades de mais de 15 metros e rápida regeneração das plantas mesmo que num período de dias após a queima (PIVELLO, 2009; COUTINHO, 2002).

Beerling e Osborne (2006) afirmam que as savanas, como o Cerrado, são biomas sustentados pelo fogo devido a ação desse fenômeno na remoção e prevenção da incursão de florestas, ocorrendo que as gramíneas se estabelecem nas clareiras formadas pela queda de árvores durante a seca, e conforme essas gramíneas se espalham na estação chuvosa, a biomassa produzida por elas se torna um abundante combustível para incêndios florestais.

Portanto, gramíneas nativas que ocorrem em abundância nas formações savânicas do Cerrado alimentam um importante *feedback* positivo com o fogo, mantendo no Cerrado uma vegetação aberta e altamente inflamável, enquanto que nas florestas, a vegetação de baixa inflamabilidade mantém um dossel fechado, contrastando com as vegetações savânicas que podem estar em suas adjacências (HOFFMAN *et al.*, 2011).

Entretanto, com o avanço das ações humanas, a maioria dos incêndios florestais no cerrado são de causa antrópica. Atualmente, o fogo é utilizado para remover vegetação nativa para o plantio de culturas agrícolas ou pastagens, ou são causados acidentalmente, em queimadas que deveriam ser controladas, mas acabam se tornando grandes incêndios (PIVELLO, 2011).

Em seu estudo sobre incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, no estado de Goiás, Fiedler, Merlo e Medeiros (2006) pontuam que, dentre as principais fontes de ignição que ocasionaram incêndios no parque, os de causa antrópica totalizaram 88,24% das ocorrências (ocasionados por queima de pasto, garimpo, queima de beira de estrada, incêndios criminosos e incendiários). Os de causa natural somaram 11,76%, sendo todos gerados por descargas atmosféricas.

Incêndios florestais antrópicos acarretam não somente impactos na vegetação, mas também na economia e no clima (BUGALHO; PESSANHA, 2009). Devido as mudanças que causa nos ecossistemas, podem afetar as

comunidades ligadas aos recursos ambientais, de forma direta e indireta, acarretando em prejuízos socioeconômicos (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

### **2.3. Fatores que influenciam o comportamento do fogo**

Os fatores que determinam o comportamento do fogo podem ser classificados em três tipos: fatores da vegetação, fatores climáticos e fatores físicos do ambiente (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Com relação à vegetação, suas características – como dimensões e grau de inflamabilidade, definem se numa situação de incêndio florestal o material combustível é mais perigoso ou não. Cascas, ramos, galhos finos (com diâmetro menor que 1 cm) e gramíneas são combustíveis que favorecem a propagação rápida do incêndio florestal, produzindo chamas relativamente altas e muito calor (SCHUMACHER; DICK, 2018).

A maior cobertura do solo por gramíneas pode ser considerada como um dos fatores da vegetação que mais influenciam no comportamento do fogo no cerrado: SILVA (2018) relata que em fitofisionomias abertas, como no caso das formações campestres do Cerrado, a velocidade de propagação do fogo, a intensidade do fogo e o calor liberado são maiores que nas formações mais fechadas devido a maior presença de gramíneas, que são altamente inflamáveis.

Os incêndios florestais antrópicos, que ocorrem com frequência muito maior que os incêndios florestais naturais, acarretam a redução da cobertura vegetal por espécies nativas, favorecendo que gramíneas exóticas se estabeleçam com maior dominância na área queimada. A propagação de gramíneas alimenta um *feedback* positivo no ecossistema, tendo em vista que esse tipo de vegetação favorece a ocorrência de novas queimadas (BEERLING; OSBORNE, 2006).

Com relação aos fatores climáticos, Nunes, Soares e Batista (2007) afirmam que a ocorrência e propagação dos incêndios em vegetação estão relacionados à umidade relativa do ar, temperatura do ar e precipitação, ou seja, quanto maior a umidade relativa do ar e a precipitação, menores as chances de ocorrência de incêndios florestais, e quanto maior a temperatura, maior a

probabilidade de ocorrer incêndio florestal. Já Fernandes (2019) inclui também como variável climática influenciadora de riscos de incêndios a velocidade do vento, uma vez que quanto maior a velocidade do vento, mais rápida a propagação do fogo.

Torres *et al.* (2009) destacam também a importância de se considerar que os incêndios somente ocorrem quando existe uma fonte de ignição, sendo que, ainda que as variáveis climáticas sejam altamente favoráveis à ocorrência, caso não haja essa fonte o incêndio não irá ocorrer.

Com relação aos fatores físicos, destaca-se a topografia. Em áreas declivosas, a propagação do fogo é mais intensa à medida que o grau de inclinação aumenta, devido ao fato de que as chamas aquecem o material combustível morro acima, favorecendo a ignição desses materiais e consequentemente a propagação do incêndio (SCHUMACHER, DICK, 2018).

#### **2.4. Índices de risco de incêndios florestais**

A partir de estudos e de uma análise de parâmetros climáticos, seria possível determinar condições em que se tenha maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais, permitindo a adoção de medidas de prevenção e a estimativa da logística para o combate (TORRES *et al.*, 2009).

Nesse contexto, a previsão do grau de perigo diário de ocorrência de incêndios florestais é uma ferramenta útil no planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais. Entre os índices de risco já consolidados na literatura, o Manual de Perícia em Incêndios e Explosões do CBMDF (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2019) destaca o índice de Nesterov, o índice de Angstron e a Fórmula de Monte Alegre (FMA).

O índice de Nesterov foi desenvolvido inicialmente na Rússia, e aprimorado na Polônia. Tem como base a quantidade de dias sem chuva, que acarretam aumento no risco de incêndios florestais, devido ao fato de que o material combustível vai se tornando cada vez mais seco (TEDESCHI, 2013).

Segundo Schumacher & Dick (2018), a equação que define o índice de risco é:

$$G = \sum_{n=1}^{ni} diti$$

Em que:  $G$  = índice de inflamabilidade de Nesterov;  $n$  = número de dias sem chuva;  $d_i$  = déficit de saturação do ar, em milibares, às 13 horas;  $t_i$  = temperatura do ar, às 13 horas.

De acordo com Schumacher & Dick (2018), o déficit de saturação do ar é a diferença entre a pressão máxima de vapor d'água e a pressão real de vapor d'água, calculado mediante a equação :

$$d = E \left( \frac{1 - H}{100} \right)$$

Em que:  $d$  = déficit de saturação do ar, em milibares;  $E$  = pressão máxima de vapor, em milibares;  $H$  = umidade relativa do ar, em %.

O quadro 1 apresenta a escala que permite interpretação dos valores do índice de inflamabilidade de Nesterov, que variam de nenhum risco de incêndio até risco perigosíssimo:

**Quadro 1. Risco de incêndio do índice de inflamabilidade de Nesterov.**

Valor de G	Risco de Incêndio
Até 300	Nenhum risco
301 - 500	Risco fraco
501 - 1000	Risco médio
1001 - 4000	Grande perigo
Maior que 4000	Perigosíssimo

Fonte: Schumacher & Dick (2018).

A fórmula de Angstron (B) utiliza as variáveis climáticas umidade relativa do ar e temperatura do ar. É descrito pela seguinte equação (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2019):

$$B = 0,05H - 0,1 (Tr - 27)$$

Em que:  $B$  = índice de Angstron,  $H$  = umidade relativa do ar em %,  $T$  = temperatura do ar em °C.

De acordo com White e Ribeiro (2010), existe risco de incêndio quando os valores do índice de Angstron forem inferiores a 2,5. Caso contrário, as condições atmosféricas não estão favoráveis a ocorrências de incêndios florestais.

A Fórmula de Monte Alegre (FMA), desenvolvida utilizando condições climáticas brasileiras, é baseada na umidade relativa do ar e é obtido a partir da seguinte equação (SOARES; PAEZ, 1973):

$$FMA = 100 \cdot \sum \frac{1}{h_i}$$

Em que:  $FMA$  = Fórmula de Monte Alegre;  $h_i$  = umidade relativa do ar, às 13 horas.

De acordo com Soares e Paez (1973), o grau de perigo do índice varia de nulo até muito alto, conforme o quadro 2:

**Quadro 2. Escala de perigo de incêndio para a Fórmula de Monte Alegre, FMA.**

Valor de FMA	Grau de Perigo
Até 1,0	Nulo
1,1 - 3,0	Pequeno
3,1 – 8,0	Médio
8,1 – 20,0	Alto
Maior que 20,0	Muito Alto

Fonte: Soares & Paez (1973).

## 2.5. Operação Verde Vivo

Conforme a Lei Nº 8.255, de 20 de novembro de 2011 (BRASIL, 2011), compete ao CBMDF a execução de atividades de prevenção aos incêndios florestais, com vistas à proteção ambiental. Além disso, de acordo com o Decreto Nº 37.549 de 15 de agosto de 2016, cabe ao CBMDF a coordenação e a execução das operações de combate aos incêndios florestais no DF.

Para o cumprimento dessas atribuições, todo ano a Corporação executa a Operação Verde Vivo (OPVV), que tem como missão executar serviços de prevenção e combate aos incêndios florestais no Distrito Federal, desenvolvendo na comunidade do DF a consciência de preservação da fauna e da flora do cerrado brasileiro, proteção do meio ambiente e da população (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2020).

Para que os objetivos sejam alcançados, o Grupamento de Proteção Ambiental do CBMDF – GPRAM executa, coordena e fiscaliza as ações, que abrangem todo o período de seca do DF, se dividindo em 5 fases, descritas a seguir de acordo com o Plano de Operação nº 01/2020 da OPVV (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2020):

A fase I, denominada Instrução, Prevenção e Preparação, ocorre a capacitação dos militares envolvidos, a preparação da corporação mediante a disponibilização de recursos e a prevenção no DF, por meio de campanhas educativas e palestras.

A fase II, denominada Combate Inicial, é caracterizada pelo combate aos primeiros focos de incêndios florestais que começam a ocorrer devido ao início do período de estiagem no DF, normalmente ocorrendo no mês de junho. Cinco unidades operacionais contam com socorro florestal: GPRAM, 7º GBM (Brazlândia), 9º GBM (Planaltina), 12º GBM (Samambaia) e o Posto Avançado (em Santa Maria).

A fase III, denominada Combate Intermediário, é caracterizada pela intensificação do poder operacional envolvido na OPVV, devido à elevação do número de ocorrências de incêndios florestais com o avanço do período de estiagem no DF.

Nessa fase da OPVV de 2020, além das unidades operacionais descritas na fase II, foram ativadas com socorro florestal mais 6 unidades operacionais (6º GBM – Núcleo Bandeirante, 10º GBM – Paranoá, 16º GBM – Gama, 17º GBM – São Sebastião, 22º GBM – Sobradinho, 36º GBM – Recanto das Emas e 41º GBM – Setor de Indústria da Ceilândia). É nessa fase que também ocorre reforço

operacional por meio das Gratificações por Serviço Voluntário, aumentando consideravelmente os recursos humanos envolvidos.

A fase IV, denominada Combate Avançado, é considerada uma fase crítica de incêndios florestais no DF. Além dos recursos operacionais já citados anteriormente, é iniciada a escala de sobreaviso, cumprida por militares diariamente oriundos das diversas escalas de serviço existentes na Corporação, em sua 2ª folga, e pelo expediente administrativo.

Por fim, a fase V é denominada Combate Reduzido, sendo caracterizada pela transição entre o período de estiagem e chuvoso no DF, com o início da desmobilização dos recursos empregados.

Ainda de acordo com o Plano de Operação da OPVV 2020 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR, 2020), as datas estabelecidas para início e término de cada uma das fases são definidas com base nas normais climatológicas no DF. Observa-se no plano que normalmente no mês de maio ocorre a primeira fase, em junho a segunda, julho/agosto a terceira, setembro/outubro a quarta e com o a vinda das chuvas, a operação transita para a fase final. Portanto, a transição das fases não ocorre com base em um critério objetivo, e por vezes pode ocorrer com base em justificativa fundamentada da Seção de Operações do GPRAM.

### **3. METODOLOGIA**

De acordo com Nascimento e Sousa (2015), a pesquisa científica pode ser diferenciada quanto à natureza, aos métodos, aos objetivos e aos procedimentos.

Desse modo, o presente estudo pode ser enquadrado quanto à natureza em pesquisa aplicada, uma vez que é dedicado à geração de conhecimento para a solução de problemas específicos, a abordagem é quantitativa, comumente utilizada em pesquisas de ciências naturais; quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como descritiva, uma vez que busca a correlação entre variáveis, e quanto aos procedimentos, enquadra-se como estudo de caso, tendo em vista que apresenta uma fase exploratória, outra de sistematização de coleta de dados e por fim a análise e interpretação

Dados diretamente relacionados a incêndios florestais foram coletados junto ao Grupamento de Proteção Ambiental – GPRAM. Esses dados consistem no número de ocorrências e tamanho de área queimada (em hectares) por incêndios florestais, diariamente, na OPVV do ano de 2020, compreendendo o período entre abril e outubro daquele ano.

Os dados meteorológicos – temperatura do ar (em °C), pressão máxima de vapor (em milibares), umidade relativa do ar (em %), temperatura do ponto de orvalho (em %) e precipitação total diária (em mm) foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos do sítio do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([bdmep.inmet.gov.br](http://bdmep.inmet.gov.br)), para o período da OPVV 2020. Esses dados foram tabulados em planilhas eletrônicas e empregados para o cálculo dos índices de Angstron (B), e Fórmula de Monte Alegre (FMA), conforme as equações expressas na revisão de literatura. Os índices diários de Nesterov para a região de Brasília foram obtidos diretamente do banco de dados do INMET.

De posse desses dados, foi calculado o coeficiente de correlação entre a área queimada por incêndios florestais diariamente e os índices diários de risco de incêndios florestais, e também o coeficiente de correlação entre o N° de ocorrências de incêndios florestais diário e os índices diários de risco incêndios florestais. O coeficiente de correlação pode ser calculado por meio da seguinte equação (MARTINS; RODRIGUES, 2014):

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Em que:  $r$  = coeficiente de correlação e  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são as médias das variáveis independente e dependente, respectivamente.

Também foram confeccionados gráficos por meio do *software* Excel, em que foram plotadas as seguintes variáveis: Número de ocorrências, área queimada, e os três índices de risco – FMA, Angstron e Nesterov. Também foram calculadas as médias, medianas e desvios padrões mensais dos índices, buscando visualizar as possíveis relações entre o aumento da área queimada por incêndios florestais no DF, intensificação do grau de risco calculado por meio



dos índices de risco de incêndios florestais acima expostos e o início e término de cada fase da OPVV 2020.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Operação Verde Vivo do ano de 2020 teve início no dia 20 de maio daquele ano. No mês anterior – abril, houve chuvas em 14 dias do mês, cessando as chuvas desse mês no dia 25. De acordo com os dados obtidos, só houve outras precipitações nos dias 15, 16, 17 e 25 de maio. A partir de então, teve início o período de estiagem, com 119 dias sem chuvas registradas na estação estudada no DF.

Comparando-se os dados de área queimada diariamente por incêndios florestais atendidos pelo CBMDF e os índices de risco, obteve-se os seguintes coeficientes de correlação  $r$ : -0,39 (Angstron), 0,28 (Nesterov) e 0,33 (FMA), indicando correlações muito fracas entre os três índices de risco e a área queimada por incêndios florestais no DF, uma vez que o coeficiente foi menor que 0,4 (SHIMAKURA, 2006). No entanto, quando se compara o número de ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF e os índices de risco, os coeficientes de correlação foram de: -0,73 (Angstron), 0,76 (Nesterov) e 0,78 (FMA). Esses valores indicam uma correlação forte entre os índices de risco e o número de ocorrências de incêndios florestais, uma vez que foram maiores (em módulo) que 0,7 (SHIMAKURA, 2006). Cabe ressaltar que o índice de Angstron, cujo resultado da correlação supracitada foi negativo, justifica-se pelo fato de que quanto menor o seu valor, maior a probabilidade de ocorrência de incêndios florestais.

SOARES e PAEZ (1973) relatam que a Fórmula de Monte Alegre FMA (índice proposto no Paraná), quando comparado com índices confeccionados em outros países, apresentou superioridade estatisticamente significativa, e os valores de correlação acima descritos corroboram com essa afirmação. No entanto, ainda que o coeficiente de correlação atribuído ao índice FMA tenha mostrado melhores resultados do que os demais índices, é importante destacar que órgãos e entidades continuam usando o índice de Nesterov como forma de previsão de incêndios, como por exemplo a Secretaria de Estado do Meio

Ambiente do DF – SEMA/DF, que utiliza como parâmetro em seu Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PPCIF) o índice russo como critério para mudança de fases do plano (LAGARES, 2006).

No mês de abril ocorreram dois incêndios florestais, porém nenhum dos dois incêndios pode ser considerado de vulto: No dia 12 de abril, um incêndio florestal queimou 13,02 ha (hectares) e no dia 28 de abril, 2,05 ha (Figura 1a).

Neste mês, o índice FMA variou de 1,13 até 9,97, o de Angstron de 2,93 até 5,55, enquanto o índice de Nesterov variou de 0 até 3734,3. Todos os três índices apresentaram tendência de estarem aumentando nos dias antes da ocorrência do incêndio do dia 12, sendo o índice de Angstron o que se manteve com menos oscilações ao longo do mês, conforme mostra a Figura 1c.

No mês de maio, no qual ocorre a primeira fase da OPVV (capacitação, preparação e prevenção), também não ocorreram incêndios florestais de vulto atendidos pelo CBMDF. Além disso, mais da metade dos dias deste mês (20 dias) não apresentaram ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF. As datas em que os incêndios florestais resultaram em maior área queimada foram os dias 18 de maio (3,66 ha) e 27 de maio (7,30 ha). Todos os outros incêndios florestais que ocorreram nesse mês resultaram em áreas queimadas menores que 2 ha (Figura 2a).

Sendo assim, considera-se uma decisão assertiva dos gestores não designarem aumento significativo de recursos humanos a disposição da OPVV, tendo em vista a característica ainda incipiente das ocorrências de incêndios florestais no mês de maio, que podem ser combatidos com o efetivo previsto nas unidades operacionais onde o socorro florestal é alocado nessa primeira fase da operação (GPRAM, 7º GBM - Brazlândia, 9º GBM - Planaltina, 12º GBM - Samambaia e Posto Avançado do GPRAM em Santa Maria).

Em maio de 2021, o índice FMA variou de 1,11 até 21,49, enquanto o de Angstron variou de 2,34 até 5,26 e o de Nesterov de 162,6 até 6916. Os gráficos (Figuras 2b e 2d) mostram que tanto o índice FMA quanto o Nesterov apresentaram comportamento semelhante, com poucos picos e crescimentos tendendo a aumentar linearmente, de acordo com os dias sem chuvas. Nos dias

anteriores aos dois incêndios que ocorreram no dia 27 de maio, percebe-se que os índices FMA e Nesterov estavam aumentando seus valores. O índice de Angstron apresentou um vale em seu gráfico no mesmo dia da ocorrência desses dois incêndios florestais (Figura 2c), o que também reforça a correlação do índice com o número de ocorrências, uma vez que quanto menor o valor de Angstron, mais provável a ocorrência de incêndio florestal no dia.

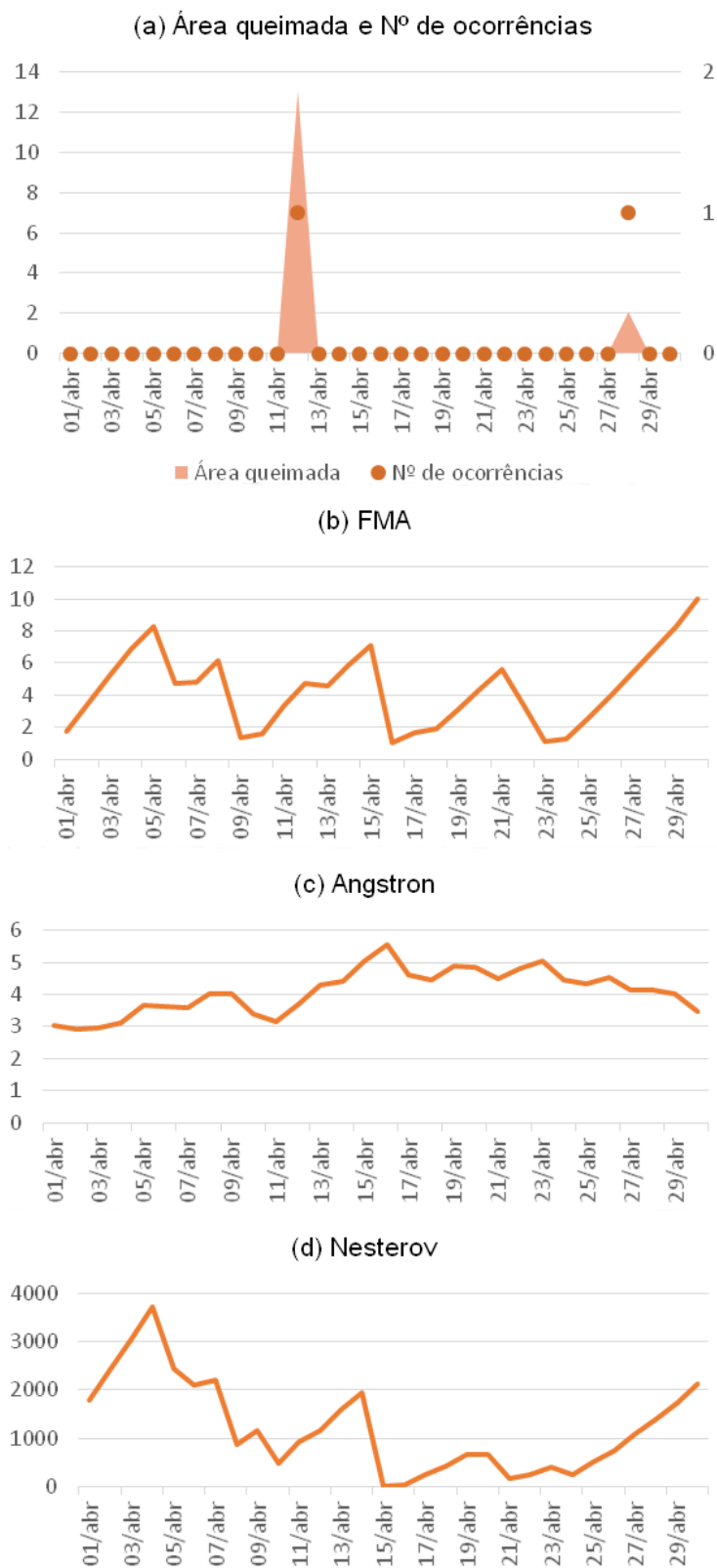
Apesar de certa semelhança entre o comportamento dos índices FMA e Nesterov no mês de maio (Figuras 2b e 2d), este tem precisão relativamente menor do que aquele, tendo em vista que em metade dos dias desse mês os valores do índice Nesterov eram maiores que 4000, o que, de acordo com sua escala, indica o maior grau de perigo de incêndios florestais (Perigosíssimo), enquanto que o índice FMA somente se estabiliza em seu maior grau de perigo (valores maiores que 20) no mês seguinte. As médias, medianas e desvios padrões para os índices são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1. Médias, medianas e desvios padrões dos índices de risco de incêndios para os meses de abril e maio de 2020**

Índice	Abril			Maio		
	Média	Mediana	Desvio Padrão	Média	Mediana	Desvio Padrão
FMA	4,34	4,45	2,35	13,34	13,61	5,67
Angstron	4,09	4,13	0,67	4,08	4,08	0,72
Nesterov	1218,5	1002,6	947,64	3497,6	3781,9	1939,6

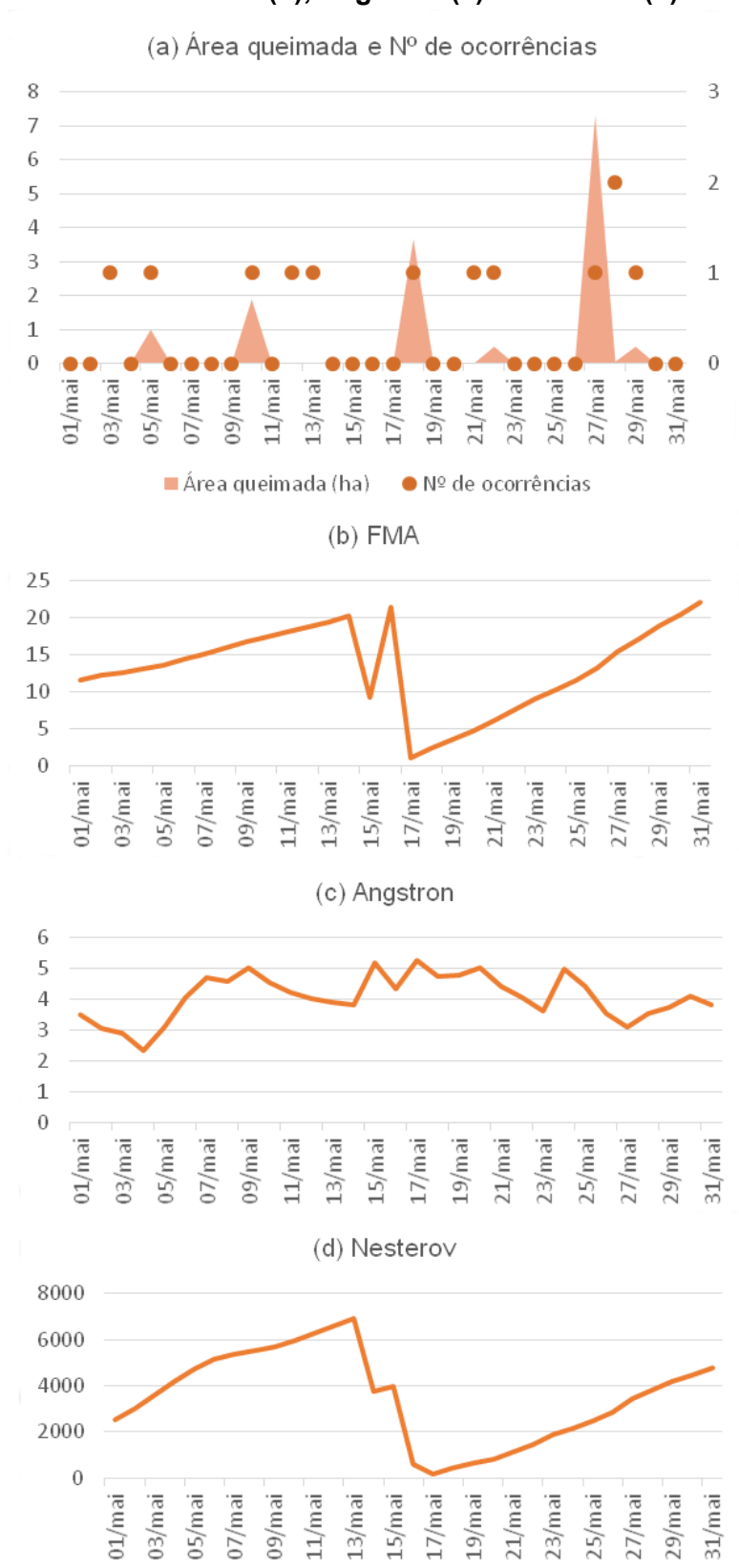
Fonte: O autor.

**Figura 1 - Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Abril de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



Fonte: O autor.

**Figura 2 - Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Maio de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



Fonte: O autor.

Em junho tem início a segunda fase da OPVV, denominada Combate Inicial. No Plano de Operação da OPVV 2020, essa fase tem como características o combate aos primeiros focos de incêndios com o início do período de estiagem no DF. Entretanto, pode se dizer que o período de estiagem teve início ainda em maio, tendo em vista que a última chuva considerável registrada na estação meteorológica estudada foi no dia 25 de maio (0,2 mm de pluviosidade).

Nos gráficos mostrados na Figura 3a, é possível notar uma mudança considerável com relação ao número de ocorrências e área queimada no DF por incêndios florestais, quando comparado com os meses anteriores. Em junho os incêndios passaram a ocorrer praticamente todos os dias desse mês, com exceção de 3 dias. Em alguns dias, foi possível constatar a ocorrência de vários incêndios florestais, como no dia 23 de junho, em que foram registradas 50 ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF. Esses dados corroboram com os obtidos por Coelho *et al.* (2011), em que foi mostrado também um aumento considerável no número de ocorrências de incêndios florestais no DF a partir de junho.

Apesar da grande quantidade de ocorrências, o dia 23 de junho não foi o dia com a maior quantidade de área queimada no período analisado. No dia anterior 39 incêndios florestais resultaram em 26,55 ha de área queimada.

O índice FMA variou de 23,83 até 72,48. O índice de Nesterov variou de 5245,2 até 16727 e o de Angstron variou de 2,4 até 5,68, com várias oscilações, quando comparado com os demais índices (Figura 3c). As médias, medianas e desvios padrões para os índices são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2. Médias, medianas e desvios padrões dos índices de risco de incêndios para os meses de junho de 2020**

Índice	Média	Mediana	Desvio Padrão
FMA	48	48	14,451
Angstron	4	4	0,69
Nesterov	11037	11219	3359,5

Fonte: O autor.

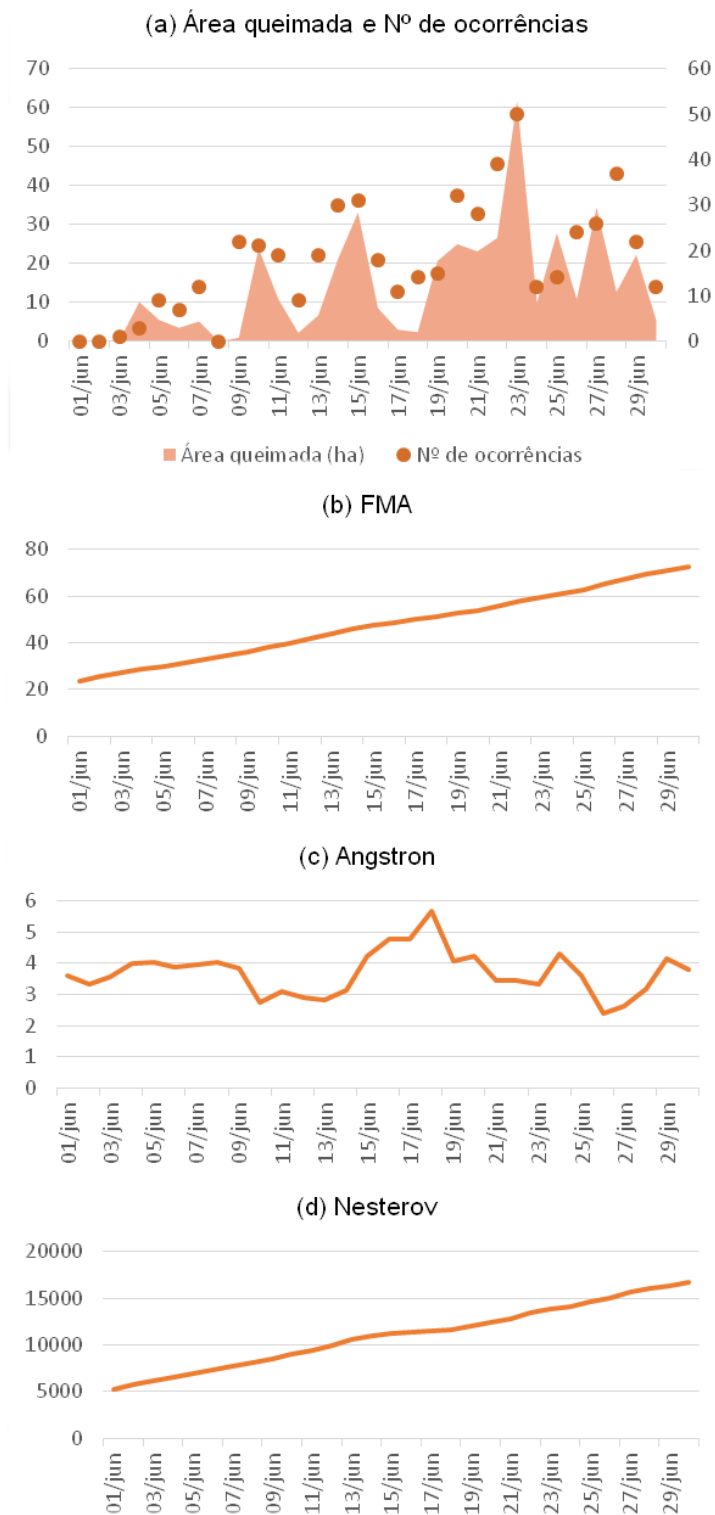
Em junho, todos os valores calculados para FMA foram superiores a 20, o que, de acordo com a escala proposta por Soares e Paez (1973), indica o maior grau de perigo (Muito Alto) de ocorrência de incêndios florestais.

No dia 09 de junho ocorreu um aumento considerável na quantidade de ocorrências de incêndios florestais quando comparado com os dias anteriores. Além disso, a partir dessa data, passam a ocorrer incêndios florestais em todos os dias do mês, situação que se prolonga até setembro. De acordo com os dados obtidos, nesse dia o CBMDF atendeu 22 ocorrências. Considerando-se essas informações, é possível inferir que a referida data marca uma transição entre a primeira fase (capacitação, preparação e prevenção) e a segunda fase (combate inicial) da OPVV.

Na data supracitada, o índice FMA teve o valor de 35,95 (Figura 3b). Como é mostrado na Tabela 2, as estatísticas demonstraram que a média de FMA nessa fase foi de 48, e que a maioria dos valores flutuaram entre 33,55 e 62,45 (Média  $\pm$  Desvio Padrão). Portanto, é possível inferir que quando o índice FMA atinge algum valor dentro desse intervalo, há indicativo de que gestores podem acionar a 2ª fase da OPVV, indicando que o índice FMA tem aplicabilidade como ferramenta de auxílio na tomada de decisão quanto à transição entre a primeira e segunda fase da operação.

O índice de Angstron teve ao longo do mês valores superiores a 3,0 (Figura 3c), o que, de acordo com sua escala, representa baixa probabilidade de ocorrência de incêndios florestais, indicando que para esse período do ano o índice não se adequa para a previsão de ocorrência de incêndios florestais no DF.

**Figura 3. Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Junho de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



Fonte: O autor.



No mês de julho teve início a terceira fase da OPVV, abrangendo também o mês de agosto. Denominada Combate Intermediário, tem como características a elevação do número de ocorrências juntamente com a intensificação do período de estiagem (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2020). De fato, em julho os dados obtidos não registraram chuva na região do DF.

As estatísticas apontaram que os valores médios de FMA associados à esta fase variaram entre 86,57 (Média de julho com subtração do Desvio Padrão de julho) e 184,03 (Média de agosto + Desvio Padrão de agosto) (Tabela 3). Assim, inferiu-se que quando FMA atinge algum valor dentro desse intervalo, há indicativo que gestores podem acionar a 3ª fase da OPVV. Justifica-se a utilização do FMA devido aos melhores coeficientes de correlação deste quando comparado com os outros índices, conforme mostrado anteriormente. Apesar de o Índice de Nesterov apresentar comportamento similar, os valores deste variaram numa escala maior. Sampaio (1999) afirma que FMA pode ser usado em praticamente todo o país, fazendo-se as devidas adaptações na escala de perigo quando e onde elas forem necessárias, o que é o caso do presente estudo, o qual a escala está sendo adaptada de acordo com o contexto da OPVV.

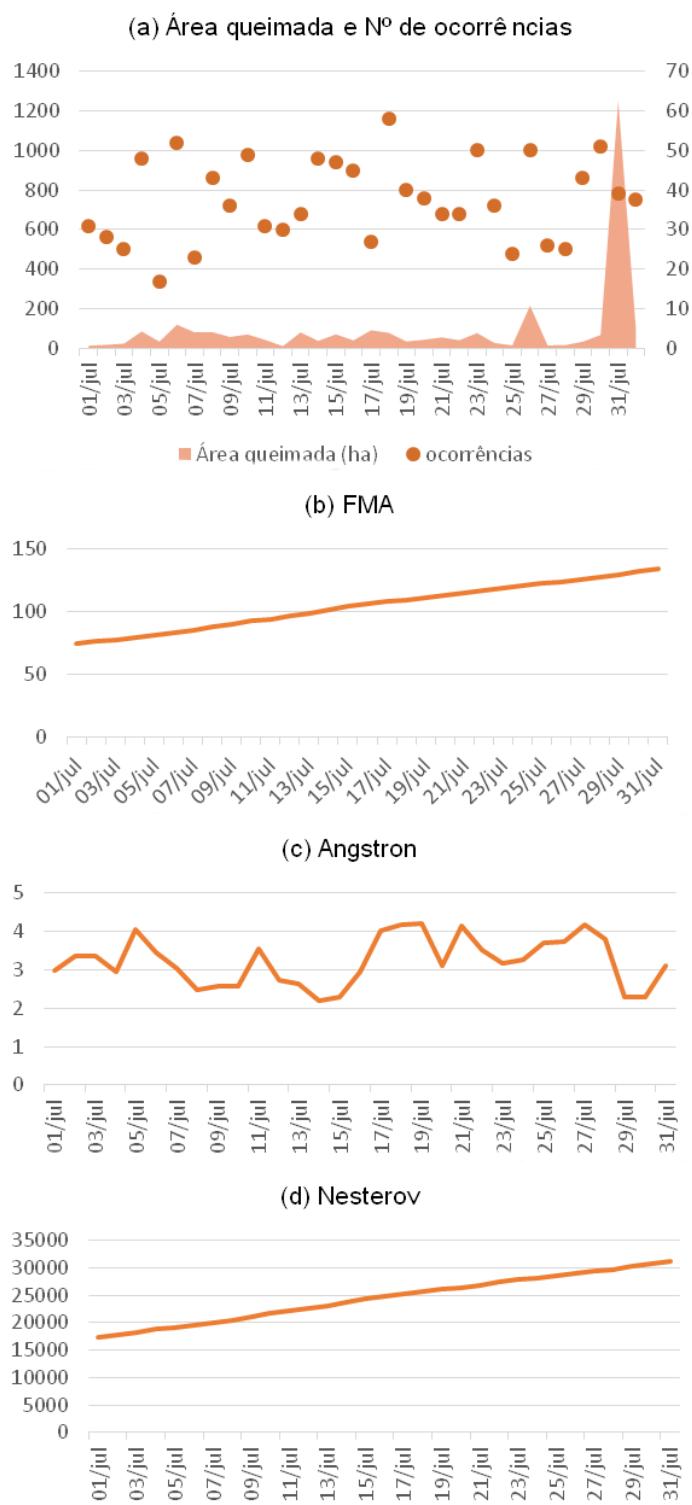
**Tabela 3 - Médias, medianas e desvios padrões dos índices de risco de incêndios para os meses de julho e agosto de 2020.**

Índice	Julho			Agosto		
	Média	Mediana	Desvio Padrão	Média	Mediana	Desvio Padrão
FMA	104,59	106,73	18,02	165,11	164,67	18,92
Angstron	3,21	3,18	0,61	3,18	2,93	0,97
Nesterov	24421	24863	4166,5	36120,2	35514,3	5335,94

Fonte: O autor.

Os gráficos mostram que, além da ocorrência de vários incêndios florestais diariamente no DF, passaram a ocorrer também incêndios de vulto, como no dia 26 de julho, em que 50 incêndios florestais queimaram 215,81 ha de vegetação, e o dia 31 de julho, em que 39 incêndios florestais queimaram 1248,62 ha de vegetação no DF (Figura 4a).

**Figura 4. Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Julho de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



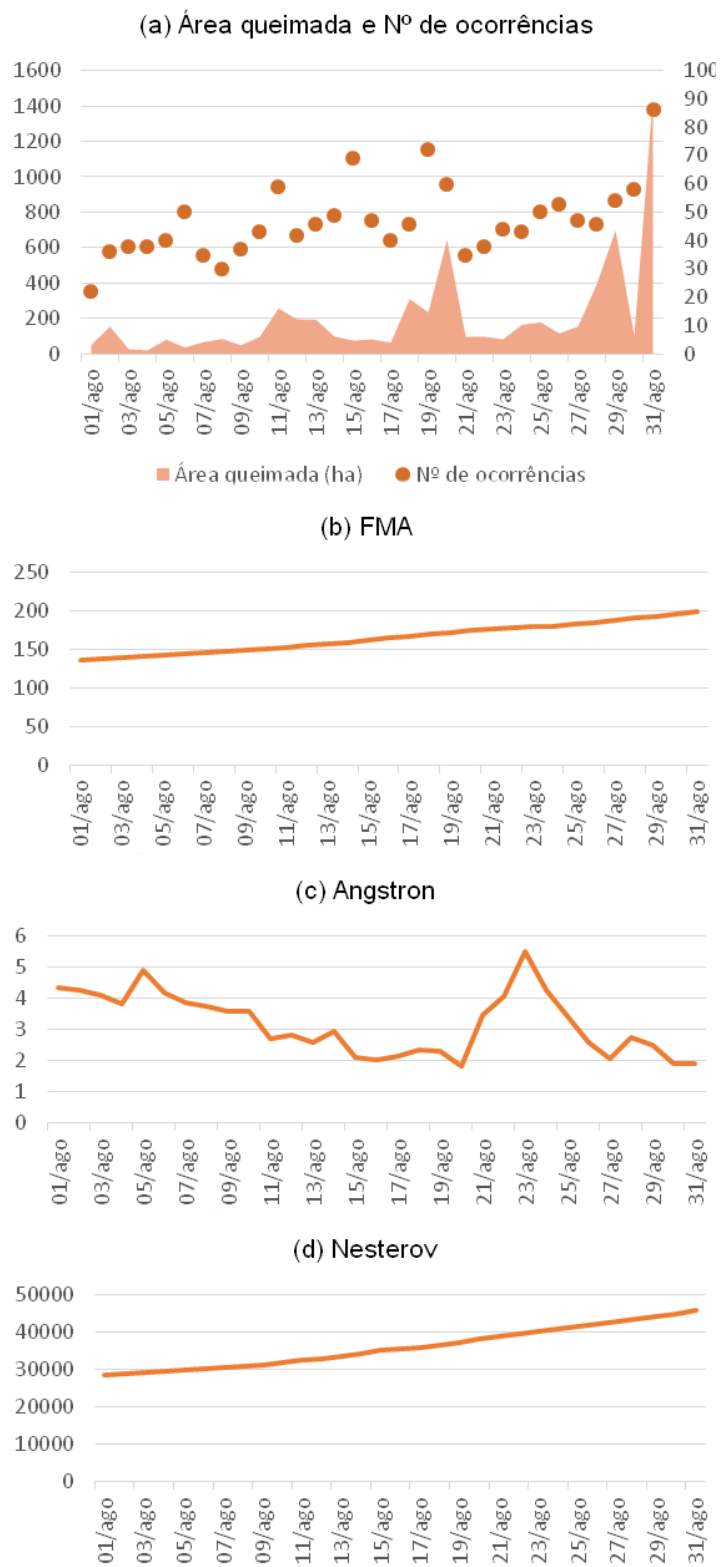
Fonte: O autor.

Em agosto também ocorreram incêndios de vulto, como no dia 20, em que 60 incêndios florestais queimaram 643,60 ha de vegetação, 29 de agosto, em que 54 incêndios florestais queimaram 697,25 ha, e 31 de agosto, em que 86 incêndios florestais queimaram 1458,78 ha de vegetação no DF (Figura 5a).

A média da quantidade de ocorrências de incêndios florestais no mês de agosto (46,9 ocorrências) aumentou cerca de 25% quando comparada com o mês de julho (37,5 ocorrências). No entanto, esse aumento foi relativamente pequeno quando se compara com os aumentos dos meses anteriores. Percebe-se também que no mês de agosto as ocorrências no geral acarretaram em áreas queimadas consideravelmente maiores (Figura 5a). Isso pode ser reflexo de condições ambientais críticas que acentuam a propagação dos incêndios florestais, como maiores temperaturas do ar, menores umidades relativas do ar e maiores velocidades do vento (NUNES, SOARES, BATISTA, 2007; FERNANDES, 2019).

Com relação aos índices de risco de incêndios florestais, em julho, o FMA continuou aumentando de forma relativamente linear, de 74,4 até 134,67 (Figura 4b), assim como o Nesterov, de 17289 até 31243,1 (Figura 4d). O índice de Angstron variou de 2,2 até 4,21, também com oscilações ao longo do mês (Figura 4c). No mês de agosto os índices FMA e Nesterov apresentaram comportamento similar a julho, com crescimentos lineares (Figuras 5b e 5d).

**Figura 5. Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Agosto de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



Fonte: O autor.

Em setembro passou a vigorar a quarta fase da OPVV, denominada Combate Avançado, abrangendo também parte do mês de outubro, conforme o fim da estiagem. Caracteriza-se como fase crítica da operação, que coincide com o auge do período de seca no DF, com aumento significativo de acionamentos (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2020).

No dia 6 de setembro, 74 incêndios florestais resultaram em 2032,6 ha de área queimada no DF. No dia 11 de setembro, ocorreu o pico do número de ocorrências, com 102 incêndios florestais atendidos pelo CBMDF, que resultaram em 599,09 ha de área queimada (Figura 6a). Nesse mês, ocorreram duas chuvas, uma no dia 22 e outra no dia 23. Porém, como é mostrado também na Figura 6a, no dia 28 desse mesmo mês, a quantidade de ocorrências de incêndios florestais continua relativamente alta, com 72 ocorrências atendidas pelo CBMDF nesse dia.

No dia 2 de outubro ocorreu o dia com maior área queimada por incêndios florestais no DF no ano de 2020: 48 incêndios florestais resultaram em 2925,56 ha de área queimada. A partir do dia 19, houve uma redução significativa do número de ocorrências, devido ao retorno das chuvas no DF (Figura 6a).

Em setembro, o índice de FMA variou de 10,29 (valor relativamente baixo devido à chuva que ocorreu no dia) até 483,68, enquanto que Nesterov variou de 3207,6 até 62356 e Angstron de 0 até 1,63. Em outubro, FMA variou de 0 até 153,26, Angstron de 0,19 até 5,55 e Nesterov de 0 até 13021. As médias, medianas e desvios padrões para os índices são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4. Médias, medianas e desvios padrões dos índices de risco de incêndios para os meses de setembro e outubro de 2020.**

Índice	Setembro			Outubro		
	Média	Mediana	Desvio Padrão	Média	Mediana	Desvio Padrão
FMA	253,5	271,87	156,86	77,54	108,43	65,05
Angstron	0,62	0,57	0,43	2,95	3,07	1,60
Nesterov	39309	51710	24316	6174,5	6882,2	4930,3

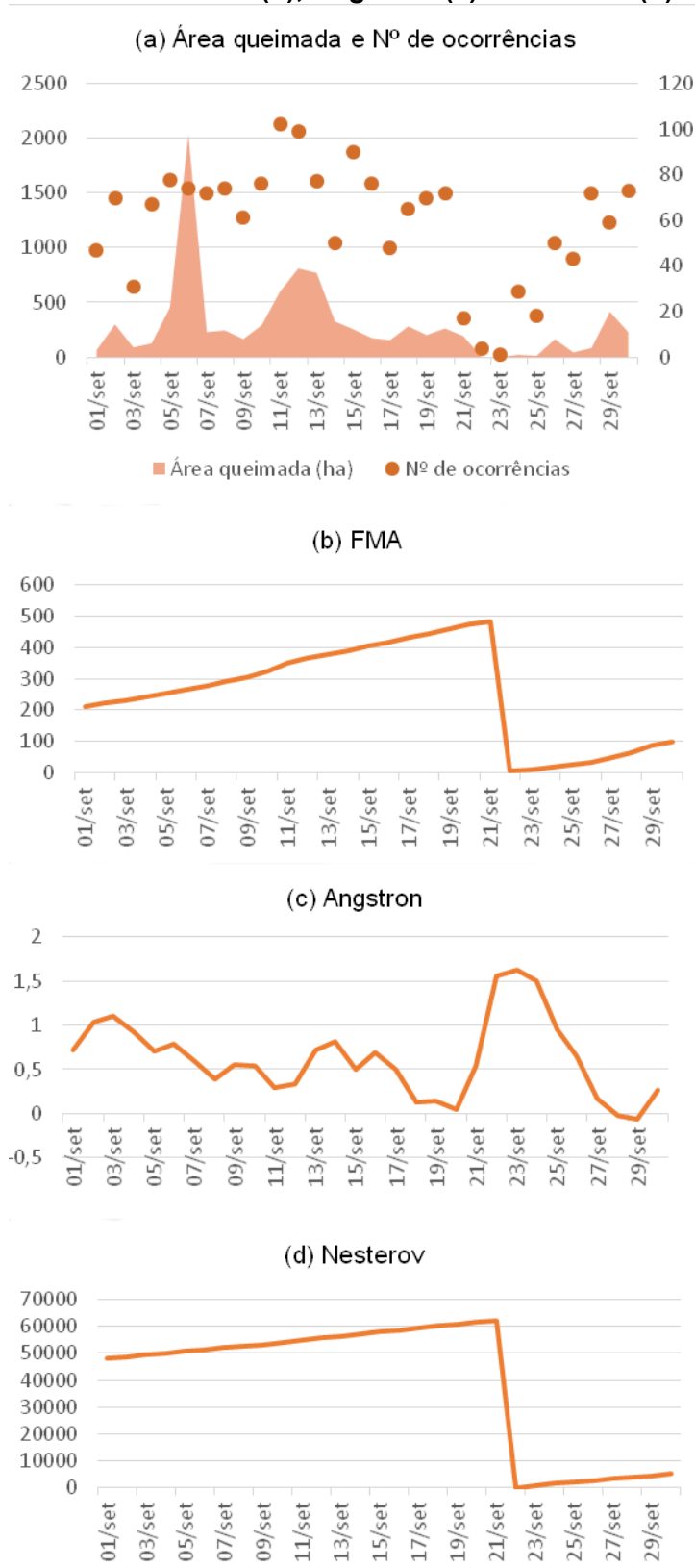
Fonte: O autor.

As Figuras 6a e 7a mostram que os valores de FMA associados à esta fase se iniciam em 211 (início de setembro), sofrem um decréscimo considerável no dia 22 de setembro, porém não se justifica que se interrompa a 4ª fase da OPVV, tendo em vista que posteriormente aos dias em que ocorreram chuvas, rapidamente a quantidade de ocorrências voltou a ser alta.

Contrastando com o que ocorreu nas outras fases da operação, percebe-se que o índice de Angstron refletiu relativamente bem a situação da quarta fase da OPVV: Conforme se observa nas figuras 6c e 7c, quando os seus valores estiveram abaixo de 1,0 (equivalente a maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais na escala do índice de Angstron), em geral foram os dias críticos do meses de setembro e outubro, podendo se inferir que o uso desse índice se adequa somente para o acionamento da quarta fase da operação.

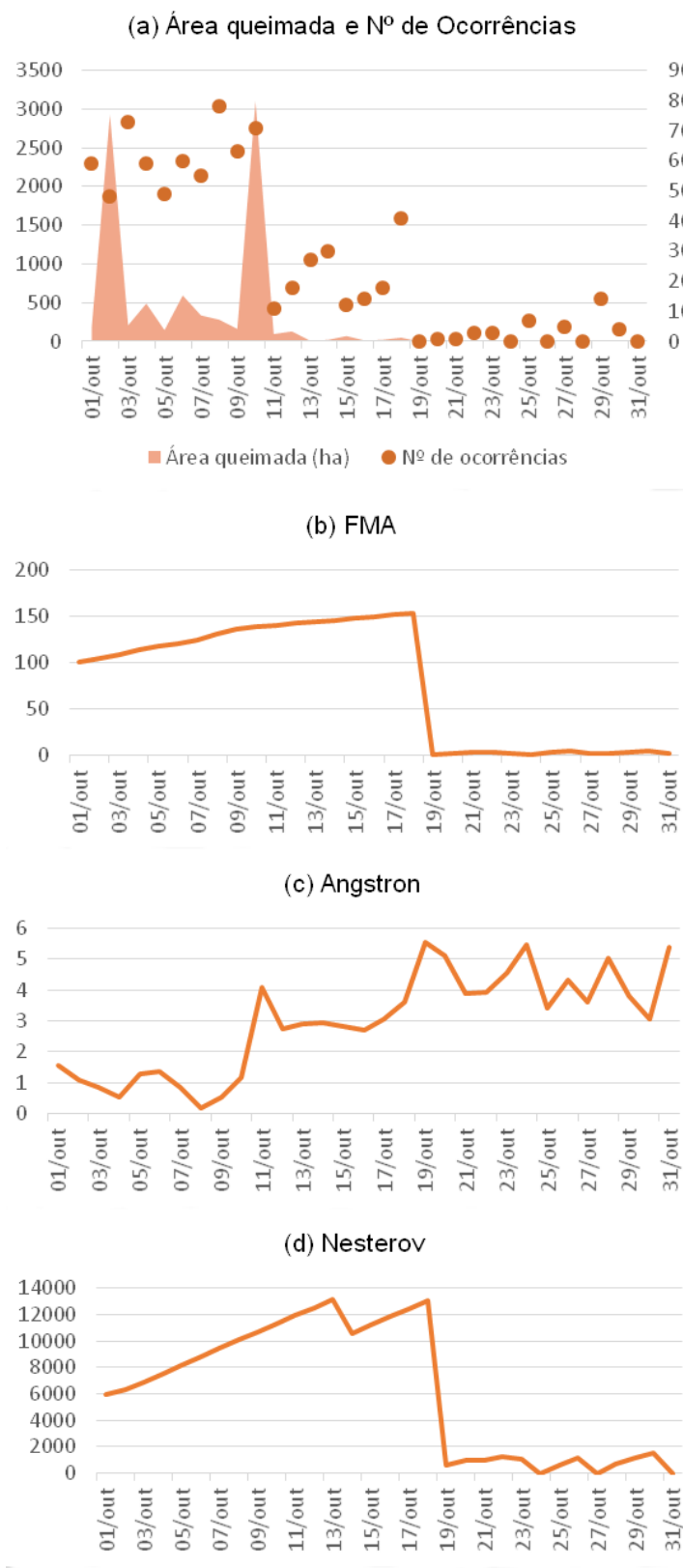
Por fim, conforme ilustra a figura 7a, sugere-se que a OPVV somente transite para a 5ª fase (Combate Reduzido) quando se confirme o fim da estiagem, com seguidos dias de precipitações no DF.

**Figura 6. Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Setembro de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



Fonte: O autor.

**Figura 7. Número de ocorrências e área queimada nas ocorrências de incêndios florestais atendidas pelo CBMDF no mês de Outubro de 2020 (a), e estimativas dos índices FMA (b), Angstron (c) e Nesterov (d).**



Fonte: O autor.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que existe correlação significativa entre os índices de risco de incêndios florestais e o número de ocorrências atendidas pelo CBMDF, confirmando o potencial do uso dessas ferramentas como auxiliares no planejamento da Operação Verde Vivo.

Observou-se que o acionamento das fases da OPVV correspondem ao aumento do número de ocorrências por incêndios florestais no DF, e que o uso da Fórmula de Monte Alegre (FMA) se mostrou como o melhor indicador para o acionamento das fases 2 e 3.

A fase 4 pode ser acionada usando como critério o índice de Angstron, complementando o uso do FMA no caso dos meses em que ocorrem precipitações esporádicas.

O uso desses dois índices demonstrou potencial em ser incorporado no planejamento de futuras Operações Verde Vivo, podendo auxiliar na melhor alocação de recursos ao longo da maior operação, em termos de recursos e de tempo, do Corpo de Bombeiros Militar do DF.

Os índices de risco podem fundamentar solicitações da Seção de Operações do GPRAM, responsável por coordenar os recursos da OPVV, quanto a necessidade de avançar as fases e conseqüentemente o emprego ou não de recursos adicionais, sendo que o produto do presente trabalho se destina ao uso pelos militares empenhados nessa função de coordenação/gestão.

Por fim, recomenda-se que análises estatísticas dos índices de risco de incêndios florestais aplicados a OPVV continuem sendo realizados, fornecendo subsídios cada vez mais consistentes de seu emprego no auxílio da coordenação e gestão de recursos da operação.

## REFERÊNCIAS

BEERLING, D. J.; OSBORNE, C. P. The origin of the savanna biome. **Global Change Biology**, v. 12, n. 11, p. 2023-2031, 2006.

BRASIL. **Lei Nº 8.255, de 20 de novembro de 2011**. Dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e dá outras providências.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J. K.; ARTAXO, P *et al.* Fire in the Earth System. **Science**. V. 80, p. 481-484. 2009.

BUGALHO, L; PESSANHA, L. Análise dos incêndios florestais em Portugal e avaliação do ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais). **Territorium**. V. 16. 2009. Disponível em: <https://doaj.org/article/9d44cc708945410b9e7256f78bea1cc9>. Acesso em: 20 set. 2020.

COELHO, J. H.; STEINKE, V. A.; STEINKE, E. Distribuição de incêndios florestais no Distrito Federal em função das características do clima e da densidade populacional no período entre 2002 e 2006. **Espaço & Geografia**, v. 14, n. 1, p. 305-329. 2011.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Operação Verde-Vivo – 2020. **Boletim Geral 115, 22 de junho de 2020**.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual de perícia em incêndios e explosões: conhecimentos específicos**. Diretoria de Investigação de Incêndio – CBMDF, Brasília, Distrito Federal, 2019. 240 p.

COUTINHO, L. M. **O Bioma do cerrado**. In: KLEIN, A. L. (Org.) *Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois*. São Paulo: Editora UNESP, 2002. P. 77-91.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Nº 6.364, de 26 de Agosto de 2019**. Dispõe sobre a utilização e a proteção da vegetação nativa do bioma Cerrado no DF e dá outras providências.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto Nº 37.549, de 15 de Agosto de 2016**. Institui o Sistema Distrital de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais para execução do Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do Distrito Federal e dá outras providências.

FERNANDES, L. C. **Modelagem de risco de incêndios florestais utilizando redes neurais artificiais aplicada às regiões metropolitanas**. 2019. 163f. Dissertação (mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais), Instituto de Geociências – UFMG, Belo Horizonte, MG. 2019.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 153-161. 2006.

GAMARRA, R. M.; FERREIRA, T. S.; ROCHE, K. F.; MATOS FILHO, H. J. S.; CATALANI, T. G. T.; PAGOTTO, T. C. S.; PARANHOS FILHO, A. C. Analysis of land cover changes of a Cerrado (Tropical Savanna) área in the Centre-West of Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 1, p. 76-90, 2016.

GUIMARÃES, P. P.; SOUZA, S. M; FIEDLER, N. C.; SILVA, A. G. Análise dos impactos ambientais de um Incêndio Florestal. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 1, p. 39, 2014.

Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2014a/analise%20dos%20impactos.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

HARDESTY, J. R.; MYERS, R., FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, v.22, n. 4, p.78-97, 2005.

HOFFMAN, W. A.; JACONIS, S. Y.; MCKINLEY, K. L.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; FRANCO, A. C. Fuels or microclimate? Understanding the drivers of fire feedbacks at savanna-forest boundaries. **Austral Ecology**, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa – BDMEP**. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 10 Fev. 2021.

LAGARES, R. O. **Análise da efetividade e eficácia do plano de prevenção e combate a incêndios florestais no Distrito Federal. 181p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável), Centro de Desenvolvimento Sustentável – UnB. 2006.**

MARTINS, M. E. G.; RODRIGUES, J. F. Coeficiente de correlação amostral. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, p. 34-36, 2014.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, F. P.; SOUSA, F. L. L. **Metodologia da pesquisa científica: teoria e prática: como elaborar TCC**. Brasília: Thesaurus Editora, 2015, 384p.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Ajuste da fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA+ para o estado do Paraná. **Floresta**, v.37, n.1, p.1-14, 2007.

PIVELLO, V. R. Os cerrados e o fogo. **ComCiência**, n. 105, p. 0-0. 2009.

PIVELLO, V. R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire Ecol.**, v. 7, p. 24-39. 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.) Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 89-166. 1998.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices, na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos – SP**. 1999. 177f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias – UFPR, Paraná, PR. 1999.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; CALIL, F. N. **Caderno Didático CFL 506 Proteção Florestal**. UFSM, Departamento de Ciências Florestais, 2005.

SCHUMACHER, M. V.; DICK, G. **Incêndios Florestais**, 3. Ed. Santa Maria – UFSM, CCR, Departamento de Ciências Florestais, 2018. 153 p.

SHIMAKURA, S. E. Interpretação do coeficiente de correlação. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Acesso em: 23 jun. 2021

SILVA, L. G. Comportamento e efeito do fogo sobre os ecossistemas do bioma Cerrado: Modelos baseados em processos. 2018. 123f. Tese (Doutorado em Ecologia), Instituto de Ciências Biológicas – UnB, Brasília, DF. 2018.

SILVA, A. M.; ASSAD, E. D.; STEINKE, E. T.; MULLER, A. G. **Clima do Bioma Cerrado**. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. Agricultura Tropical – Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 93-149, 2008.

SILVÉRIO, D. V.; BRANDO, P. M.; BALCH, J. K.; PUTZ, F. E.; NEPSTAD, D. C.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; CALIL, F. N. **Caderno didático: CFL 506 – Proteção Florestal**. Universidade Federal de Santa Maria – Departamento de Ciências Florestais. 95p. 2005.

SOARES, R. V.; PAEZ, G. Uma nova fórmula para determinar o grau de perigo de incêndios florestais na região Centro-Paranaense. **Revista Floresta**, v. 3, n. 4, p. 15-25, 1973.

TEDESCHI, M. L. S. **Incêndio florestal: índice de inflamabilidade como ferramenta técnica de monitoramento, análise e priorização de áreas no Distrito Federal**. Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. 2013.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; SOUZA LIMA, G. Relações entre incêndios em vegetação e elementos meteorológicos na cidade de Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.4, p. 379-389. 2009.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da eficiência dos índices de perigo de ocorrência de incêndios florestais para o Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. In: SANTOS, A. C.; FILHO, J. D.; SOARES, M. J. N.; RANDOW, P. C. B. D. (Orgs.) **Pensar a (In) Sustentabilidade: Desafios a pesquisa**. 2010, p. 197-209.

## Apêndice

### Produto Final

#### Planilha de cálculo dos índices FMA e Angstron diários

Essa planilha tem por finalidade calcular, com base em três variáveis meteorológicas – Temperatura do ar (em °C), Umidade Relativa do Ar (em %) e Pluviosidade total diária (em mm), o índice de risco FMA e Angstron.

Por se tratar de uma planilha digital online (*Google sheets*), ela pode ser aberta tanto em plataforma *Windows* quanto em plataforma *Linux*, bastando ter acesso a internet e ao link: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LAU3Fet-IP99uY1D0\\_u6SNnMlhPjuO5HD-XgRXYMfi8/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LAU3Fet-IP99uY1D0_u6SNnMlhPjuO5HD-XgRXYMfi8/edit?usp=sharing).

A planilha se destina aos gestores e coordenadores da Operação Verde Vivo, como os militares da Seção de Operações (SEOPE) do GPRAM, uma vez que fornece subsídios para a transição entre as fases da Operação, conforme descrito no artigo científico.

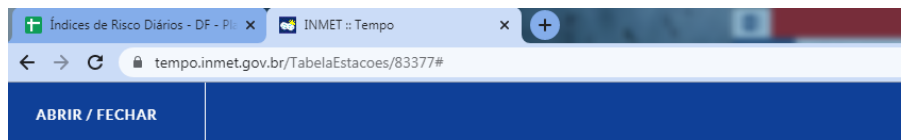
O gerenciamento da planilha, a princípio, caberá aos militares à disposição da OPVV que estejam de serviço na SEOPE. Para gerenciar a planilha, o militar de serviço, às 13h00, deve coletar no sítio do INMET (<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/83377#>) as informações relativas a Temperatura, Umidade Relativa do Ar e Pluviosidade e preencher as células dessas variáveis climáticas referentes a respectiva data.

A partir do preenchimento dos dados acima mencionados, a planilha retorna automaticamente os valores dos índices de risco FMA e Angstron, prevendo o risco de incêndio florestal. Portanto, com essas informações, os gestores terão subsídios para inferir se é apropriado ou não a mudança de fase da Operação.

O acesso à edição da planilha é possível de ser configurado para que somente contas de e-mail do Google autorizadas previamente pelo proprietário da planilha tenham acesso.

## Tutorial de uso da planilha

1. Acessar o sítio <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/83377#>
2. Anotar os dados de Temperatura, Umidade e Chuva;



Estação: **BRASILIA (83377)**  
[Download CSV](#)

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento	Nebulosidade	Insolação
	UTC	(°C)	(%)	(hPa)	Vel. (m/s) Dir. (°)	(Décimos)	(h)
27/07/2021	0000	19,6	45,0	889,1	1,0 9,0	0,0	
27/07/2021	1200	19,8	38,0	890,2	3,1 5,0	0,0	
27/07/2021	1800						

3. Transcrever os dados na planilha digital *on-line*, conforme a imagem a seguir:

	A	B	C	D
1	<b>Data</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Umidade Relativa do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>
112	20/07	19,4	40	0
113	21/07	19,2	39	0
114	22/07	21,3	39	0
115	23/07	19,7	39	0
116	24/07	19,9	39	0
117	25/07	20,1	39	0
118	26/07	19,2	39	0
119	27/07	19,8	38	0
120				

4. A planilha irá calcular automaticamente os índices de risco de incêndios florestais (Angstron e FMA), conforme mostra a imagem:

	B	C	D	E	F
1	<b>Temperatura</b>	<b>Umidade Relativa do Ar</b>	<b>Pluviosidade</b>	<b>Índice de Angstron (NÃO ALTERAR)</b>	<b>FMA (NÃO ALTERAR)</b>
112	19,4	40	0	2,76	113,8768076
113	19,2	39	0	2,73	116,4409102
114	21,3	39	0	2,52	119,0050128
115	19,7	39	0	2,68	121,5691153
116	19,9	39	0	2,66	124,1332179
117	20,1	39	0	2,64	126,6973205
118	19,2	39	0	2,73	129,261423
119	19,8	38	0	2,62	131,893002

## 5. Critérios que podem auxiliar na transição entre as fases da OPVV:

Transição	FMA	Angstron
Fase I > Fase II	Maior que 35,95	Não se aplica
Fase II > Fase III	Entre 86,57 e 184,03	Não se aplica
Fase III > Fase IV	Não se aplica	Menor que 1,0

Observação: Para transitar para a fase V, recomenda-se que utilize como referência o fim do período de estiagem e o início das chuvas.