



## Artigo Original

# AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM MINAS GERAIS: PROJEÇÕES ATÉ 2040

## WILDFIRE RISK ASSESSMENT IN MINAS GERAIS: PROJECTIONS UNTIL 2040

Iâncor Diego Castro de Andrade Pereira<sup>1</sup>, Melina Amoni Silveira Alves<sup>2</sup>

DOI: 10.17648/revistavigiles-2595-4229-v4n1-11

<sup>1</sup> Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

### RESUMO

O presente trabalho objetiva traçar um panorama futuro dos incêndios florestais no estado de Minas Gerais, por meio da aplicação de fórmulas de Risco de Incêndio às tendências de mudança do clima e avaliar potenciais agravantes de incêndios, como as florestas de Eucalipto. O artigo trata-se de uma pesquisa quantitativa empírica com dados secundários, na qual foi utilizado o modelo de Risco de Incêndios de Batista et al. (2014) adaptado, que combina variáveis climáticas e fitotopográficas. Os resultados foram processados no Sistema de Informação Geográfica denominado ArcGis, pela técnica de álgebra de mapas, possibilitando a criação de mapas de risco com projeções para 2040. Após o processamento de dados, foi observado que as mesorregiões do Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce, Norte, Noroeste e região Central do Estado têm grande risco futuro de desenvolver macroincêndios florestais. Sobretudo, buscou-se apontar as áreas de maior interesse na prevenção de catástrofes ambientais, possibilitando maior atuação de prevenção do Estado.

**Palavras-chave:** Incêndio florestal; Mudança do clima; Minas Gerais; Bombeiro Militar; Risco de incêndio florestal.

### ABSTRACT

*This paper aims to draw a future outlook for wildfires in the State of Minas Gerais, through the application of Fire Risk formulas to climate change trends, and evaluate aggravating factors such as the influence of Eucalyptus forests. The article is an empirical quantitative research with secondary data, using the adapted Fire Risk model of Batista et al. (2014), which combines climatic and phyto-topographic variables. The results were processed in the ArcGis geographic information system by the map algebra technique, allowing the creation of risk maps with projections until 2040. After data processing, it has been demonstrated that the regions of the Jequitinhonha Valley, Rio Doce Valley, the north, northwest and central regions of the state are at a high future risk of developing major wildfires. The main objective was to point out the areas of greatest interest in the prevention of environmental disasters, enabling a more suitable state prevention action.*

**Keywords:** Wildfire; Climate change; Minas Gerais, Firefighter; Wildfire risk.

---

Recebido em: 08/11/2019 - Aprovado em: 20/08/2021

E-mail: iancor.pereira@bombeiros.mg.gov.br.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, acreditou-se que para haver fogo eram necessários três elementos: comburente, combustível e calor, constituindo-se o triângulo do fogo. Estudos mais recentes mostram que existe uma reação química contínua entre combustível e o comburente, em que mais calor é liberado para a reação mantendo-a sustentável. Esse processo chama-se “Tetraedro do Fogo”, definido pela combinação do combustível com o oxigênio, na presença de uma fonte de calor, em uma reação química em cadeia, liberando energia em forma de luz e mais calor, além de outros produtos químicos (DISTRITO FEDERAL, 2013).

Entende-se como incêndio florestal toda destruição total ou parcial da vegetação, em áreas florestais, ocasionada pelo fogo, sem o controle do homem, tendo origens diversas (SÃO PAULO, 2006). Para Freire (2005), são necessários três fatores simultâneos para que os incêndios florestais ocorram: condições meteorológicas propícias, disponibilidade de combustível vegetal e presença de uma fonte de ignição. Os fatores apresentados variam em função do ambiente e, de acordo com as características desse, provocarão propagações distintas.

O vento influencia, principalmente, na velocidade de propagação de um incêndio, pois, empurra a chama à frente, resultando um pré-aquecimento do combustível. Ajuda, ainda, a secar a vegetação e a transportar fagulhas em suspensão que são produzidas pela coluna térmica. A temperatura e umidade relativa do ar também são fatores preponderantes, pois, agem diretamente sobre o combustível, deixando-o mais susceptível de entrar em ignição. A quantidade de umidade no combustível varia com o tipo e condições da vegetação, exposição solar, umidade relativa do ar, temperatura e localização geográfica (NFPA, 2011).

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), nas próximas décadas, todos os continentes passarão por significativas mudanças no clima, com alterações nas médias de temperatura e do regime de chuvas, o que muito provavelmente irá impactar na intensidade e na frequência dos incêndios florestais (IPCC, 2014).

Outro fator importante é a topografia e, de acordo com Trindade *et al.* (2008), se compararmos a velocidade de propagação do fogo no terreno plano e em aclives, em florestas de Eucalipto, teremos o dobro de velocidade de propagação em um aclive de 10°

e quatro vezes mais velocidade em um aclive de 20°. Por isso, incêndios em aclives são extremamente mais rápidos e perigosos do que aqueles que avançam em declives.

Segundo o Manual de Perícia de Incêndio e Explosão do Distrito Federal (2009), o combustível em incêndios florestais pode ser qualquer material orgânico, vivo ou morto, capaz de entrar em ignição e queimar e pode influenciar na propagação de maneiras diferentes, dependendo da quantidade, umidade, inflamabilidade, continuidade e compactação.

O Eucalipto é um tipo de vegetação que torna o combate aos incêndios florestais particularmente mais difícil. O Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais (CEIF) da Universidade de Coimbra, relata que além de apresentar uma copa muito alta, sua queima caracteriza-se por intensa dispersão de fagulhas incandescentes, o que propicia o início de novos focos isolados, distantes da linha de incêndio. Incêndios florestais que avançam em matas de Eucalipto caracterizam-se por um combate muito mais complexo e perigoso, devido a violenta queima e a possibilidade de dispersão além da linha do fogo (CEIF, 2017).

Um devastador exemplo foi o incêndio de Pedrógão Grande (PG), em Portugal, no ano de 2017, que vitimou 65 pessoas e feriu outras centenas. O CEIF descreveu no relatório sobre o referido incêndio, que houve testemunhos da visualização de ramos de Eucalipto de dimensão razoável, com diâmetro superior a 5 cm e comprimento superior a 40 cm, além de cascas, folhas e outros materiais incandescentes que voarem, por vezes a grande altura, espalhando o fogo. Neste sentido, é de se acreditar, conforme exposto pelo CEIF, que esta ocorrência foi resultante de materiais projetados a cerca de 10 km da linha de fogo, que é a distância do local de ignição à frente das chamas de Pedrógão (CEIF, 2017).

O CEIF reforça que o território atingido pelo incêndio florestal de PG possuía um potencial de risco de incêndio (RI) muito elevado, devido às condições climáticas, o relevo acidentado e à cobertura vegetal muito densa e mal gerida. No dia 17 de junho de 2017, a maioria das estações meteorológicas da região registrou temperaturas máximas superiores a 40°C e umidades relativas mínimas entre 15 e 20%, resultando em teores de umidade do combustível morto muito baixos, cerca de 4 a 6%. Parte dessa cobertura não tinha sido afetada por grandes incêndios nos últimos anos, dispondo, por isso, de uma carga combustível muito elevada (CEIF, 2017).

Portanto, pode-se perceber que incêndios florestais são ocorrências complexas e com vários fatores que os influenciam. Preveni-los e preparar bem as forças de combate

para agir estratégica e eficientemente é uma forma de reduzir os danos e potenciais fatalidades.

O presente trabalho pretendeu traçar um panorama futuro dos incêndios florestais no Estado de Minas Gerais, por meio da aplicação de fórmulas de RI às tendências de mudança do clima e avaliar possíveis agravantes como a influência das florestas de Eucalipto, com intuito de apontar as áreas de maior interesse e nortear futuras medidas de planejamento e prevenção dessas catástrofes ambientais.

## **2 MÉTODO**

### **2.1 Delineamento**

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa quantitativa empírica, com dados secundários em que pretendeu-se calcular o risco de incêndio no estado de Minas Gerais, em um cenário futuro, combinando variáveis de vegetação, topografia, altimetria e as influências das mudanças no clima, previstas até 2040. Possíveis fatores agravantes, como a distribuição das florestas de Eucalipto no Estado e sua tendência de crescimento, também foram avaliados.

### **2.2 Caracterização do objeto de pesquisa**

#### **2.2.1 As Florestas de Eucalipto em Minas Gerais**

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo define reflorestamento como vegetações plantadas, normalmente de forma homogênea quanto às espécies, cultivada em maciços para suprimentos industriais, comerciais e para consumo local, tais como: lenha (energia), madeira e outros usos. Normalmente, apresentam limites regulares e carregados definidos, figurando o Eucalipto e o Pinus como as principais espécies inseridas em território nacional (SÃO PAULO, 2006).

No Brasil, segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), que reúne produtores de celulose, papel, painéis e pisos de madeira e florestas no país, em 2016, o setor gerou US\$ 28,1 bilhões (cerca de R\$ 88 bilhões), com participação de 9,3% nas exportações da balança comercial brasileira. Além disso, a produção nacional de celulose totalizou 18,7 milhões de toneladas, crescimento de 8,1% em relação a 2015.

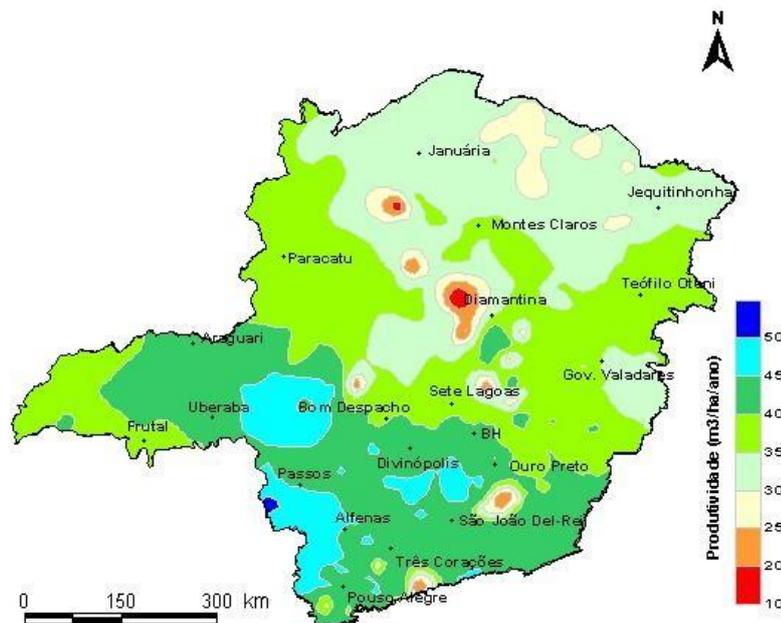
Recentemente, em dezembro de 2018, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas, com ações previstas para os próximos dez anos. O objetivo é aumentar em 2 milhões de hectares a área de cultivos comerciais. Atualmente, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a área cultivada chega a 10 milhões de hectares, principalmente com Eucalipto, Pinus e Acácias (IBGE, 2015).

O resultado confirma o Brasil como o quarto maior produtor do mundo e deixou o país próximo ao Canadá, o terceiro. O setor é liderado pelos Estados Unidos da América, seguido pela China. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, as áreas de plantios florestais com Eucalipto estão distribuídas em todo o território nacional - 54,2% se concentram no Sudeste, 16,4%, no Nordeste, 12,2%, no Centro-Oeste, 11,8%, na região Sul e 5,5%, no Norte (IBÁ, 2017).

A produção de carvão vegetal da silvicultura atingiu 5.390.315 de toneladas (IBGE, 2015). Desse total, Minas Gerais, principal estado produtor, contribuiu com 82,8%, seguido por Maranhão (9,8%) e Bahia (2,1%). Juntos, esses estados foram responsáveis por 94,7% do montante nacional. Da produção de carvão vegetal da silvicultura, 98,8% foi oriunda do plantio de Eucalipto. Dos 20 principais municípios produtores – à exceção de dois situados no Maranhão (Bom Jardim e Açailândia) e um no Mato Grosso do Sul (Ribas do Rio Pardo) – todos são de Minas Gerais, onde se destacam Itamarandiba e João Pinheiro, respectivamente, no Nordeste e Noroeste do Estado.

Segundo o Relatório Zoneamento do Eucalipto em Minas Gerais (GUIMARÃES; SANS, 2010), o uso de alta tecnologia permite a viabilização do cultivo em todo o estado de Minas Gerais. Para o uso de nível tecnológico médio, não é recomendável o plantio nas regiões Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha, onde o limite mínimo estabelecido para a produtividade, 25m<sup>3</sup>/ha/ano, não é alcançado sem o emprego de alta tecnologia no cultivo. Mas, Minas Gerais se destaca com a maioria dos municípios apresentando potencial produtivo superior aos limites mínimos estabelecidos como critérios de recomendação de cultivo, em destaque o centro-sul e o triângulo mineiro (Figura 1).

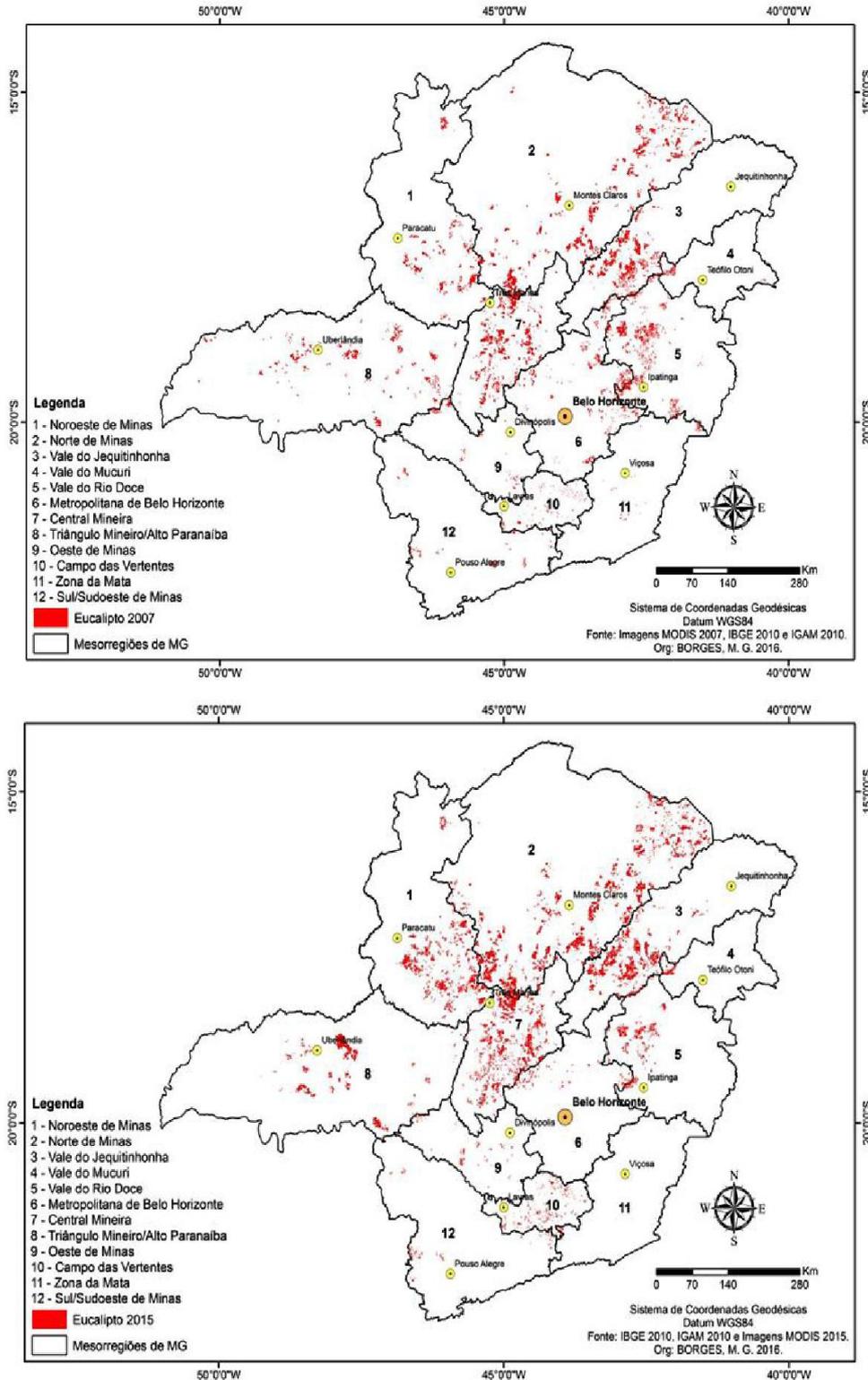
Figura 1 - Potencial produtivo do Eucalipto em MG com uso de alto nível tecnológico



Fonte: Relatório Zoneamento do Eucalipto em Minas Gerais (GUIMARÃES; SANS, 2010).

O diagnóstico das florestas de Eucalipto no Estado, produzido por Borges, Leite e Leite (2018), apresenta um paralelo entre os anos de 2007 e 2015 e, a partir dos dados gerados, quantificados e espacializados, os autores concluíram que as áreas de Eucalipto no estado de Minas Gerais aumentaram sua produção em 348.824,08 hectares de áreas plantadas no período, com aumento em sua produção nas mesorregiões Norte, Noroeste, Centro, Campo das Vertentes, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e no Vale do Jequitinhonha. Ao passo que, foram observadas perdas de monocultura de Eucalipto nas mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste, Sul/Sudoeste, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata.

Figura 2. Distribuição do Eucalipto em MG, 2007 e 2015



Fonte: Imagens MODIS publicado por Borges *et al.* (2018).

Nota: Áreas plantadas com Eucalipto no Estado de Minas Gerais referentes aos anos de 2007, acima, e 2015, abaixo.

Segundo a Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade, o plantio e corte de florestas plantadas com espécies florestais nativas ou exóticas, em Minas Gerais, independem de autorização

prévia, mas devem ser informados ao órgão ambiental do Estado no prazo de até um ano após sua execução (MINAS GERAIS, 2013).

Percebe-se que Minas Gerais possui papel de destaque no plantio de Eucalipto no país. O potencial agravante de tais culturas em incêndios florestais e a facilidade do plantio sem o adequado manejo, fazem com que as regiões de florestas plantadas necessitem de mais atenção por parte dos órgãos de prevenção e combate à incêndios.

### 2.2.2 Mudança do Clima

As mudanças do clima podem afetar significativamente o número de incêndios florestais anuais, a duração da sazonalidade dos incêndios, a área total queimada e a intensidade do fogo (IPCC, 2014).

Vários estudos demonstram o impacto das mudanças do clima no comportamento dos incêndios florestais em várias partes do mundo. Liu *et al.* (2012) apresenta os padrões espaciais de ocorrência de incêndios e sua tendência futura no nordeste da China e as pesquisas realizadas por Westerling e Bryant (2008) relacionam as mudanças do clima com os incêndios florestais na Califórnia (EUA).

O 5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) indica alterações significativas no clima, para os próximos cinquenta anos, referentes às mudanças na temperatura e no regime de chuva que, conseqüentemente, impactam direta e indiretamente grande parte da população, os recursos hídricos, a infraestrutura urbana e rural, as florestas e a biodiversidade, bem como o risco de incêndios florestais.

Para avaliação dos impactos da mudança no clima, são produzidos cenários de concentração de gases de efeitos estufa (GEE), que são utilizados para elaboração de projeções por meio de modelos climáticos globais. O Projeto de Comparação de Modelos Acoplados (*Coupled Model Intercomparison Project – CMIP5*), disponibiliza simulações de vários modelos globais de diferentes centros climáticos no mundo, baseados nos cenários de emissão de GEE elaborados pelo IPCC (2014).

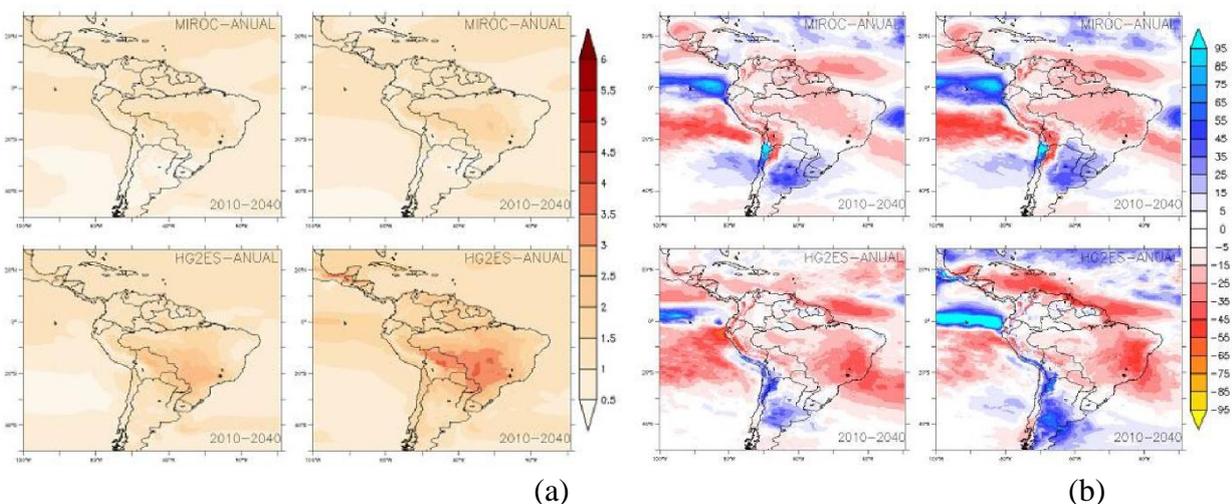
Dentre os modelos globais utilizados, destaca-se o HadGEM2-ES, do Reino Unido (*Met Office Hadley Centre*) e o MIROC5, do Japão (*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute*). No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) aplicou a regionalização através do modelo ETA, aninhada a dois modelos climáticos globais, o HadGem e o MIROC, para dois diferentes cenários de

concentração de GEE, um otimista (RCP4.5) e outro pessimista (RCP8.5), com resultados até o final do século XXI.

Na Figura 3 (a) são apresentadas as variações em médias anuais de temperatura média, em °C, para os períodos 2011-2040 (a), simuladas pelos modelos para os dois cenários. Para o período, as simulações mostram o Centro-Oeste e parte do Sudeste do Brasil com anomalias de temperatura maiores do que as demais regiões do país. No período de 2011-2040, é possível identificar um acréscimo de temperatura de 2,5°C. Já o modelo ETA/MIROC5 na mesma situação, indica anomalias em torno de 4,5°C para o RCP 8.5 e em torno de 2°C para o RCP 4.5 (INPE, 2016).

Ainda na Figura 3 (b) são mostradas as anomalias de precipitação média anual (%) para o período 2011-2040 simuladas pelos modelos para os cenários RCP4.5 e RCP 8.5. Para o período, as simulações mostram o extremo sul do Brasil com anomalias positivas e as demais regiões do país com anomalias negativas. As simulações do modelo ETA/HadGEM2-ES mostram, principalmente na região litorânea do Brasil, anomalias negativas de precipitações no período (INPE, 2016).

Figura 3. Variações de temperatura e umidade para América do Sul, 2011 a 2040



Fonte: INPE (2016).

Nota: (a) Anomalia de temperatura média (°C) para o ETA/MIROC5 e ETA/HadGEM2-ES (cenários RCP4.5 e RCP8.5, da esquerda para direita): período 2010-2040. (b) Anomalia de precipitação média anual (%) para o ETA/MIROC5 e ETA/HadGEM2-ES (cenários RCP4.5 e RCP8, da esquerda para direita): período 2010-2040

Os resultados apresentados demonstram tendências climáticas que muito provavelmente impactarão na frequência e na duração dos incêndios florestais. Recomenda-se que tais informações sejam levadas em consideração no planejamento para ações de prevenção e combate aos incêndios florestais para a próxima década.

### 2.3 Procedimentos de coleta e análise dos dados

Os índices de perigo de incêndios florestais são desenvolvidos para tentar mensurar a suscetibilidade e a severidade de ocorrência de incêndios, a partir de dados climáticos. Ao longo dos anos, foram desenvolvidos diversos índices de perigo em várias regiões do planeta. No Brasil, o mais utilizado é o aperfeiçoamento da Fórmula de Monte Alegre (FMA), através da inserção da variável de velocidade do vento na equação (NUNES *et al.* 2006).

$$FMA^+ = \sum_{i=1}^n (100/H_i) e^{0,04 v}$$

*FMA+* é Fórmula de Monte Alegre Alterada; *H* é a umidade relativa do ar (%), medida às 13 horas; *n* é o número de dias sem chuva maior ou igual a 13 mm; *v* é a velocidade do vento (m/s), medida às 13 horas; *e* é a base dos logaritmos naturais.

Essa modificação, fez com que o novo índice, chamado de Fórmula de Monte Alegre Alterada (*FMA+*), descrevesse um modelo de perigo de incêndio, limitado às variáveis climáticas, que não apenas apresentava a possibilidade de haver um incêndio a partir de uma ignição, mas também o potencial de propagação do fogo.

Incêndios florestais são ocorrências muito complexas, que somam, na análise de seu surgimento e propagação, as influências climáticas, a topografia e o tipo de cobertura vegetal. Dessa forma, no presente trabalho, foi utilizado o método de Batista *et al.* (2014) adaptado, descrito mais à frente, que agrega os resultados da *FMA+* às demais influências agravantes e atenuantes.

Para estimar o risco de incêndios associado às condições de mudança do clima foram usados os dados do modelo Eta-HadGEM2-ES elaborado pelo CPTEC-INPE referente à precipitação, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos em Minas Gerais, no período histórico de 1961 a 1990 e de 2011 a 2040, considerando o cenário RCP 8.5. Os dados foram obtidos na plataforma PROJETA<sup>1</sup> em frequência diária, no formato texto (.csv), com resolução espacial de 20 km<sup>2</sup>. As variáveis foram tratadas e organizadas em um banco de dados para referência e cálculo.

A *FMA+* foi aplicada aos dados obtidos e a interpretação do grau de perigo da *FMA+* foi realizada atribuindo valores de 0 a 1 para cada *pixel* do mapa, sendo o risco nulo e 1 o risco muito alto, conforme Tabela 1.

<sup>1</sup> Disponível em: <https://projeta.cptec.inpe.br/#/dashboard>. Acesso em: 21 dez. 2021.

O mapa de risco em função da cobertura vegetal foi elaborado com base no mapa de tipos de vegetação disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). As coberturas vegetais encontradas neste levantamento foram agrupadas em categorias, como feito por Setzer, Sismanoglu e Martins (2016). As categorias de coberturas vegetais foram classificadas em valores entre 0 e 1, sendo 0 atribuído à cobertura menos suscetível à ocorrência de incêndios e 1 à cobertura mais suscetível.

Os mapas de topografia foram extraídos do Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizados pela Embrapa, no software ArcGis. Os mapas de altimetria, declividade e orientação das encostas (INPE, 2019) foram classificados em relação à propensão de incêndios de acordo com Oliveira *et al.* (2002), utilizando, também, a escala de 0 a 1.

Tabela 1 - Interpretação do grau de perigo calculado pela FMA+ atribuído à Equação 2

Valor de FMA+	Grau de Perigo	Valor atribuído
Até 3,0	Nulo	0,00
3,1 a 8,0	Baixo	0,25
8,1 a 14,0	Médio	0,50
14,1 a 24,0	Alto	0,75
Acima de 24	Muito alto	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo de risco de incêndios de Batista *et al.* (2014), utilizado neste trabalho, combina todas as variáveis previamente citadas e apresenta um risco mais abrangente. A influência da proximidade urbana foi retirada da fórmula original, mantendo-se as proporções das outras variáveis, conforme equação 2.

$$RI = 0.5 \times (V) + 0.5 \times (0.25 \times FMA + 0.25 \times D + 0.25 \times O + 0.25 \times A)$$

*RI* é o risco de incêndio; *V* é o tipo de vegetação; *FMA* é a interpretação dos valores da Fórmula de Monte Alegre Alterada; *D* é a declividade; *O* é a orientação das encostas; *A* é a altimetria.

Os valores resultantes foram processados no sistema de informação geográfico ArcGis, utilizando a técnica de álgebra de mapas. Foram desenvolvidos mapas de *RI* para Minas Gerais, apresentados no próximo capítulo, a partir dos dados de risco obtidos da equação 2.

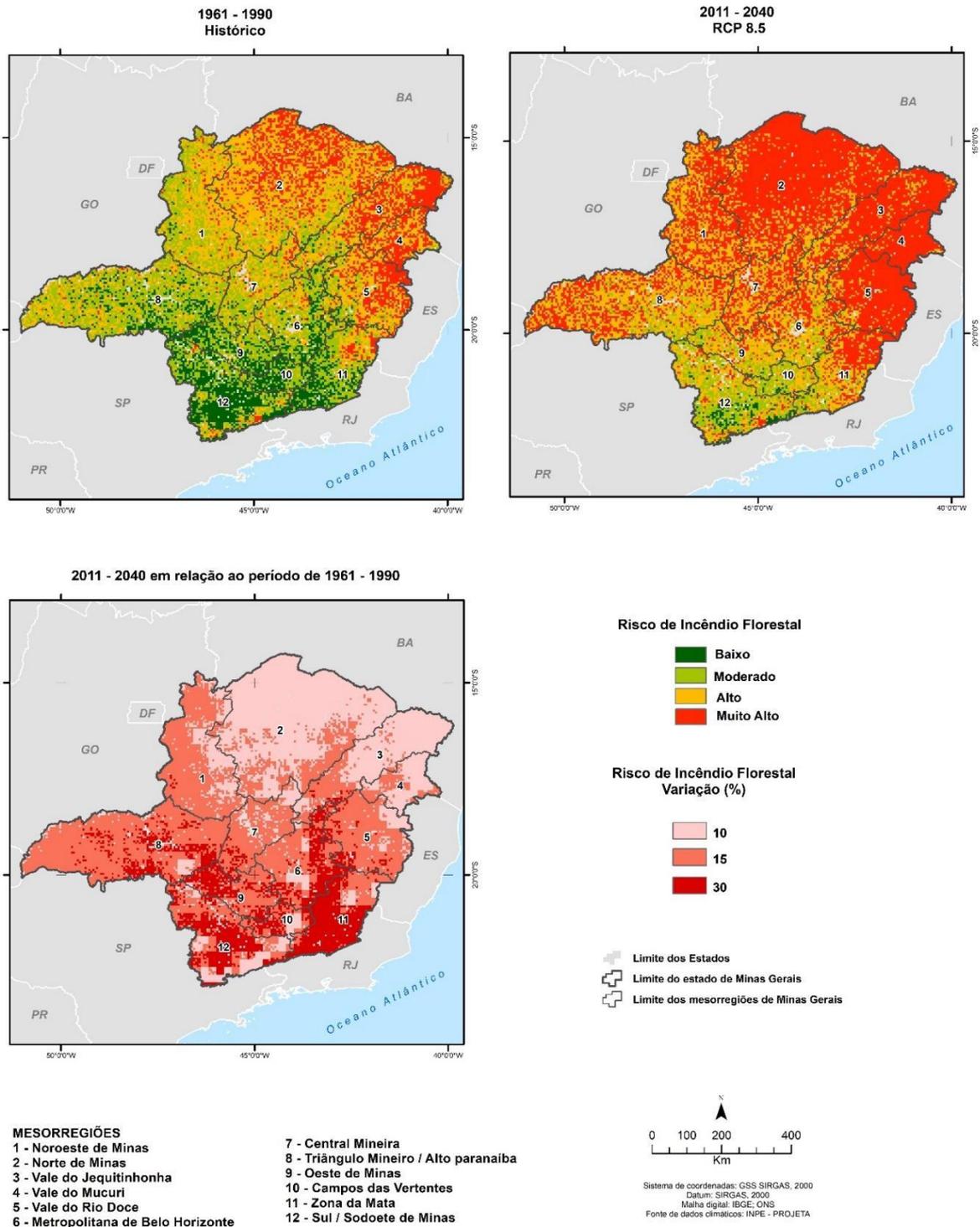
Para avaliar se há correlação entre as áreas de alto RI florestal e os setores de alta incidência de Eucalipto, usou-se os mapas produzidos por Borges, Leite e Leite (2018), tendo as doze mesorregiões do estado de Minas Gerais como referência.

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 RI florestal para Minas Gerais**

Os resultados para o RI florestal em Minas Gerais, destacando-se as mesorregiões do estado, com base nas mudanças do clima e nas características fitotopográficas são apresentados nos mapas da Figura 4.

Figura 4 - RI Florestal para Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Risco de incêndio florestal para Minas Gerais modelo Eta-HadGEM2-ES cenário RCP 8.5.: período 1961-1990, 2011-2040 e diferença percentual entre ambos.

### 3.2 Avaliação da influência das florestas de Eucalipto nos incêndios florestais

Tendo por base o trabalho de Borges, Leite e Leite (2018), observa-se que as mesorregiões do Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Norte, Noroeste e região Central do Estado destacam-se na exploração do Eucalipto. Conforme relatório do CEIF já apresentado, os riscos de um incêndio florestal, em regiões com Eucalipto, ganhar grandes proporções são muito significativos, portanto, fica claro o potencial agravante que as mesorregiões citadas apresentam, se acometidas por um eventual incêndio florestal.

#### 4 DISCUSSÃO

O emprego das fórmulas de RI à base de dados, descrito nesse artigo, só se fez possível devido ao apoio da Waycarbon Soluções Ambientais e Projetos de Carbono, na pessoa da Dra. Melina Amoni S. Alves, com computadores e *softwares* capazes de realizar as análises propostas, sem os quais o método proposto não conseguiria chegar aos resultados obtidos.

No presente trabalho, demonstrou-se que em todo o estado de Minas Gerais, o RI aumentará em pelo menos 10% para projeções até 2040, sendo que em várias mesorregiões a variação observada é superior a 15% de aumento, tendo o registro histórico como referência. A Zona da Mata, Sul / Sudoeste, Oeste, Campos das Vertentes e região Metropolitana de Belo Horizonte apresentam um crescimento marcante no RI quando comparado ao registro histórico. Destaca-se um aumento de 30% no RI para quase toda Zona da Mata no período. As regiões citadas passam de um risco “baixo” a “moderado” para um risco “moderado” a “alto” em 2040, mas não são os pontos mais sensíveis a serem destacados.

Pode-se perceber que nas mesorregiões do Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri e Vale do Rio Doce e Norte de Minas, o RI em 2040 se caracteriza como “muito alto” em quase a totalidade do mapa. Mas, a maior preocupação se concentra no Norte, Noroeste e região Central do estado, além do Vale do Jequitinhonha e Vale do Rio Doce. Esses setores, além dos índices de RI elevados, são exatamente as regiões em que o Eucalipto se encontra abundante e em franco crescimento, apesar do potencial produtivo não ser o melhor do estado (BORGES; LEITE; LEITE, 2018; GUIMARÃES; SANS, 2010).

A qualidade questionável do manejo do abundante combustível, somada a possível influência das mudanças estimadas do clima, apresentadas nesse artigo, fazem com que tais regiões necessitem de maior atenção dos órgãos de prevenção à incêndios florestais e

uma metodologia padronizada de manejo do combustível é fundamental para reduzir a proporção dos danos e das perdas humanas em eventuais incêndios florestais.

Analisando as políticas florestais e de proteção à biodiversidade em Minas Gerais, nota-se que essas não são devidamente rígidas frente ao risco. A Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, permite o plantio de espécies exóticas sem prévia autorização ou plano de manejo. Tendo em vista o potencial danoso de um combustível que eleva a complexidade e a dificuldade de combate dos incêndios florestais, como descrito no relatório do CEIF (2017), fica evidente a necessidade de o estado tratar o tema com maior preocupação. A regulamentação das atividades florestais, com fiscalizações frequentes e eficientes, o fomento ao manejo dos combustíveis florestais, a capacitação do agronegócio para a adoção de práticas mitigadoras do risco e a formação de brigadas orgânicas nas empresas são práticas positivas que poderiam, em uma eventual revisão da legislação vigente, se tornar obrigações ao agronegócio.

O CEIF relata que o território português, que foi atingido pelo incêndio florestal de PG em 2017, possuía um potencial de RI muito elevado devido às condições climáticas, ao relevo acidentado e à cobertura vegetal muito densa. Parte dessa cobertura não tinha sido afetada por grandes incêndios nos últimos anos, dispondo por isso de uma carga combustível muito elevada e mal gerida. A falta de limpeza do entorno das estradas permitiu que muitas pessoas fossem surpreendidas em plena fuga pela fumaça e radiação do incêndio, pelas chamas da vegetação ao redor e mesmo por árvores caídas na própria estrada. A quase totalidade das vítimas morreram quando tentavam fugir de carro pela estrada, apenas em um trecho de 400 metros da EN236-1 30 pessoas perderam a vida (CTI, 2018).

Ainda segundo o CEIF (2017), a grande dimensão da tragédia coloca em evidência a fragilidade do sistema de emergência português, que não estava preparado para fazer face a um número tão massivo de pessoas afetadas, feridas ou mortas. Fato que traz grande preocupação quando comparamos todos os massivos esforços internacionais e o número expressivo de viaturas e aeronaves empregadas à época ao que temos disponível no Brasil para combater catástrofes do gênero.

A CTI propõe, em seu relatório sobre o grande desastre de Portugal (CTI, 2018), o estímulo a criação das Zonas de Proteção às Aldeias (ZPA) de Portugal como projeto de criação de interfaces urbano florestais mais resilientes ao fogo. Foi desenvolvido um plano de ação frente à tragédia de 2017, em que vários objetivos foram traçados para mitigar futuros desastres. Dentre os objetivos propostos, alguns estão relacionados com o

presente trabalho, como a valorização ambiental, conservação e fomento da biodiversidade, findar a exploração florestal intensiva de Eucalipto numa faixa de no mínimo 100 metros das casas e a eliminar, dentro da ZPA, os Eucaliptos, substituindo-os por árvores como sobreiros (espécies autóctones e mais resistentes ao fogo) e outras folhosas de forma correta e ordenada (CTI, 2018). A ação descrita, evidencia pontos relevantes de aprendizado pós-tragédia, que devem ser levados em consideração por outros estados e nações que sofrem com incêndios florestais para reduzir as perdas naturais e materiais e evitar possíveis fatalidades.

O CEIF finaliza seu relatório sugerindo a criação de um Programa Nacional de Gestão dos Incêndios Florestais, que envolva e congregue as entidades mais diversas da sociedade civil e do Estado. Este programa teria um caráter interministerial e a capacidade de mobilizar as várias entidades, incluindo a população. Tal sugestão converge com as demandas que Minas Gerais apresenta na logística e operacionalização do combate aos seus incêndios florestais.

Segundo a primeira prioridade do Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, para amplo entendimento do risco de desastres, as políticas e práticas para a gestão do risco devem ser baseadas em uma compreensão clara do risco em todas as suas dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens e características dos perigos ao meio ambiente. Tal conhecimento pode ser aproveitado para realizar uma avaliação de riscos pré-desastre, para prevenção e mitigação e para o desenvolvimento e a implementação de preparação adequada e resposta eficaz a desastres. Para alcançar esse objetivo, se faz necessário promover colaboração entre mecanismos e instituições globais e regionais para a implementação de instrumentos coerentes e ferramentas relevantes para a redução do risco de desastres (ONU, 2015).

Portanto, concluímos que é imperativo que Minas Gerais continue a fortalecer projetos interagências, como a Força Tarefa Previncêndio, criada através do Decreto nº 44.043, de 09 de junho de 2005, ou o Plano Integrado de Preparação e Resposta aos Incêndios Rurais, lançado em 2021, pelo CBMMG. Tais ações estimulam a prevenção à incêndios florestais e melhoram a preparação dos atores envolvidos em eventuais sinistros de grande vulto. Estimular a pesquisa e discussão das metodologias empregadas na gestão de risco e na resposta, como feito nos Grupos Táticos Operacionais do CBMMG, também são projetos fundamentais para que os conhecimentos sejam atualizados e difundidos na tropa.

Recomendamos, para trabalhos futuros, a proposição e organização de simulados conjuntos aos demais órgãos atinentes ao assunto. O mapeamento das unidades BM relacionadas às áreas de maior risco destacadas no presente artigo também poderia auxiliar na preparação da tropa que eventualmente será acionada. Recomendamos, também, a formulação de materiais que prevejam e sistematizem os possíveis recursos necessários, áreas de maior risco, possíveis ações a serem tomadas e os agentes que irão atuar, caso um incêndio florestal de grandes proporções venha a ocorrer em Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, A. C. *et al.* Análise dos impactos das mudanças climáticas sobre o risco de incêndios florestais no Estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, 2014.

BORGES, M. G.; LEITE, M. E.; LEITE, M. R. Mapeamento do Eucalipto no Estado de Minas Gerais Utilizando o Sensor Modis. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, 2018. DOI: 10.36403/espacoaberto.2018.14364

CEIF - Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais. **O Complexo de Incêndios de Pedrógão Grande e Concelhos Limítrofes, iniciado a 17 de Junho de 2017**. Universidade de Coimbra, 2017.

CTI - Comissão Técnica Independente, Guerreiro J. *et. al.* (coord.) **Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental**. Relatório Final. Assembleia da República. Lisboa, 2018.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Manual Básico de Combate a Incêndio**. Módulo I, 2. ed. Brasília-DF, 2013.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Norma Reguladora Nr 03. Metodologia para Investigação de Incêndio Florestal**. Brasília-DF, 2009.

GUIMARÃES, D. P.; SANS, L. M. A. **Zoneamento do Potencial Produtivo do Eucalipto em Minas Gerais**. EMBRAPA, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/486013/uso-do-modelo-de-crescimento-3-pg-para-o-zoneamento-do-potencial-produtivo-do-Eucalipto-no-estado-de-minas-gerais>. Acesso em: 26 abr. 2019.

FREIRE, P. F. B. **Uso do sistema de informações geográficas para o Mapeamento de focos de calor por incêndios Florestais: um estudo de caso na área do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães - Mato Grosso**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**. 2017

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2015**, v. 30, 2015.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Topodata - Banco de dados geomorfológicos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br>. Acesso em 14 jul. 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Metodologia do cálculo do risco de fogo do programa queimadas do INPE - versão 10, Junho/2016**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação, 2016.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Relatório do IPCC/ONU: novos cenários climáticos**. Geneva: ONU, 2014.

LIU, Z.; YANG, J.; CHAN, Y.; WEISBERG, P. J. Spatial patterns and drivers of fire occurrence and its future trend under climate change in a boreal forest of Northeast China. **Global Change Biology**, London, v. 18, n. 6, 2012.

MINAS GERAIS. **Cartilha sobre a nova lei florestal de Minas Gerais Orientações aos produtores rurais**. Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2013.

NFPA - National Fire Protection Association *et al.* **NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations**, 2011 edition. National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2011.

NUNES, J. R. S. *et al.* FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 36, n. 1, 2006.

OLIVEIRA, D. S. *et al.* **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ONU – Organização das Nações Unidas - **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030**. A/CONF.224/L.2, 2015.

SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Manual de combate a incêndios florestais**. 1. ed., São Paulo, 2006.

SETZER, A. W.; SISMANOGLU, R. A.; MARTINS, G. **Metodologia do cálculo do risco de fogo do programa queimadas do inpe-versão 10**, 2016.

TRINDADE, C. A. *et al.* **Uso de ferramentas de geoprocessamento para apoio à Elaboração de laudos de incêndios florestais**. 2008. Monografia (Curso de Perícia de Incêndio) - Divisão de Investigação e Prevenção de Incêndios, Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2008.

WESTERLING, A. L.; BRYANT, B. P. Climate change and wildfire in California. **Climatic Change**, v. 87, n. 1, (Supl.), 2008.