

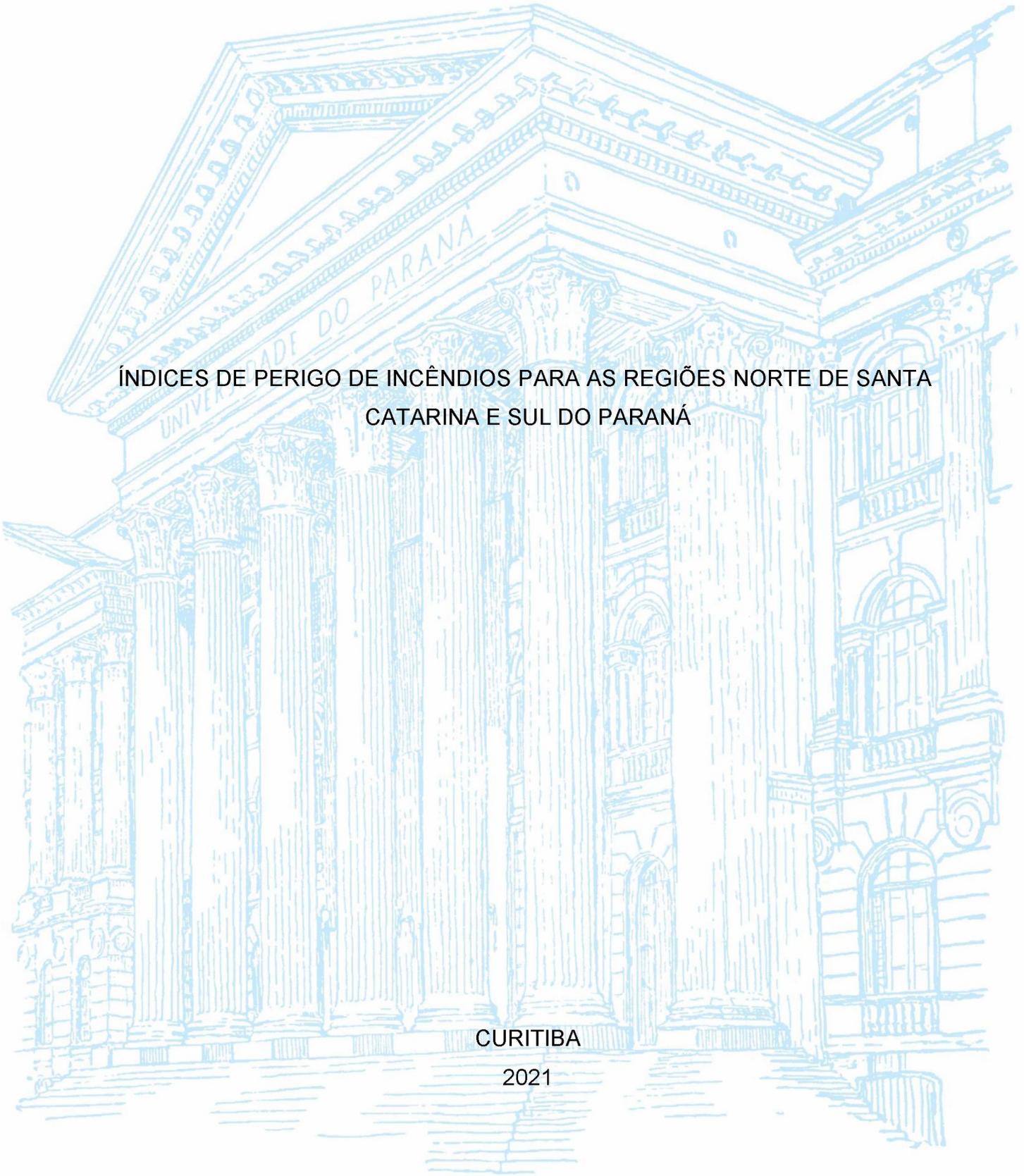
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MÁRCIO JOSÉ DIDUCH

ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS PARA AS REGIÕES NORTE DE SANTA
CATARINA E SUL DO PARANÁ

CURITIBA

2021



MÁRCIO JOSÉ DIDUCH

ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS PARA AS REGIÕES NORTE DE SANTA
CATARINA E SUL DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Pós-Graduação em Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em PREVENÇÃO E COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Monografia de Especialização de **MÁRCIO JOSÉ DIDUCH** intitulada: **Índices de perigo de incêndios para as regiões norte de Santa Catarina e sul do Paraná**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de especialista está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 04 de Março de 2021.



ALEXANDRE FRANÇA TETTO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



ANDRESSA TRES

Avaliador Interno



TATIANA CRISTINA GUIMARÃES KAMINSKI

Avaliador Externo (UFPR / DEPARTAMENTO CIÊNCIAS FLORESTAIS)

Dedico este TCC à minha esposa Márcia e a minha filha Maria Vitória, que me apoiaram durante todo o tempo em que estive desenvolvendo este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, benção e proteção.

Ao professor Dr. Alexandre França Tetto, pela orientação.

Aos amigos e colegas Denílson, Fábio, Paulo e Tiago, pela amizade, companheirismo e pela colaboração na realização deste trabalho.

A WestRock pelo incentivo financeiro e por fornecer dados que foram analisados neste trabalho.

Quando o incêndio termina, sobra apenas uma grossa camada de cinzas.
Sobre o que era intensa vida. No cenário desolador brota apenas tristeza e
amargura, dor...Pode até ser que algum dia o que havia ali se refaça.

Pode ser... Mas uma coisa é certa, nada mais será como era antes.

(EDNA FRIGATO)

RESUMO

Os incêndios florestais têm causado grandes prejuízos em todas as partes do Brasil e no mundo, principalmente ao ambiente, sendo que a prevenção ainda é a forma mais eficiente para evitar tais danos. O presente trabalho refere-se ao perfil dos incêndios ocorridos durante os últimos 17 anos em áreas localizadas no norte do estado de Santa Catarina e sul do estado do Paraná. Além disso foi verificado o desempenho da FMA (Fórmula de Monte Alegre) comparativamente à FMA (Fórmula de Monte Alegre Alterada) e ao ICS (Índice da Carolina do Sul - EUA) na previsão de grau de perigo durante o período. Foram utilizados os registros de incêndios florestais da empresa, bem como os dados meteorológicos dos últimos 17 anos (período de 2003 a 2019), coletados no município de Três Barras, na região norte do estado de Santa Catarina. Os resultados analisados mostram que houve 242 incêndios, sendo que 76,45% ocorreram em cultivos de pinus e eucaliptos e 23,55% ocorreram em floresta. Os incêndios ocorreram principalmente nos meses de agosto e setembro, com 110 incêndios (45,45% do total), época em que é necessária maior atenção e prontidão da brigada de incêndio. Também se observou a necessidade de ajuste do FMA+ Alterada na determinação do perigo de incêndios, considerando-se principalmente a assertividade no cálculo, no qual onde hoje o ICS subestima o perigo. Esses resultados servirão como subsídio para o planejamento em termos de prevenção de incêndios e o ajuste da FMA+ ajustada na estação meteorológica automatizada.

Palavras-chave: Incêndio florestal. I. C.S – Índice da Carolina do Sul. FMA – Fórmula de Monte Alegre. FMA+- Fórmula de Monte Alegre Alterada

ABSTRACT

Forest fires have huge consequences in all parts of Brazil and the world, especially for the environment, and prevention is still the most efficient way to prevent such damage. The present work refers to the profile of the fires that occurred during the last 17 years in commercial areas in the north of the state of Santa Catarina and south of the state of Paraná. In addition, the performance of the Monte Alegre Formula (FMA) was compared to the Monte Alegre Adjusted Formula (FMA+) and the South Carolina Index – USA(ICS) in predicting of danger during the period. The company's forest fire records were used, as well as metrological data from the last 17 years (period from 2003 to 2019), collected in the municipality of Três Barras, in the northern region of the state of Santa Catarina. The results show that there were 242 fires, 76.45% of which occurred in pine and eucalyptus crops and 23.55% occurred in native. The fires occurred mainly in the months of August and September, with 110 fires (45.45 of the total), a time that requires greater attention and readiness by the fire brigade. It was also observed the need for adjust the FMA+ in determining the fires hazard, mainly considering the assertiveness in the calculation, where today I. C. S. underestimates the hazard index. These results will serve as a basis for planning in terms of fire prevention and the adjustment of the FMA+ adjusted in the automated weather station.

Keywords: Forest fire. I.C.S. – South Carolina Index. FMA – Monte Alegre Formula. FMA + adjusted – Adjusted Monte Alegre Formula.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização das áreas florestais, nos estados do Paraná e Santa Catarina	30
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Incêndios ocorridos na área de estudo entre 2003 à 2019	34
GRÁFICO 2 – Número de incêndios registrados por mês e por tipo de vegetação ..	35
GRÁFICO 3 – Número de incêndio x meses do ano x média da precipitação	35
GRÁFICO 4 – Número de incêndio x meses do ano x média umidade relativa	36
GRÁFICO 5 – Frequência em percentual do número de dias dos incêndios ocorridos x meses do ano	37
GRÁFICO 6 – Classes de perigo de incêndio do ICS, FMA e FMA+ pelo número de dias da ocorrência de incêndio.....	41
GRÁFICO 7 – Número de incêndios por classe de perigo – ICS x FMA x FMA+	42
GRÁFICO 8 – Número de dias por classe de perigo – FMA+	46
GRÁFICO 9 – Número de incêndios por classe de perigo – FMA.....	46
GRÁFICO 10 – Comparativo do número de dias por classe de perigo da FMA+ original com a ajustada.....	48
GRÁFICO 11 – Número de incêndios por classe de perigo – FMA+	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Umidade Relativa do Ar.....	21
TABELA 2 – Umidade do Material Combustível Estado Herbáceo Transição.....	22
TABELA 3 – Umidade do Material Combustível Estado Herbáceo Verde.....	23
TABELA 4 – Correção do Índice Cumulativo.....	24
TABELA 5 – Umidade do Material Combustível Ajustado.....	25
TABELA 6 – Índice de Propagação.....	25
TABELA 7 – Grau de Perigo do ICS.....	26
TABELA 8 – Restrições na Fórmula de Monte Alegre.....	27
TABELA 9 – Grau de Perigo da Fórmula de Monte Alegre.....	27
TABELA 10 – Escala de Perigo da FMA +.....	28
TABELA 11 – Tabela de contingência.....	31
TABELA 12 – Análise da tabela de contingência.....	32
TABELA 13 – Distribuição dos números de dias observados em cada nível de acordo com a FMA e ICS, janeiro de 2003 a dezembro de 2009.....	37
TABELA 14 – Classe de perigo de incêndio da ICS pelo número de dias da ocorrência de incêndio.....	38
TABELA 15 – Classes de perigo de índice da FMA pelo número de dias da ocorrência de incêndio.....	39
TABELA 16 – Classes de perigo de índice da FMA+ pelo número de dias da ocorrência de incêndio.....	40
TABELA 17 – Classes de perigo de índice do ICS, FMA e FMA+ pelo número de dias de ocorrência de incêndio.....	43
TABELA 18 – Contingência para ICS.....	43
TABELA 19 – Análise do cálculo da tabela de contingência para o ICS.....	44
TABELA 20 – Contingência para FMA.....	44
TABELA 21 – Análise do cálculo da tabela de contingência para a FMA.....	44
TABELA 22 – Contingência para FMA+.....	44
TABELA 23 – Análise do cálculo da tabela de contingência para a FMA+.....	44
TABELA 24 – Classes de perigo de incêndio da FMA + ajustada pelo número de dias da ocorrência de incêndios.....	45
TABELA 25 – Escala de perigo – FMA+ ajustada.....	47
TABELA 22 – Contingência para FMA+.....	50

TABELA 23 – Cálculo de contingência para FMA+	50
---	----

Lista de abreviaturas ou siglas

ACR	- Associação Catarinense de Empresa Florestais
FMA	- Fórmula de Monte Alegre
FMA+	- Fórmula de Monte Alegre alterada
IBÁ	- Indústria Brasileira de Árvores
ICS	- Índice da Carolina do Sul
SS	- <i>Skill Score</i>
PS	- Percentual de Sucesso
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UR	- Umidade Relativa do Ar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVOS GERAIS	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	INCÊNDIOS FLORESTAIS	18
3.2	OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	19
3.3	CÁLCULO DO PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	20
3.3.1	Índice da Carolina do Sul.....	20
3.3.2	Fórmula de Monte Alegre	26
3.3.3	Fórmula de Monte Alegre Ajustada	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	209
4.2	OBTENÇÃO DOS DADOS	20
4.3	AVALIAÇÕES DO DESEMPENHO DOS ÍNDICES DE PERIGO	30
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	COMPORTAMENTOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	34
5.2	COMPORTAMENTO DO ICS E FMA	37
5.3	DESEMPENHO DO ICS E FMA.....	42
5.4	COMPORTAMENTO E AJUSTE DA FMA+	45
5.5	DESEMPENHO DA FMA+.....	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Incêndio florestal é um, dos fenômenos naturais que ocorre incessantemente sobre a terra desde muito antes do surgimento do ser humano e sua cultura. Os incêndios provocam o empobrecimento do solo destruição do habitat de vários animais da fauna silvestre, diminuição da vegetação de preservação permanente, contribui para o desaparecimento de espécies vegetais, impede a regeneração da vegetação, provoca o aumento do percentual de dióxido de carbono na atmosfera e sua influência no efeito estufa e o desequilíbrio ecológico. Também se caracterizam como a maior ameaça para os cultivos florestais e cobertura vegetal nativa, contudo, desde o momento em que os seres humanos passaram a ter o domínio e controle do fogo, os benefícios foram imediatamente vistos e usufruídos pelo ser humano.

Nesse contexto, surge a necessidade da criação e adaptação de mecanismos que permitam prever o perigo de incêndio que é uma importante ferramenta para auxiliar no planejamento e supervisão das atividades de controle de incêndios florestais. O cálculo do perigo de incêndio permite antecipar a probabilidade de ocorrência de um incêndio e sua facilidade de se propagar, de acordo com as condições meteorológicas de um dia ou de um período. No Brasil a Fórmula de Monte Alegre foi desenvolvida em 1972, por SOARES, usando-se dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios florestais da região central do estado do Paraná e tem, desde então, sido usada por várias empresas e instituições florestais para estimar o perigo e risco de incêndios.

Neste trabalho, o desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) será avaliado comparativamente à Fórmula de Monte Alegre alterada (FMA+), Fórmula de Monte Alegre Ajustada (FMA+ ajustada) e ao Índice da Carolina do Sul – EUA(ICS), utilizando-se dados dos últimos 17 anos (período de 2003 a 2019), coletados na região norte do estado de Santa Carina e sul do estado do Paraná. Os resultados foram analisados para determinar o melhor índice para a região.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar os índices de perigo de incêndios, ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada para a região norte do estado de Santa Catarina e sul do estado do Paraná, para determinar o índice com melhor desempenho para a região.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Determinar o número de incêndios registrados de 01 de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2019 e os tipos de vegetação atingidos;
- II. Demonstrar a relação entre os graus de perigo de incêndio do ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada com as ocorrências de incêndios;
- III. Demonstrar a relação entre o número de dias em cada classe de perigo de incêndio do ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada com as ocorrências de incêndios;
- IV. Apresentar o desempenho dos índices de perigo de incêndio por meio do *skill score* e do percentual de sucesso.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS

O homem e os incêndios sempre tiveram uma estreita relação, primeiro porque aquele é o principal responsável pelas suas ocorrências e, segundo, porque o fogo teve uma atuação efetiva na evolução humana. Diz-se até que *Homo sapiens* apareceu quando seu ancestral, há mais de 500.000 anos, teve a coragem de pegar um tição aceso e guardá-lo (BOTELHO, 1996).

Conforme Cândido e Couto (1980), em qualquer incêndio florestal são necessários combustíveis para queimar, oxigênio para manter as chamas e calor para iniciar e continuar o processo de queima. Essa inter-relação entre os três elementos básicos da combustão é conhecida como “triângulo do fogo”. A ausência, ou redução abaixo de certos níveis, de qualquer um dos componentes inviabiliza o processo da combustão. Soares e Batista (2007) definem incêndio florestal como uma combustão sem controle que se propaga consumindo os combustíveis naturais de uma floresta, respondendo às variações do ambiente e às influências derivadas dos combustíveis, das variáveis meteorológicas e da topografia.

Para Velez (2000), incêndio florestal é o fogo descontrolado que queima uma floresta, seja de origem natural, seja provocado. Fonseca e Ribeiro (2003) definem incêndio florestal como a ocorrência de fogo em qualquer forma vegetativa, cujas causas vão de naturais a criminosas, podendo também estar associadas à forma acidental e, portando, inesperado pelo proprietário ou responsável pela área atingida.

Pode-se dizer que a história dos incêndios em áreas de cultivos florestais no Brasil começou com o incêndio de 1963 no estado do Paraná, um dos mais destrutivos já registrados no mundo. Foram mais de 2 milhões de hectares de florestas primárias queimadas, destruindo aproximadamente de 8.000 imóveis, desabrigando 5.700 famílias e causando a mortes 110 pessoas. Até então, não havia estudos relacionados aos incêndios florestais no Brasil.

Segundo Parizotto (2006), outro incêndio de grande repercussão no país aconteceu nos meses de fevereiro e março de 1998 no estado de Roraima. Estimase que a área queimada tenha sido de 1,5 milhão de hectares, o que corresponde a aproximadamente 7% das florestas do estado. Em 2003, Roraima foi novamente tomado pelo fogo, onde cerca de 500 mil hectares foram atingidos. Em 2005, no

estado do Acre, um incêndio devastou uma área aproximada de 600 mil hectares e atingiu em especial das regiões sudeste e noroeste do estado.

No estado de Santa Catarina, em 1996, um grande incêndio consumiu aproximadamente 30% da área da reserva indígena Xaçupé (maior reserva indígena de Santa Catarina), com 15.623 hectares, 65% do município de Içara. Duas casas também foram totalmente queimadas nesse incêndio, mas ninguém se feriu (SOUZA, 2013).

Para Ramos (1995), as queimadas, aliadas aos incêndios florestais, originadas tanto por fenômenos naturais quanto pelo homem, começam a provocar impacto não só ao ambiente, como também a destruição de benfeitorias, no desligamento de linhas de transmissão de energia elétrica, no comprometimento do transporte aéreo e rodoviário e, ainda, começam a ameaçar a saúde e a própria vida das populações das áreas atingidas.

Segundo Tetto (2012), os incêndios florestais são os causadores de grandes impactos ambientais, sociais e econômicos no mundo, onde devido às condições climáticas a sua frequência e intensidade tendem a aumentar nos próximos anos.

De acordo com Viegas *et al.* (1994), a melhor maneira de comparar o desempenho de diferentes índices de perigo de incêndio é submetê-lo aos mesmos dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios, como feito por Soares (1972b; 1987).

3.2 REGISTROS DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

De acordo com Soares (1992), apesar da importância desses dados para ações de prevenção e combate aos incêndios, não existe registro atualizado de ocorrência de incêndios que permita conhecer o perfil dos incêndios no Brasil. Somente algumas empresas florestais têm mantido registro confiável das ocorrências ao longo dos anos.

A análise do comportamento histórico dos incêndios permite estabelecer correlações entre as variáveis que influem na ocorrência e propagação do fogo, a qual auxilia e melhora as ações de prevenção e combate aos incêndios florestais (RODRIGUEZ; SOARES, 2004). Para Soares e Batista (2007) é importante saber onde ocorrem os incêndios, para se definir as regiões de maior risco e estabelecer com maior eficiência os programas de prevenção.

Nos estados de Santa Catarina e Paraná, poucas instituições têm se voltado para o registro e arquivos de incêndios florestais. Desta forma, a coleta de dados para fins de estudo são limitados a algumas empresas, Corpo de Bombeiros e Associações.

3.3 CÁLCULOS DO PERIGO DE INCÊNDIO

As primeiras metodologias de estudo para se determinar a estimativa do grau de perigo de incêndios para o Brasil surgiu no ano de 1963, depois do grande incêndio, o Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura anunciou duas fórmulas para determinar o grau de perigo de incêndios: os índices de Angstron e o de Nesterov, somente no ano de 1972, com a utilização de dados específicos do estado do Paraná, Ronaldo Viana Soares desenvolveu a Formula de Monte Alegre, utilizando os dados de umidade do ar medido as 13 horas e o número de dias acumulativos sem precipitação.

A importância do perigo de incêndio está relacionada a tendência de prevenção e pré-supressão do incêndio. Sua estrutura está baseada na relação entre os incêndios já ocorridos e os elementos meteorológicos como umidade, temperatura e precipitação.

De acordo com Soares (1985), os índices de perigos de incêndios têm sido elaborados em diversos países do mundo. Merecem destaque no Brasil:

3.3.1 ÍNDICE DA CAROLINA DO SUL (ICS)

Este índice, usado na Carolina do Sul, E.U.A., na década de 1960, foi introduzido por uma empresa florestal do norte do estado de Santa Catarina e ainda usado naquela região para estimar o perigo de incêndio, tanto em cultivos florestais como em florestas (SOARES, 1998). Para o cálculo do índice são as etapas:

1° - Coleta em formulário dos dados diariamente às 14 horas, através da leitura dos aparelhos localizados na estação meteorológica manual, onde se obtém a temperatura, temperatura máxima e mínima do dia, temperatura do bulbo seco e úmido, precipitação (polegadas cúbicas, medidas com uma régua), direção e velocidade do vento (milhas por hora), pressão barométrica e volume de nuvens.

2° - Conversão de unidades e cálculo de variáveis, após a coleta dos dados, fazer as seguintes conversões e cálculos necessários:

a) Conversão de °C para °F com a fórmula:

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32.$$

b) Conversão de polegadas cúbicas para milímetros (precipitação), com a fórmula:

$$\text{milímetros (mm)} = \text{pol.} \times 25,4.$$

c) Conversão de milhas/h para quilômetros/h:

$$\text{km/h} = \text{se} \times 1,6$$

d) Cálculo de depressão:

$$\text{Depressão do bulbo molhado} = \text{bulbo seco (}^{\circ}\text{F)} - \text{bulbo molhado (}^{\circ}\text{F)}$$

e) Cálculo da umidade relativa do ar: aplicar os valores da depressão e temperatura do ar (°F) (TABELA 1) para determinar a umidade relativa do ar (%).

TABELA 1: UMIDADE RELATIVA DO AR

TEMPERATURA DO AR (° F)	DEPRESSÃO DO BULBO SECO (° F)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30	90	79	69	59	49	40	30	21	12	3			
32	90	80	71	61	52	43	34	25	17	8			
34	91	82	73	64	55	46	38	30	21	13	5		
36	91	83	75	66	58	50	42	34	26	18	10	3	
38	92	84	76	68	61	53	45	37	30	22	15	8	1
40	92	84	77	69	62	55	48	41	33	26	19	13	6
41	92	85	77	70	63	56	49	42	35	28	22	15	8
42	92	85	78	71	64	57	50	44	37	30	24	17	11
43	92	86	78	71	65	58	51	45	38	32	26	19	13
44	93	86	79	72	66	59	52	46	40	33	27	21	15
45	93	86	79	72	66	60	53	47	41	35	29	23	17
46	93	86	80	73	67	60	54	48	42	36	30	24	19
47	93	86	80	74	67	61	55	49	43	37	32	26	20
48	93	87	80	74	68	62	56	50	44	39	33	27	22
49	93	87	81	74	69	63	57	51	45	40	34	29	24
50	94	87	81	75	69	63	57	52	46	41	35	30	25
51	94	88	82	76	70	64	58	53	47	42	37	31	26
52	94	88	82	76	70	65	59	53	48	43	38	33	28
53	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	34	29

Fonte: O autor (2021)

3° - Cálculo das variáveis da planilha mensal de perigo de incêndio

a) Estado herbáceo: pode ser as Tabelas 2 ou 3, que indica o número da tabela a ser utilizada na sequência dos cálculos, (TABELA 2) utilizada para os meses de julho a dezembro e (TABELA 3) utilizada para os meses de janeiro a junho.

TABELA 2: HUMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL ESTADO HERBÁCEO, TRANSISSÃO - 25% - 75% SECO OU SECANDO - JULHO A DEZEMBRO

DEPRESSÃO DO BULBO MOLHADO	TEMPERATURA DO BULBO SECO (F)									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
110	99	89	79	69	59	49	39	29	19	

PORCENTO										
0	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +
1	23	28	30	30	30	30	30	30	30	30
2	21	23	25	25	25	25	25	25	25	25
3	17	19	20	21	21	22	22	22	21	17
4	15	17	18	19	20	20	20	20	18	15
5	14	16	17	17	18	18	18	17	15	13
6	13	15	16	16	17	17	17	16	14	
7	13	14	15	15	15	15	15	15	13	
8	12	14	14	15	15	15	15	14		
9	12	13	14	14	14	14	14	13		
10	11	13	13	14	14	14	14	11		
11 – 12	11	11	12	12	13	13	12	11		
13 – 14	10	11	11	11	11	11	9			
15 – 16	9,5	40	11	11	11	10	9			
17 – 18	9	9,5	10	10	10	8				
19 – 20	9	90	9,5	9,5	9	7				
21 – 22	8,5	9	9	9	8					
23 – 24	8,5	8,5	8,5	8	7					
25 – 26	8	8	8	7,5	7					
27 – 28	8	8	7,5	7,5						
29 – 30	7,5	7,5	7	6,5						
31 – 32	7,5	7,5	6,5							
33 – 34	7	7	6							
35 – 36	7	6,5	6							
37 – 38	6,5	6								
39 – 40	6	6								
40 +	6	6								

UMIDADE FATOR DO MATERIAL SECANTE COMBUSTÍVEL	
21 ou +	0
15 -- 20,9	1
12 -- 14,9	2
10 -- 11,9	3
9 -- 9,9	4
8 -- 8,9	5
7,9 ou -	7

Fonte: O autor (2021)

TABELA 3. UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL ESTADO HERBÁCEO VERDE - MENOS DE 25% SECO OU SECANDO - JANEIRO A JUNHO

DEPRESSÃO DO BULBO MOLHADO	TEMPERATURA DO BULBO SECO (F)									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	110	99	89	79	69	59	49	39	29	19
PORCENTO										
0	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +
1	30	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +	30 +
2	26	28	30	30	30	30	30	30	30	30
3	22	24	25	26	26	27	27	27	26	22
4	20	22	23	24	25	25	25	25	23	20
5	19	21	22	22	23	23	23	23	20	18
6	18	20	21	21	22	22	22	22	19	
7	18	19	20	20	20	20	20	20	18	
8	17	19	19	20	20	20	20	19		
9	17	19	19	19	19	19	19	18		
10	16	18	18	19	19	19	18	16		
11 – 12	16	16	17	17	18	18	17	16		
13 – 14	15	16	16	16	16	16	14			
15 – 16	15	15	16	16	16	15	14			
17 – 18	14	15	15	15	15	13				
19 – 20	14	14	15	15	14	12				
21 – 22	14	14	14	14	13					
23 – 24	14	14	14	13	12					
25 – 26	13	13	13	13	12					
27 – 28	13	13	13	12						
29 – 30	13	13	12	12						
31 – 32	13	13	12							
33 – 34	12	12	11							
35 – 36	12	12	11							
37 – 38	12	11								
39 – 40	11	11								
40 +	11	11								

UMIDADE FATOR DO MATERIAL SECANTE COMBUSTÍVEL	
26 ou +	0
20 -- 25,9	1
17,2 -- 19,9	2
15 -- 16,9	3
14 -- 14,9	4
13 -- 13,9	5
12,9 ou -	7

Fonte: O autor (2021)

- b) Umidade material fino combustível: utilizar a Tabela 2 ou 3, conforme o estado herbáceo.
- c) Fator secante: utilizar a Tabela 2 ou 3, conforme o estado herbáceo.
- d) Índice cumulativo de ontem: Sem precipitação < 0,10 polegadas, copiar não altera o valor do índice cumulativo do dia anterior (item e). Com precipitação > 0,10 polegadas, corrigir o valor do índice cumulativo do dia anterior (item e), (TABELA 4).

TABELA: CORREÇÃO DO ÍNDICE CUMULATIVO

ÍNDICE CUMULATIVO DE ONTEM	TOTAL DA PRECIPITAÇÃO EM 24 HORAS (POL.)									
	0,11 a 0,20	0,21 a 0,30	0,31 a 0,50	0,51 a 0,70	0,71 a 0,90	0,91 a 1,20	1,21 a 1,80	1,81 a 2,20	2,21 a 2,80	2,81 a mais
	ÍNDICE CUMULATIVO CORRIGIDO									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 – 2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3 – 5	3	3	3	2	2	1	0	0	0	0
6 -- 9	6	6	5	4	3	2	1	0	0	0
10 – 15	10	10	8	6	5	4	2	1	0	0
16 – 20	16	14	12	9	7	5	3	2	1	0
21-- 25	21	18	15	12	9	6	3	2	1	0
26 – 30	26	22	18	14	10	8	4	2	1	0
31 – 35	31	26	21	16	12	9	5	3	1	0
36 – 40	35	30	23	18	14	10	5	3	1	0
41 – 45	40	34	25	20	15	11	6	3	2	0
46 – 50	44	37	29	22	16	12	6	3	2	0
51 – 60	50	42	32	24	18	13	7	4	2	0
61 – 70	58	48	37	26	19	14	8	4	2	0
71 – 80	67	54	40	29	21	15	9	4	2	0
81 – 90	76	58	43	31	23	16	9	4	2	1
91 – 100	80	64	46	33	24	17	9	5	3	1
101 – 120	92	69	50	35	25	18	10	5	3	1
121 –150	106	76	54	37	27	19	10	5	3	1
151 – 200	126	86	58	39	28	20	11	5	3	1
201 – 250	140	95	65	42	29	21	11	6	4	1
251 – 300	155	105	70	45	30	22	12	6	4	1
301 – 400	185	115	75	48	32	23	12	6	4	1
401 +	230	135	80	50	35	24	13	7	4	1

Fonte: O autor (2021)

- e) Índice cumulativo de hoje: é o índice cumulativo de ontem (corrigido ou não) + fator secante.
- f) Umidade do material combustível ajustada, (Tabela 5) índice cumulativo de hoje e umidade do material combustível.

TABELA 5. UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL AJUSTADA

ÍNDICE CUMULATIVO	HUMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL (%)													
	1	1,5	2	2,5 ou 3	3,5 ou 4	4,5 ou 5	5,5 ou 7	7,5 ou 9	9,5 ou 11	12 ou 14	15 ou 17	18 ou 20	21 ou 24	25 +
	PORCENTO													
0	11	11	12	12	13	14	16	17	19	22	24	27	30+	30+
1 – 5	10	11	11	12	13	14	15	17	19	21	24	27	30	30+
6 – 12	9,5	10	10	11	12	13	14	16	18	20	23	26	29	30+
13 – 19	8,5	9	9,5	10	11	12	13	15	17	19	22	25	28	30+
20-- 29	7,5	8	8,5	9	10	11	12	14	16	18	21	24	27	30
39 – 39	6,5	7	7,5	8	9	10	11	13	15	17	20	23	26	29
40 – 49	5,5	6	6,5	7	8	9	10	12	14	16	19	22	25	28
50 – 69	4,5	5	5,5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	27
70 – 89	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	12	14	17	20	23	26
90 – 99	3	3,5	4	4,5	5,5	6	7,5	9,5	11	14	16	19	23	26
100 – 149	2	2,5	3	4	4,5	5,5	7	8,5	10	13	16	18	22	25
150 – 199	2	2,5	3	3,5	4	5	6,5	8	10	13	15	18	22	25
200 – 399	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	15	18	21	24
400+	1	1,5	2	3	3,5	4,5	6	7,5	9,5	12	15	17	21	24

Fonte: O autor (2021)

g) Índice de propagação da madeira: (Tabela 6).

TABELA 6. ÍNDICE DE PROPAGAÇÃO

UMIDADE DO MATERIAL COMB. (PORCENTO)	VELOCIDADE DO VENTO (MILHAS / HORA)															
	0 a 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 a 12	13 a 15	16 a 19	20 a 24	25 a 29	30 +
	ÍNDICE															
30 +	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29 – 30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6
27 – 28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9
25 – 26	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	6	7	8	9	11	13
23 – 24	1	2	3	3	4	4	5	6	7	7	8	10	11	13	15	17
21 – 22	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	13	15	17	20	22
19 – 20	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	17	19	22	25	29
17 – 18	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	21	24	28	32	36
15 – 16	8	10	11	12	14	15	17	18	19	20	22	26	30	34	39	41
14	9	11	12	14	16	18	20	21	22	23	26	30	34	39	44	51
13	10	12	14	16	18	20	21	23	25	26	28	33	37	43	48	56
12	11	13	15	17	19	21	23	25	27	28	31	36	41	47	53	62

11	12	15	17	19	21	23	25	27	29	31	34	39	44	51	58	68
10	13	16	18	20	22	25	27	29	31	33	37	42	48	56	63	75
9,5	14	17	19	21	23	26	28	30	33	35	38	44	50	58	66	76
9	14	17	20	22	24	27	29	32	34	36	40	46	52	60	68	79
8,5	15	18	21	23	25	28	30	33	36	38	42	47	54	63	71	83
8	15	19	22	24	26	29	31	34	37	39	43	49	56	65	74	86
7,5	16	19	22	25	28	30	33	35	38	40	45	51	58	67	76	89
7	17	20	23	25	28	31	34	37	39	42	46	53	60	69	79	93
6,5	17	21	24	26	29	32	35	38	40	43	48	54	62	72	82	96
6	18	22	25	27	30	34	37	39	42	45	50	56	64	74	85	99
5,5	18	22	25	28	31	35	38	41	44	47	51	58	66	77	88	100
5	19	23	26	29	32	36	39	42	46	48	53	60	69	79	91	100
4,5	20	24	27	30	33	37	40	43	47	50	55	62	71	82	94	100
4	21	24	28	31	34	38	41	45	48	51	57	64	73	84	97	100
3,5	21	25	29	32	35	39	42	46	49	53	58	66	75	87	100	100
3	22	26	30	33	36	40	43	47	50	54	54	68	77	89	100	100
2,5	23	27	31	34	38	42	45	49	52	56	56	70	80	92	100	100
2	24	28	32	35	39	43	46	50	54	58	64	72	82	94	100	100
1,5	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	65	74	84	97	100	100
1	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	67	76	86	100	100	100

Fonte: O autor (2021)

Com base no Índice de propagação, teremos a classe de risco conforme é indicado através de uma escala de cinco níveis: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo (TABELA 7), começando em 0 até >40.

TABELA 7 – GRAU DE PERIGO DO ICS

INTERVALO DE CLASSES DA ICS	GRAU DE PERIGO
0 – 4	Baixo
5 – 9	Moderado
10 – 19	Alto
20 – 39	Muito alto
>40	Extremo

Fonte: O autor (2021)

3.3.2 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE (FMA)

Desenvolvido através de dados da região central do estado do Paraná, em uma fazenda da empresa Klabin S.A., por SOARES (1972), este índice também é acumulativo, assim como o ICS.

A Fórmula de Monte Alegre tem sido usada desde então por várias empresas e instituições florestais brasileiras para estimar o grau de perigo de incêndio e ajudar no planejamento das atividades de prevenção e combate. Ela é estruturalmente muito simples, requer apenas duas variáveis meteorológicas para se calculada, umidade relativa do ar e precipitação, pode ser usada em praticamente todo o país devido à sua simplicidade e facilidade de coleta dos dados. A sua equação básica é:

$$FMA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{H_i} \right)$$

Sendo:

FMA = Fórmula de Monte Alegre

H = umidade relativa do ar (%) no i-ésimo dia

n = número de dias sem chuva acima de 12.9 mm

A quantidade diária de precipitação reduz o valor de índice, conforme apresentado na Tabela 8.

TABELA 8 – RESTRIÇÕES DA FMA

CHUVA DO DIA (mm)	MODIFICAÇÕES NO CÁLCULO
≤2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
>12,9	Interromper o cálculo (FMA=0), recomeçando o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

Fonte: Soares e Batista (2007)

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA é também realizada por meio de uma escala (TABELA 9).

TABELA 9: GRAU DE PERIGO DA FMA

INTERVALO DE CLASSES DA FMA	GRAU DE PERIGO
0,0 - 1,0	Nulo
1,1 - 3,0	Pequeno
3,1 - 8,0	Médio
8,1 - 20,0	Alto
>20,0	Muito Alto

Fonte: Soares e Batista (2007)

3.3.3 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA+)

Nunes (2005) propôs uma modificação no índice FMA, acrescentando a variável do vento à fórmula original, para proporcionar também uma indicação da intensidade de propagação do fogo. A equação básica da FMA+ é:

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

Sendo:

FMA+= Fórmula de Monte Alegre alterada;

H= umidade relativa do (%) medida às 13 horas;

N= número de dias sem chuva maior ou igual a 13 mm;

V= velocidade do vento em m/s, medido às 13 horas;

E= base dos logaritmos naturais (2,718282).

Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito às mesmas restrições de precipitação da FMA (ver Tabela 2). Como o efeito do vento não é acumulativo é aplicado à fórmula o valor da velocidade do vento às 13 horas de cada dia. A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA+ é também feita através de uma escala (Tabela 10), (SOARES; BATISTA, 2007)

TABELA 10: ESCALA DE PERIGO DA FMA+

INTERVALO DE CLASSES DA FMA	GRAU DE PERIGO
0,0 - 3,0	Nulo
3,1 - 8,0	Pequeno
8,1 - 14,0	Médio
14,1 - 24,0	Alto
>24,0	Muito alto

Fonte: Soares e Batista (2007)

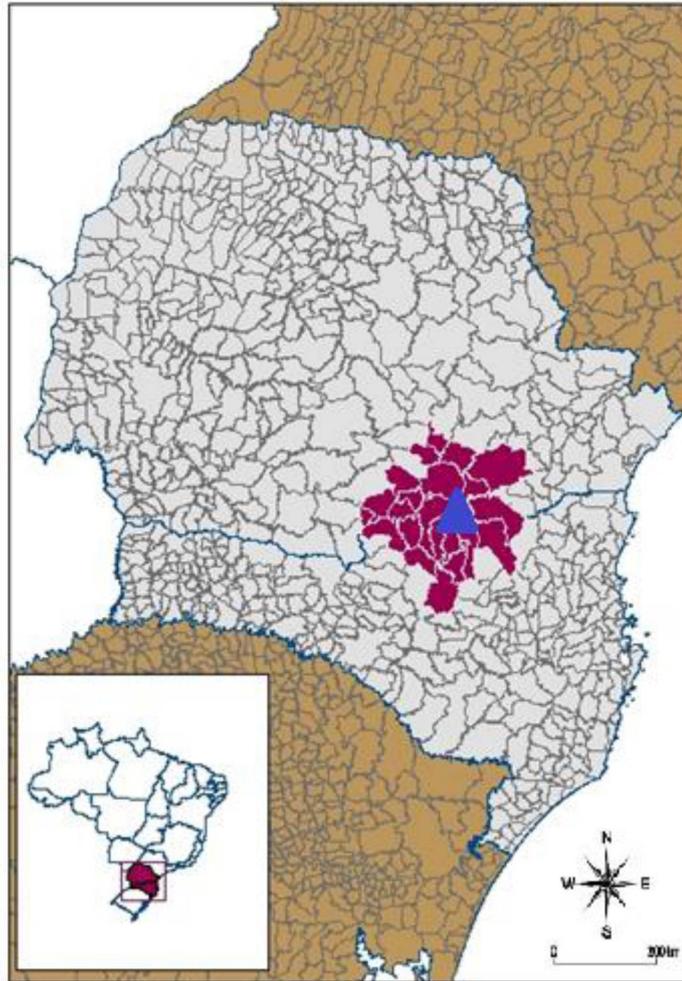
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo para a realização da comparação entre a ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada, localizam-se no norte do estado de Santa Catarina, nos municípios de: Itaiópolis, Mafra, Canoinhas, Bela Vista do Toldo, Major Vieira, Ireneópolis, Porto União e Timbó Grande; e no sul do estado do Paraná, nos municípios de Paulo Frontin, Mallet, São Mateus do Sul, Rebouças, São João do Triunfo, Antônio Olinto, Fernandes Pinheiro e Lapa, totalizando 54.000 hectares. A região sul do Paraná onde se localizam parte da área considerada neste estudo possui 147.238 habitantes e o norte do estado de Santa Catarina possui 515.698 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010). A vegetação predominante é Floresta Ombrófila Mista e a altitude varia de 725 a 925 metros. O clima é temperado Cfb, de acordo com a classificação climática de Köppen. Durante o inverno o clima é bastante frio, com temperaturas que podem chegar a -4°C e sensação térmica de -10°C , com ocorrências de fortes geadas. No verão, o clima varia de agradável a quente, as temperaturas podem chegar a 34°C , podendo haver secas. As principais atividades econômicas da região são: agricultura, extrativismo (erva-mate), pecuária, madeireira e papel e celulose, IBGE, (2010)

Na Figura 1 é possível observar a localização dos municípios considerados neste estudo, no mapa dos estados de Santa Catarina e Paraná.

Figura 1 - Localização dos municípios, nos estados do Paraná e Santa Catarina.



Fonte: Autor (2021)

Em Santa Catarina possui atualmente 828,9 mil hectares de cultivos florestais, de acordo com o levantamento da Associação Catarinense de Empresas Florestais (ACR), 2019). Desta totalidade, 67% (553,6 mil hectares) é ocupada com pinus e cerca de 33% (275,3 mil hectares) com eucalipto.

No Paraná, são mais de 860 mil hectares de cultivos florestais, segundo o relatório anual do Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), 2014).

4.2 OBTENÇÕES DOS DADOS

Os dados meteorológicos, foram coletados da estação meteorológica com as coordenadas geográficas de latitude sul 26° 07' 58" e de longitude oeste 50° 18' 35", com Altitude de 780 m, ocorrências de incêndios florestais, áreas queimadas e valores diários do ICS foram disponibilizados pela WestRock Celulose, Papel e Embalagens

Ltda, com Sede da Divisão Florestal no município de Três Barras, Santa Catarina, captados do banco de dados da empresa. Para efeito deste estudo, foram considerados apenas os incêndios registrados pela empresa. A compilação dos dados compreende um período de 17 anos, ou seja, do dia 01 de janeiro de 2003 ao dia 31 de dezembro de 2019. Quanto a sua natureza, os incêndios foram divididos em: incêndios em “cultivos florestais” (pinus e eucalipto) e incêndios em “florestas” (reserva legal e área de preservação permanente). Posteriormente realizou a divisão por ano e por meses do ano, onde o objetivo foi verificar os meses de cada um dos anos em que houve maior incidência de incêndios. Foram excluídos os dados antes de 2003, por não existir o registro e banco de dados digitais.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

A eficiência do ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada na previsão do perigo de incêndios foi determinada através da análise de *skill score* (SS) e análise do Percentual de Sucesso (SS). BRUNA, TETTO e SOUZA. O método SS tem por base o uso de uma tabela de contingência, que registra e analisa o padrão de relacionamento entre duas ou mais variáveis e contém os valores observados e os previstos para o mesmo evento. A TABELA 11 é gerada para se comparar os eventos teóricos com as observações reais. Uma previsão de resultados perfeitos possui uma habilidade de previsão igual 1 (um), uma previsão com habilidade semelhante à previsão de referência possui habilidade igual a 0 (zero) e uma previsão que é menos hábil do que à previsão de referência, possui valores de habilidade negativo. As Tabelas 11 e 12, ilustram como são realizados os cálculos para serem obtidos o SS e o PS.

TABELA 11 – TABELA DE CONTIGÊNCIA

EVENTO	OBSERVADO		TOTAL PREVISTO	
	INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO		
Previsto	Incêndio	A	B	N2 = A + B
	Não incêndio	C	D	N4 = C + D
Total observado	N1 = A + C	N3 = B + D	N = A + B + C + D	

Fonte: Nunes, (2005)

TABELA 12 – ANÁLISE DA TABELA DE CONTINGÊNCIA

EVENTO	OBSERVADO		TOTAL PREVISTO	
	INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO		
Previsto	Incêndio	A/N1	B/N3	1
	Não incêndio	C/N1	D/N3	1
Total observado		1	1	2

Fonte: Nunes, (2005)

As equações necessárias para a obtenção dos resultados são:

N = número total de observações

$$(N = A + B + C + D)$$

G = número de acertos na previsão

$$(G = A + D)$$

H = número esperado de acertos

$$(H = N \cdot (1-P) \cdot (1-Q) + N \cdot P \cdot Q)$$

Sendo: $P = N1 / N$ e $Q = N2 / N$

Para a compreensão da tabela de contingência e das variáveis presentes na mesma, considerar que:

A = número de dias com ocorrências de incêndio previstas e observadas;

B = número de dias com ocorrências de incêndio previstas e não observadas;

C = número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e observadas;

D = número de dias com ocorrência de incêndio não previstas e não observadas

P = número de dias com ocorrências de incêndio prevista e observadas (a) + número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e observadas (c), dividido pelo número total de observação (N);

Q = número de dias com ocorrência de incêndio previstas e observadas (a) + número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e não observadas (b), dividido pelo número total de observações (N).

Onde:

SS: *skill score* ($SS = (G - H) / (N - H)$)

PS: porcentagem de sucesso ($PS = 100.G / N$).

Para a aplicação dessa metodologia foi utilizada a mesma base de dados meteorológicos para o cálculo dos índices de perigo de incêndios (ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada) e os mesmos incêndios ocorridos, em cada um dos 6209 dias analisados. Os graus de perigo “nulo” e “pequeno” não foram considerados na probabilidade em que as chances de ocorrência de incêndio e pelas proporções dos efeitos que pode causar, enquanto os graus de perigo “médio”, “alto” e “muito alto” foram considerados como indicativos de probabilidade de ocorrência de incêndio.

Para que se tenha um resultado satisfatório é importante que o número de dias previstos tenha uma relação inversa ao grau de perigo, de forma que quanto maior o número de dias, menor o perigo apresentado.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

De uma forma ampla, o processo de análise envolveu os seguintes passos:

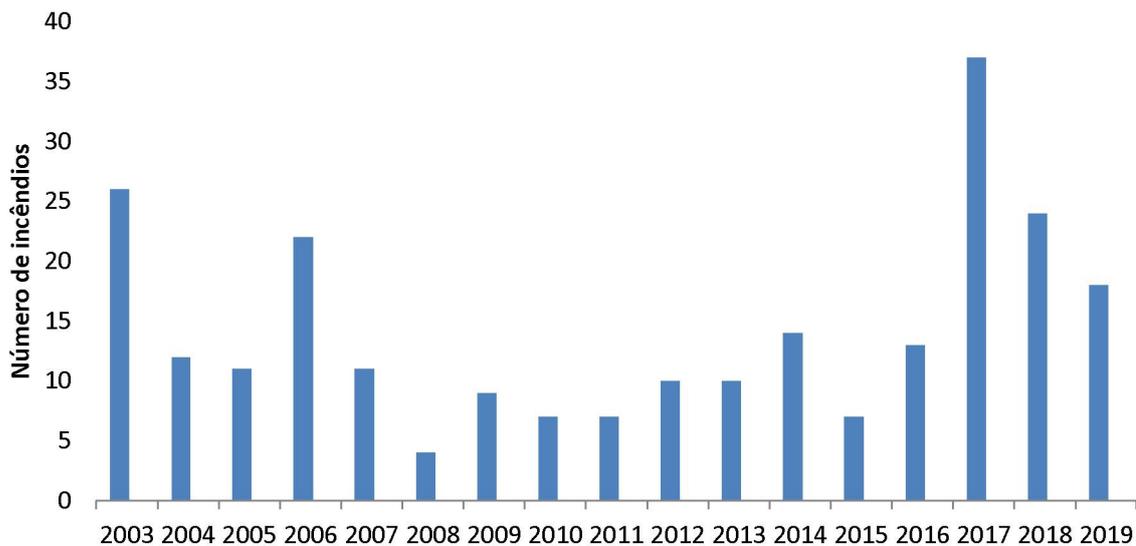
- I. Tabulação dos incêndios florestais na área do estudo, no período de 2003 a 2019.
- II. Tabulação dos dados meteorológicos da estação meteorológica da WestRock, localizada no município de Três Barras, Santa Catarina.
- III. Aplicação dos dados meteorológicos nas equações da ICS, FMA e FMA+, a fim de obter a classe diária em ambos os índices;
- IV. Comparação dos incêndios ocorridos com as classes de incêndio ICS, FMA e FMA+;
- V. Comparação da quantidade de dias em cada classe e número de incêndios ocorridos por classe;
- VI. Verificação da necessidade e aplicação de ajustes no índice de perigo de incêndio FMA+, com a comparação entre o ICS, FMA e FMA+;
- VII. Validação da FMA+ ajustada, por meio dos métodos SS e PS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPORTAMENTOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

No período de 2003 a 2019 foram registrados na área de estudo um total de 242 incêndios florestais. Desse total 57 (23,55%) ocorreram em “floresta nativa” e 186 (76,45%) em área de “reflorestamento”. No gráfico 1 é possível observar o número absoluto de incêndios ocorridos nas áreas de estudo entre os anos de 2003 a 2019.

Gráfico 1 - Incêndios ocorridos nas áreas de estudo entre 2003 a 2019.



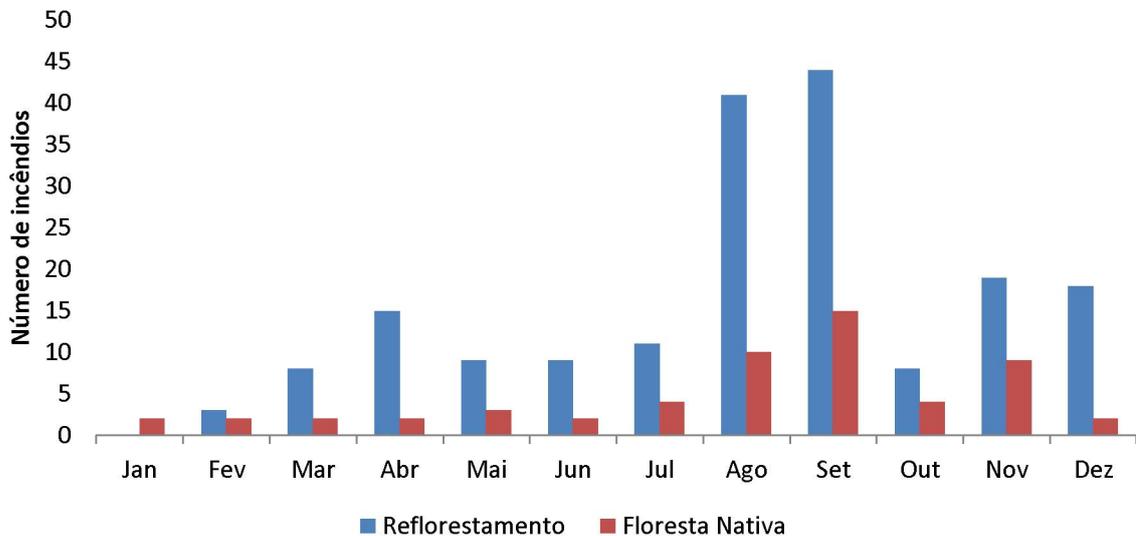
Elaborado pelo autor (2021)

Através do número de incêndios florestas distribuídas pelos meses do ano é possível prever a estação normal de perigo de incêndio para a região, com os meses de agosto e setembro. Na tabela anterior, foi possível visualizar e observar os incêndios ocorridos distribuídos ao longo dos anos e pelos meses de cada ano, permitindo visualizar quais os períodos de maior ocorrência. Observou-se que os meses de maior incidência foram agosto e setembro, tendo, respectivamente 49 e 61, ou 45,45% do total de incêndios para o período. Também se observa que no ano de 2017 houve 37 registros, devido à ação de incendiários em áreas próxima a cidade de Três Barras, conforme mostra o Gráfico 1.

No Gráfico 2 é possível visualizar os meses com maior ocorrência. Percebe-se pelo total de incêndios que o período de maior número se concentrou nos meses de agosto e dezembro, seguidos do mês de abril. Ressalta-se ainda que os meses de

janeiro, fevereiro, março e outubro apresentam menor número de ocorrência, sendo que não exigem cuidados diferenciados, por causa do clima, com maior quantidade de precipitação pluviométrica.

GRÁFICO 2 – NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR MÊS E TIPO DE VEGETAÇÃO

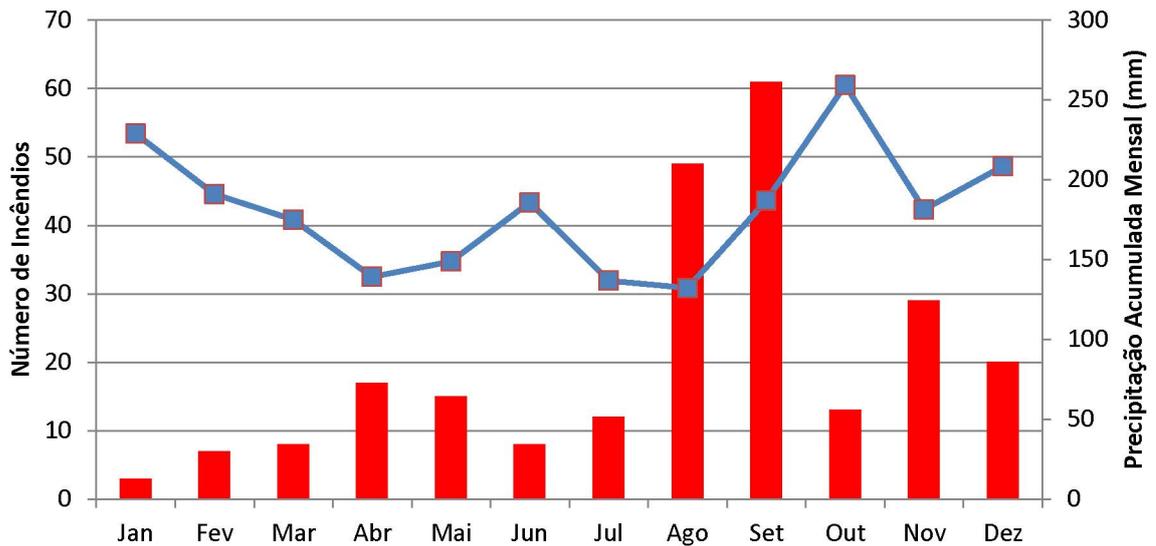


Fonte: O autor (2021)

Tanto os incêndios em “reflorestamento” quanto em “florestas nativas” tiveram um comportamento semelhante devido à sua distribuição ao longo dos meses.

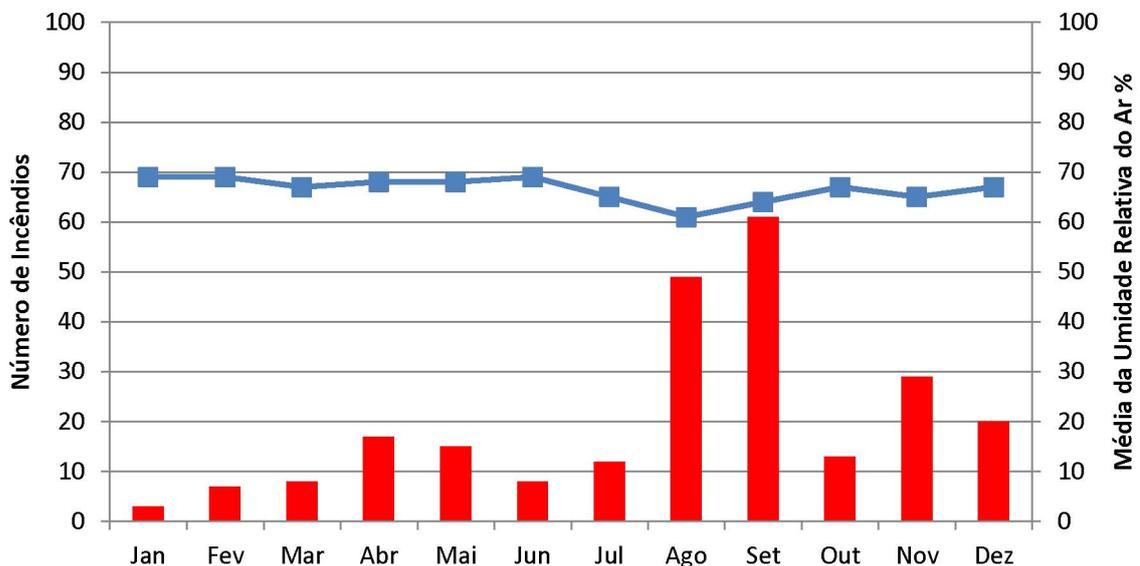
Também é importante o estudo da média de precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar comparada ao número de incêndios distribuídos nos meses do ano, que permite relacionar o comportamento dos incêndios com essas variáveis. Nos Gráficos 3 e 4 é possível observar o comportamento da precipitação e umidade relativa ao número de incêndios.

GRÁFICO 3: NÚMERO DE INCÊNDIOS X MESES DO ANO X PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL



Fonte: O autor (2021)

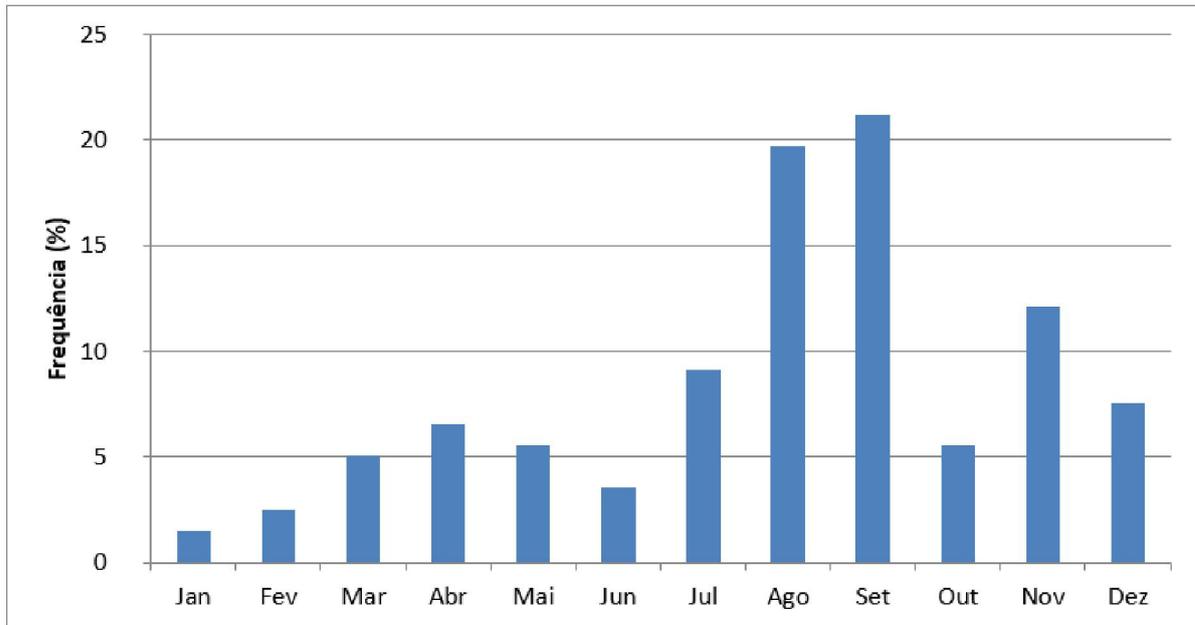
GRÁFICO 4: NÚMERO DE INCÊNDIOS E UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA MENSAL PARA A REGIÃO NORTE DE SANTA CATARINA E SUL DO PARANÁ NO PERÍODO DE 2003 À 2009



Fonte: O autor (2021)

No Gráfico 5 é apresentada a porcentagem do número de dias de cada mês nos quais ocorreram incêndios. Os valores variaram de 1,24% em janeiro até 25,21% em setembro. Devido a precipitação pluviométrica ser maior no primeiro trimestre do ano e os maiores índices ocorrem depois do inverno com a presença de geadas que secam a vegetação. Os meses que apresentam maior número de dias de ocorrências foram agosto, setembro e novembro, enquanto os que apresentam menor número foram janeiro, fevereiro e junho.

GRÁFICO 5: FREQUÊNCIA EM PERCENTUAL DO NÚMERO DE DIAS DOS INCÊNDIOS OCORRIDOS X MESSES DO ANO



Fonte: O autor (2021)

5.2 COMPORTAMENTO DO ICS, FMA E FMA+

Para este estudo foram analisados 6.209 dias, (17 anos), onde em 6011 dias não ocorreram incêndios e somente em 198 dias houve a ocorrência de incêndios, que atingiram cultivos florestais e florestas. Apesar de ambos os índices usarem escalas de cinco níveis (classe 1, 2, 3, 4 e 5), as terminologias dos graus de perigo são ligeiramente diferentes, (TABELA 13).

TABELA 13 – DISTRIBUIÇÃO DOS NÚMEROS DE DIAS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DE ACORDO COM O ICS, FMA E FMA+, NO PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2019

PERIGO DE INCÊNDIO	DIAS					
	ICS/FMA /FMA+		FMA		FMA+	
	N°	%	N°	%	N°	%
CLASSE 1	5.391	86,8	2.184	35,1	5.602	90,1
CLASSE 2	606	9,8	1.609	25,9	431	6,8
CLASSE 3	189	3,0	1.118	17,9	113	2,1
CLASSE 4	23	0,4	852	13,7	50	0,8
CLASSE 5	0	0	446	7,1	13	0,2
TOTAL	6.209	100	6.209	100	6.209	100

Fonte: O autor (2021)

De acordo com o ICS, quase 87% dos dias foram classificados na classe 1 (baixo), contra 11% (nulo) pela FMA. Por outro lado, 7,1% dos dias foram classificados na classe 5 (muito alto) pela FMA, contra nenhum dia no ICS.

Esses valores são semelhantes aos encontrados por Soares *et al.* (1998), no estudo que realizou na mesma área considerada neste estudo, no município de Três Barras, Santa Catarina no período de 1995 a 1998, onde para o ICS 66% foram classificados na classe 1 (baixo) contra 11,5% (nulo) pela FMA. Por outro lado, 18% dos dias foram classificados na classe 5 (muito alto), contra um dia (menos de 0,1%) pelo ICS. A FMA+ na classe 2 ficou acima da média entre a FMA e o ICS.

A Tabela 14 apresenta a análise isolada do ICS. Nota-se que do total de dias, apresentaram os graus de perigo mais, enquanto 212 dias apresentaram os graus de perigo mais altos, distribuídos nos meses de agosto, setembro, novembro e dezembro, onde existe uma maior possibilidade de ocorrer o incêndio, e que demanda uma maior atenção da brigada no combate. Cabe destacar a participação média em cada um destes grupos, sendo que a menor classe de perigo apresentou 96,6 % dos dias e para o grupo de maior perigo houve a participação de 3,4% dos dias.

TABELA 14: CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DA ICS PELO NÚMERO DE DIAS NO ANO

Período	Classes de Perigo de Incêndio – ICS			
	Nulo + Pequeno		Médio + Alto + Muito Alto	
	Número de dias	Participação (%)	Número de dias	Participação (%)
2003	348	5,60	17	0,27
2004	352	5,67	14	0,23
2005	348	5,60	17	0,27
2006	326	5,25	39	0,63
2007	343	5,52	22	0,35
2008	353	5,69	13	0,21
2009	359	5,78	6	0,10
2010	352	5,67	13	0,21
2011	361	5,81	4	0,06
2012	362	5,83	4	0,06
2013	361	5,81	4	0,06
2014	362	5,83	3	0,05
2015	362	5,83	3	0,05
2016	360	5,80	6	0,10
2017	359	5,78	6	0,10
2018	363	5,85	2	0,03
2019	326	5,25	39	0,63
TOTAL	5.997	96,6	212	3,40

Fonte: O autor (2021)

De forma a detalhar o número de dias em cada classe de perigo de incêndio, conforme a ICS, constatou-se que em 5391 dias foram observados o grau de perigo “baixo”, 606 dias no grau de perigo “moderado”, 189 dias no grau de perigo “alto”, 23 dias no grau de perigo “muito alto” e nenhum registro de dias no grau de perigo “extremo”, totalizando 6.209 dias de observação.

A Tabela 15 apresenta a análise isolada da FMA com relação aos dias com incêndio, onde se observa que 3.793 dias, apresentaram os graus de perigo mais baixo ou aqueles em que dificilmente ocorre um incêndio, enquanto 2.416 dias apresentaram os graus de perigo mais altos, onde existe uma maior possibilidade de ocorrer o incêndio. Foi possível observar a participação média em cada um destes grupos, sendo que a de menor perigo apresentou 61,09% dos dias e para o grupo de maior perigo houve a participação de 38,91% dos dias. É interessante como fica bem diferente do ICS.

TABELA 15: CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DA FMA PELO NÚMERO DE DIAS NO ANO

Período	Classes de Perigo de Incêndio – FMA			
	Nulo + Pequeno		Médio + Alto + Muito Alto	
	Número de dias	Participação (%)	Número de dias	Participação (%)
2003	188	3,03	178	2,87
2004	195	3,14	170	2,74
2005	213	3,43	152	2,45
2006	163	2,63	202	3,25
2007	186	3,00	180	2,90
2008	228	3,67	137	2,21
2009	255	4,11	110	1,77
2010	229	3,69	136	2,19
2011	225	3,62	141	2,27
2012	231	3,72	134	2,16
2013	259	4,17	106	1,71
2014	258	4,16	107	1,72
2015	253	4,07	113	1,82
2016	262	4,22	103	1,66
2017	226	3,64	139	2,24
2018	203	3,27	162	2,61
2019	219	3,53	146	2,35
TOTAL	3.793	96,6	2416	3,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A Tabela 16 ao realizar a análise individual da FMA+, em relação as classes, mostra 6.033 dias apresentaram os graus de perigo mais baixo ou aqueles em que dificilmente ocorre um incêndio, enquanto 176 dias apresentaram as classes de perigo mais altos. A participação média em cada um destes grupos, mostrou que a de menor perigo apresentou 97,17% dos dias e para o grupo de maior perigo houve a participação de 2,83% dos dias.

TABELA 16 – CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIO DA FMA PELO NÚMERO DE DIAS NO ANO

Período	Classes de Perigo de Incêndio - FMA+			
	Nulo + Pequeno		Médio + Alto + Muito Alto	
	Número de dias	Participação (%)	Número de dias	Participação (%)
2003	356	5,73	10	0,16
2004	347	5,59	18	0,29
2005	351	5,65	14	0,23
2006	331	5,33	34	0,55
2007	346	5,57	19	0,31
2008	349	5,62	16	0,26
2009	360	5,80	5	0,08
2010	349	5,62	16	0,26
2011	363	5,85	3	0,05
2012	360	5,80	5	0,08
2013	359	5,78	6	0,10
2014	364	5,86	1	0,02
2015	363	5,85	3	0,05
2016	363	5,85	2	0,03
2017	355	5,72	10	0,16
2018	362	5,83	3	0,05
2019	355	5,72	11	0,18
TOTAL	6.033	96,6	176	3,4

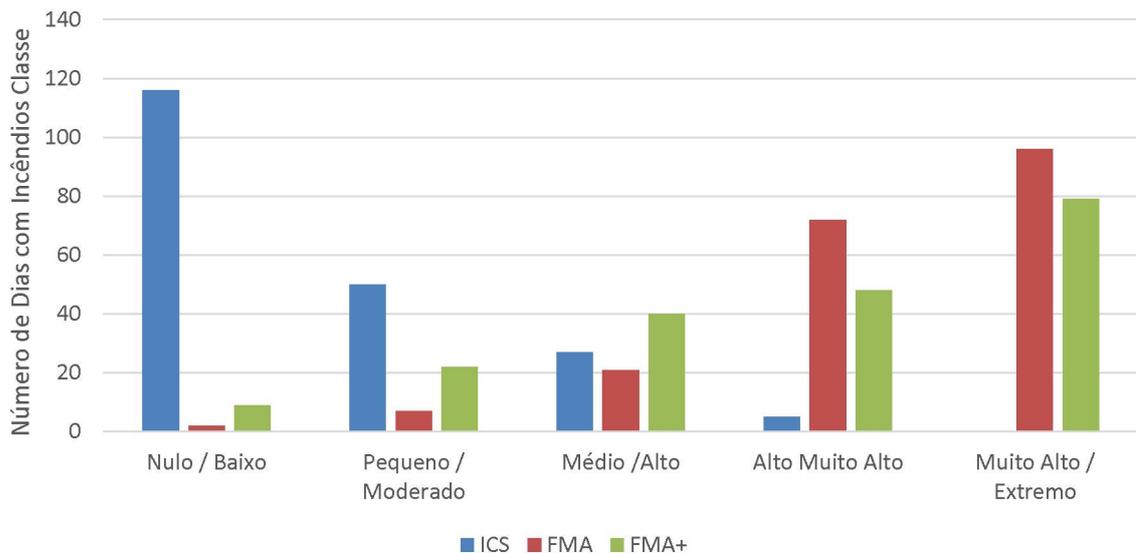
Fonte: O autor (2021)

A Tabela 17 ao realizar a análise comparativa entre o ICS, FMA e FMA+, mostra que do total de 6.209 dias somente em 198 dias ocorreram incêndios, no ICS apresentaram os graus de perigo mais baixo enquanto no FMA os dias apresentaram os graus de perigo mais altos. Na FMA+ ficou uma distribuição mais homogênea.

O Gráfico 6 apresenta o número de dias em cada classe de perigo de incêndio no ICS, FMA e FMA+. Constatou-se que no ICS, 116 dias foram observados incêndios na classe de perigo “baixo”, 50 dias na classe de perigo “moderado”, 27 dias na classe de perigo “alto”, 5 dias na classe de perigo “muito alto” e nenhum dia na classe de perigo “extremo”, em comparação com a FMA na qual dois incêndios foram

observados na classe de perigo “nulo”, 07 incêndios na classe de perigo “pequeno”, 21 incêndios na classe de perigo “médio”, 72 incêndios na classe de perigo “alto” e 96 incêndios na classe de perigo “muito alto”, ainda em comparação a FMA+ que 9 incêndios foram observados na classe de perigo “nulo”, 22 incêndios na classe de perigo “pequeno”, 40 incêndios na classe de perigo “médio”, 48 incêndios na classe de perigo “alto” e 79 incêndios na classe de perigo “muito alto”, totalizando 198 dias de incêndios durante os 17 anos de observação.

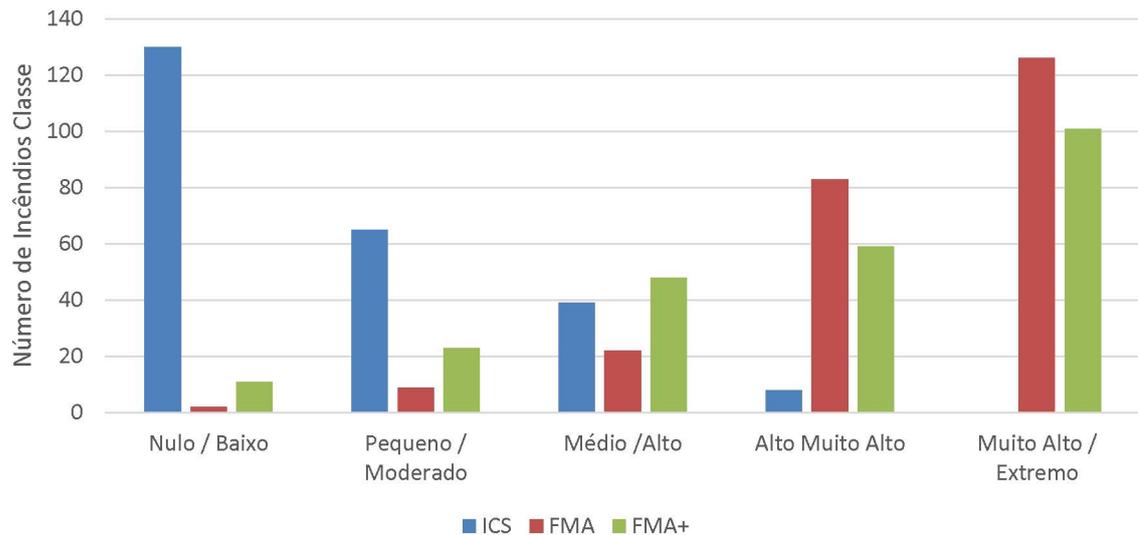
GRÁFICO 6: CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DO ICS, FMA e FMA+ PELO NÚMERO DE DIAS DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO



Fonte: O autor (2021)

Também foi possível determinar as classes de perigo para cada um dos 242 incêndios ocorridos nos anos de 2003 a 2019. O Gráfico 7 mostra que, para o índice de perigo do ICS, houve 130 ocorrências de incêndios ocorrendo na classe “baixo”, 65 incêndios ocorreram quando a classe estava “moderada”, 39 incêndios ocorreram na classe “alto”, 8 incêndios ocorreram quando classe estava “muito alto”, enquanto nenhum incêndio ocorreu quando apresentava a classe “extremo”. Já o índice FMA, apresentou a classe “muito alto” em 126 ocorrências, 83 incêndios ocorreram quando a classe estava “alto”, 22 incêndios ocorreram na classe “médio”, 11 incêndios ocorreram quando a classe “pequeno”, enquanto nenhum incêndio ocorreu quando apresentava a classe “nulo”.

GRÁFICO 7: NÚMERO DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE PERIGO – ICS x FMA x FMA+



Fonte: O (2021)

Segundo Nunes *et al.* (2007), deve-se partir da premissa de que o número de dias totais previsto em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo, e que o número de incêndios deve ter uma relação direta com a classe de perigo e não referente ao número de dias com incêndios. Nesse sentido, observa-se para os dados analisados, no Gráfico 6 que não existe uma relação inversa com o número de dias em cada classe e nem uma relação direta com o número de incêndios observados na FMA e FMA+.

Dessa forma, propõem-se a adoção de um ajuste para a FMA+, para a região norte de Santa Catarina e sul do Paraná.

5.3 DESEMPENHO DOS ÍNDICES DE INCÊNDIO ICS, FMA, E FMA+

Após os ajustes realizados na FMA+ ajustada, devemos testar o seu desempenho.

Para mensurar o desempenho do índice, foram selecionados: o número de dias em que a ICS, FMA, FMA+ e FMA+ ajustada previram ocorrências e não ocorrências de incêndios e os respectivos dias com e sem incêndios.

A partir desses dados, foi preenchida a tabela de contingência (Tabela 18) também realizou ainda a análise da tabela para verificar a conferência destes dados (Tabela 19), nota-se que o índice ICS previu incêndios em 212 dias e só ocorreram

em 33, portanto, o índice acertou em 33 e errou em 179 dias. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 5.997 dias, onde houve o acerto em 5.832 o erro de 165 dias.

TABELA 18 – CONTINGÊNCIA PARA ICS

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	33	179	212
	Não Incêndio	165	5.832	5.997
Total Observado		198	6.011	6.209

Fonte: O autor (2021)

TABELA 19 – ANÁLISE DO CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O ICS

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	0,16667	0,02978	0,19645
	Não Incêndio	0,83333	0,97022	1,80355
Total Observado		1	1	2

Fonte: O autor (2021)

O valor obtido para o *skill score* foi de e porcentagem de sucesso para ICS foram 0,13236, enquanto a porcentagem de sucesso foi de 94%.

A partir da FMA, também foi preenchida a tabela de contingência (TABELA 20) e realizou-se ainda a análise da tabela para verificar a conferência destes dados (TABELA 21). Notou-se que o índice previu incêndios em 4.889 dias e ocorreram em 189, portanto, o índice acertou em 189 e errou 4.700 dias. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 1.319 dias, o índice acertou em 9 dias e erro de 1.311 dias.

TABELA 20 – CONTINGÊNCIA PARA FMA

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	189	4.700	4.889
	Não Incêndio	9	1.311	1.319
Total Observado		198	6.011	6.209

Fonte: O autor (2021)

TABELA 21 – ANÁLISE DO CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA FMA

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	0,95455	0,78190	1,73645
	Não Incêndio	0,04545	0,21810	0,26355
Total Observado		1	1	2

Fonte: O autor (2021)

O valor obtido para o *skill score* foi de e porcentagem de sucesso para FMA foram 0,01386, enquanto a porcentagem de sucesso foi de 75,84%.

A partir da FMA+, também foi preenchida a tabela de contingência (TABELA 22) e realizou-se ainda a análise da tabela para verificar a conferência destes dados (TABELA 23). Notou-se que o índice previu incêndios em 2.936 dias e só ocorreram em 167, portanto, o índice acertou em 167 e errou 2.769 dias. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 3.273 dias, o índice acertou em 3.242 e errou em 31 dias.

TABELA 22 – CONTINGÊNCIA PARA FMA+

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	167	2.769	2.936
	Não Incêndio	31	3.242	3.273
Total Observado		198	6.011	6.209

Fonte: O autor (2021)

TABELA 23 – ANÁLISE DO CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA FMA+

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	0,84343	0,46066	1,30409
	Não Incêndio	0,15657	0,53934	0,69591
Total Observado		1	1	2

Fonte: O autor (2021)

O valor obtido para o *skill score* foi de e porcentagem de sucesso para FMA+ foram 0,04980, enquanto a porcentagem de sucesso foi de 54,90%.

Esses valores são parecidos aos encontrados Tetto (2012), em análise dos incêndios no período de 1976 a 2009, na Fazenda Monte Alegre, no município de Telêmaco Borba PR, obteve o resultado para o *skill score* de 0,0663 e o percentual de sucesso de 39,58%. Onde para este estudo não foram segmentados cultivos florestais separados de florestas, pelo valor de diversidade de fauna e flora, tem a mesma importância na prevenção e no combate.

5.4 COMPORTAMENTO E AJUSTES DA FMA+

Na análise dos dados, os 6.209 dias correspondentes ao período de janeiro de 2003 a dezembro de 2019, foram divididos nas classes de perigo de incêndio com a FMA+. Na Tabela 24, é possível observar os números de dias por classe de perigo da FMA+, somados as classes “nulo e “pequeno”, bem como as classes: “médio”, “alto” e “muito alto”, cujo objetivo foi verificar a necessidade de uma adequação da FMA+ para o norte de Santa Catarina e sul do Paraná, onde se encontram as áreas deste estudo. Do total, 430 dias apresentaram os graus de perigo “médio”, “alto” e “muito alto”, enquanto 5.779 dias apresentaram os graus de perigo “pequeno” e “nulo”. Observou-se de igual forma a participação média de cada um destes grupos, sendo que o período de menor perigo apresentou 93,07% dos dias analisados e para o grupo de maior perigo houve a participação de 6,93% dos dias.

TABELA 24 – CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIO DA FMA+ AJUSTADA PELO NÚMERO DE DIAS

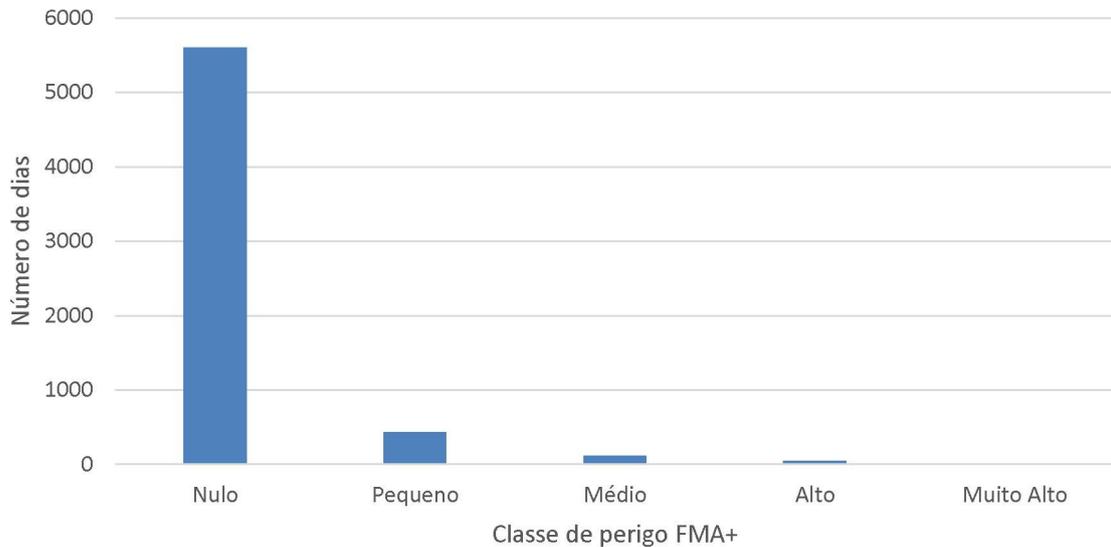
Período	Classes de Perigo de Incêndio - FMA+ ajustada			
	Nulo + Pequeno		Médio + Alto + Muito Alto	
	Número de dias	Participação (%)	Número de dias	Participação (%)
2003	337	5,43	28	0,45
2004	333	5,36	32	0,52
2005	331	5,33	34	0,55
2006	299	4,82	66	1,06
2007	331	5,33	35	0,56
2008	336	5,41	29	0,47
2009	354	5,70	11	0,18
2010	330	5,31	35	0,56
2011	350	5,64	16	0,26
2012	342	5,51	23	0,37
2013	350	5,64	15	0,24
2014	355	5,72	10	0,16
2015	346	5,57	20	0,32
2016	353	5,69	12	0,19
2017	335	5,40	30	0,48
2018	349	5,62	16	0,26
2019	348	5,60	18	0,29
TOTAL	5.779	93,07	430	6,93

Fonte: O autor (2021)

De forma a detalhar o número de dias de cada classe de perigo de incêndio, conforme a FMA+, em sua versão original, constatou-se que 5.602 dias

foram observados na classe de perigo “nulo”, 431 na classe de perigo “pequeno”, 113 dias na classe de perigo “médio”, 50 dias na classe de perigo “alto” e 13 dias na classe de perigo “muito alto”, totalizando 6.209 dias de observação, conforme Gráfico 8.

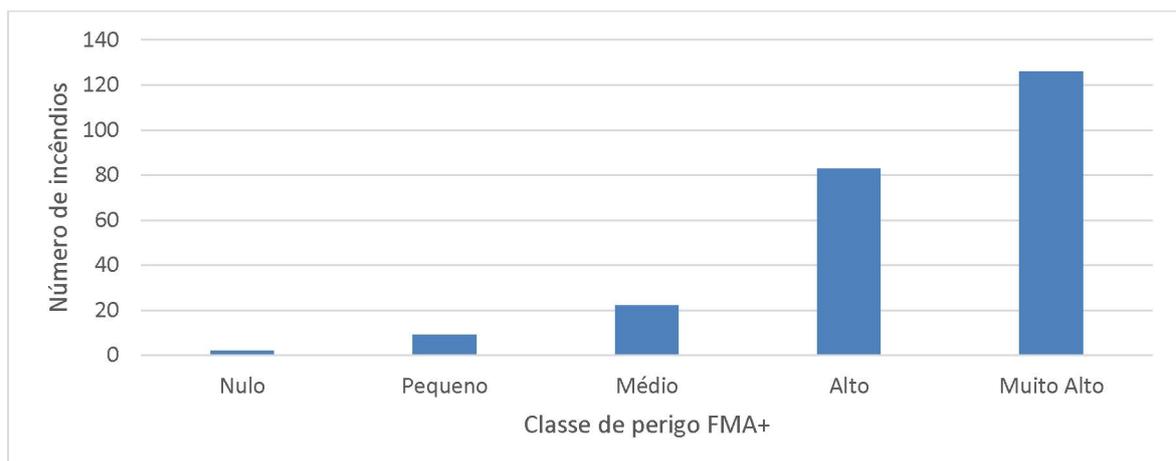
Gráfico 8 - Número de dias por classe de perigo (FMA+).



Fonte: O autor (2021)

Também foi possível determinar os graus de perigo para cada um dos incêndios analisados. O Gráfico 9 mostra que 11 incêndios ocorreram quando o índice, conforme FMA+, em sua propositura original, apresentaram o índice “nulo”, 23 dos incêndios ocorreram quando o índice estava “pequeno”, 48 dos incêndios ocorreram no grau de perigo “médio”, 59 incêndios ocorreram quando o índice estava “alto”, enquanto 101 incêndios ocorreram quando a FMA+ apresentava o índice “muito alto”.

GRÁFICO 9 – NÚMERO DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE PERIGO (FMA+).



Fonte: O Autor (2021)

Para a FMA+ buscou-se verificar também a necessidade de ajustes nas classes de perigo de incêndio. De igual forma, foi verificado se o número de dias previsto em cada classe de perigo possuía uma relação inversa com a classe de perigo, bem como se o número de incêndio observa uma relação direta com a classe de perigo. Nesse sentido, verificou-se que não existe uma relação inversa com o número de dias em cada classe, contudo, diferente do comportamento apresentado pelo ICS e FMA, verificou-se uma relação direta com o número de incêndios observados. No entanto de igual forma, propõem-se a adoção também de ajuste para a FMA+, conforme Tabela 25.

TABELA 25 – ESCALA DE PERIGO – FMA+ ajustada

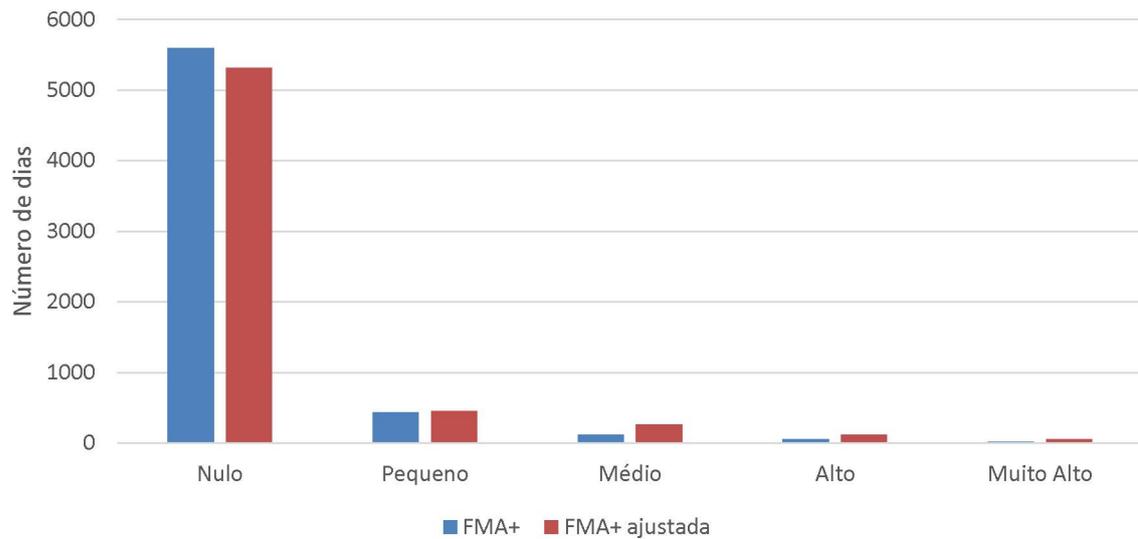
INTERVALO DE CLASSES DA FMA	GRAU DE PERIGO
0,0 - 2,0	Nulo
2,1 - 4,0	Pequeno
4,1 - 8,0	Médio
8,1 - 15,0	Alto
>15,0	Muito alto

Fonte: O Autor (2021)

Para determinar o ajuste proposto, foram adequadas as classes de perigo de incêndio da FMA+ original de forma que o número de dias em cada classe fosse inversamente proporcional ao grau de perigo, bem como o número de incêndios ocorridos no período analisado fosse diretamente proporcional aos graus de perigo. Após algumas simulações, obteve-se o melhor resultado com os dados apresentados na Tabela 25.

Através do Gráfico 10 é possível observar o resultado da comparação entre os números de dias que ocorreram incêndio por classe de perigo, da FMA+ original com a ajustada.

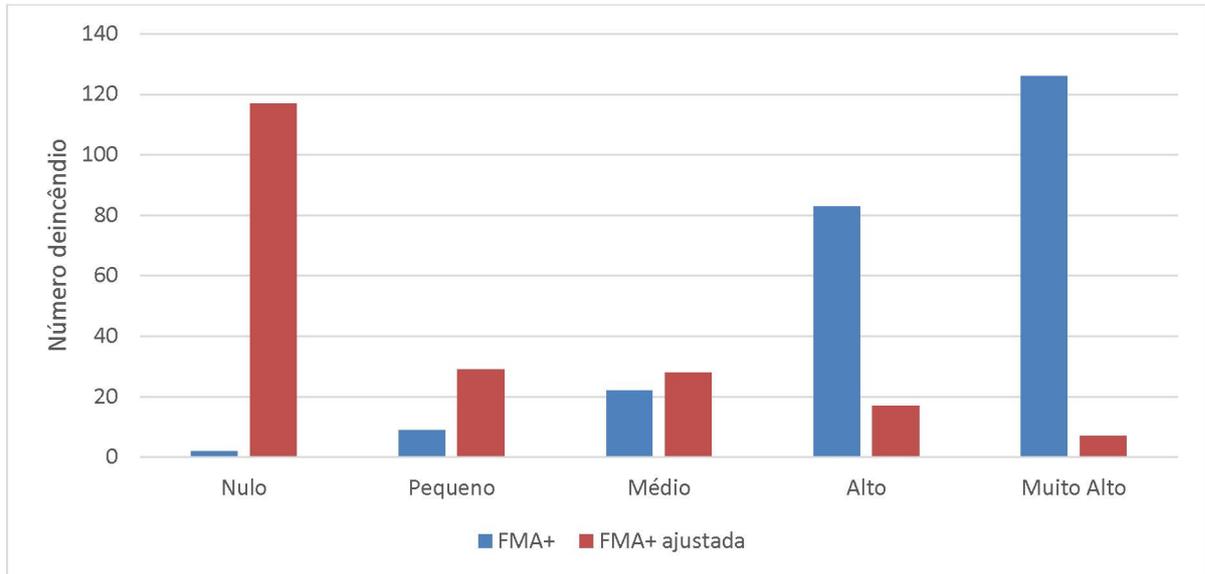
GRÁFICO10 – COMPARATIVO DO NÚMERO DE DIAS POR CLASSE DE PERIGO DA FMA+ ORIGINAL COM A AJUSTADA



Fonte: O autor (2021)

O Gráfico 11 mostra a comparação entre os números de incêndios ocorridos por classe de perigo da FMA+ em sua classificação original e ajustada. Percebe-se que com os ajustes propostos, os incêndios mantem uma relação direta com as classes de perigo, ou seja, 284 (5,06%) incêndios ocorreram na classe de perigo “nulo”, 29 (0,95%) na classe de perigo “pequeno”, 152 (42%) no grau de perigo “médio”, 71 (41%) na classe de perigo “alto” e 42 (23,63%) na classe de perigo “muito alto”, isso se deve a distribuição mais uniforme nas classes de maior perigo.

GRÁFICO 11 – NÚMERO DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE PERIGO DA FMA+ E FMA+ AJUSTADA



Fonte: O autor (2021)

Também foi observado um bom desempenho da FMA+ com os ajustes propostos, uma vez que preservam as premissas propostas por Nunes (2005).

Nunes, Soares e Batista (2007), analisando diversas cidades no estado do Paraná, encontraram dados semelhantes para a cidade de Londrina, onde 30% e 28,95 % dos incêndios observados de 1998 a 2001, ocorreram nas classes de perigo “muito alta” e “alta”, respectivamente.

Soares (1998), quando analisou os incêndios ocorridos no distrito florestal de Monte Alegre, no período de 1965 a 1971, observou que 50,7% e 25,7% dos incêndios ocorreram nas classes de perigo “muito alta” e “alta”, respectivamente.

5.5 DESEMPENHO DA FMA+ AJUSTADA

Para mensurar o desempenho do índice, foram selecionados: o número de dias que o FMA+ ajustada previu ocorrência e não ocorrência de incêndios e os respectivos dias com e sem incêndios. A partir desses dados, foi preenchida a tabela de contingência (Tabela 22) e realizou-se ainda a análise da tabela para verificar a conferência destes dados (Tabela 23). Nota-se que o índice previu incêndios em 441 dias e só ocorreram em 52, o índice acertou em 52 e errou em 389. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 5.768 dias, neste caso, houve o acerto de 5.622 e erro de 146 dias.

TABELA 26 – CONTINGÊNCIA PARA FMA+ AJUSTADA

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	52	389	441
	Não Incêndio	146	5622	5768
Total Observado		198	6011	6209

Fonte: O autor (2021)

TABELA 27 – CÁLCULO DE CONTINGÊNCIA PARA FMA+ AJUSTADA

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não Incêndio	
Previsto	Incêndio	0,26263	0,06471	0,32734
	Não Incêndio	0,73737	0,93529	1,67266
Total Observado		1	1	2

Fonte: O autor (2021)

Os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso para o FMA+ ajustada foram 0,12412 e 91,38% respectivamente. Esses valores são superiores aos encontrados por Souza *et al.* (2013), no município de Lages, Santa Catarina no período de 1998 a 2003, onde o *skill score* foi de 0,1883 e o percentual de sucesso de 65,53% e Nunes *et al.* (2007) no estado do Paraná no período de 1998 a 2003, onde o *skill score* variou de 0,0884 a 0,3384 e o percentual de sucesso de 49,27 a 66,7%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir com base no estudo realizado e nos registros históricos de incêndios florestais ocorridos nos últimos 16 anos, que:

- I. Foram registrados 242 incêndios florestais nas áreas do estudo no período de janeiro de 2003 e dezembro de 2019. O tipo de vegetação mais afetada pelos incêndios foram os cultivos florestais (76,45%), seguido das florestas (23,55%);
- II. Os meses com maior incidência se concentram na segunda metade do ano, com destaque para os meses de agosto e setembro;
- III. O ICS subestimou o grau de perigo de incêndio na região do norte do estado de Santa Catarina e sul do estado do Paraná durante o período analisado;
- IV. Pode-se concluir com base no estudo realizado e nos registros históricos de incêndios florestais ocorridos nos últimos 17 anos, que valores do ICS subestimam o perigo local de incêndios com 6% de acertos na ocorrência de incêndios. Os valores da FMA, o perigo de incêndios, obtiveram 75,84% de acertos na ocorrência de incêndios. Os valores obtidos com a FMA+ foram de 45,10%, que se aproximou aos valores do ICS. Já a FMA+ ajustada obteve 8,62% de acertos na ocorrência de incêndios e teve um desempenho melhor onde se aproximou mais da realidade na previsão dos incêndios na região de análise, mas deve ser realizado o ajuste no software da estação meteorológica e um acompanhamento por um período de teste para verificar a sua eficaz.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Estudos semelhantes em diferentes municípios onde a empresa possui propriedades com cultivo florestal, cujo objetivo seja de mostrar a eficiência dos índices de perigo de incêndios da FMA e FMA+ em relação ao ICS, bem como a necessidade de possíveis ajustes às condições meteorológicas de cada micro região, para gerar maior assertividade na prevenção e tomada de ações no plano de ação de combate aos incêndios florestais.

Para que se obtenha os dados meteorológicos sugere-se a instalação de estações meteorológicas automatizadas para a coleta e transmissão dos dados coletados via sistema de rádio.

Ajuste do programa de cálculo automático da SQUITTER, onde hoje é utilizada a FMA. Desta forma o equipamento aliado a um sistema eficiente, gera com precisão o índice de perigo de incêndio que norteia todas as diretrizes de prevenção, prontidão e controle aos incêndios florestais além de garantir uma maior organização dos dados meteorológicos da empresa.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR), **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina**, 3. ed., 2019
- BOTELHO, H. S. **Efeitos do fogo controlado em árvores de povoamento jovens de *Pinus pinaster***. Vila Real, Portugal: UTAD, 1996.
- CÂNDIDO, J.; COUTO, E. A. **Incêndios florestais**. Universidade Federal de Viçosa / Minas Gerais. 1980.101 p.
- CUSTÓDIO, M. **Incêndios florestais no Brasil**. In: Conferência apresentada junto ao Grupo de Estudos de Incêndios Florestais da Universidade de Valladolid, 2006. (88 p)
- DIAS, A. H. S. **Uma Análise Exploratória de Dados sobre incêndios florestais no Brasil**. 2019. 52f
- FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de prevenção e controle de incêndios florestais**. Belo Horizonte, CEMIG, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Censo Demográfico**, 2010.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ), **Relatório Anual**, 2014.
- NUNES, J. R. S. **FMA+** - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná- Brasil. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- NUNES, J.R.S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A.C. **Ajuste da Fórmula de Monte Alegre (FMA+) para o estado do Paraná**. Floresta. Curitiba, v 37, n.1, p.1-14, 2007.
- NUNES, J.R.S. **FMA+** - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil. 2005. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- PARIZOTTO, W. **O controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina**: diagnóstico e sugestões para o seu aprimoramento. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- RODRIGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V. Análisis comparativo entre los incêndios forestales em Monte Alegre, Brasil y Pinar Del Rio, Cuba. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, maio/ago. 2004, p. 101 – 107.
- RAMOS, P. C. M. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. In: **FÓRUM NACIONAL SOBRE INCENDIOS FLORESTAIS**, 1,1995, Piracicaba -SP. Anais eletrônicos, abril, 1995. p. 29-38. Disponível em: <

https://www.ipef.br/publicacoes/anais/anais_forum_incendios.pdf>. Acesso em: 12 set. 2020.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos, SP**. 157 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais**: controle e uso do fogo. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1985

SOARES, R.V. Comparação entre quatro índices na determinação do grau de perigo de incêndios no município de Rio Branco do Sul – PR Floresta. Curitiba, v.17, n.1/2, p.31-35, 1987.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais Floresta, **Revista Floresta**. Curitiba, v.22, n. ½, p.39-53, 1992.

SOARES, R. V. **Desempenho da Fórmula de Monte Alegre – índices brasileiros de perigo de incêndios florestais**. Cerne, v.4, n 1, p. 87-99, 1998.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios florestais**: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 2007. 264 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C; NUNES, J.R. S. **Incêndios florestais no Brasil**: o estado da arte. Curitiba, 2009.246p.

SOUZA, J. **Índice de perigo de incêndio em municípios do estado de Santa Catarina**. Monografia (Curso de Comando e Estado Maior) Centro de Estudos Superiores do Corpo de Bombeiros Militar e do Centro de Ciências da Administração e Sócio Econômicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOUZA, J. **Comportamento e ajustes dos índices de perigo de incêndio – FMA e FMA+** para o município de Lages - SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agro veterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

TETTO, A. F. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009**. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VÉLEZ, R. M. **La defensa contra incêndios forestales** – fundamentos y experiencias. Madrid: McGraw-Hill, 2000.

VIEGAS, D. X. *et al*/ Comparative study of various methods of the danger evaluation in southern Europe. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 2, Coimbra, 1994, **Proceedings...** Coimbra: Society of American forestrs, 1994. P. 571-590.