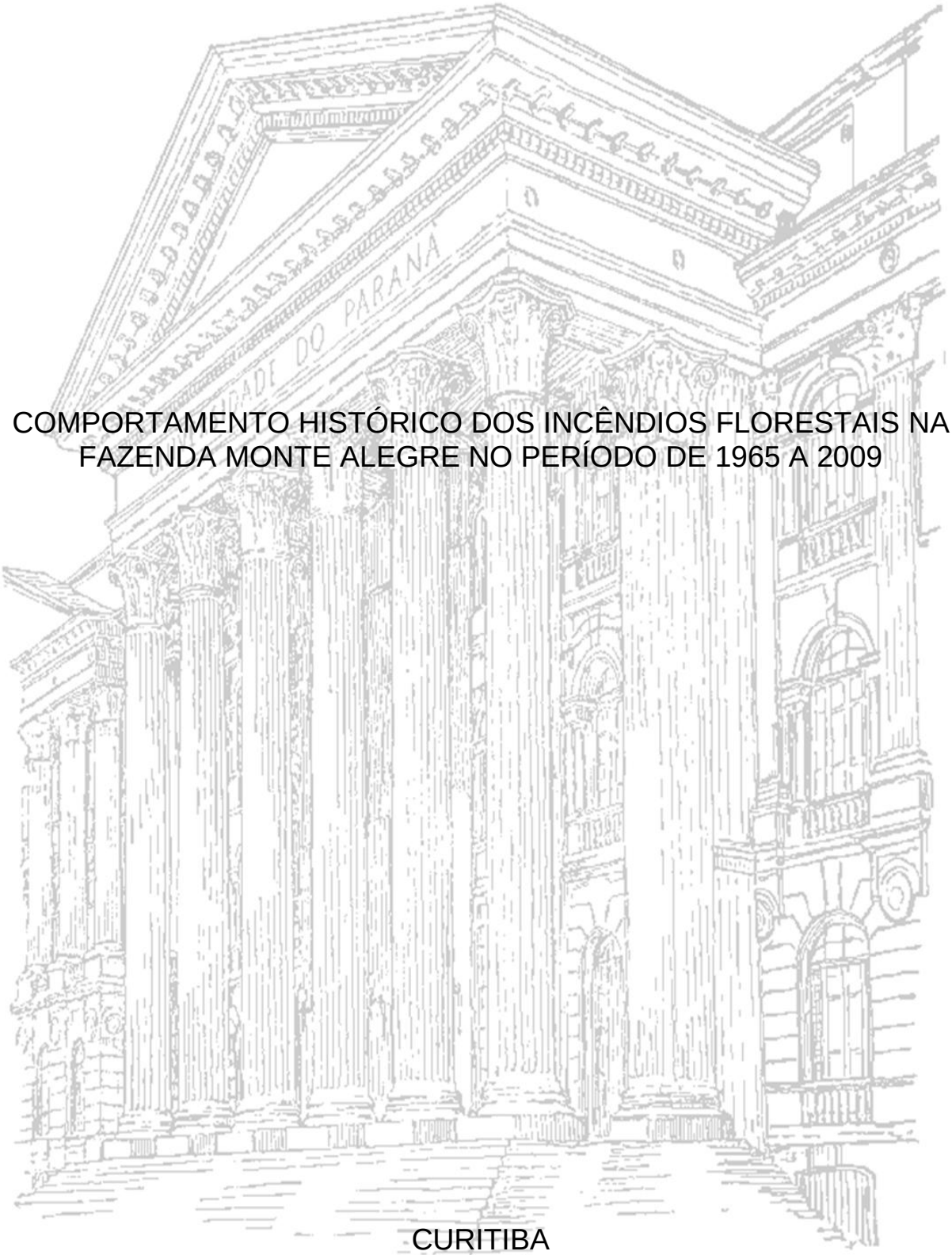
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALEXANDRE FRANÇA TETTO



COMPORTAMENTO HISTÓRICO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009

CURITIBA
2012

ALEXANDRE FRANÇA TETTO

COMPORTAMENTO HISTÓRICO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador:
Prof. Ph.D. Ronaldo Viana Soares

Co-orientadores:
Prof. Dr. Antonio Carlos Batista
Prof. Dr. William Thomaz Wendling

CURITIBA
2012

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Tetto, Alexandre França
Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009 / Alexandre França Tetto – 2012.
114 fls. : il.

Orientador: Prof. Ph. D. Ronaldo Viana Soares
Co-orientadores: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista
Prof. Dr. William Thomaz Wendling
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
Área de concentração: Conservação da Natureza

1. Incêndios florestais – Prevenção e controle. 2. Incêndios florestais – Paraná - Estatísticas. 3. Teses. I. Soares, Ronaldo Viana. II. Batista, Antonio Carlos. III. Wending, William Thomaz. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. V. Título.

CDD – 634.96
CDU – 634.0.432

Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 903

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Alexandre França Tetto* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "***COMPORTAMENTO HISTÓRICO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009***", é de parecer favorável à *APROVAÇÃO* do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.

Dr. Gumercindo Souza Lima
Universidade Federal de Viçosa
Primeiro examinador

Dr. Nilton Cesar Fiedler
Universidade Federal do Espírito Santo
Segundo examinador

Dr. Flavio Andre Cecchini Deppe
Instituto Tecnológico Simepar
Terceiro examinador

Dr. Antonio Carlos Batista
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador

Dr. Ronaldo Viana Soares
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 16 de março de 2012.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-coordenador do curso

Aos meus pais, Edson e Zaira (*in memoriam*),
por todo o amor e dedicação.
Aos meus irmãos, Juliano e Rafaela,
pela força e união.
À minha esposa, Thaís,
pelo companheirismo e incentivo.
Ao meu filho, Gabriel,
pelos ensinamentos.
Aos meus sogros e cunhada, Paulo Ernani, Mirian e Ana,
pelo apoio constante.

AGRADECIMENTOS

Expresso os meus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- ✓ À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho;

- ✓ Ao Prof. Ronaldo Viana Soares pela tranquilidade e paciência na orientação deste trabalho, bem como por suas contribuições para o enriquecimento do mesmo;

- ✓ Ao Prof. Antonio Carlos Batista pelo companheirismo, por todo auxílio no levantamento bibliográfico e na discussão dos resultados;

- ✓ Ao Prof. William Thomaz Wendling pela disponibilidade e pronto-atendimento no processamento de informações;

- ✓ Às Indústrias Klabin Paraná, em especial:
  - Ao Gerente de Operações Florestais Cassiano Ricardo Schneider por ter apoiado esta pesquisa, subsidiando-a com inúmeras informações;
  - Ao Supervisor Patrimonial Carlos Cesar Santos pela atenção, auxílio e acompanhamento no decorrer da pesquisa;
  - Ao Áurio de Souza Bueno pela ajuda no banco de dados de ocorrência de incêndios e de informações meteorológicas;
  - Ao Engenheiro Especialista Nilton Luis Venturi e ao Operador de GIS do Planejamento Florestal Alexandre Camargo Pontes pela elaboração de *shapes* e encaminhamento de informações;

- ✓ A toda equipe do Laboratório de Incêndios Florestais da Universidade Federal do Paraná pela amizade e pela troca de informações, em especial aos acadêmicos Igor Kiyoshi Takashina pelo auxílio em informática e Regiane Kock de Sousa pelo auxílio na espacialização dos dados;

- ✓ Ao Setor de Agrometeorologia do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em especial a Lívia Pereira, pelo fornecimento de dados meteorológicos que possibilitaram análises comparativas.

Aos colegas/ amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado.

Rise up!

One in spirit, one in heart and mind
We are united, in this world of fire
Linked together arm in arm
Comrades to the end
Infernos blazing close at hand
But we will never bend

Protectors of our mother earth
And defenders of our nation
We serve with pride and bravery
And a deep determination
To do our duty without fail
It's what we love to do
Ready in one heartbeat
You for me and me for you

We face danger all the time
And overcome our fears
Stick together through thick and thin
Through blood and sweat and tears
We have walked the hell on earth
And seen the darkest night
Overcome the blazing beast
And once more taken flight

Rise up, rise up!
Can you hear the cry
Vukani simunye!
The call of the wildfire
Like the phoenix from the ashes
We will always fly once more
Singaba phumelelayo
Rise the sun into blue skies

Jonny Blundell

RESUMO

Os incêndios florestais têm causado muitos impactos sociais, ambientais e econômicos. O entendimento do seu comportamento é uma ferramenta importante para as ações de prevenção e combate. Para isso, é necessário que sejam registrados esses eventos ao longo do tempo de forma organizada e confiável, fato raro sobretudo considerando um maior período de tempo. O presente trabalho teve como objetivo traçar o perfil dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre (FaMA), de propriedade da empresa Klabin Paraná, localizada no município de Telêmaco Borba, estado do Paraná, com área de 131.351,13 ha, considerada a maior área contínua de cultivos florestais no Brasil. Foram utilizados os registros de ocorrência de incêndios no período de 1965 a 2009, bem como dados meteorológicos do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), no período de 1976 a 2009. Essas informações foram padronizadas e analisadas com programas de banco de dados, estatístico e de geoprocessamento. Os resultados mostraram que no período considerado ocorreram 2.313 incêndios atendidos pela Empresa em área própria e de terceiros, sendo que desse total, 1.676 (72,5%) ocorreram na FaMA. Em termos de área, foram atingidos 6.197 ha, sendo 2.923,16 ha (47,2%) na FaMA. As principais causas de incêndios florestais foram “incendiários” (56%), “diversos” (15,9%), “queimas para limpeza” (10,1%) e “fumantes” (7,9%). A causa de incêndio que resultou maior dano à vegetação em termos de área foi “queimas para limpeza”, com 47,8% do total. Os incêndios ocorreram principalmente nos meses de julho a agosto, com 798 ocorrências (47,6% do total), época em que devem ser concentrados esforços para minimizar seus danos. No período, houve uma diminuição do número de incêndios na classe de tamanho II (1,0 a 4,0 ha) e aumento na classe I (até 0,09 ha), indicando melhoria no sistema de proteção da Empresa. Não houve diferença significativa no número de ocorrência de incêndios entre os dias da semana, apesar de quinta-feira e domingo apresentarem leve aumento. O intervalo do dia que apresentou maior detecção de incêndios foi das 12 às 17 horas, com 61,3% dos incêndios. Os tipos de vegetação que mais sofreram incêndios foram pinus (39%) e eucalipto (20,9%). Em termos de área afetada, as classes mais atingidas foram “outras espécies plantadas” (38,7%) e “campo” (18,7%). A maior ocorrência foi observada na região florestal de Mandaçaia (58,4%), seguida de Imbauzinho (10,2%). A maior área afetada também foi em Mandaçaia (31,2%), seguida por Agronomia (29,1%). Os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso da Fórmula de Monte Alegre foram 0,0543 e 36,99, respectivamente. Esses valores, aliados a uma menor eficiência no período chuvoso, indicam a necessidade de aprimoramento das classes de perigo para a região.

Palavras-chave: risco de incêndios, controle de incêndios, proteção florestal, estatística de incêndios, índice de perigo de incêndios.

SUMMARY

Forest fires have caused many social, environmental and economic impacts. The understanding of their behavior is an important tool for prevention and suppression. However, it is necessary that these events be recorded over time in an organized and reliable way, a rare fact especially considering longer periods of time. This study aimed to evaluate the history of forest fires in the Monte Alegre Farm (FaMA), owned by Klabin Paraná, located in the Telêmaco Borba County, Paraná State, with an area of 131,351.13 ha, the largest continuous area of planted forest in Brazil. Records of fire occurrence in the period 1965 to 2009, as well as weather data from the Agronomy Institute of Paraná (IAPAR) in the period 1976 to 2009 were used. The data were standardized and analyzed using database programs, statistics, and GIS. The results showed that over the period there were 2,313 fires attended by the Company, and of this total, 1,676 (72.5%) occurred in the FaMA. In terms of area, 6,197 ha have been affected, 2,923.16 (47.2%) of wich in the FaMA. The main causes of forest fires were arson (56%), miscellaneous (15.9%), debris burning (10.1%) and smokers (7.9%). Debris burning was the cause that resulted in higher damage to the vegetation, with 47.8% of the total area. The fires occurred mainly from July to August, with 798 occurrences (47.6% of the total), a time when efforts should be concentrated to minimize the damages. Along the analized period, there was a decrease in the number of fires in size class II (1.0 to 4.0 ha) and an increase in class I (up to 0.09 ha), indicating improvement in the Company's protection system. There was no significant difference in the number of fire occurrence among the week days. The hours with the highest fire detection were from 12 noon to 5 PM, with 61.3% of the total. Pine (39%) and eucalyptus (20.9%) were the most affected plantations. In terms of burned area, "other planted species" (38.7%) and "grassland" (18.7%) were the most affected. Higher incidence was observed in Mandaçaia region (58.4%), followed by Imbauzinho (10.2%). The largest burned area was observed also in Mandaçaia (31.2%), followed by Agronomia (29.1%). The values obtained for the skill score and percentage of success for the Monte Alegre Formula were 0.0543 and 36.99, respectively. These values, combined with a lower efficiency in the rainy season, indicated the possibility of danger rating improvement for the analized forest district.

Keywords: fire risk, fire control, forest protection, forest fire statistics, fire danger index.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS FOCOS DE CALOR DOS DIAS 2 E 3 DE AGOSTO DE 2011..... 20
FIGURA 2 - (A) IMAGEM DO HELICÓPTERO UTILIZADO NO TRANSPORTE DE COMBATENTES E (B) AGRICULTORES ABANDONANDO A REGIÃO NO INCÊNDIO DE 1963..... 22
FIGURA 3 - ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS, NO ESTADO DO PARANÁ, NO PERÍODO DE 2005 A 2009..... 29
FIGURA 4 - ESPACIALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS, NO ESTADO DO PARANÁ, NO PERÍODO DE 2005 A 2009.... 37
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... 41
FIGURA 6 - ÁREA DE ESTUDO COM SUAS REGIÕES FLORESTAIS..... 44
FIGURA 7 - MALHA URBANA DE TELÊMACO BORBA E REGIÃO DE MANDAÇAIA (AO FUNDO)..... 74
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO PERÍODO DE 1965 A 2009..... 79
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR QUINQUÊNIO..... 81
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ÁREA AFETADA NO PERÍODO DE 1965 A 2009..... 83
FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ÁREA AFETADA POR QUINQUÊNIO..... 85

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NA AMÉRICA DO SUL, NO PERÍODO DE 1990 A 2004..... 24
GRÁFICO 2 - ÁREAS AFETADAS POR INCÊNDIOS NA AMÉRICA DO SUL DE 1990 A 2004..... 27
GRÁFICO 3 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS NOS PERÍODOS ANALISADOS..... 34
GRÁFICO 4 - ÁREA QUEIMADA (EM HECTARES) NOS PERÍODOS ANALISADOS..... 35
GRÁFICO 5 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009..... 54
GRÁFICO 6 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS EM FUNÇÃO DOS MESES: (A) MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA; (B) MÉDIA DA UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 13 HORAS..... 55
GRÁFICO 7 PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS DE CADA MÊS NOS QUAIS OCORRERAM INCÊNDIOS NO PERÍODO 1965 - 2009..... 56
GRÁFICO 8 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NOS DIAS DA SEMANA..... 57
GRÁFICO 9 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DO HORÁRIO DE DETECÇÃO..... 58
GRÁFICO 10 - ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO DE 1965 A 2009..... 59
GRÁFICO 11 - MEDIANA DA ÁREA QUEIMADA POR INCÊNDIO NO PERÍODO DE 1965 - 2009..... 60
GRÁFICO 12 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE TAMANHO DE ÁREA ATINGIDA (HA)..... 62
GRÁFICO 13 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E DE DIAS POR CLASSE DE UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 13 HORAS..... 63
GRÁFICO 14 - ÁREA ATINGIDA POR INCÊNDIO EM FUNÇÃO DA UMIDADE RELATIVA..... 64
GRÁFICO 15 - ÁREA TOTAL (HA) ATINGIDA POR INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO TEMPO DE DESLOCAMENTO..... 65
GRÁFICO 16 - CAUSAS IDENTIFICADAS NO PERÍODO DE 1965 A 2009.. 67
GRÁFICO 17 - DENDROGRAMA DAS CAUSAS EM RELAÇÃO AOS DIAS DA SEMANA..... 68
GRÁFICO 18 - DENDROGRAMA DAS CAUSAS EM RELAÇÃO AOS MESES DO ANO..... 70
GRÁFICO 19 - ÁREA TOTAL (HA) ATINGIDA POR INCÊNDIOS EM RELAÇÃO À CAUSA..... 71
GRÁFICO 20 - TIPO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS..... 73
GRÁFICO 21 - DENDROGRAMA DAS OCORRÊNCIAS E ÁREA AFETADA 76
GRÁFICO 22 - DENSIDADE DE INCÊNDIOS E DE ÁREA AFETADA NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009 77

GRÁFICO 23 - NÚMERO DE DIAS, NO PERÍODO DE 1976 A 2009, NAS CLASSES DE PERIGO..... 89
GRÁFICO 24 - NÚMERO DE DIAS COM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO, NO PERÍODO DE 1976 A 2009, NAS CLASSES DE PERIGO..... 90

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉDIA DA ÁREA DE FLORESTA ANUALMENTE AFETADA PELOS INCÊNDIOS, NO PERÍODO DE 1998 A 2002..... 27
TABELA 2 - DADOS METEOROLÓGICOS DA REGIÃO ESTUDADA..... 42
TABELA 3 - REGIÕES FLORESTAIS E RESPECTIVAS SUPERFÍCIES..... 45
TABELA 4 - RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DA FMA, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO DIA..... 49
TABELA 5 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.... 50
TABELA 6 - TABELA DE CONTINGÊNCIA..... 50
TABELA 7 - CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA..... 50
TABELA 8 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR TEMPO DE COMBATE (DURAÇÃO DO INCÊNDIO)..... 66
TABELA 9 - CAUSAS IDENTIFICADAS POR DIA DA SEMANA NO PERÍODO DE 1965 A 2009..... 67
TABELA 10 - CAUSAS IDENTIFICADAS POR MÊS NO PERÍODO DE 1965 A 2009..... 69
TABELA 11 - TIPO DE VEGETAÇÃO AFETADA NO PERÍODO..... 72
TABELA 12 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E ÁREA AFETADA POR REGIÃO..... 75
TABELA 13 - NÚMERO E MÉDIA ANUAL DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS POR REGIÃO..... 78
TABELA 14 - INTERVALOS DE CLASSES PARA O NÚMERO DE OCORRÊNCIAS..... 78
TABELA 15 - ÁREA ATINGIDA E MÉDIA ANUAL POR REGIÃO..... 82
TABELA 16 - INTERVALOS DE CLASSES PARA A ÁREA AFETADA..... 83
TABELA 17 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE LOCAL..... 86
TABELA 18 - ÁREA DOS TIPOS DE ACESSO, EM HECTARES, EM CADA REGIÃO FLORESTAL..... 87
TABELA 19 - COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS NO PERÍODO DE 1976 A 2009..... 88
TABELA 20 - NÚMERO DE DIAS EM QUE O FMA PREVIU OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS..... 90
TABELA 21 - CONTINGÊNCIA PARA FMA..... 91
TABELA 22 - CÁLCULOS DE CONTINGÊNCIA PARA FMA..... 91
TABELA 23 - PORCENTAGEM MENSAL DE ERRO DA FMA..... 92
TABELA 24 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA..... 108
TABELA 25 - RESUMO DAS VARIÁVEIS..... 109
TABELA 26 - ANOVA..... 109
TABELA 27 - PADRONIZAÇÃO DAS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS..... 110
TABELA 28 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA E CAUSA..... 112
TABELA 29 - RESUMO DAS VARIÁVEIS..... 112

TABELA 30 - ANOVA..... 112
TABELA 31 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DO ANO E CAUSA..... 113
TABELA 32 - RESUMO DAS VARIÁVEIS..... 113
TABELA 33 - ANOVA..... 113
TABELA 34 - RESUMO DAS VARIÁVEIS..... 114
TABELA 35 - ANOVA..... 114

LISTA DE SIGLAS

AGR	-	Agronomia
ABR	-	Anta Brava
BOA	-	Boa Esperança
BRE	-	Bom Retiro
CER	-	Cerradinho
COL	-	Colônia
FAI	-	Faisqueira
FaMA	-	Fazenda Monte Alegre
FAO	-	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FAZ	-	Fazenda Velha
FMA	-	Fórmula de Monte Alegre
GFMC	-	Rede Mundial de Incêndios Florestais
IAPAR	-	Instituto Agronômico do Paraná
IMB	-	Imbauzinho
INV	-	Invernadinha
JAG	-	Jaguatirica
MAN	-	Mandaçaia
MIR	-	Mirandinha
MOR	-	Mortandade
PAL	-	Palmas
PARNA	-	Parque Nacional
PIN	-	Pinhal Bonito
REC	-	Recanto
RES	-	Restingão
ROI	-	Registro de Ocorrência de Incêndio
SBS	-	Sociedade Brasileira de Silvicultura
SENAR-PR	-	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná
SOC	-	Socimbra
TRI	-	Trinita
UC	-	Unidade de Conservação
VBP	-	Valor Bruto da Produção
VIL	-	Vila Preta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 18
2.1 ESTATÍSTICAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS..... 18
2.1.1 Épocas de ocorrência..... 24
2.1.2 Extensão da área queimada..... 26
2.1.3 Causas..... 29
2.1.4 Tipo de vegetação atingida..... 33
2.1.5 Locais de ocorrência..... 35
2.2 ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS..... 37
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA..... 41
3.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS..... 45
3.2.1 Aspectos dos incêndios florestais..... 47
3.2.2 Índice de perigo de incêndios..... 48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 52
4.1 COMPORTAMENTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS..... 52
4.1.1 Frequência e época de ocorrência..... 52
4.1.2 Extensão da área queimada..... 58
4.1.3 Causas..... 66
4.1.4 Tipo de vegetação atingida..... 72
4.1.5 Locais de ocorrência..... 73
4.2 ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS..... 87
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 93
REFERÊNCIAS..... 95
DOCUMENTOS CONSULTADOS..... 106
APÊNDICES..... 107

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais têm causado vários impactos ambientais, sociais e econômicos no mundo, sendo que a sua frequência e intensidade tendem a aumentar nos próximos anos. Aliada a isso, a maior proximidade entre áreas com fluxo de pessoas e áreas com cobertura vegetal – denominadas áreas de interface urbano-rural – tem chamado a atenção de governos e pesquisadores pela concentração do número de ocorrências de incêndios e por suas especificidades em termos de intensidade, época de ocorrência e área atingida.

O registro de ocorrências de incêndios (ROI) possibilita o planejamento de atividades de prevenção e combate, minimizando os seus danos. Dentre os aspectos levantados em um ROI estão:

a) época de ocorrência, que indica o período que devem ser intensificadas as atividades de sensibilização ambiental e a vigilância, bem como a época em que aceiros e estradas devem estar em condições de uso;
b) local, que indica a região mais afetada e, com isso, possibilita a tomada de providências em termos de prevenção das fontes de calor ou da propagação do fogo nestas áreas;
c) causa, que minimiza custos, uma vez que subsidia ações de prevenção e possibilita a concentração de ações nas causas mais frequentes;
d) área atingida, que permite uma avaliação indireta da eficiência do combate; e
e) tipo de vegetação, que indica a vegetação mais suscetível aos incêndios.

São poucos, no mundo, os registros de ocorrência de incêndios que foram feitos e mantidos de forma organizada e confiável por longos períodos. No Brasil não é diferente e apesar de tentativas do PREVFOGO (IBAMA) e do CGPRO (ICMBio) de sistematizarem essas informações, elas ainda não existem de forma ampla. Tem-se como obstáculos para a formação de um banco de dados nacional: a definição da responsabilidade pela gerência do sistema, a forma do cadastro de pessoas/ instituições para o registro de ocorrência de incêndios, a padronização de informações (vegetação, e. g.), a necessidade de capacitação e de equipamentos para a determinação de parâmetros no campo (área atingida, e. g.) e o estabelecimento de procedimentos para o registro de ocorrência de incêndios. Além

disso, a impossibilidade do Corpo de Bombeiros em registrar a causa do incêndio por ser, de acordo com a Constituição Federal de 1988, uma atribuição da Polícia Científica, tem dificultado a análise desses dados e a prevenção desses eventos.

O estado do Paraná, em função do incêndio ocorrido em 1963 – um dos maiores do mundo em área atingida e número de vítimas fatais - foi pioneiro no Brasil a se preocupar com a prevenção e o combate aos incêndios florestais. A Klabin Paraná, por ter tido 85% da sua área impactada por aquele incêndio, também foi a primeira a fazer, a partir de 1965, o registro sistemático das ocorrências e a se preocupar com o tema.

Em função da importância da análise dos registros de ocorrência dos incêndios florestais e da inexistência, no Brasil, de informações em um período tão longo, os objetivos deste trabalho foram traçar um perfil dos incêndios florestais ocorridos na Fazenda Monte Alegre durante 45 anos, de 1965 a 2009, e verificar a eficiência do índice de perigo FMA na previsão do grau de perigo durante o período de observação. Para isto foi necessário desenvolver os seguintes objetivos específicos:

i) Determinar o número de incêndios registrados e as respectivas áreas queimadas;
ii) Definir a distribuição espacial dos incêndios através das regiões florestais;
iii) Identificar as principais causas, de acordo com os relatórios dos incêndios;
iv) Determinar a distribuição dos incêndios através dos meses do ano, dos dias da semana e das horas do dia;
v) Determinar os tipos de vegetação atingidos pelos incêndios;
vi) Verificar a eficiência da Fórmula de Monte Alegre na previsão do perigo de incêndio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTATÍSTICAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

A redução da cobertura vegetal e o aumento das atividades antrópicas, ao longo do tempo, resultaram em um aumento no risco de incêndios florestais. Esses eventos estão presentes no planeta desde os tempos mais remotos (RODRIGUEZ; SOARES, 2004) e têm causado sérios danos ambientais, sociais e econômicos, sendo que suas ocorrências dependem, entre outros aspectos, da época do ano e da sua localização geográfica (TETTO; BATISTA; PIVOVAR, 2008). Em muitos países esta situação tem se intensificado em virtude do aumento populacional, acúmulo de material combustível e atividades antrópicas (SOARES, 2009). Somados a estes aspectos, a mudança espaço-temporal do clima altera o regime do fogo, ou seja, os padrões, a frequência e a intensidade dos incêndios, além da sua distribuição (KRAWCHUK *et al.*, 2009).

Os maiores e mais destrutivos incêndios florestais registrados no mundo ocorreram sob combinações ideais de material combustível e condições climáticas. Apesar da adoção de práticas protecionistas, a cada ano o fogo destrói ou danifica grandes extensões florestais no mundo (SOARES; BATISTA, 2007). De acordo com Soares (2009), para o estabelecimento de uma política adequada de prevenção de incêndios é necessário conhecer as estatísticas referentes aos mesmos. A falta dessas informações pode levar a um dos seguintes extremos: gastos acima do potencial de danos ou gastos pequenos, os quais colocam em risco a sobrevivência da floresta, bem como todo ecossistema associado.

Entende-se por prevenção o conjunto de atividades com os objetivos de reduzir ou eliminar as fontes de calor, através da aplicação da legislação (ou normatização), vigilância e sensibilização da população, bem como limitar a propagação do fogo por meio da construção e manutenção de aceiros, cortinas de segurança e modificação da vegetação (manejo dos resíduos) (SOARES; BATISTA, 2007; TETTO, 2009). O tema prevenção da propagação do fogo (silvicultura preventiva) é muito bem abordado e discutido por Haltenhoff (1998) e Vélez (2000).

De acordo com Heikkilä, Grönqvist e Jurvélius (2007), a primeira etapa de um plano de prevenção contra os incêndios florestais é a coleta de todas as informações básicas sobre a ocorrência de incêndios dos últimos cinco anos pelo menos, respondendo às seguintes questões: como ou por que os incêndios começaram, quando eles iniciaram, quando eles ocorrem mais frequentemente, quantos incêndios tiveram início das diferentes causas e onde eles ocorreram. Marchi *et al.* (2011) destacam a importância para os tomadores de decisão de um mapa de risco, que apresente o nível de vulnerabilidade da área, elaborado com base na vegetação, declividades, dificuldades de supressão e histórico dos incêndios.

Por falta de informações sobre a ocorrência de incêndios florestais, uma alternativa tem sido o seu monitoramento por meio dos focos de calor. Um exemplo é o "*web fire mapper*", que apresenta os focos de calor obtidos pelo satélite Aqua & Terra (MODIS *Rapid Response*) (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO), 2011). Na Figura 1 são apresentados os focos de calor referentes aos dias 2 e 3 de agosto de 2011 (24 horas). Embora tenha suas vantagens, de acordo com Tetto (2009, p. 54), em análise comparativa entre os focos de calor e as ocorrências de incêndios no estado do Paraná, houve uma subestimativa nos meses de maio a julho e uma superestimativa nos meses de outubro e novembro. Portanto, há "necessidade de pesquisa e ajuste de métodos de detecção, tendo em vista a importante ferramenta que é o geoprocessamento para o planejamento de ações de prevenção e combate aos incêndios florestais", o que corrobora com outros trabalhos (BATISTA (2004); ARAUJO; SILVA; NASCIMENTO (2007); MARTINI; DEPPE; LOGMANN (2007)).

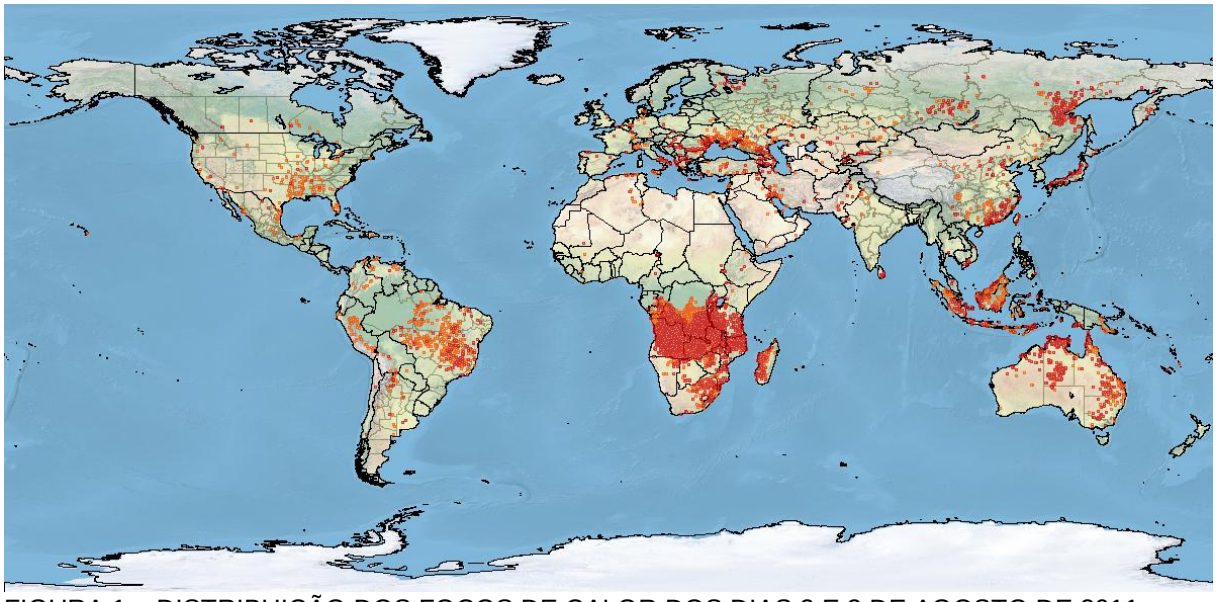


FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS FOCOS DE CALOR DOS DIAS 2 E 3 DE AGOSTO DE 2011
FONTE: FAO (2011)

De acordo com a FAO (2006a), dos 229 países e áreas pesquisadas, 91 forneceram dados sobre a área média negativamente afetada pelos incêndios para os dois períodos avaliados (1990 e 2000), enquanto 21 países forneceram informações somente para o período de 2000 – para um total de 112 países representando 80% da área florestal mundial. No período de 2000, oito regiões ou sub-regiões forneceram dados sobre mais de 50% de sua área florestal. A Oceania forneceu dados de menos de 5% de sua área florestal e as informações relativas à África foram, em grande parte, perdidas; embora Palumbo *et al.* (2011) afirmem que o fogo afete em média 250 milhões de hectares por ano neste continente.

Como os resultados são provenientes de diferentes metodologias de coletas de dados, as informações não podem ser diretamente comparadas entre regiões e países exceto em larga escala. Além desse aspecto, alguns países não separam florestas e outras formações vegetais quando registram os dados, enquanto outros o fazem.

Especificamente para a América do Sul, de acordo com a Rede Mundial de Incêndios Florestais (GFMC, sigla em inglês) (2011), os incêndios são multi-facetados, com regiões sensíveis ao uso do fogo e aos incêndios como a floresta amazônica, a floresta atlântica ao longo da costa brasileira, os remanescentes de araucária do Brasil, Chile e Argentina, bem como as florestas de *Nothofagus* na região Andino-Patagônia. Esse impacto é maior durante as secas, relacionadas ao

fenômeno El Niño. Outras tipologias como as savanas na Venezuela ou os cerrados no Brasil apresentam adaptações ao fogo. Para a FAO (2007), o cenário da América do Sul não está completo, em função da inexistência, imprecisão ou não disponibilidade de dados relativos à ocorrência de incêndios.

No Brasil, o primeiro levantamento nacional de ocorrência de incêndios florestais foi realizado em 1983 (SOARES, 1984), sendo que as primeiras estatísticas disponíveis a nível nacional referem-se aos anos de 1983 a 1987 (SOARES, 1984 e 1988). Posteriormente foram analisados os períodos de 1994 a 1997 (SOARES; SANTOS, 2002) e de 1998 a 2002 (SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006). Para Soares (1996, p. 150):

> A carência de estatísticas sobre ocorrência de incêndios florestais no Brasil se deve principalmente à negligência do registro de ocorrência de incêndios. Nenhum plano de proteção contra incêndios será completo se não houver instruções rigorosas para se fazer cuidadosamente o registro das ocorrências. [...]. Essas informações são fundamentais para a avaliação da eficiência do plano e a realimentação do mesmo no sentido de se fazerem as alterações ou correções necessárias para melhorar o seu desempenho.

Koproski *et al.* (2011) afirmam que no Brasil o fogo é uma ameaça constante à proteção das unidades de conservação. Neste aspecto, Bontempo, Ribeiro e Lima (2007, s/p) relatam a dificuldade de se analisar os incêndios florestais em UCs em função da falta de informações. De acordo com esses autores isso se repete na maioria das unidades do país e afirmam que:

> Tanto é verdade, que em junho de 2006, o IBAMA disponibilizou em seu site, o documento Registro de Ocorrência de Incêndio Florestal: Instruções de Preenchimento, com o objetivo de nortear os responsáveis pelas ações de prevenção e combate aos incêndios florestais, bem como salientar a importância de se obter as informações contidas em cada ROI.

Lima e Soares (1992, p. 26) acrescentam que nessas unidades falta planejamento “no que diz respeito à educação do usuário e vizinhos, regulamentação de uso da floresta, manejo do material combustível, construção e manutenção de estradas, aceiros e pontos de captação de água”.

A preocupação com os impactos causados pelos incêndios florestais no Paraná teve início após o incêndio que atingiu o estado, de agosto a setembro de 1963 (FIGURA 2). Este foi um dos maiores incêndios da história, atingindo uma área de dois milhões de hectares, cerca de 10% da superfície do estado, sendo 20.000

ha de cultivos florestais, 500.000 ha de florestas primárias e 1.480.000 ha de campo, florestas secundárias e capoeiras. Essa ocorrência é descrita por Marcola (1997, p. 114 e 115):

> Céu limpo sem nuvens, seca, calor sufocante. No horizonte Norte, fumaça à vista elevando-se lentamente, constante de cor acinzentada.[...] A fumaça mais espessa e negra ofusca o sol [...]. Providências máximas em todos os setores críticos. Operários de imediato convocados. Atenção voltada para a divisa o rio das Antas, onde o fogo vinha violento [...]. Tratores, máquinas, bombeiros equipados e homens decididos enfrentaram a violência do fogo. [...] Tratores abandonados eram devorados impiedosamente [...]. Recursos vieram de fora, exército e bombeiros de Ponta Grossa, até helicópteros de Curitiba. [...] Foi quando monte-alegrenses [...] tomaram uma atitude [...] enfrentar o fogo de qualquer maneira, para isso, valendo da estratégica estrada Lagoa-Ventania, “Contra-Fogo” e com presteza. Dois mil homens decididos a tudo a ateando fogo em toda a extensão da estrada de 30 km. Sacrifício de um terço do reflorestamento, mas a maneira racional de proteger os restantes dois terços. Foi feito e frutificou.

Por ser um assunto novo na época, as ações de combate foram dificultadas, tendo em vista a escassez de pessoal especializado e equipamento adequado. A partir de então as ações voltadas à prevenção e combate aos incêndios vêm sendo aperfeiçoadas, em função da grande probabilidade de ocorrência e do prejuízo que podem causar (SOARES; BATISTA, 1998; CORPO DE BOMBEIROS DO PARANÁ, 2002).

FIGURA 2 – (A) IMAGEM DO HELICÓPTERO UTILIZADO NO TRANSPORTE DE COMBATENTES E (B) AGRICULTORES ABANDONANDO A REGIÃO NO INCÊNDIO DE 1963
FONTE: Paraná (1963)

Para Batista, Oliveira e Soares (2002), o estado do Paraná apresenta condições favoráveis para a ocorrência de incêndios florestais, em determinada

época do ano, devido aos fatores climáticos e aos tipos de vegetação existentes. Além disso, uma ocorrência mais intensa de incêndios tem sido observada em anos de invernos mais secos, de forma cíclica, a cada três a cinco anos, de acordo com os dados meteorológicos disponíveis.

De acordo com Herde (1996, p. 130):

> Embora não existam dados estatísticos coletados dentro de critérios técnicos recomendados, bem como nunca houve preocupação governamental em quantificar os danos causados por incêndios florestais no estado do Paraná, dever-se-á coletar esses dados para dimensionar sua importância para a economia estadual.

De acordo com Soares (1992, 2009), apesar da importância desses dados para ações de prevenção e combate aos incêndios florestais, não existe o registro atualizado de ocorrência de incêndios que permita conhecer o perfil dos incêndios florestais no Brasil. Somente algumas empresas florestais têm mantido registro confiável das ocorrências ao longo dos anos. No Paraná, apenas em 2005 foi implantado o sistema de registro de ocorrência de incêndios (programa SysBM – CCB, versão 3.9) que passou a informatizar estas informações (COMANDO DO CORPO DE BOMBEIROS, 2011).

Para Batista (2004, p. 237), o monitoramento dos incêndios é “fundamental para a viabilização do controle do fogo, redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos”. De acordo com Rodriguez e Soares (2004), a análise do comportamento histórico dos incêndios permite estabelecer correlações entre as variáveis que influem na ocorrência e propagação do fogo, o qual auxilia e melhora as ações de prevenção e combate aos incêndios florestais. Nesse aspecto, de acordo com Silva (2004, p. 131), ainda podem ser propostos “modelos matemáticos capazes de exprimir o comportamento do fogo”. Ainda, de acordo com Palumbo *et al.* (2011, p. 207) “monitorar o fogo através do tempo é importante para entender a dinâmica natural e antropogênica associada a ele, bem como identificar possíveis mudanças”.

Para a tomada de decisões com relação à prevenção é importante que se tenha o registro de ocorrência de incêndio, que deve conter, no mínimo, as seguintes informações: causa, local de ocorrência, época de ocorrência, extensão da área queimada e tipo de vegetação atingida. O ROI deve ser feito logo após o combate e pode também conter informações sobre: deslocamento, combate e

controle do fogo, recursos humanos, equipamentos e produtos utilizados, pontos positivos e negativos observados no combate (TETTO; BATISTA; SOARES, 2011c).

2.1.1 Épocas de ocorrência

De acordo com Soares (2009) é necessário saber quando os incêndios ocorrem para se estruturar os serviços de prevenção e combate dentro de limites economicamente viáveis, ativando o sistema durante os períodos críticos e desativando-o parcialmente nos de menor risco.

De acordo com a FAO (2007), a cada ano, o número de incêndios na América do Sul varia amplamente (GRÁFICO 1). A estação normal de perigo de incêndios varia de acordo com o início do período chuvoso. No norte da Argentina, do Chile e da Colômbia e na Bolívia, Brasil, Equador e Peru, os incêndios ocorrem mais intensamente no outono e inverno, associados ao período seco. No sul da Argentina, do Chile e da Colômbia e no Uruguai e Venezuela, os incêndios ocorrem mais frequentemente nos meses de janeiro a maio e de novembro a dezembro.

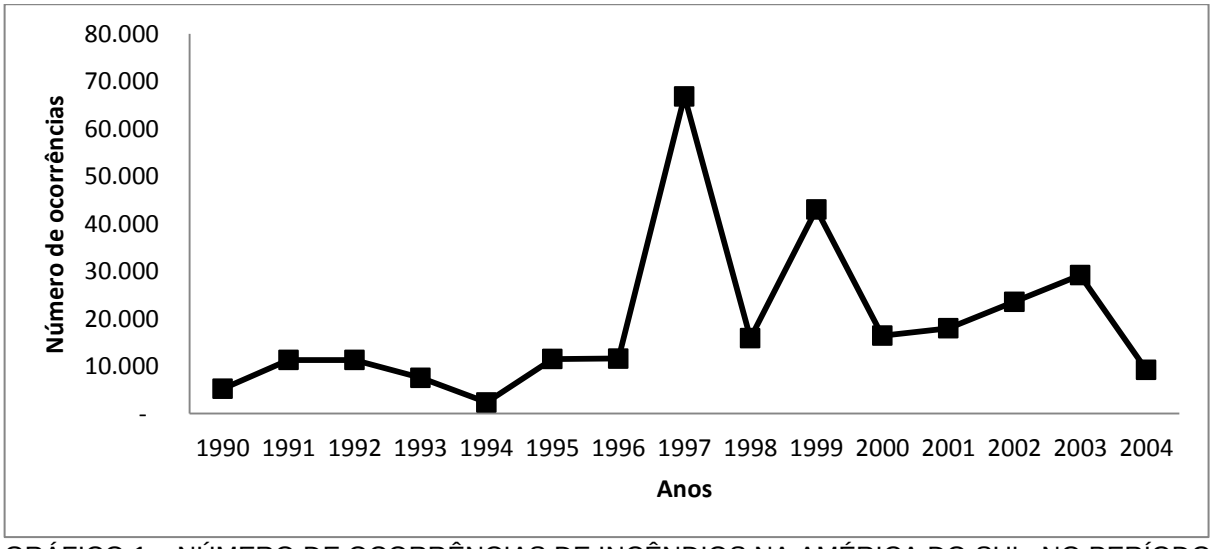


GRÁFICO 1 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS NA AMÉRICA DO SUL, NO PERÍODO DE 1990 A 2004
FONTE: FAO (2007), adaptado pelo autor (2012)

Na análise dos incêndios florestais no Brasil no período de 1983 a 2002, Soares, Batista e Santos (2006) constataram que o período normal de incêndios engloba os meses de junho a novembro, com um maior número de registros de incêndios no período de agosto a setembro. Esse mesmo período é citado por outros pesquisadores, como Aximoff e Rodrigues (2011), para o qual a estação normal de perigo de incêndios, no Parque Nacional (PARNA) do Itatiaia (RJ/ MG), compreende os meses de julho a outubro, com uma maior ocorrência no mês de agosto (32,8%). No PARNA de Ilha Grande (PR/ MS), os meses de maior perigo foram agosto e setembro com 60% das ocorrências (KOPROSKI; BATISTA; SOARES, 2004). Para Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), no PARNA da Chapada dos Veadeiros (GO), os meses de maior ocorrência foram julho, agosto e setembro, totalizando 64% das ocorrências. Bontempo, Ribeiro e Lima (2007) constataram que os meses de agosto e setembro apresentaram maior ocorrência nas UCs de Minas Gerais.

No Brasil, praticamente não houve diferenças entre os três períodos analisados por Soares (2009), razão pela qual se pode dizer que a estação de incêndios no país se estende de junho a novembro, quando foram registradas 80,4; 85,2 e 71,2% das ocorrências entre os anos de 1983 a 1987, 1994 a 1997 e 1998 a 2002, respectivamente.

Soares, Batista e Santos (2006) observaram que quase 45% dos incêndios registrados no Brasil no período de 1998 a 2002 ocorreram entre as 13 e 16 horas, enquanto a maior parte das áreas afetadas foi consequência de incêndios que começaram entre 13 e 17 horas. Com relação à distribuição através dos dias da semana, os mesmos autores não encontraram diferença significativa no número de ocorrências nem nas áreas queimadas, contradizendo um mito popular de que os incêndios ocorrem com mais frequência nos finais de semana.

Pesquisa realizada por Vosgerau *et al.* (2006), no estado do Paraná, entre 1991 e 2001, identificou 15.890 registros de incêndios, representando uma média anual de 1.444,5 ocorrências, sendo que os anos de 1994, 1999 e 2000 estiveram acima da média anual registrada. Os autores concluíram que os incêndios florestais no Paraná se concentram no final do inverno e início da primavera, por apresentar as médias mais baixas de precipitação e umidade relativa do ar, além de coincidir com a época da limpeza e preparo dos solos para plantio agrícola.

De acordo com Herde (1996, p. 130), no estado do Paraná:

> Anualmente, após as geadas ocorre a estação seca, por um período crítico que se estende do mês de julho até meados de outubro. Nesta época do ano, as pastagens e a vegetação de uma forma geral, encontram-se muito secas, comportando-se como verdadeiros “rastilhos de pólvora” que a qualquer descuido, são devorados por grandes incêndios florestais.

Tetto, Batista e Soares (2011b) puderam observar, com base nos dados do SysBm, que o período normal de ocorrência de incêndios no Paraná se concentrou nos meses de junho a setembro, com 52,5% dos registros. Observaram também que no período de 2005 a 2010, a maior ocorrência se deu em 2007 (com 13.126 ocorrências), seguida por 2010 (com 10.249), totalizando 42,7%.

Na Acesita Energética, no período de 1985 a 1995, os anos de 1986 e 1993 foram os que mais causaram danos, sendo que os meses mais críticos foram agosto (12,8% das ocorrências), setembro (35,2%) e outubro (26,6%) (PEREIRA; SOUZA, 1996). Na V&M Florestal o período de maior ocorrência de incêndios vai de julho a agosto (FREITAS; VIQUE, 2007). Já na CENIBRA, o período mais crítico vai de agosto a outubro, quando ocorrem em média 65% das ocorrências, sendo mais frequentes nos finais de semana e com início entre as 10 e 18h (MEDEIROS, 2007).

2.1.2 Extensão da área queimada

No mundo, de acordo com a FAO (2006a), a área média atingida no período de 1998 a 2002 foi de pelo menos 27,7 milhões de hectares de florestas, equivalente a 0,9% da área florestal dos países que repassaram essas informações. Um adicional de 5,1 milhões de hectares de outras coberturas florestais também foram relatadas como significativamente afetadas pelo fogo. Os maiores percentuais foram registrados na África e Ásia, e os menores na Europa (TABELA 1).

TABELA 1 – MÉDIA DA ÁREA DE FLORESTA ANUALMENTE AFETADA PELOS INCÊNDIOS, NO PERÍODO DE 1998 A 2002

REGIÃO/SUB-REGIÃO	INFORMAÇÕES			ÁREA FLORESTAL AFETADA PELO FOGO	
	Países informantes	Área florestal (1000 ha)	% do total de área florestal	1000 ha	% de cobertura florestal
África	20	130.763	19,9	7.177	5,5
Ásia	33	534.744	94,4	11.770	2,2
Europa	37	997.658	100	1.597	0,2
América do Norte e Central	10	693.310	98,0	4.476	0,6
Oceania	2	8.244	4,0	n.s.	n.s
América do Sul	10	806.483	94,6	2.719	0,3
Total	112	3.171.203	79,5	27.740	0,9

NOTA: o Brasil informou dados incompletos
FONTE: FAO (2006a)

Na Finlândia, a área afetada por incêndios no período de 1952 a 1978 foi de 15.091,5 hectares, com destaque para o período de 1956 a 1960, com 52,9% da área atingida (HEIKKILÄ, GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007). Na apresentação da série histórica do número de ocorrência de incêndios e área queimada de Portugal, no período de 1980 a 2005, Viegas *et al.* (2006) afirmam que os piores anos de ocorrência de incêndios foram 2003, 2004 e 2005, período em que ocorreram 24 eventos extremos (incêndios maiores que 5.000 ha), enquanto na década de 1993 a 2003 foram apenas 5 ocorrências na mesma classe.

No período de 1986 a 2004, na América do Sul, foram afetados em média 2,9 milhões de hectares. No período de 1990 a 2004 foram registrados 282.629 incêndios florestais, que afetaram 50.353.945 hectares (FAO, 2007) (GRÁFICO 2).

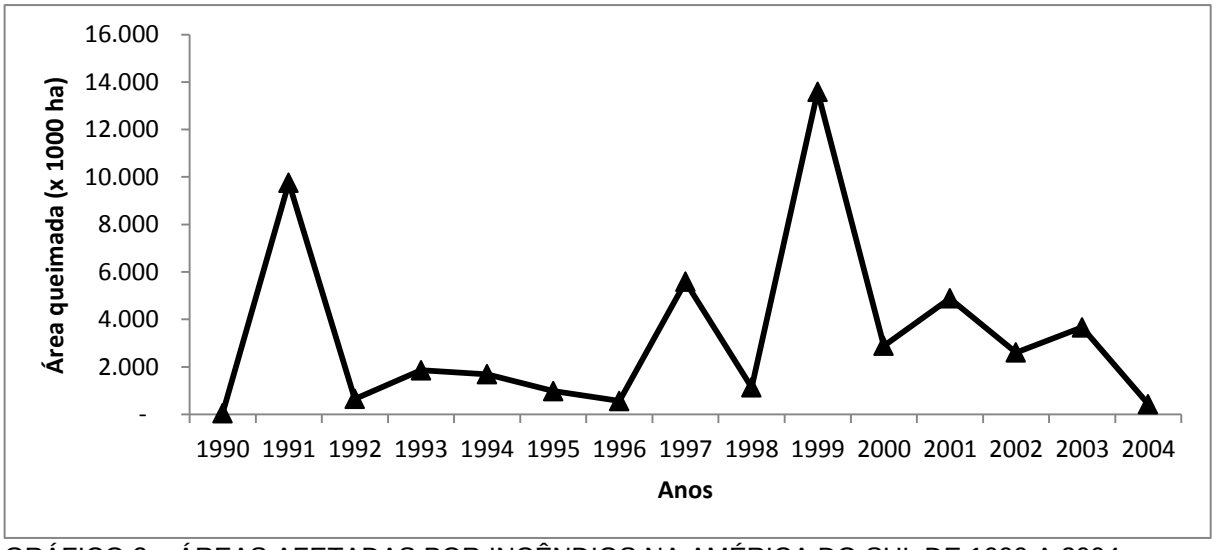


GRÁFICO 2 – ÁREAS AFETADAS POR INCÊNDIOS NA AMÉRICA DO SUL DE 1990 A 2004
FONTE: FAO (2007), adaptado pelo autor (2012)

De 1983 a 1987 foram registrados e comunicados, em empresas florestais e em florestas administradas pelo setor público, 1.754 incêndios que queimaram 134.107,31 ha de florestas e outras formas de vegetação (SOARES, 1984 e 1988). De 1994 a 1997 (SOARES; SANTOS, 2002) e 1998 a 2002 (SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006), foram registrados 1.957 e 19.377 incêndios, respectivamente. De acordo com Soares (2009) as maiores superfícies atingidas pelo fogo, nos três períodos analisados foram entre junho e novembro, atingindo 91,2; 98,7 e 92,3% das áreas respectivamente. Essa tendência foi observada em todos os estados, exceto Bahia e Espírito Santo, onde a distribuição foi mais uniforme no período de 1983 a 1987, com ligeira predominância nos meses de janeiro a março (SOARES, 1992).

Aximoff e Rodrigues (2011) constataram que o fogo atingiu 3064 ha dentro do PARNA do Itatiaia (com área total de 28.156 ha) no período de 2001 a 2008. No PARNA de Ilha Grande, que possui uma área de 78.875 ha, Koproski, Batista e Soares (2004) identificaram 52 ocorrências no período de 1999 a 2003, que totalizaram 124.854,5 ha atingidos, ou seja, uma área equivalente a 1,6 vezes a área do parque. No PARNA da Chapada dos Veadeiros que possui uma área de 65.514,73 ha, no período de 1992 a 2003, queimaram 138.986 ha. Os incêndios atingiram uma área maior nos anos de 1995 (60% do parque) e 2003 (84%) (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006).

A área queimada, no estado do Paraná, nos anos de 1993 e 1994 foi de 25.702 ha (HERDE, 1996) e, no período de 2005 a 2010, foi de 172.130 ha. O maior impacto se deu nos meses de julho a setembro, com 76,0% da área atingida. A região mais impactada foi a noroeste, com 30,4% das ocorrências, seguida pela nordeste, com 17,3%. Em termos de área atingida, o destaque se dá para o noroeste, com 65,6% da área atingida, seguida pela sudoeste, com 19,0% (TETTO; BATISTA; SOARES, 2011b). A espacialização da área queimada por município no estado do Paraná, relativa ao período de 2005 a 2009 (FIGURA 3), mostra que dos 399 municípios existentes, 363 (91%) ficaram na classe com até 339,9 ha. Nesse período o total de área atingida foi de 135.615,9 ha (TETTO *et al.*, 2011).

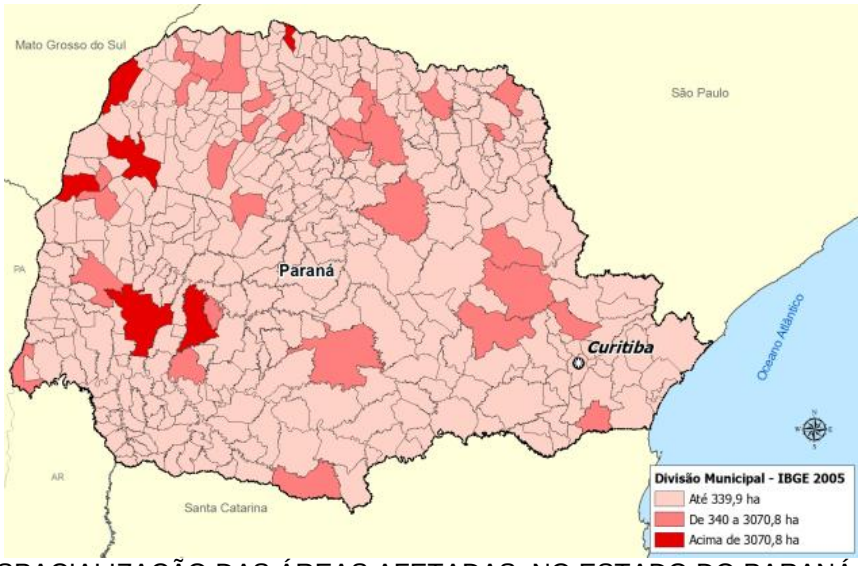


FIGURA 3 – ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS, NO ESTADO DO PARANÁ, NO PERÍODO DE 2005 A 2009
FONTE: Tetto *et al.* (2011)

Na Acesita Energética, no período de 1985 a 1995, foram afetados por incêndios florestais 19.537,25 ha (PEREIRA; SOUZA, 1996). Em 1986, 13% da cobertura florestal de Minas Gerais queimaram. Na V&M Florestal, em 2000, a área afetada foi de 4.143,38 ha, o que correspondeu a uma área queimada de 188,34 ha por ocorrência (FREITAS; VIQUE, 2007) e a CENIBRA perdeu, em 2003, 1,37% da sua área plantada. Considerando neste mesmo estudo o período de 2002 a 2006, a área média queimada foi de 4,08 ha por ocorrência (MEDEIROS, 2007).

2.1.3 Causas

A FAO (2006b) reconhece o uso do fogo por proprietários rurais de países em desenvolvimento para a limpeza de área agrícola, renovação da pastagem e queima de resíduos da colheita como forma de aumentar a fertilidade do solo, bem como a necessidade da queima controlada em determinadas tipologias (dependentes do fogo) e para a redução do perigo de incêndios florestais. Begon, Townsend e Harper (2007, p. 635) exemplificam o uso do fogo como sendo:

> [...] uma importante ferramenta de manejo para o povo aborígine da Austrália, como o clã proprietário da área Dukaladjarranj no nordeste da Arnhem Land [...]. A queimada, para fornecer pastagem verde para os animais cinegéticos, é planejada pelos zeladores (aborígines com responsabilidades especiais sobre a terra) [...]. Cada queimada em geral tem baixa intensidade e atinge uma pequena área, produzindo um mosaico de áreas queimadas e não-queimadas e, assim, uma diversidade de hábitats em diferentes estágios sucessionais [...]. Assim, Dukaladjarranj contém várias espécies raras e muitas outras espécies que têm declinado em áreas sem manejo [...].

Quando se perde o controle de uma queima controlada e essa passa a queimar livremente uma área, aí sim, tem-se um incêndio florestal (SOARES; BATISTA, 2007). De acordo com Dias (2010), a origem do incêndio florestal está relacionada ao analfabetismo ambiental (desconhecimento do indivíduo das consequências de seus atos), à ocorrência de um incidente (fogueiras mal apagadas, rompimento de cabos de alta tensão, fagulhamento de veículos pesados, entre outros), aos aspectos culturais (rituais religiosos, conflitos rurais, balões de festa junina, piromania, entre outros), aos fenômenos naturais (raios), ao extrativismo (caça, pesca, retirada de madeira, coleta de frutos, entre outros) e à política agrária (pela falta de estímulo às formas de produção que não utilizem as queimadas).

O conhecimento das principais causas dos incêndios é importante para se fazer um trabalho objetivo de prevenção, com vistas à redução daquelas causas mais frequentes. Cabe salientar que existe uma variação significativa das causas de uma região para outra (SOARES; BATISTA, 2007). Para padronizar e analisar as causas dos incêndios florestais, o Serviço Florestal dos Estados Unidos desenvolveu uma classificação, adotada nas publicações da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (SOARES, 1971), que engloba oito grupos, a saber:

a) Raios – incêndios causados direta ou indiretamente por descargas elétricas na atmosfera, sendo a única causa natural de ocorrência de incêndios.
b) Incendiários – incêndios provocados intencionalmente por pessoas em propriedades alheias.
c) Queimas para limpeza – incêndios originários do uso do fogo para limpeza do terreno que, por negligência ou descuido, tenham escapado ao controle.
d) Fumantes – incêndios provocados por fósforos ou pontas de cigarro acesos.
e) Operações florestais – incêndios provocados por trabalhadores florestais em atividades florestais, com exceção os causados pelo ato de fumar.

f) Fogos de recreação – incêndios causados por pessoas que utilizam a floresta como local de recreação, tais como pescadores e caçadores.
g) Estradas de ferro – incêndios causados direta ou indiretamente pelas atividades de ferrovias.
h) Diversos – incêndios cujas causas, apesar de conhecidas, não se enquadram em nenhum dos sete grupos anteriores. São causas pouco frequentes, que ocorrem esporadicamente, as quais não justificam uma classificação especial. Como exemplos, citam-se o incêndio causado pela queda de um avião, de acidente rodoviário, balão de festa junina, operações militares ou o rompimento de linhas de transmissão (BROWN; DAVIS, 1973; SOARES, 1979; BATISTA, 1990; SOARES; BATISTA, 2007; HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007). Os autores da última publicação ainda recomendam como uma classe “crianças”, que na classificação da FAO está inserida nas classes “fogos de recreação” e “diversos”.

As principais causas dos incêndios florestais podem mudar não apenas regionalmente, sobretudo em países de grande extensão territorial, mas também ao longo do tempo (SOARES, 1992, 1996). Praticamente todas as regiões que relataram a ocorrência de incêndios para a FAO (2007), destacaram como causa principal atividades relacionadas à presença humana, com destaque para limpeza de área ou outras atividades agrícolas, negligência ou incendiário. Estima-se que a presença humana foi responsável por 95% dos incêndios na região Mediterrânea, 90% no sul da Ásia, 85% na América do Sul, 80% no nordeste da Ásia e 59% nos Bálcãs. A exceção se dá em locais remotos do Canadá e da Federação da Rússia, onde os raios podem chegar a 70% das causas de ocorrências de incêndios. Na Finlândia, a principal causa no período de 1952 a 1978 foi o descuido no uso do fogo, com 1.406 registros, seguido por raios, com 507 registros (HEIKKILÄ, GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

As políticas agrárias, com o objetivo de expandir a área agrícola e a pecuária sem o devido planejamento e mecanismos de controle, são as principais responsáveis pela transformação das áreas naturais, especialmente no Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru e Venezuela (FAO, 2007).

No Brasil, no período de 1983 a 1987, “queimas para limpeza”, com 33,6%, “incendiários”, com 29,8% e “fogos de recreação”, com 10,9% foram os principais grupos de causas (SOARES, 1992). Nos períodos seguintes (1994 a 1997 e 1998 a 2002) houve uma inversão, com os “incendiários” (56,6 e 69,1%, respectivamente)

em primeiro lugar e as “queimas para limpeza” (22,1 e 13,1%, respectivamente) em segundo lugar (SOARES, 2009). Esta tendência não está ocorrendo somente no Brasil, podendo ser explicada por problemas sociais, pelas disputas de posse da terra, pela pressão urbana e pela atração que o fogo provoca (SOARES, 1997). Essas tendências e alterações, no entanto, somente são detectadas quando se dispõe de estatísticas atualizadas, organizadas e confiáveis (SOARES, 1996; 2009).

Avelino (2011), com base no Sistema Nacional de Informações sobre Fogo (SisFogo), observou que as principais causas apontadas para essas ocorrências foram práticas agrícolas (27%) e pecuárias (19%), sendo que 20% não puderam ser determinadas.

Na empresa Acesita Energética, estado de Minas Gerais, no período de 1985 a 1995, a principal causa de incêndio foi “incendiários” (59,7%), com destaque também para incêndios iniciados nos confrontantes (23,7%) e relacionados à operação florestal (13,3%) (PEREIRA; SOUZA, 1996). Na Fibria (ex-Aracruz), no período de 1998 a 2007, 61,5% das ocorrências tiveram como causa “incendiários” (intencional) (PENNA, 2010). De acordo com o mesmo autor, em outras empresas a situação se repetiu: na Cenibra, entre 2002 e 2006, 82% dos incêndios foram causados por incendiários (MEDEIROS, 2007); na Klabin, entre 1965 e 2007, foram 33% (SANTOS, 2007); e na V&M Florestal, entre 2000 e 2006, 54% (FREITAS; VIQUE, 2007).

Em unidades de conservação, de modo geral, as causas têm sido as mesmas observadas por empresas florestais, com um agravante: a falta de perícia (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006; AXIMOFF; RODRIGUES, 2011). No PARNA do Itatiaia não foram determinadas as causas de 88,2% dos incêndios. Dos determinados, 82,6% eram causas humanas, sendo 42,8% em função do uso do fogo para a limpeza e renovação de pasto. A atividade pecuária foi detectada como sendo a mais impactante, sendo necessário o desenvolvimento de atividades de educação ambiental e assistência técnica específica (AXIMOFF; RODRIGUES, 2011).

No PARNA de Ilha Grande, 92,3% dos incêndios estão ligados a causas humanas (destes, 34% foram criminosos). Atividades como caça, pesca, queima de pastagens, exploração de produtos florestais foram identificadas como principais causadoras, sendo necessário o desenvolvimento de campanhas de educação ambiental no entorno da unidade (KOPROSKI; BATISTA; SOARES, 2004).

Fiedler, Merlo e Medeiros (2006) observaram que 88,2% dos incêndios eram causados por atividades humanas, sendo as principais causas encontradas: criminoso (33,3%), raios (15%), queima de pasto (11,7%) e incendiário (8,3%), sendo que 67% dos incêndios ocorreram associados à rodovia.

Pesquisa realizada por Bontempo, Ribeiro e Lima (2007, s/p) também identificou como “criminosa” a principal causa dos incêndios nos parques em Minas Gerais. Eles observaram que a maioria dos incêndios tem início fora das unidades e que não há relação entre os visitantes e os incêndios pois “em geral, há um sentimento de pertencimento ao ambiente, o que leva ao cuidado com o mesmo”. Os autores observaram que, em função disso, os parques têm enfatizado as medidas de redução de propagação do fogo (73%) e que 64% dos gerentes que receberam *kit* contendo cartazes, prospectos, adesivos com o tema fogo em 2005 não o consideravam contextualizados para a comunidade-alvo de sua unidade.

A falta de perícia observada por Fiedler, Merlo e Medeiros (2006) e Aximoff e Rodrigues (2011), também foi constatada por Tetto, Batista e Soares (2011b) no estado do Paraná. A justificativa, segundo esses autores, é que de acordo com o artigo 50, da Constituição do Estado do Paraná de 1989, cabe à Polícia Científica e não ao Corpo de Bombeiros Militar a realização da perícia, inclusive com a determinação da causa do incêndio (PARANÁ, 2006). Destaca-se que a referida lei foi estabelecida em conformidade com o artigo 144 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988).

2.1.4 Tipo de vegetação atingida

É importante salientar que o fogo desenvolve um importante papel ecológico em alguns ecossistemas (PALUMBO *et al.*, 2011). Estudo realizado por Myers (2006) identificou quatro tipos de ecossistemas em função da resposta ao fogo: independentes, dependentes, sensíveis e influenciados pelo fogo. A caracterização desses ambientes é fundamental para identificar as ameaças, necessidades de conservação, oportunidades associadas ao fogo nos diferentes tipos de vegetação, bem como as ações de manejo nesses diferentes locais.

De acordo com a FAO (2007, p. 60), na América do Sul a maioria das áreas atingidas pelos incêndios “correspondem a outras tipologias florestais (26%),

seguida por outros usos do solo (20%) e florestas (17%)". As principais áreas afetadas foram as regiões dos campos e áreas naturais protegidas na Argentina, Bolívia, Chile e Uruguai (20%) seguida das capoeiras e cerrados no Brasil, Bolívia, Colômbia e Venezuela (13%) (FAO, 2007).

Analisando os tipos de vegetação atingidos pelos incêndios nos períodos de 1983 a 1987, 1994 a 1997 e 1998 a 2002, Soares (2009) observou que o grupo "outro tipo de vegetação" (cerrado, campo e capoeira) foi o mais atingido e entre as plantações florestais, o eucalipto foi a espécie mais afetada. Segundo o mesmo autor, apesar do pinus ser mais inflamável, ocorreram mais incêndios em plantios de eucalipto por haver mais área plantada com esta espécie, além da maior parte delas estar localizada em regiões mais propícias à ocorrência de incêndios (GRÁFICOS 3 e 4). Corroboram com esses resultados os dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) (2011), que informam a existência, no Brasil, de 4,75 milhões de hectares de *Eucalyptus* spp e 1,76 milhões de hectares de *Pinus* spp. Os cultivos de *Eucalyptus* encontram-se concentrados nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Bahia, com 64,7% do total.

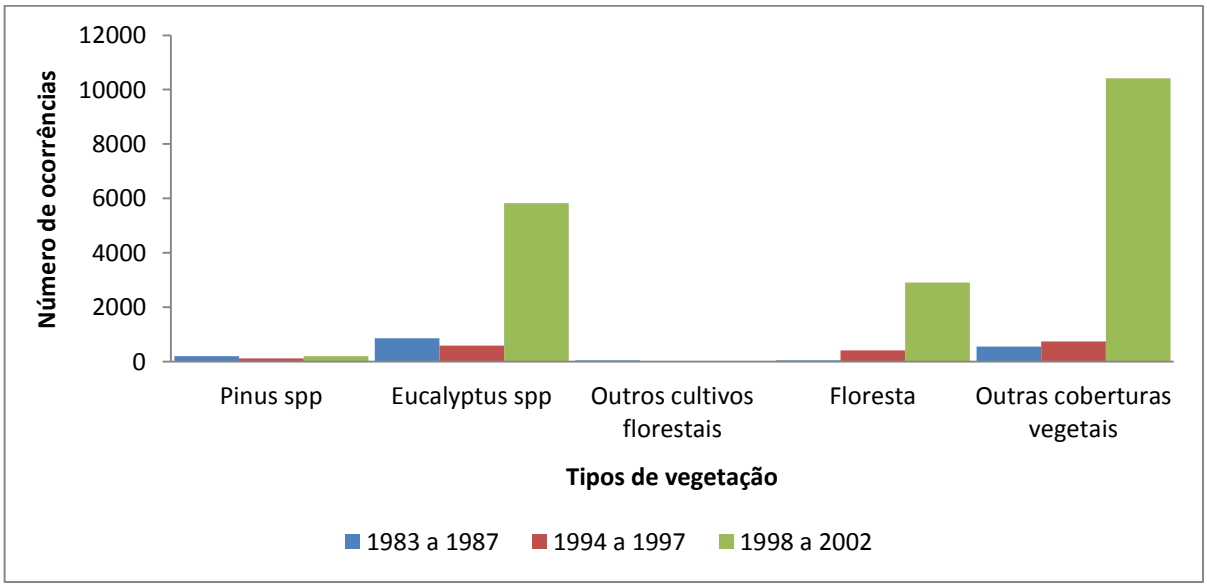


GRÁFICO 3 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS NOS PERÍODOS ANALISADOS
FONTE: Soares (2009), adaptado pelo autor (2012)

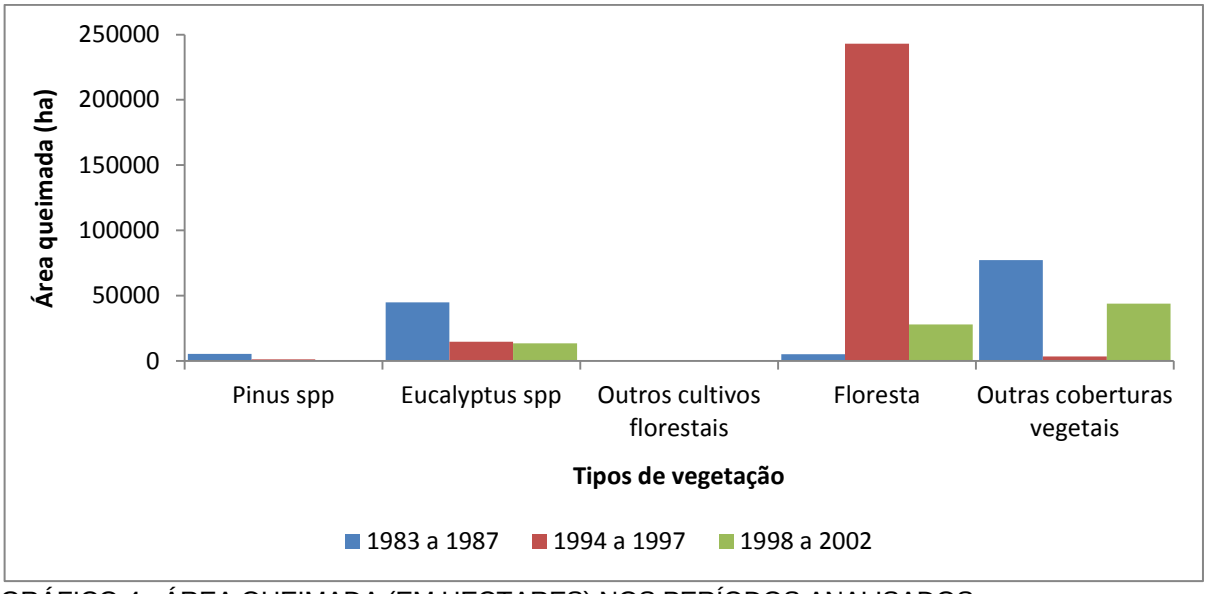


GRÁFICO 4 - ÁREA QUEIMADA (EM HECTARES) NOS PERÍODOS ANALISADOS
FONTE: Soares (2009), adaptado pelo autor (2012)

Aximoff e Rodrigues (2011) constataram um maior número de ocorrências na pastagem e capoeira (49%) seguida dos campos de altitude (28,9%), muito embora a maior área afetada tenha sido nos campos de altitude (49,6%), seguido por pastagem e capoeira (32,9%). Na Acesita Energética, no período de 1985 a 1995, as principais coberturas vegetais afetadas pelos incêndios florestais foram os cultivos florestais (35,5%) e as áreas de cerrado (17,4%) (PEREIRA; SOUZA, 1996). No Paraná, em 1993 e 1994, as coberturas vegetais mais atingidas foram campo (64,1% da área total), seguido das florestas (29,1%) (HERDE, 1996).

2.1.5 Locais de ocorrência

Os incêndios não ocorrem de maneira uniforme em uma determinada área ou região. Segundo Chas-Amil, Touza e Prestemon (2010) é crucial para a aplicação de políticas de prevenção de incêndios conhecer o padrão espacial de ocorrência e suas relações com os aspectos geográficos e econômicos.

De acordo com a FAO (2007), a ocorrência de incêndios próximos da interface urbano-rural tem se intensificado nos últimos dez anos, sobretudo em países como a Argentina, Chile, Equador e Uruguai. Pellizzaro *et al.* (2011) observaram também na

Sardenha, Itália, um aumento na ocorrência de incêndios nas últimas três décadas, principalmente no verão, em função do aumento de turistas na região e das condições meteorológicas estarem mais propícias ao início e propagação do fogo. Ribeiro e Viegas (2011) relatam o aumento dos incêndios na interface urbano-rural em Portugal, na Grécia em 2007 e na Austrália em 2009. Com base no histórico de 38 anos de ocorrência de incêndios em Sydney, Price e Bradstock (2011) identificaram estações de perigo de incêndios mais intensas, associada à perda de residências, uma a duas vezes por década.

Soares (2009), analisando os incêndios registrados e informados, em áreas protegidas no Brasil, nos períodos de 1983 a 1987 (SOARES, 1984 e 1988), 1994 a 1997 (SOARES; SANTOS, 2002) e 1998 a 2002 (SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006), observou que Minas Gerais foi o estado com o maior número de ocorrências, seguido do Espírito Santo e de São Paulo. Avelino (2011), utilizando dados do Sistema Nacional de Informações sobre Fogo (SisFogo), observou a ocorrência de 2.270 registros de incêndios florestais em 2010, atingindo principalmente os estados do Mato Grosso (20,6%), Pará (14,4%) e Ceará (10,9%).

Nas unidades de conservação (UCs) – locais onde os incêndios deveriam ser raros – foram constatadas 304 ocorrências em 2010, concentradas nos meses de julho a outubro (78%), atingindo principalmente os estados de Minas Gerais, Piauí e Ceará (TETTO; BATISTA; SOARES, 2011a). Sampaio (2006) evidenciou que de 1979 a 2003 ocorreram 1.878 incêndios em UCs federais. Observou ainda um crescimento no número de ocorrências, sendo que 66,2% dos eventos estavam concentrados nos últimos anos analisados, entre 2000 e 2003, o que corresponde a apenas 16,7% do período. Resultado semelhante encontrou Aximoff e Rodrigues (2011) na análise do histórico dos incêndios florestais no PARNA do Itatiaia – primeira UC do Brasil, criada em 1937 (BENSUSAN, 2006) – no qual identificou 323 ocorrências distribuídas em 36 anos, sendo 73,4% concentradas no período de 2001 a 2008.

O estado do Paraná concentrou 2,0% do número de ocorrências no Brasil no período de 1998 a 2002 (SOARES, 2009). De acordo com trabalho realizado por Tetto, Batista e Soares (2011b), esses incêndios estão concentrados na região noroeste do estado do Paraná, em função de fatores ambientais relacionados aos incêndios, como as características climáticas, a cobertura vegetal e o uso do fogo em práticas agrícolas. A região litorânea foi a menos suscetível à ocorrência de incêndios florestais, em função de apresentar a maior precipitação média anual e uma tipologia

florestal que tende a inibir o início e propagação do fogo. De acordo com Tetto et al. (2011), de 2005 a 2009 foram observadas 28.556 ocorrências de incêndios florestais no estado, ocasião na qual 316 municípios (79%) encontravam-se na primeira classe com até 72 ocorrências, 57 municípios na segunda classe e 26 na terceira classe (FIGURA 4).

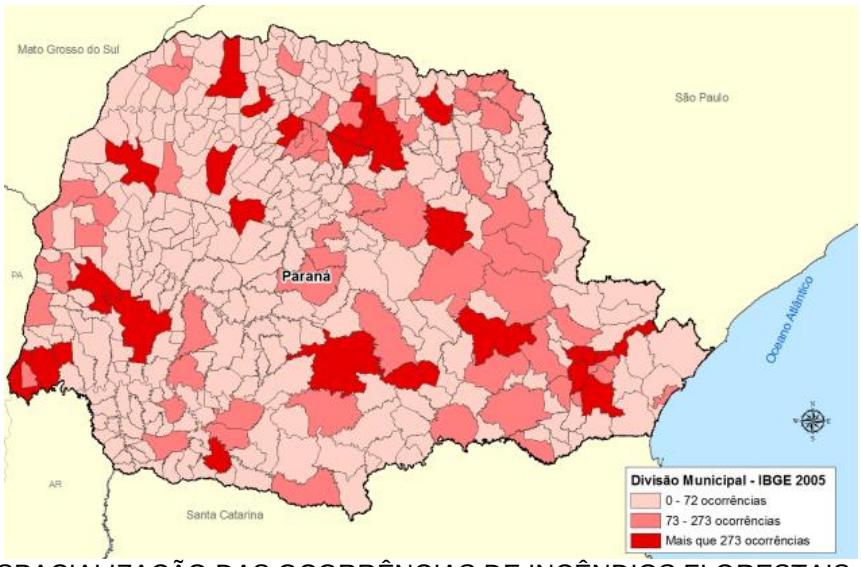


FIGURA 4 – ESPACIALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, NO ESTADO DO PARANÁ, NO PERÍODO DE 2005 A 2009
FONTE: Tetto *et al.* (2011)

2.2 ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS

Uma forma de prevenção dos incêndios florestais é através do conhecimento do grau de perigo, que reflete a possibilidade de ocorrência de um incêndio, sendo condicionado por fatores ambientais variáveis, geralmente relacionados às condições meteorológicas e pode ser estimado de modo objetivo recorrendo aos índices existentes (VIEGAS *et al.*, 2004). Desta forma, o termo “perigo” está relacionado às características do material combustível, que formam uma condição propícia à ignição ou que dificultam a operação de supressão, enquanto o termo “risco” de incêndio diz respeito à probabilidade de ocorrência do incêndio, em função da presença e atividades dos agentes causais, como equipamentos, atividades humanas e raios (BROWN; DAVIS, 1973; GAYLOR, 1974).

O conhecimento do grau de perigo diário de incêndios é uma ferramenta útil no planejamento das atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais. Para isso, são utilizados os índices de perigo de incêndios que refletem a probabilidade de ocorrência e/ou propagação de um incêndio, em função das condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias (SOARES; BATISTA, 2007). A verdadeira quantificação do perigo de incêndios é complexa, uma vez que há vários fatores envolvidos a serem considerados, como aspectos climáticos, tipo de combustível, riscos de incêndio e a probabilidade de ignição (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

No passado, a tendência dos técnicos florestais era dedicar maior atenção às atividades de supressão do fogo, por meio de análises e aperfeiçoamento dos métodos de combate então disponíveis. A tendência moderna, no entanto, é dedicar mais atenção às fases de prevenção e pré-supressão, pois é muito mais vantajoso, sob todos os aspectos, evitar um incêndio ou mesmo atacá-lo imediatamente após seu início, do que combatê-lo depois de estabelecido e em franca propagação (SOARES, 1985).

Uma das consequências da filosofia de se dedicar maior atenção à prevenção foi o desenvolvimento de índices de perigo de incêndio, os quais têm sido continuamente aperfeiçoados para atender a demanda de sistemas de controle de incêndios florestais cada vez mais eficientes. Segundo Williams (1967), até 1920 não se havia pensado seriamente, no Canadá, no uso sistemático de dados meteorológicos para desenvolver estimativas do grau de perigo de incêndio. Desde essa época, porém, tabelas de perigo de incêndio começaram a ser construídas, para todas as partes do país, através de inter-relações existentes entre clima, umidade do combustível e comportamento do fogo.

Existem vários índices de perigo de incêndios. Alguns como Telicyn (BATISTA, 1990), Angstron, Nesterov e Fórmula de Monte Alegre (SOARES; BATISTA, 2007) são classificados como índices de ocorrência e outros, como Fórmula de Monte Alegre Alterada (NUNES; SOARES; BATISTA, 2006; SOARES; BATISTA, 2007), *Canadian Forest Fire Weather Index*, (VIEGAS *et al.*, 2004; MARLETTO; VENTURA, 2009), *The National Fire Danger Rating System* (SOARES, 1972a), ICONA e “Italiano” - CFS (MARLETTO; VENTURA, 2009) são classificados como índices de propagação.

Nunes, Soares e Batista (2006) salientam que a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente das medidas de prevenção e para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate aos incêndios florestais, com o objetivo de redução as perdas e os prejuízos financeiros advindos da ocorrência de eventos catastróficos.

Para Deppe *et al.* (2004) os índices proporcionam subsídios para as atividades de prevenção de incêndios, como o planejamento de ações de manutenção, vigilância e monitoramento dos incêndios e combate aos incêndios, como o dimensionamento de equipes e da infra-estrutura. Soares (1972a) apresenta também, como utilidade e aplicação do uso de índices, a permissão para queimas, o estabelecimento de zoneamento de perigo, advertência ao público e a previsão do comportamento do fogo, no caso de índices de propagação.

Segundo Countryman (1966), nos EUA, desde o início do século passado, pesquisadores do setor de proteção à floresta, haviam percebido as variações do comportamento do fogo com as diferenças de clima, combustível e topografia. Geralmente, eles faziam avaliações qualitativas dessas diferenças. Finalmente, em 1933, Gisborne pela primeira vez estruturou um índice de perigo ao elaborar uma escala do grau de perigo de incêndio. A escala de Gisborne, baseada em diversos componentes do clima, era composta por sete classes de perigo. Seguindo o mesmo princípio, isto é, usar variáveis ou componentes do clima, numerosos outros sistemas de predição do grau de perigo de incêndio foram desenvolvidos, em diversos países do mundo (SOARES; BATISTA, 2007). Segundo Gaylor (1974), na década de 50, nos Estados Unidos, existiam oito sistemas diferentes de classificação de perigo de incêndios. Com o intuito de uniformização da informação, foi colocado em operação, em 1973, o *National Fire Danger Rating System* (NFDR). Os serviços florestais do Canadá e dos EUA, por exemplo, desenvolveram em 1970 e 1972, respectivamente, índices nacionais, para padronizar os sistemas de avaliação do grau de perigo em cada país (SOARES; BATISTA, 2007).

No Brasil, até 1963, não se tinha notícia de nenhuma tabela ou equação de previsão do perigo de incêndios. Ao final daquele ano, devido ao grande incêndio ocorrido no estado do Paraná, a Divisão de Estudos e Pesquisas Meteorológicas do Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura divulgou duas equações para estimativa do grau de perigo de incêndios, consideradas viáveis para as condições climáticas e estruturais do país: os índices de Angstron e de Nesterov,

desenvolvidos na Suécia e na Rússia, respectivamente, como viáveis para utilização no país (SOARES, 1985; TETTO *et al.*, 2010).

Em 1972, Soares desenvolveu o primeiro índice de perigo de incêndio do país, a Fórmula de Monte Alegre (FMA) (SOARES, 1972b). Este índice é acumulativo e utiliza como variáveis meteorológicas a umidade relativa do ar, diretamente na equação e a precipitação, como restrição à somatória da FMA. A FMA tem se mostrado eficiente para as regiões de clima similar ao da região para a qual a equação foi desenvolvida, sendo necessária uma adaptação na escala de perigo nos outros casos. Nessa linha de pesquisa, Tetto *et al.* (2010) propuseram para os municípios de Irati, Fernandes Pinheiro, Teixeira Soares e Imbituva, no Paraná, novos intervalos de classes da FMA.

Com relação à sua eficiência, Soares (1987) comparando vários índices de perigo de incêndios, para o município de Rio Branco do Sul – PR, chegou à conclusão de que a FMA era mais eficiente na detecção dos incêndios em 82% das ocorrências, sendo a mais indicada para uso na região. Soares (1998), em pesquisa realizada no Distrito Florestal de Monte Alegre, região central do estado do Paraná, observou que a FMA manteve a mesma eficiência na previsão do grau de perigo de incêndio, após 20 anos de sua introdução no local, e salienta a sua importância, tendo em vista a sua simplicidade de manipulação.

Deppe *et al.* (2004, p. 124) encontraram significativa correlação entre os índices de perigo de incêndio e a ocorrência de focos de calor. Na ocasião, 52% dos focos detectados apresentaram-se na classe de perigo extremo, 46,4% no elevado e 1,5% no moderado, o que demonstra a robustez do índice para o estado do Paraná. Eles concluíram ainda que é “necessário um melhor refinamento/ adaptação do Índice Monte Alegre para o Paraná, uma vez que o mesmo demonstra-se relativamente elevado ao longo de todo o ano”. Essa tendência em concentrar uma maior número de dias nas classes mais elevadas também foi observada por Borges *et al.* (2011), em pesquisa realizada no período de 2003 a 2006 no Espírito Santo.

Martini, Deppe e Lohmann (2007), com base nos focos de calor no estado do Paraná, no período de 1999 a 2006, verificaram que há uma boa correlação entre o FMA e a distribuição espacial dos focos de calor detectados através de imagens NOAA/AVHRR, apresentando 60,5% na classe de perigo extrema e 39,5% na elevada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Monte Alegre, de propriedade da empresa Klabin Paraná, situada no município de Telêmaco Borba, PR, região centro-paranaense, segundo planalto, aproximadamente entre as coordenadas 24º 03’ e 24º 28’ de latitude sul e 50º 21’ e 50º 43’ de longitude oeste, constituindo-se na maior área contínua de cultivos florestais do Brasil, atividade iniciada em 1943 (FIGURA 5). O relevo da região é suavemente ondulado e o mais importante acidente geográfico é o rio Tibagi, principal afluente do Paranapanema, que por sua vez é um dos principais formadores do rio Paraná. A altitude média da área de estudo é de 850 m acima do nível do mar, com amplitude de 750 a 868 m (SOARES, 1972b; NUNES *et al*., 2009; NUNES *et al*., 2010).

FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO
FONTE: O autor (2012)

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região pertence ao tipo Cfb, ou seja, temperado úmido, sem estação seca, com verão fresco e geadas periódicas. Segundo a classificação de zonas de vida de Holdridge, a região está localizada na formação ecológica bosque úmido temperado (SOARES, 1972b).

Conforme apresentado na Tabela 2, a precipitação anual média da região foi de 1.608 mm a qual apresenta, de acordo com Nunes *et al*. (2010), excedente hídrico de 557 mm/ano distribuídos em todos os meses do ano. Nunes *et al.* (2009), analisando dados de precipitação mensal e número de dias de chuva no período de 1947 a 2005, concluíram que os meses mais chuvosos foram dezembro, janeiro e fevereiro; e os menos chuvosos julho e agosto, resultados que concordam com os dados do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) (2012). O trimestre que apresentou menor número de dias de chuva foi julho, agosto e setembro.

A temperatura média anual foi de 18,6ºC, sendo os meses mais frios junho, julho e agosto, com temperatura mínima absoluta de -5ºC (jun. 1978); e os meses mais quentes dezembro, janeiro e fevereiro, com temperatura máxima absoluta de 38,2ºC (nov. 2005). A umidade relativa média do ar foi de 78,5%, com menores valores nos meses de setembro, outubro e novembro. O vento possui direção predominante sudeste, com velocidade média mensal variando de 1,4 a 1,8 m/s, que corresponde a vento “muito fraco” a “fraco” de acordo com a escala de Beaufort (SOARES; BATISTA, 2004).

TABELA 2 – DADOS METEOROLÓGICOS DA REGIÃO ESTUDADA

MÊS	TEMPERATURA DO AR (ºC)			U.R. média (%)	VENTO		PRECIPITAÇÃO (mm)	
	Méd.	Méd. máx.	Méd. mín.		Direção pred.	V (m/s)	Total	Dias de chuva
Jan.	22,5	28,9	18,0	79	SE	1,8	205,1	16
Fev.	22,4	29,0	17,9	80	SE	1,7	159,9	15
Mar.	21,5	28,6	16,7	79	SE	1,5	122,5	12
Abr.	19,1	26,4	14,1	80	SE	1,5	99,8	10
Maio	15,4	22,9	10,5	83	SE	1,4	132,2	13
Jun.	13,9	21,7	8,9	84	SE	1,4	99,1	13
Jul.	13,8	22,0	8,2	81	SE	1,6	94,1	11
Ago.	15,2	24,0	9,1	76	SE	1,6	68,7	8
Set.	16,9	24,6	11,4	75	SE	1,8	150,0	11
Out.	19,5	26,7	14,1	75	SE	1,8	160,6	12
Nov.	20,9	27,9	15,5	74	SE	1,8	147,7	11
Dez.	22,0	28,6	17,1	76	SE	1,8	167,9	14
Ano	18,6	25,9	13,4	78,5	SE		1608	147

NOTA: Dados obtidos na estação meteorológica situada no município de Telêmaco Borba (24º 20’ S e 50º 37’ W e altitude de 768 m), relativos ao período de 1976 a 2010

FONTE: IAPAR (2012), adaptado pelo autor (2012)

Quanto à vegetação natural, existiam três formações básicas na região: florestas primárias de *Araucaria angustifolia*, florestas secundárias resultantes da exploração dos pinheirais e campos com formações fluviais. O cultivo florestal da Fazenda, implantado especialmente nas áreas de campo e em substituição às florestas secundárias degradadas, tem sido feito principalmente com *Eucalyptus* spp, *Pinus taeda* e, em menor escala, *Araucaria angustifolia*. De acordo com Santos (2007), a Klabin Paraná é responsável por uma área de 259.923 ha, sendo 132.104 ha de cultivos florestais: *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Eucalyptus* spp e *Araucaria angustifolia*.

A atividade florestal, compreendendo plantio, colheita e industrialização da madeira, constitui a base da economia local. Dados do Departamento de Economia Rural, da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado, mostram que em 2009 o Valor Bruto da Produção (VBP) do Município foi de R$ 169,2 milhões, sendo que os principais produtos foram: toras para papel e celulose (61%), toras de pinus para serraria (28%), toras para lenha (3%) e mudas de pinus (3%) (PARANÁ, 2009a). Este valor representou 5,7% do VBP dos produtos florestais do estado em 2009 (PARANÁ, 2009b). A madeira produzida na região é fundamental para o abastecimento da maior produtora, exportadora e recicladora de papéis do Brasil, que está localizada dentro da Fazenda Monte Alegre (KLABIN, 2011).

A Fazenda Monte Alegre possui uma área de 131.214,70 hectares e está dividida administrativamente em 21 regiões florestais, a saber: Agronomia, Anta Brava, Boa Esperança, Bom Retiro, Cerradinho, Colônia, Faisqueira, Fazenda Velha, Imbauzinho, Invernadinha, Jaguatirica, Mandaçaia, Mirandinha, Mortandade, Palmas, Pinhal Bonito, Recanto, Restingão, Socimbra, Trinita e Vila Preta (FIGURA 6).

FIGURA 6 – ÁREA DE ESTUDO COM SUAS REGIÕES FLORESTAIS
FONTE: O autor (2012)

A área de cada região florestal bem como as siglas, utilizadas nos Registros de Ocorrência de Incêndios (ROIs), são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 – REGIÕES FLORESTAIS E RESPECTIVAS SUPERFÍCIES

REGIÃO	SIGLA	ÁREA (HA)
Agronomia	AGR	7.434,36
Anta Brava	ABR	4.931,96
Boa Esperança	BOA	5.580,95
Bom Retiro	BRE	4.894,00
Cerradinho	CER	9.726,21
Colônia	COL	4.226,68
Faisqueira	FAI	6.336,49
Fazenda Velha	FAZ	7.429,78
Imbauzinho	IMB	6.926,27
Invernadinha	INV	5.215,52
Jaguatirica	JAG	8.637,85
Mandaçaia	MAN	5.461,79
Mirandinha	MIR	7.567,75
Mortandade	MOR	7.266,58
Palmas	PAL	3.188,45
Pinhal Bonito	PIN	5.220,27
Recanto	REC	4.491,15
Restingão	RES	6.323,66
Socimbra	SOC	5.739,58
Trinita	TRI	8.289,21
Vila Preta	VIL	6.326,19
Total	-	131.214,70

FONTE: O autor (2012)

3.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os registros dos incêndios ocorridos na Fazenda Monte Alegre, desde 1965, estão em fichas individuais e contêm as seguintes informações: a) região florestal onde ocorreu o incêndio; b) data; c) área queimada; d) tipo de vegetação atingida; e) hora de detecção do fogo; f) hora do início do combate; g) pessoal e equipamentos empregados no combate; h) hora em que o fogo foi controlado; i) causa provável do incêndio; j) observações complementares; k) identificação do responsável pelas informações.

Os dados extraídos dos questionários foram tabulados, padronizados e analisados, utilizando os programas Visual FoxPro versão 9 (MICROSOFT CORPORATION, 1989 – 1993) e Microsoft Office 2007 (MICROSOFT

CORPORATION, 2006), a fim de proporcionar a maior quantidade possível de informações sobre a ocorrência de incêndios em cada região administrativa. Além das estatísticas fundamentais de número de incêndios e respectivas áreas queimadas, foram feitas a distribuição espacial das ocorrências, a distribuição através dos meses do ano, das horas do dia e dos dias da semana, a identificação das principais causas, a classificação segundo o tamanho da área queimada e a separação por tipo de vegetação atingida, bem como a determinação das seguintes variáveis apresentadas por Bovio e Camia (1997) e por Rodriguez e Menzonet (2004):

a. Densidade de incêndios: é o número médio por mês de ocorrência de incêndios, no período analisado, em uma área de 1.000 ha de cobertura vegetal.
b. Densidade de área afetada: é a média aritmética mensal da área atingida por incêndios, no período analisado, por 1.000 ha de cobertura vegetal.
c. Média da área queimada por incêndio: quociente da divisão da área atingida mensal, no período analisado, pelo total de ocorrências de incêndios no referido mês.
d. Mediana da área queimada por incêndio: corresponde ao valor central da distribuição de frequência, o qual representa o tamanho típico de incêndio ocorrido a cada mês, sem ser afetado pelos valores extremos da distribuição, como ocorre no caso da média da área queimada por incêndio.
e. Máxima área queimada por um incêndio: refere-se ao maior incêndio ocorrido a cada mês no período analisado, o qual indica a máxima severidade que o fogo pode atingir por mês.
f. Densidade de grandes incêndios: é a média aritmética mensal das áreas queimadas pelos grandes incêndios (> 40 ha), no período analisado, por 1.000 ha de cobertura vegetal.
g. Porcentagem do número de dias de cada mês nos quais ocorreram incêndios: possibilita diferenciar os meses que possuem um grande número de dias com ocorrência de incêndios e aqueles que não possuem.

Os incêndios foram ordenados de acordo com as classes de tamanho propostas por Ramsey e Higgins (1981) e usadas internacionalmente: I) até 0,09 ha; II) de 0,1 a 4,0 ha; III) de 4,1 a 40,0 ha; IV) de 40,1 a 200,0 ha; V) mais de 200,0 ha, sendo que a

maior concentração de ocorrências na primeira classe, corresponde a uma maior eficiência do combate.

A eficiência de combate foi avaliada por meio das seguintes variáveis: classes de tamanho dos incêndios; área média queimada por incêndio; tempo gasto entre a detecção e o início do ataque e o tempo gasto desde a detecção até a extinção do fogo. O tempo gasto entre a detecção e o início do ataque (primeiro ataque) foi ordenado nas seguintes classes, adaptadas de Lima (1991): I) até 30 minutos; II) de 31 a 60 minutos; III) de 61 minutos a 120 minutos; IV) de 121 minutos a 180 minutos; e V) acima de 180 minutos (3 horas).

3.2.1 Aspectos dos incêndios florestais

Os dados referentes ao número de incêndios e as respectivas áreas queimadas foram tabulados por região florestal para se observar as diferenças entre elas, visto que os incêndios não ocorrem de maneira homogênea por toda a área. Inicialmente, foi feita uma análise de variância na qual as regiões florestais corresponderam aos tratamentos e os anos às repetições, para se verificar se existiam diferenças entre as regiões. Posteriormente, uma análise multivariada utilizando-se a técnica de *cluster* (RODRIGUEZ; MENZONET, 2004; CHAS-AMIL; TOUZA; PRESTEMON, 2010) indicou as regiões homogêneas e as variáveis que contribuíram para as eventuais diferenças. Foram elaborados dendrogramas (representação gráfica em forma de árvore que resume o processo de agrupamento de uma análise de *clusters* ou conglomerados) no qual os objetos similares se conectam por *links* cuja posição no diagrama está determinada pelo nível de similitude/ dissimilitude entre os objetos (VILLARDÓN, 2011). Para apresentar o nível de similitude entre os objetos considerados foi utilizada a distância euclidiana, aplicada por Rodríguez e Menzonet (2004).

Os incêndios que tiverem as prováveis causas identificadas foram classificados segundo o seguinte agrupamento (SOARES; BATISTA, 2007): raios, queimas para limpeza, incendiários, fumantes, fogos de recreação, operações florestais, estradas de ferro e diversos. Foi feita também uma análise de variância para verificar se existiam diferenças entre os grupos.

Os dados retirados dos questionários foram agrupados de acordo com os seguintes tipos de vegetação: eucalipto, pinus, outras espécies plantadas (consideradas as discriminações “araucária”, “cultivo” e “fomento”), floresta, capoeira, campo e diversos (consideradas as especificações: agricultura, infraestrutura, material lenhoso, resíduo de exploração e margem de rodovia). As informações (número de incêndios e áreas queimadas) foram também tabuladas e uma análise de variância indicou as diferenças estatísticas entre os tipos de vegetação.

Com base nos dados de ocorrências foram elaborados mapas da distribuição espacial dos incêndios florestais nos seguintes períodos: 1965 – 1969, 1970 – 1979, 1980 – 1989, 1990 – 1999 e 2000 - 2009. Para isso foi utilizado o programa ArcGis (ESRI, 2003).

Os dados das ocorrências e respectivas áreas queimadas foram tabulados de acordo com os meses do ano para se identificar a estação de incêndios; de acordo com as horas do dia para se verificar quando eles iniciaram; e de acordo com os dias da semana para se testar a hipótese de que as ocorrências se distribuem uniformemente através deles. Análises de variância indicaram as diferenças estatísticas entre os tratamentos (meses, horas e dias da semana).

Todas as análises estatísticas foram feitas com um grau de probabilidade de 95%, utilizando-se o programa Statistica (STATSOFT CORPORATION, 2004). Nos casos em que a análise de variância indicou diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Student, Newman e Keuls (SNK). Quando os dados não seguiram a distribuição normal foram usados testes não paramétricos (STEEL; TORRIE, 1960; SOARES, 1982).

3.2.2 Índice de perigo de incêndios

Foram utilizados os dados de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, fornecidos pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), no período de 1976 a 2009, obtidos na estação meteorológica situada no município de Telêmaco Borba.

Inicialmente, foi necessário estimar a umidade relativa do ar às 13:00 horas, para aplicação na equação da Fórmula de Monte Alegre (FMA), uma vez que essa

variável é medida, pelo referido Instituto, às 15:00 horas. Para isso, foi utilizada a equação proposta por Nunes, Soares e Batista (2005):

$$UR_{13} = 2{,}451510.UR_{15}^{\ 0{,}796072} \ (R^2 = 0{,}8639)$$

onde:

UR_{13} = umidade relativa do ar (%), estimada para às 13 horas

UR_{15} = umidade relativa do ar (%), medida às 15 horas

R^2 = coeficiente de determinação

Posteriormente, foram determinados os índices diários de perigo de incêndios, através da FMA, no período de 1976 a 2009 e agrupadas nas classes de perigo propostas por Soares (1972b). Cabe salientar que este é um índice acumulativo, que utiliza como variável direta a umidade relativa do ar, medida às 13 horas e indireta, como fator restritivo (TABELA 4), a precipitação pluviométrica. A equação básica do índice é:

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

Sendo:

FMA = Fórmula de Monte Alegre

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

n = número de "*i*" dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

TABELA 4 - RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DA FMA, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO DIA

PRECIPITAÇÃO DO DIA (mm)	MODIFICAÇÃO 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 a somatória (FMA = 0) e recomeçar o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

FONTE: Soares (1972b)

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA é feita através de uma escala apresentada na Tabela 5.

TABELA 5 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

INTERVALOS 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 (1972b)

Foi quantificado o número de dias em cada classe de perigo e os percentuais que eles representam em cada classe de grau de perigo para a Fórmula de Monte Alegre (FMA), analisando o seu comportamento no período de 1976 a 2009. A eficiência da FMA na previsão do perigo de incêndios foi determinada através da análise de *skill score*, onde uma tabela de contingência é gerada para se comparar os eventos teóricos com as observações reais (NUNES *et al.*, 2010). As Tabelas 6 e 7 ilustram como foram realizados os cálculos para se obter o *skill score*.

TABELA 6 – TABELA DE CONTINGÊNCIA

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 *et al.* (2010)

TABELA 7 – CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	a / (a + c)	b /(b + d)	
	Não incêndio	c / (a + c)	d / (b + d)	
Total observado		1	1	2

FONTE: NUNES *et al.* (2010)

As variáveis necessárias para a realização dos cálculos 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 . (1 – p). (1 – q) + N . p . q)

Onde:

p = N1 / N e q = N2 / N

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

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

Para analisar o desempenho da Fórmula de Monte Alegre foi utilizada a mesma classificação recomendada por Sampaio (1999) e utilizada por Nunes *et al.* (2010, p. 322), ou seja, “foram considerados como não indicativo da probabilidade de ocorrência de incêndios os graus de perigo Nulo e Pequeno e como indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndios os graus de perigo Médio, Alto e Muito Alto”. O valor igual ou superior a 3,1 foi considerado o limite, acima do qual há perigo de ocorrência de incêndio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPORTAMENTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

No período de 1965 a 2009 foram atendidos pelos brigadistas da Klabin, em áreas próprias e de terceiros, 2.313 ocorrências de incêndios florestais, que atingiram uma área de 6.197,0 ha. Desse total, 1.676 (72,5%) incêndios ocorreram na Fazenda Monte Alegre e atingiram uma área de 2.923,16 ha (47,2%). A área média afetada por incêndio foi de 1,74 ha, valor inferior ao encontrado por Rodriguez e Soares (2004) para o período de 1998 a 2001, que foi de 40,34 ha. Ambos os valores encontram-se bem abaixo da área média afetada por incêndio em unidades de conservação, que foram de 2.316,43 ha para o PARNA da Chapada dos Veadeiros (GO) (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006) e 2.401,05 ha para o PARNA de Ilha Grande (KOPROSKI; BATISTA; SOARES, 2004). A área média afetada por incêndio também ficou abaixo da citada por Medeiros (2004) que foi de 4,08 ha na Cenibra (MG), para o período de 2002 a 2006; e por Freitas e Vique (2004) que variou de 5,17 a 188,34 hectares por ano na V&M (MG), no período de 2000 a 2007.

Os principais parâmetros relacionados ao Registro de Ocorrência de Incêndios (ROI): épocas de ocorrência, extensão da área queimada, causa, tipo de vegetação e local de ocorrência, são apresentados na sequência.

4.1.1 Frequência e época de ocorrência

A média anual de ocorrência de incêndios foi de 37,24, tendo sido observado um aumento no número desses eventos no decorrer do período estudado. A frequência anual de incêndios, encontrado por Rodriguez e Soares (2004) foi de 72,75, para o período de 1998 a 2001. Ambas encontram-se acima do número de ocorrências de outros trabalhos: 29,63 incêndios por ano no Parque Nacional (PARNA) do Itatiaia entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (AXIMOFF;

RODRIGUES, 2011), 10,40 no PARNA de Ilha Grande entre os estados do Mato Grosso do Sul e Paraná (KOPROSKI; BATISTA; SOARES, 2004), 5,00 no PARNA da Chapada dos Veadeiros em Goiás (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006) e 10,43 no PARNA da Serra da Canastra em Minas Gerais (MAGALHÃES; LIMA; RIBEIRO, 2011).

Observou-se uma maior ocorrência dos incêndios em 16 dos 45 anos analisados, concentrados no período de 1999 a 2008. Essa maior frequência de incêndios está associada em grande parte ao arrendamento de uma área pela Klabin próxima à região florestal de Mandaçaia, a qual reduziu a distância entre a malha urbana e os cultivos, aumentando o número de ocorrência em função de um maior fluxo de pessoas e de atividades antrópicas na interface urbano-rural. Destacam-se ainda o analfabetismo ambiental (DIAS, 2010), o uso de drogas, a prostituição e o vandalismo como agravantes desta situação.

Os anos com número de ocorrências abaixo (colunas em branco) e acima da média anual (colunas em preto) de 37,24 incêndios por ano, bem como a linha de tendência (equação polinomial), são apresentados no Gráfico 5. Os anos de 1999, 2000 (VOSGERAU *et al.*, 2006) e 2007 (TETTO *et al.*, 2011b) também foram identificados como acima da média de ocorrência de incêndios por outros pesquisadores em outras regiões do Paraná.

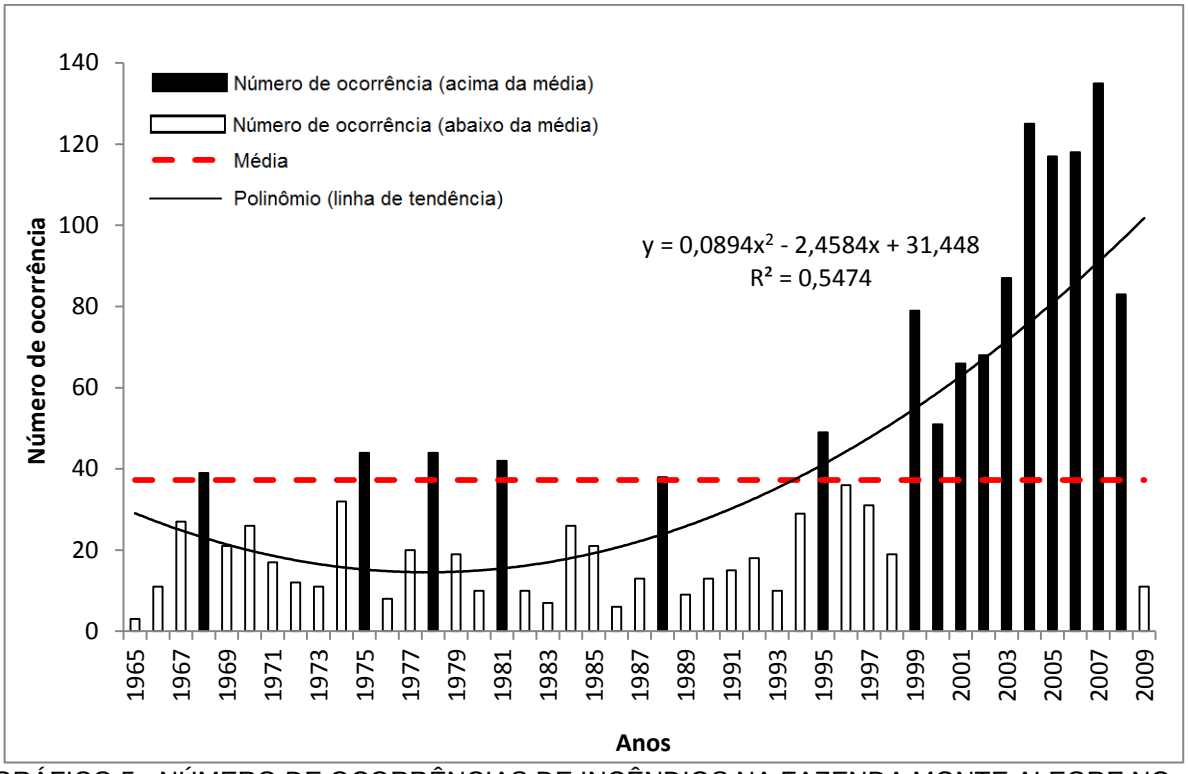


GRÁFICO 5 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009
FONTE: O autor (2012)

O aumento do número de ocorrências no período indica a necessidade de atividades relacionadas à prevenção das fontes de calor, tais como: sensibilização da população, vigilância da área e aplicação da legislação, além do estabelecimento de normas de segurança que minimizem a ignição.

Merecem destaque, em termos de época do ano com maior ocorrência de incêndios, os meses de julho, agosto e setembro, período em que ocorreu uma menor precipitação pluviométrica, associada a uma baixa umidade relativa do ar (GRÁFICO 6).

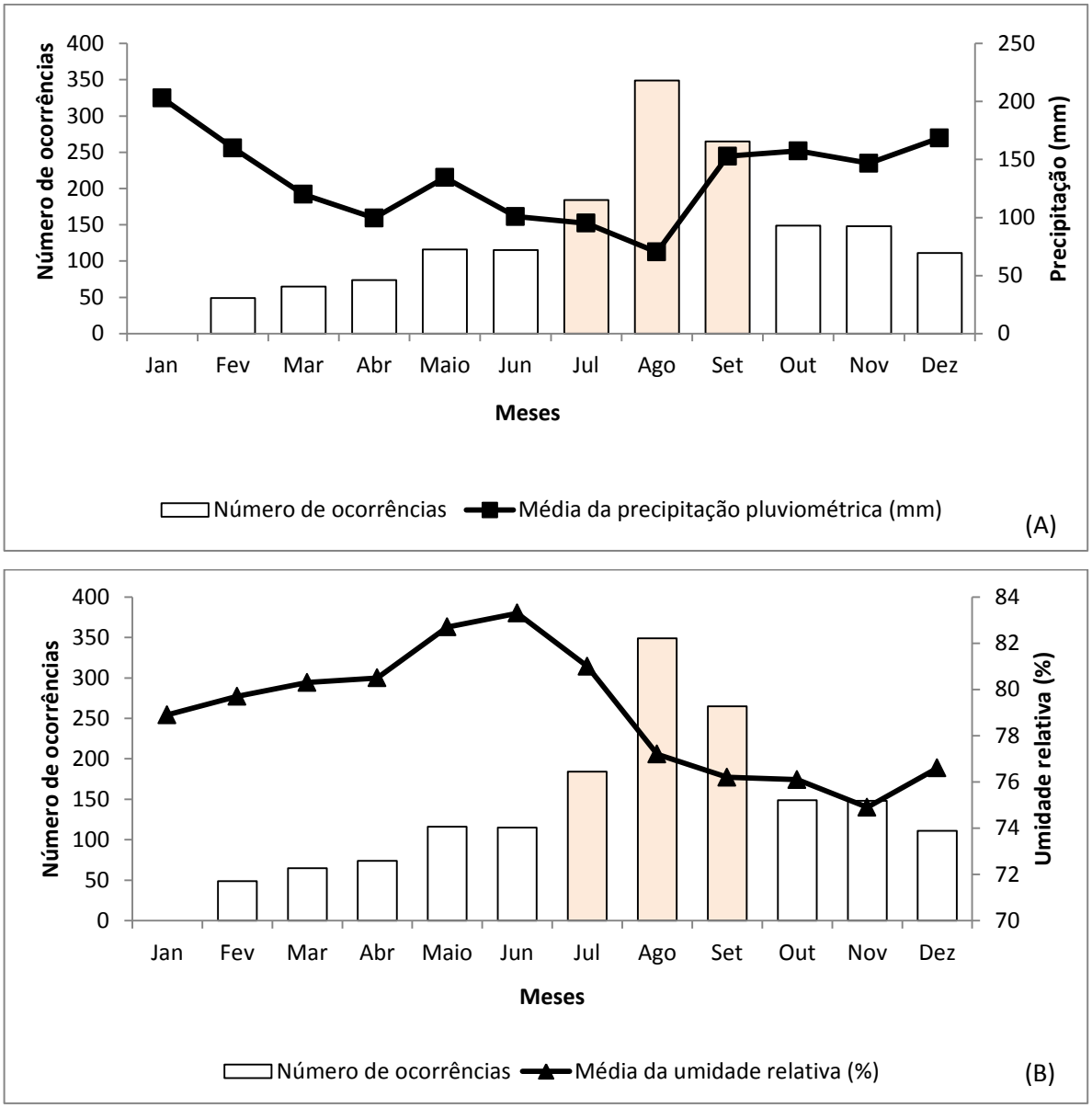


GRÁFICO 6 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS EM FUNÇÃO DOS MESES: (A) MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA; (B) MÉDIA DA UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 13 HORAS

FONTE: O autor (2012)

NOTA: Média da precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar referente ao período de outubro de 1976 a dezembro de 2009

Os meses de julho, agosto e setembro totalizaram 798 ocorrências, no período analisado, o que correspondeu a 47,6% do total. Muito semelhante aos resultados encontrados por Soares (1996), para o qual 43,1% das ocorrências foram observadas nos meses de agosto e setembro e por Tetto *et al.* (2011b), para o qual o período normal de ocorrência de incêndios se concentrou nos meses de junho a setembro, com 52,5% dos registros. Esse período também foi citado em pesquisas realizadas em outras regiões do país: julho a outubro para Rio de Janeiro/ Minas

Gerais (AXIMOFF; RODRIGUES, 2011), agosto e setembro para o Paraná e Mato Grosso do Sul (KOPROSKI; BATISTA; SOARES, 2004), julho a setembro para Goiás (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006) e agosto e setembro para Minas Gerais (BONTEMPO; RIBEIRO; LIMA, 2007). Desta forma, considerando que os principais meses de ocorrência de incêndios são julho, agosto e setembro, é importante que as campanhas de sensibilização sejam iniciadas antes de julho e que a vigilância seja intensificada nos meses da estação normal de perigo de incêndios.

De acordo com Vosgerau *et al.* (2006), os incêndios florestais se concentram no final do inverno e início da primavera por apresentarem as médias mais baixas de precipitação pluviométrica. As médias mais baixas observadas no período analisado foram em julho e agosto (95,2 e 70,3 mm, respectivamente), os mesmos meses citados por Nunes *et al.* (2009).

No Gráfico 7 é apresentada a porcentagem do número de dias de cada mês nos quais ocorreram incêndios. Os valores variaram de 3,2% em fevereiro até 17,6% em agosto. Os meses que apresentaram maior número de dias com ocorrência de incêndios foram julho, agosto e setembro e os que apresentam menor número foram janeiro, fevereiro, março e abril.

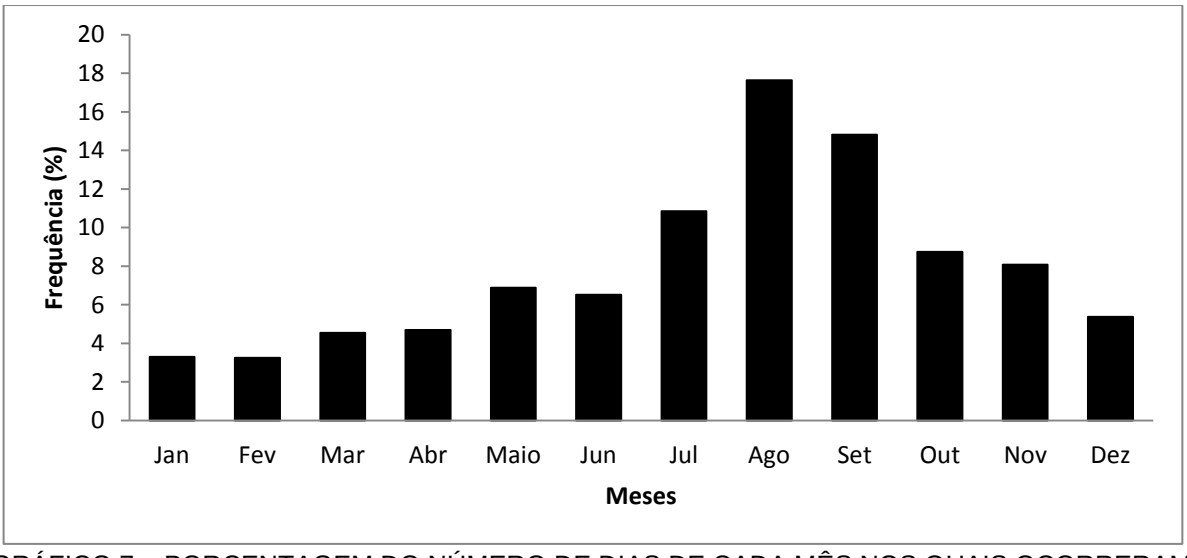


GRÁFICO 7 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS DE CADA MÊS NOS QUAIS OCORRERAM INCÊNDIOS NO PERÍODO 1965 - 2009
FONTE: O autor (2012)

Com relação à distribuição dos incêndios nos dias da semana, observou-se que muito embora quinta e domingo tenham apresentado leve acréscimo em relação aos demais dias, com 15,7% e 15,0% das ocorrências, respectivamente, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (F = 0,126) (GRÁFICO 8 e APÊNDICE A). Desta forma, rejeita-se a hipótese de que nos finais de semana há maior número de registros de incêndios, o que corrobora a pesquisa realizada por Soares *et al.* (2006). Ainda, de acordo com Rodriguez e Soares (2004), os maiores valores encontrados nos dias úteis podem estar relacionados a um maior fluxo de pessoas nas áreas florestais, como consequência do desenvolvimento das atividades florestais. Apesar disso, a não observância de diferença significativa entre os dias da semana, implica que os dias devem ser tratados, em termos de vigilância, sem distinção.

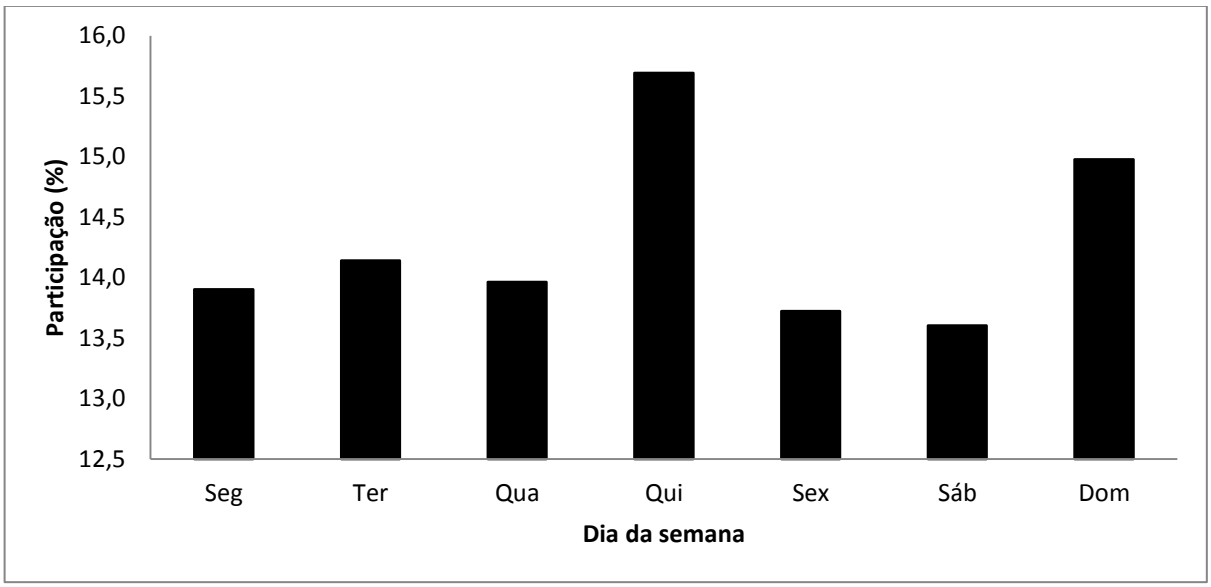


GRÁFICO 8 – NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NOS DIAS DA SEMANA
FONTE: O autor (2012)

Com base nos horários de detecção anotados nos registros de incêndios foi elaborado o Gráfico 9. Observou-se que grande parte dos incêndios teve início entre as 12 e 17 horas (61,3%), horário em que os vigilantes e torristas devem aumentar a atenção.

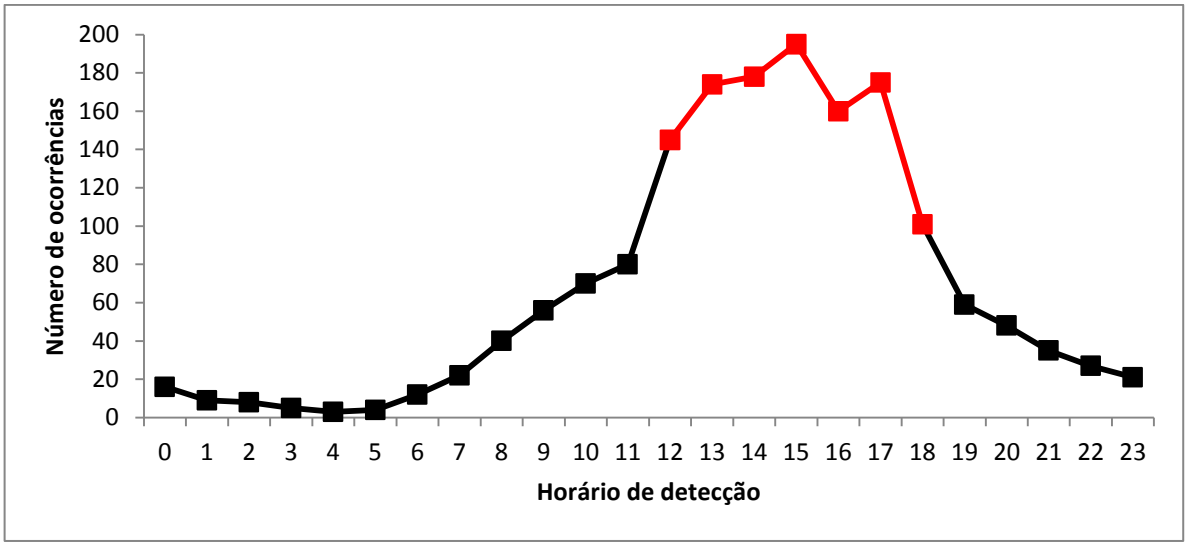


GRÁFICO 9 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DO HORÁRIO DE DETECÇÃO
FONTE: O autor (2012)

Esse resultado concorda com Rodriguez e Soares (2004), que concluíram que entre as 14 e 18 horas foram registrados 61,85% dos incêndios, estando diretamente relacionado às variações diárias de temperatura e umidade relativa, que influem na umidade dos materiais combustíveis. Medeiros (2004) também detectou uma maior incidência de incêndios entre as 10 e 18 horas na Cenibra (MG).

4.1.2 Extensão da área queimada

A área total atingida por incêndios foi de 2.923,16 ha no período analisado (uma média de 64,96 hectares por ano), o que corresponde a 2,23% da área da Fazenda Monte Alegre. Este valor se apresentou bem abaixo do encontrado por Aximoff e Rodrigues (2011), que foi de 383 hectares por ano no PARNA do Itatiaia (MG/RJ), nos anos de 2001 a 2008; Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), que foi de 11.582,17 no PARNA da Chapada dos Veadeiros (GO), no período de 1992 a 2003 e Koproski, Batista e Soares (2004), que foi de 24.970,9 no PARNA de Ilha Grande (MS/PR), nos anos de 1999 a 2003.

No Gráfico 10 pode-se observar a área anual atingida pelos incêndios, sendo que as colunas em preto representam os anos em que ela esteve acima da média

histórica e, em branco, abaixo dessa média. A maior área afetada foi observada no período de 1965 a 1981, que correspondeu a 83,7% do total atingido.

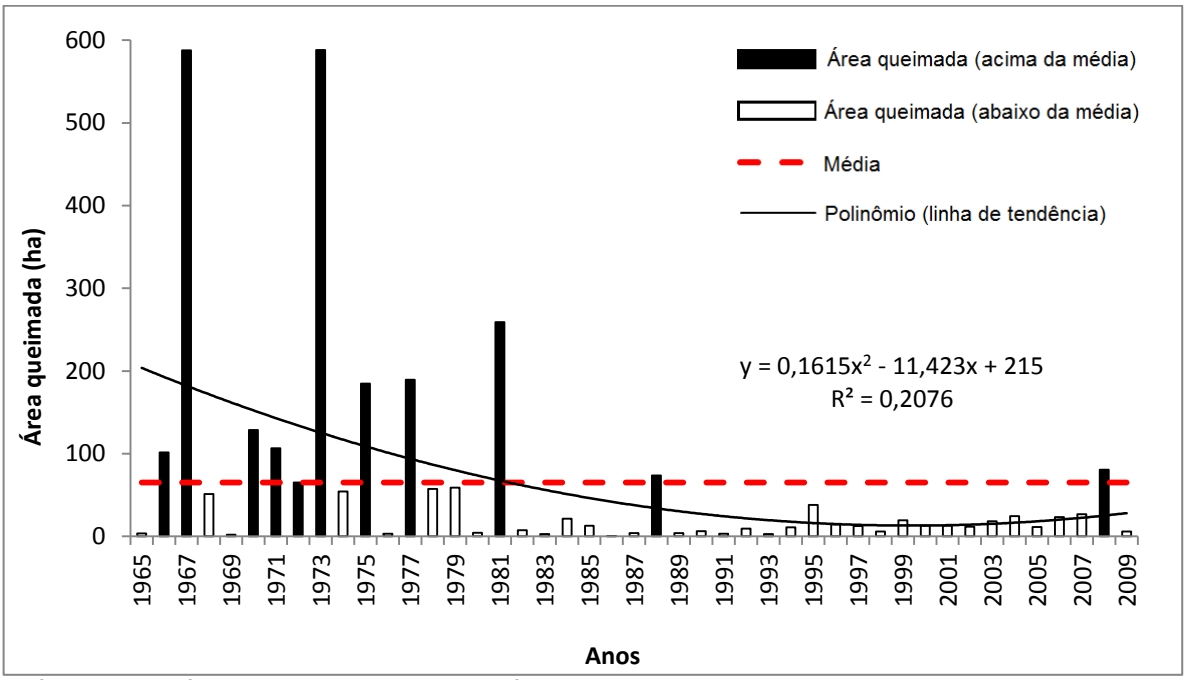


GRÁFICO 10 – ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO DE 1965 A 2009
FONTE: O autor (2012)

A mediana da área queimada por incêndio, que corresponde ao valor central da distribuição de frequência, e que representa o tamanho típico de incêndio ocorrido a cada mês, variou de 0,04 ha em março a 0,15 ha em setembro, conforme apresentado no Gráfico 11.

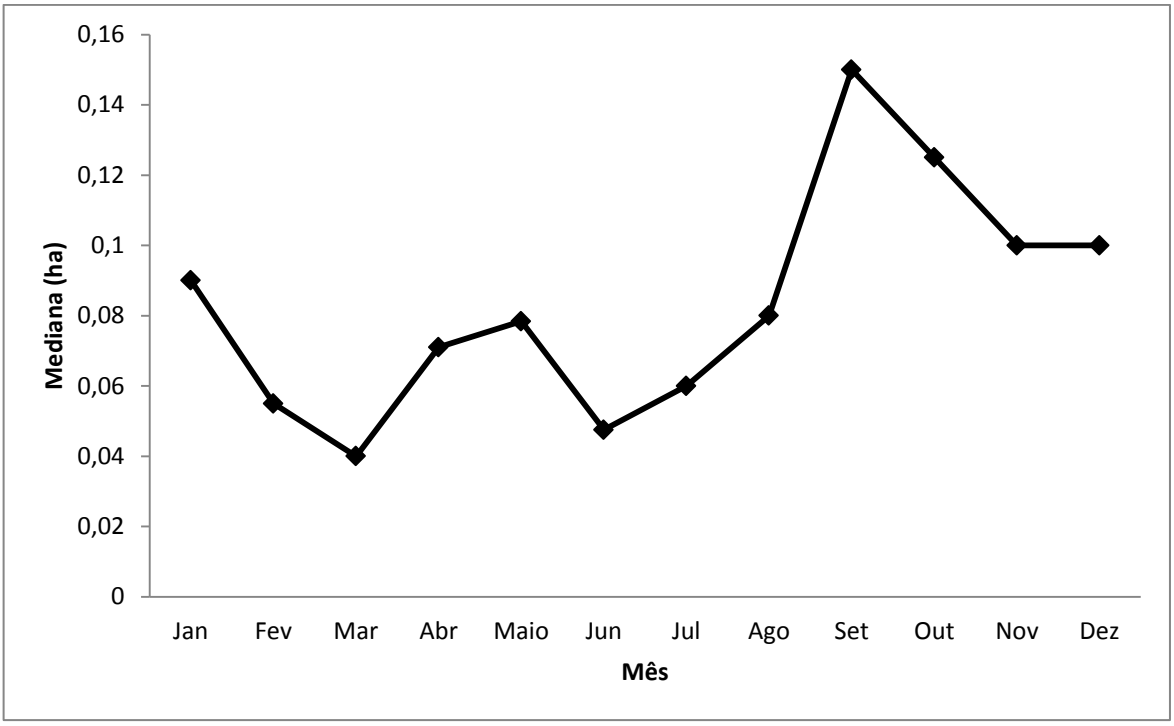


GRÁFICO 11 – MEDIANA DA ÁREA QUEIMADA POR INCÊNDIO NO PERÍODO DE 1965 - 2009
FONTE: O autor (2012)

A área máxima queimada por um incêndio ocorrido a cada mês no período analisado variou de 5 a 361,7 hectares. Essa variável foi maior nos meses de janeiro (142 ha), agosto (150 ha), setembro (350 ha) e outubro (361,7 ha), sendo menor nos meses de fevereiro (6 ha), maio (5 ha) e junho (5 ha). Os demais meses apresentaram como área máxima queimada os seguintes valores: março (86,5 ha), abril (30 ha), julho (80 ha), novembro (30 ha) e dezembro (80 ha). A área máxima queimada (361,7 hectares) foi em 16 outubro de 1973, atingindo um cultivo de araucária na região florestal de Agronomia, tendo sido causada por operações florestais.

A densidade de grandes incêndios não foi determinada nos meses de fevereiro, abril, maio, junho e novembro, por não terem ocorrido incêndios com áreas queimadas maiores que 40 ha. Para os demais meses, os valores foram de 1,08 ha/ 1000 ha em janeiro, correspondente a um evento ocorrido na Agronomia em 1975, que atingiu 142 ha de um plantio de araucária e foi causado por queima para limpeza. Em março a densidade foi de 0,66 (1 evento ocorrido na Agronomia em 1966, ocasionado por raios e que atingiu 86,5 ha de um plantio de araucária), em julho foi de 0,49 (2 eventos ocorridos em 1972 e 1977, que atingiram áreas de 50 e 80 ha, respectivamente), em agosto foi de 0,64 (3 eventos ocorridos em 1967, 1979

e 2008, que atingiram uma área média de 83,7 ha), em setembro foi de 1,15 (resultante de 5 eventos ocorridos em 1967, 1973, 1977 e 2 eventos em 1981, que apresentaram uma média de área queimada igual a 150,72 ha), em outubro foi de 2,75 (1 evento ocorrido em 1973 que atingiu 361,7 ha) e em dezembro foi de 0,49 (2 eventos ocorridos em 1967 e 1970, que atingiram áreas de 80 e 50 hectares, respectivamente).

Houve no decorrer do período uma diminuição do número de incêndios na classe de tamanho II (0,1 a 4,0 ha), tendo aumentado as ocorrências de incêndios no tamanho I (até 0,09 ha). Essas duas classes corresponderam no período a 43,5% e 51,3% das ocorrências, respectivamente. Rodriguez e Soares (2004) encontraram 96,56% das ocorrências na classes I e II, muito próximo dos 94,8% encontrados nesse trabalho (GRÁFICO 12). Essa evolução indica uma melhoria no sistema de proteção da Klabin, pois uma menor área queimada implica na maior eficiência em termos de detecção, mobilização, deslocamento e combate. Mesmo assim deve ser intensificado o treinamento de brigadistas (cerca de 200 atualmente), o que será possível em função da parceria do curso recém-ofertado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR). Além disso, o sistema de detecção poderia ser aprimorado com a utilização de um sistema de radar Doppler, conforme pesquisa realizada por Saraiva *et al.* (2010 e 2011), sendo necessária uma avaliação de substituição do sistema existente.

No Brasil, no período de 1983 a 1987, 41,33% das ocorrências se concentraram na classe II, seguida pela III com 23,77% (SOARES, 1984 e 1988). Para o mesmo período, foram constatadas, na Fazenda Monte Alegre, 54,3% das ocorrências na classe I e 41,4% na classe II. De 1994 a 1997, 49,1% das ocorrências do Brasil estavam na classe II e 23,9% na classe I (SOARES; SANTOS, 2002). Em comparação com este trabalho, a Fazenda Monte Alegre registrou 50,4% das ocorrências na classe I e 48,2% na classe II. Nos anos de 1998 a 2002, 57,15% das ocorrências estavam na classe I e 33,17% na classe II (SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006). Neste período a Fazenda Monte Alegre apresentou 68,4% das ocorrências na classe I e 30,7% na classe II. Considerando-se que a eficiência de um sistema de combate a incêndios será melhor quanto maior for o número de incêndios com área atingida nas classes I e II, pode-se afirmar, para os períodos acima analisados, que o combate aos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre foram eficientes, por estarem acima dos

valores encontrados para o Brasil. Destaca-se, ainda, que não houve nestes períodos incêndios nas classes IV ou V.

Em contrapartida Magalhães, Lima e Ribeiro (2011, p. 85) observaram no PARNA da Serra da Canastra 28,77% das ocorrências de incêndios na classe III e 42,01% na classe V. Eles concluem, em função disso, a "necessidade de aprimoramento do sistema de detecção/ mobilização", bem como "buscar alternativas para o combate visando reduzir a duração dos incêndios e, consequentemente, a área queimada".

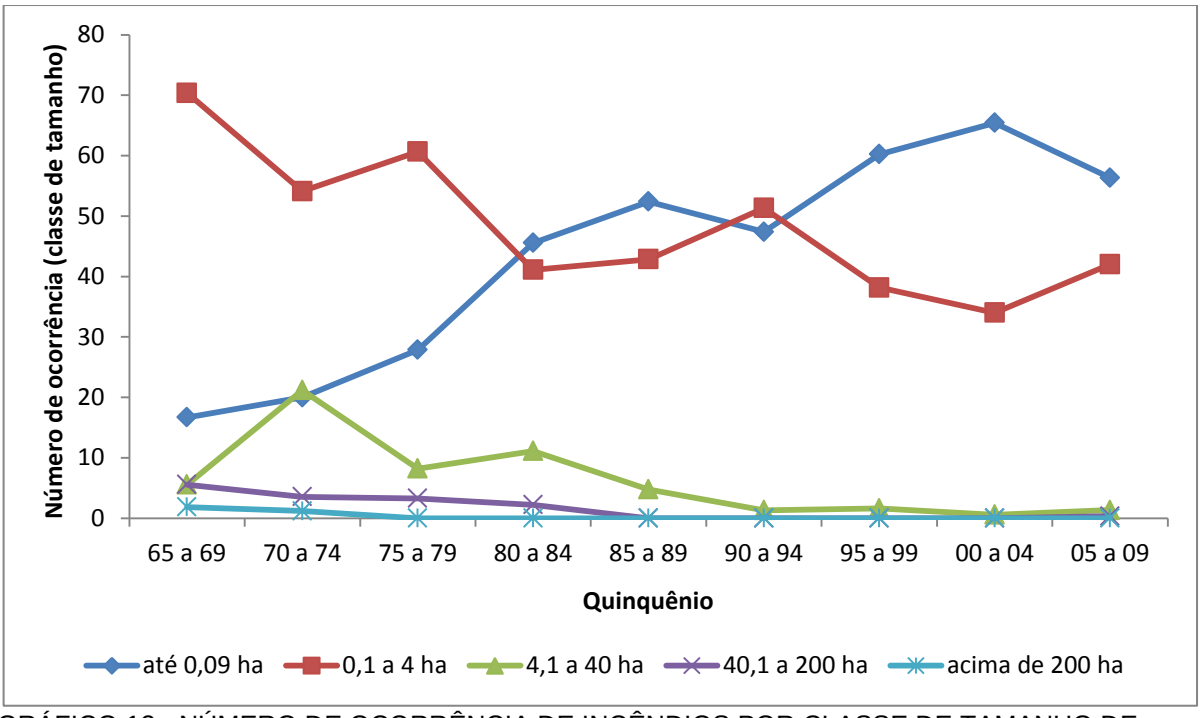


GRÁFICO 12 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE TAMANHO DE ÁREA ATINGIDA (HA)
FONTE: O autor (2012)

Com base nos dados tomados a partir de 1976 e sendo a umidade relativa do ar um fator ambiental que influencia os incêndios florestais, observou-se um maior número de ocorrência de incêndios quando a umidade estava na classe de 70,1 a 80,0% (GRÁFICO 13). Essa umidade é alta, muito embora a média no local do estudo estimado para as 13 horas, no período de outubro de 1976 a dezembro de 2009, seja de 78,8%. Neste aspecto, uma maior ocorrência de incêndios na umidade de 70,1 a 80,0% pode ser atribuída ao número de dias nesta classe, que

correspondeu a 40,4% do total. Além disso, constatou-se que 75,6% dos incêndios ocorreram nos graus de perigo alto e muito alto, ou seja, em condições ambientais favoráveis à sua ocorrência. Na classe de 80,1 a 90,0% as mesmas classes do FMA caem para 61,5% e os “incendiários”, que anteriormente correspondiam a 60,4% e que continuam sendo a causa principal, diminuem para 52,0%, possivelmente em função da maior dificuldade de ignição do material combustível e da propagação do fogo.

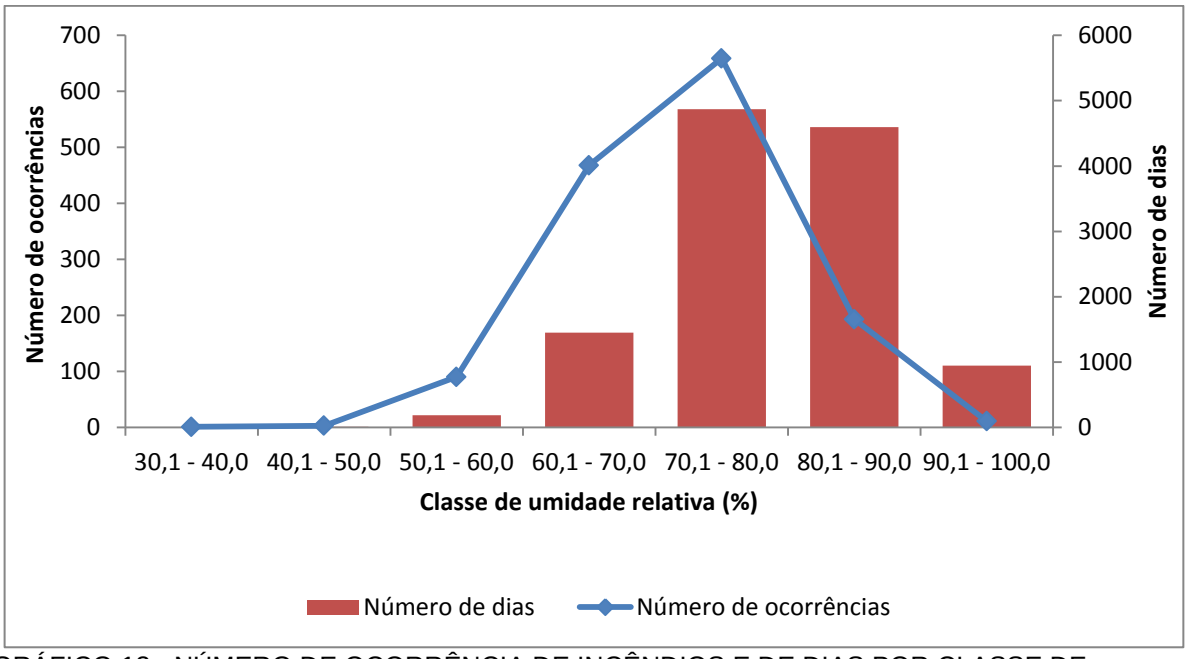


GRÁFICO 13 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E DE DIAS POR CLASSE DE UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 13 HORAS
FONTE: O autor (2012)

A relação entre o número de ocorrências e número de dias em porcentagem permite observar uma tendência de queda à medida que ocorre um aumento da umidade relativa. Houve somente um dia no período classificado na classe de 30,1 a 40,0% de umidade. Neste dia ocorreu incêndio, correspondendo a uma porcentagem de 100%. À medida que a classe aumenta, essa porcentagem diminui: de 40,1 a 50,0% de umidade relativa ocorreu incêndio em 37,5% dos dias, de 50,1 a 60,0% foram 48,6%, de 60,1 a 70,0% foram 32,3%, de 70,1 a 80,0% foram 13,5%, de 80,1 a 90,0 foram 4,2% e de 90,1 a 100% foi 1,2%.

Relacionando-se a área atingida com número de ocorrências observa-se um máximo nas classes de 40,1 a 60%, com 2,3 e 2,4 hectares atingidos por incêndio e na classe de 90,1 a 100%, com uma média de 2,3 hectares por incêndio (GRÁFICO 14). A classe dos 100% de umidade relativa, apesar de se justificar em parte pela ocorrência de raios (23,1%), mereceu destaque sobretudo devido aos incendiários (38,5%), seguido por diversos (30,8%).

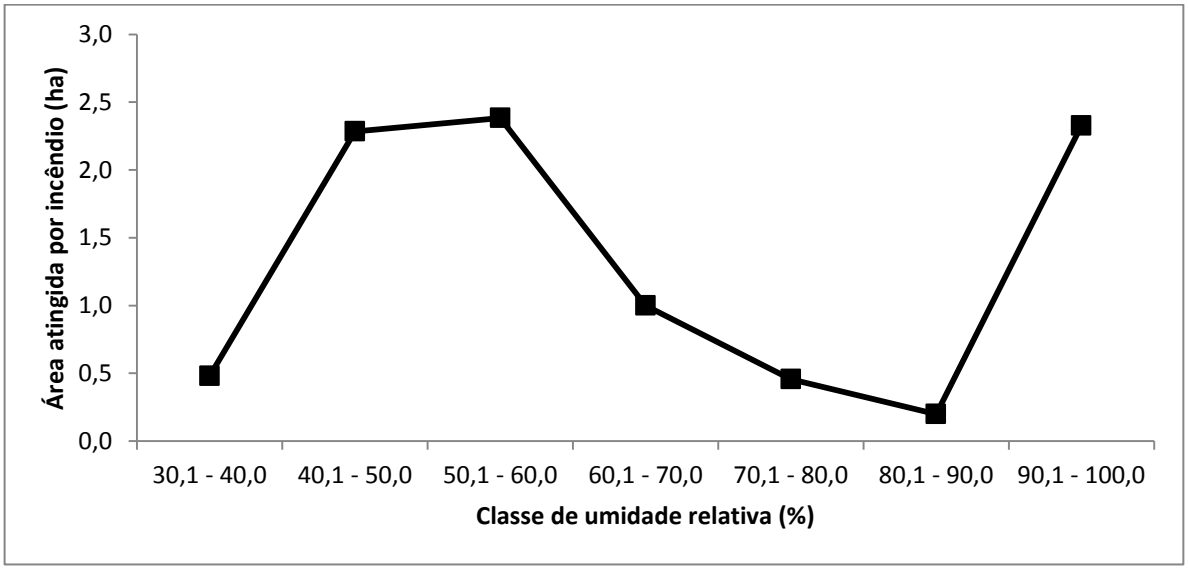


GRÁFICO 14 – ÁREA ATINGIDA POR INCÊNDIO EM FUNÇÃO DA UMIDADE RELATIVA
FONTE: O autor (2012)

O sistema de detecção na Fazenda Monte Alegre é composto por 7 torres de observação situadas nas seguintes regiões florestais: Cerradinho, Vila Preta, Agronomia, Anta Brava, Boa Esperança, Fazenda Velha e Pinhal Bonito, sendo que o recobrimento eficaz da região foi objeto de pesquisa de Venturi e Antunes (2007). São utilizados para o combate dois caminhões bombeiro que ficam na Lagoa (Boa Esperança) e no município de Telêmaco Borba. Além desses, existe uma caminhonete para diminuir o tempo do primeiro combate, com quatro combatentes (sendo um o líder de campo) e equipada com dois extintores-costais, dois abafadores, duas enxadas e uma foice. O sistema conta ainda com três vigias motorizados e torristas também motorizados.

Apenas em 22,3% dos casos o tempo de deslocamento da brigada até o local do incêndio foi informado. Esse tempo variou de 1 minuto (caso em que o torrista ou

vigilante fez a detecção e o início do combate) até 15 horas e 20 minutos, em um incêndio ocorrido na região de Mandaçaia em 1994. Fiedler, Merlo e Medeiros (2006) constataram, para o PARNA da Chapada dos Veadeiros, que foram gastos de 5 minutos a 4 horas no deslocamento, em função do acesso, o que compromete a eficiência do combate.

O tempo médio do primeiro ataque para a Fazenda Monte Alegre foi de 33 minutos (a mediana foi de 18 minutos). Magalhães, Lima e Ribeiro (2011) encontraram 252,76 minutos para a PARNA da Serra da Canastra e Lima e Soares (1992) encontraram para o Brasil, no período de 1984 a 1987, 73 minutos.

Para os casos informados, observou-se uma maior área total afetada quando o tempo de deslocamento foi maior do que três horas (com 259 hectares atingidos), seguido pelo tempo de até 30 minutos (com 199 hectares afetados). A área afetada pelo tempo de deslocamento variou de 0,3 ha por ocorrência quando o deslocamento foi de até 30 minutos a 29,2 ha quando o deslocamento foi superior a 3 horas (GRÁFICO 15). As variáveis “área afetada” e “tempo de deslocamento” informadas apresentaram correlação não significativa de 0,2253.

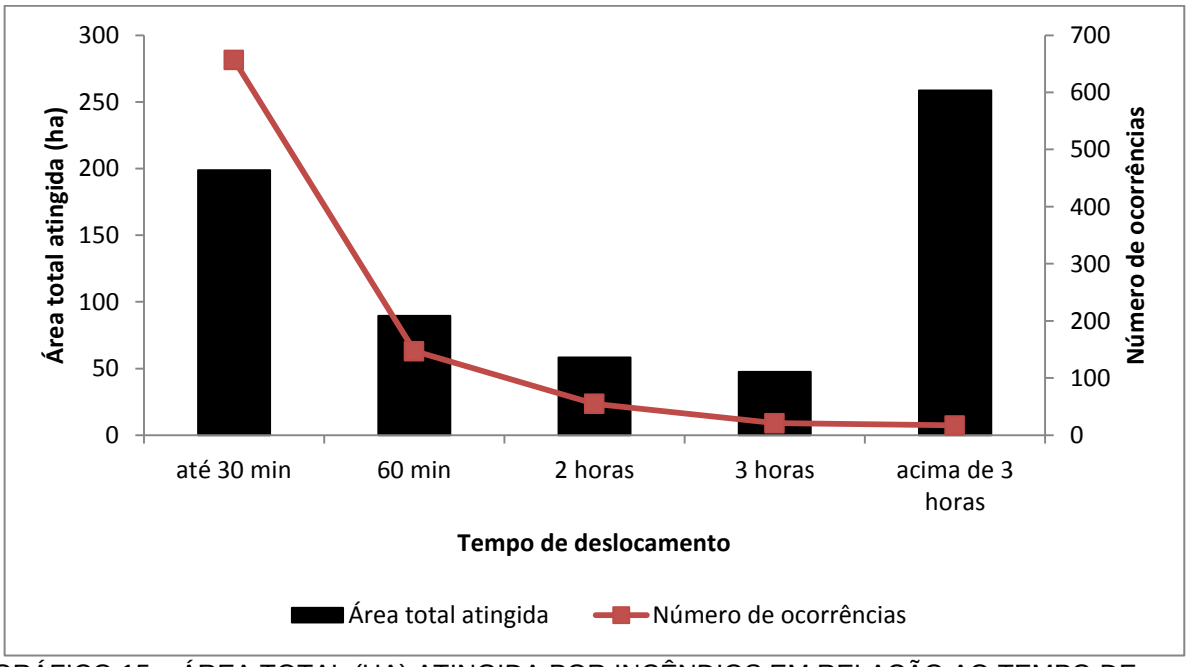


GRÁFICO 15 – ÁREA TOTAL (HA) ATINGIDA POR INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO TEMPO DE DESLOCAMENTO
FONTE: O autor (2012)

O tempo de combate – intervalo entre a detecção e controle do incêndio – foi informado em 75,4% das ocorrências e apresentou uma média de 1,9 hora, sendo a mediana igual a 1 hora. O tempo de combate variou de 1 minuto a 25 horas, sendo que este último ocorreu em um domingo, atingindo uma área de pinus, tendo sido causado por incendiário. A maioria dos incêndios foi combatida entre 31 e 120 minutos, correspondendo a 51,1% das ocorrências (TABELA 8).

O não preenchimento no ROI, na maioria dos casos, do horário da chegada dos brigadistas ao local do incêndio, impossibilitou uma análise específica do tempo de combate propriamente dito, bem como uma análise comparativa com pesquisas realizadas em outras áreas protegidas.

TABELA 8 - NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR TEMPO DE COMBATE (DURAÇÃO DO INCÊNDIO)

TEMPO DE COMBATE (min)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PARTICIPAÇÃO (%)
≤ 30	277	21,9
31 a 60	331	26,2
61 a 120	315	24,9
121 a 180	135	10,7
> 180	205	16,2
Subtotal	1263	100,0
Não informado	413	-
Total	1676	-

FONTE: O autor (2012)

4.1.3 Causas

Nos registros de ocorrências de incêndios foram encontradas 132 causas (APÊNDICE B) que, após padronizadas nas oito classes recomendadas pela FAO, foram analisadas. As causas identificadas corresponderam a 93,7% do total de incêndios registrados e são apresentadas no Gráfico 16. As principais foram “incendiários” com 56% das ocorrências, seguido por “diversos” com 15,9%, “queimas para limpeza” com 10,1% e “fumantes” com 7,9%.

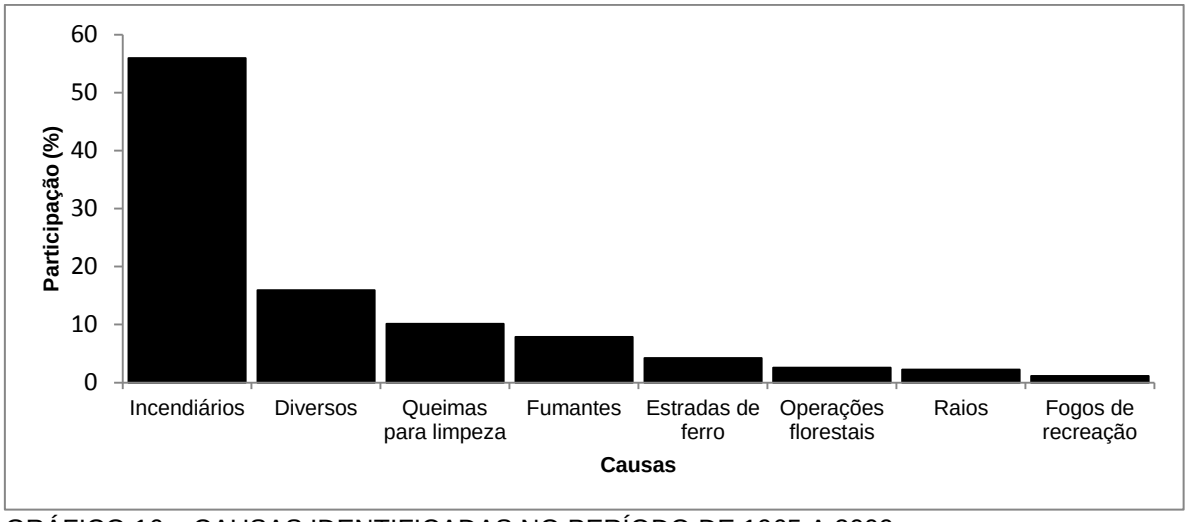


GRÁFICO 16 – CAUSAS IDENTIFICADAS NO PERÍODO DE 1965 A 2009
FONTE: O autor (2012)

O valor para “incendiários” se aproximou muito do encontrado por Rodriguez e Soares (2004) para a mesma área, que foi de 61,51%, para o período de 1998 a 2001. Mas nem sempre essa foi a causa principal. Dados da Klabin Paraná, de junho de 1965 a maio de 1974, mostravam que os raios representavam 20,48% e os incendiários 7,23% (SOARES; CORDEIRO, 1974), sendo que de junho de 1965 a dezembro de 1995, raios e incendiários, respondiam por 3,91 e 22,70% dos incêndios, respectivamente (SOARES, 1996). Medeiros (2004, p. 6), descreve que os incendiários normalmente iniciam o fogo “no interior dos talhões provocando danos antes mesmo de ser localizado”.

A Tabela 9 apresenta as causas identificadas em função do dia da semana, no período analisado.

TABELA 9 – CAUSAS IDENTIFICADAS POR DIA DA SEMANA NO PERÍODO DE 1965 A 2009

CAUSA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	DOM	TOTAL
Queimas para limpeza[(b)]	19	22	20	30	18	26	24	159
Operações florestais[(a)]	2	6	9	7	5	4	7	40
Incendiários[(d)]	131	114	120	141	125	109	139	879
Fumantes[(b)]	12	18	22	20	18	19	15	124
Fogos de recreação[(a)]	5	2	4	2	0	1	4	18
Estradas de ferro[(a)]	9	10	8	9	8	11	11	66
Raios[(a)]	9	5	6	1	5	5	4	35
Diversos[(c)]	26	39	33	40	37	42	33	250
Subtotal	213	216	222	250	216	217	237	1571
Não informado	20	21	12	13	14	11	14	105
Total	233	237	234	263	230	228	251	1676

FONTE: O autor (2012)
NOTA: i. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK a 95%; ii. As “queimas para limpeza” foram realizadas pela Klabin até o ano de 1984.

Observou-se diferença estatística no número de ocorrências entre as causas (APÊNDICE C). A análise de *cluster* com base no número de ocorrências por dia da semana é apresentada no Gráfico 17. Nele, tendo como referência a linha vermelha (ponto 20 da distância euclidiana), nota-se a formação de quatro grupos, que foram separados pelo teste SNK e apresentados na Tabela 6. Um corte no gráfico, no ponto 30 da distância euclidiana (linha verde), distingue três grupos que são assim formados: i) incendiários; ii) diversos; e iii) outras causas. Destaca-se que a distância (dissimilitude) entre "incendiários" e as demais causas justifica o aumento de ações na prevenção desta causa, atuando nas fontes de calor, por meio de uma maior vigilância e da modificação do comportamento humano através da persuasão, conciliação e sanção (VÉLEZ, 2000).

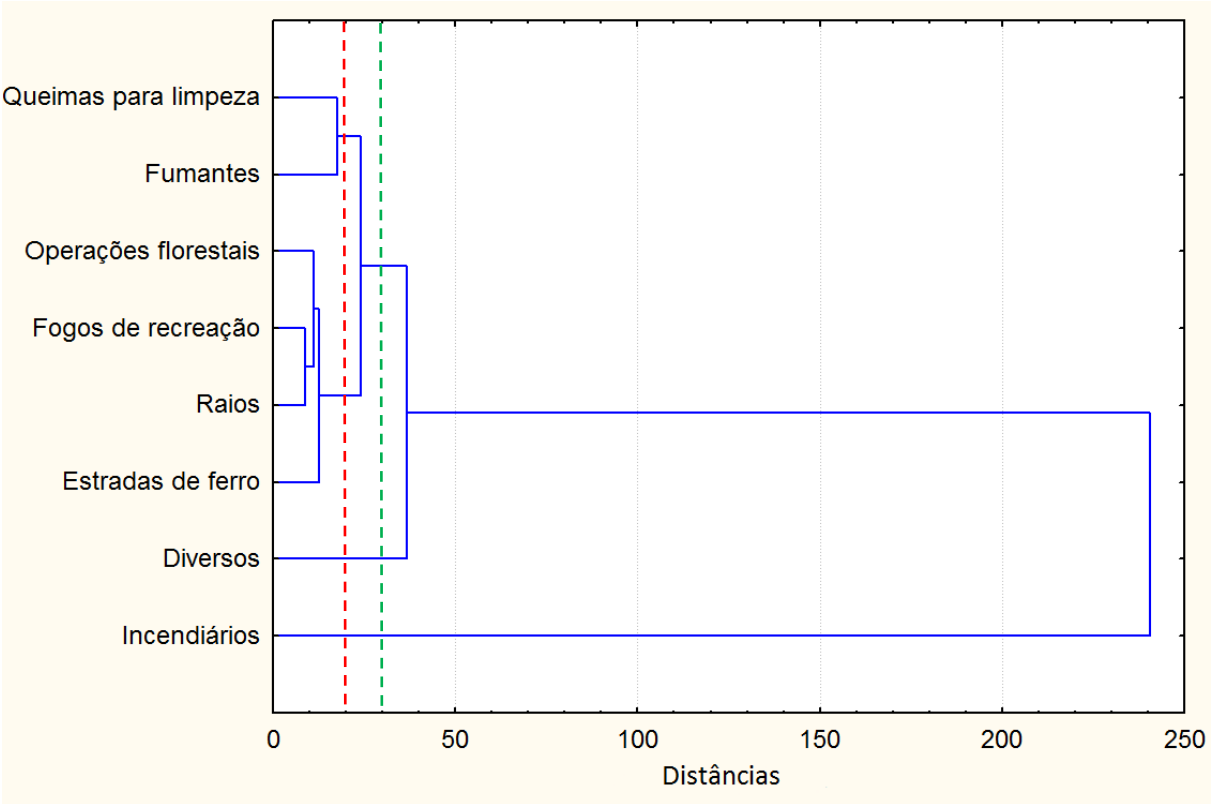


GRÁFICO 17 – DENDROGRAMA DAS CAUSAS EM RELAÇÃO AOS DIAS DA SEMANA
FONTE: O autor (2012)

As causas também foram distribuídas em função dos meses de ocorrência (TABELA 10). Não houve diferença significativa entre os meses do ano (F = 1,0209), embora continue apresentando diferença entre as causas (F = 17,4347) (APÊNDICE

D). Merece destaque a causa “incendiários” que totalizou nos meses de agosto e setembro 328 ocorrências, o que correspondeu a 20,9% dos eventos com causas identificadas no período.

TABELA 10 – CAUSAS IDENTIFICADAS POR MÊS NO PERÍODO DE 1965 A 2009

CAUSA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Queimas para limpeza	2	5	5	3	3	3	20	40	43	15	13	7	159
Operações florestais	0	1	2	2	2	1	1	10	7	6	7	1	40
Incendiários	16	8	33	43	58	75	93	198	130	81	76	68	879
Fumantes	9	6	5	2	5	5	24	25	12	11	15	5	124
Fogos de recreação	1	1	0	1	1	4	0	1	3	1	3	2	18
Estradas de ferro	4	3	2	2	6	3	4	13	10	6	4	9	66
Raios	8	5	4	5	0	0	0	1	2	4	1	5	35
Diversos	3	12	11	14	39	20	26	35	41	21	22	6	250
Subtotal	43	41	62	72	114	111	168	323	248	145	141	103	1571
Não informado	8	8	3	2	2	4	16	26	17	4	7	8	105
Total	51	49	65	74	116	115	184	349	265	149	148	111	1676

FONTE: O autor (2012)

O Gráfico 18 apresenta, como base os meses do ano, a análise de *cluster* para as causas de incêndios. Nota-se, observando a linha vermelha (ponto 20 da distância euclidiana) que das oito causas, quatro se agrupam duas a duas (operações florestais com estradas de ferro e fogos de recreação com raios), sendo que as demais permanecem separadas. No ponto 40 do gráfico (linha verde) nota-se a dissimilitude entre incendiários, diversos e as demais causas, com destaque para incendiários.

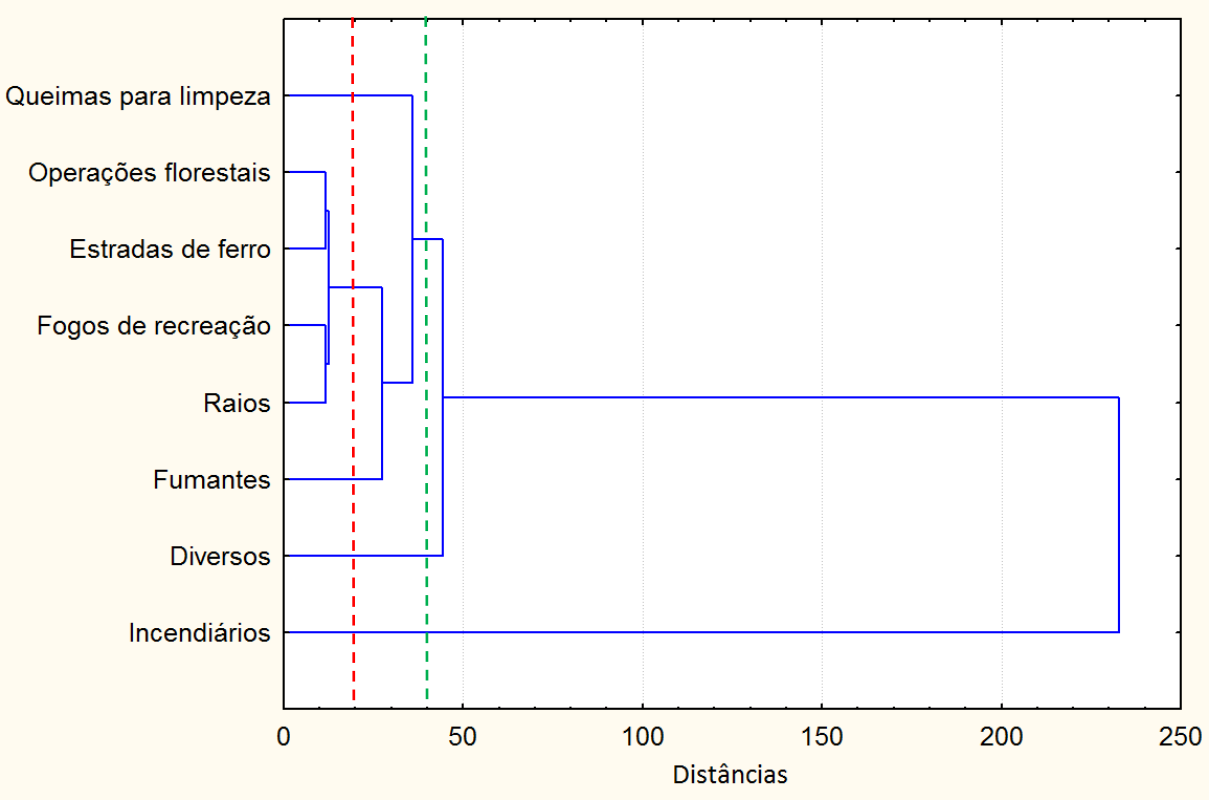


GRÁFICO 18 – DENDROGRAMA DAS CAUSAS EM RELAÇÃO AOS MESES DO ANO
FONTE: O autor (2012)

A causa que provocou maior dano em termos de área foi “queimas para limpeza”, com 47,8% da área atingida, valor abaixo do encontrado por Rodriguez e Soares (2004), que foi de 56,96%. Essa causa foi seguida pelas operações florestais com 17,3% e incendiários com 10,8% (GRÁFICO 19).

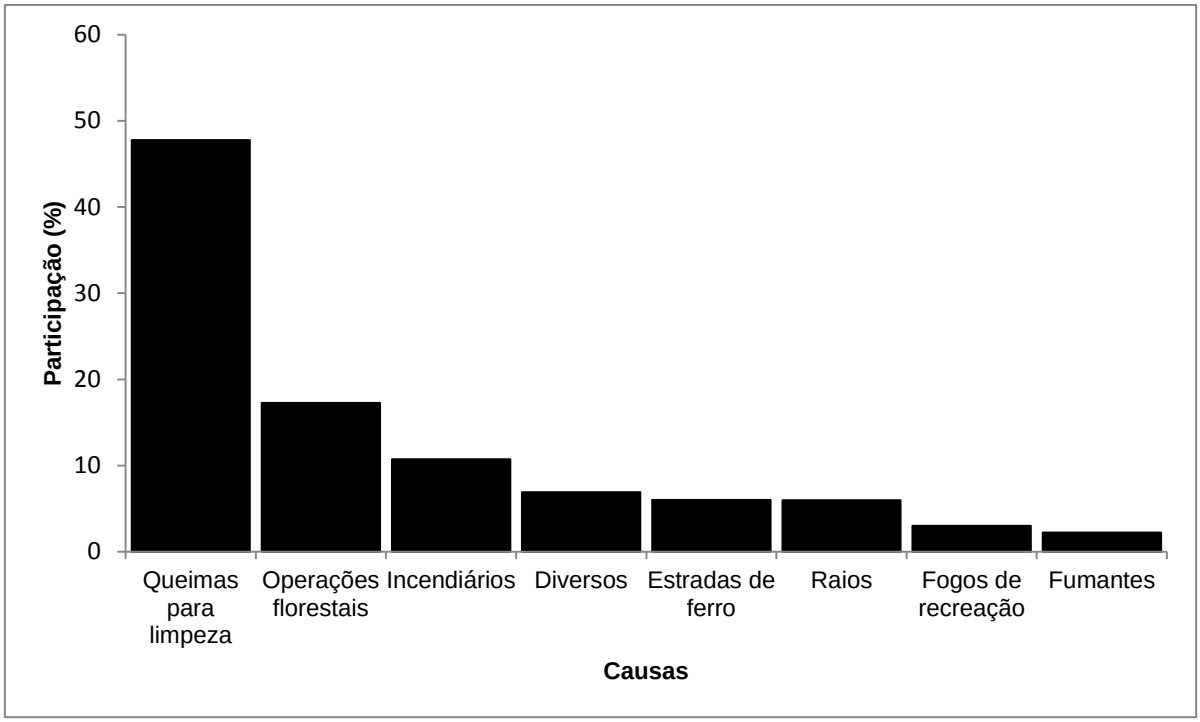


GRÁFICO 19 – ÁREA TOTAL (HA) ATINGIDA POR INCÊNDIOS EM RELAÇÃO À CAUSA
FONTE: O autor (2012)
NOTA: 79,2% dos registros continham a causa e a área afetada

A “queima para limpeza” é realizada em dias que possuem condições favoráveis à propagação do fogo. Quando se perde o seu controle, as variáveis intensidade e taxa de propagação são mais elevadas quando comparadas aos “incendiários”, o que dificulta a sua supressão.

Na década de 80, quando a Klabin encerrou a prática de queima para limpeza, tiveram início atividades de relacionamento com a vizinhança e campanhas de sensibilização que contavam com o índio “Caiubi”, mascote da Empresa e símbolo de conservação e respeito ao ambiente. Apesar disso, o fato da queima para limpeza ter sido a causa que atingiu a maior área, indica a necessidade de se aprimorar e intensificar o trabalho já existente de relacionamento com os vizinhos, com o objetivo de apoiar e monitorar a realização das queimas, inclusive com a capacitação dos agricultores nesta atividade.

4.1.4 Tipo de vegetação atingida

Das 1.676 ocorrências atendidas, 1.336 atingiram algum tipo de vegetação especificada no registro de ocorrência de incêndios, sendo as demais observadas em infraestrutura (146), resíduos de exploração e material lenhoso (22), margem de rodovia (7) e sem informação (165). Com relação à vegetação, a Tabela 11 apresenta as informações sobre o tipo de cobertura vegetal atingida pelos incêndios em função do número de ocorrências de incêndios e da área queimada em hectares.

TABELA 11 – TIPO DE VEGETAÇÃO AFETADA NO PERÍODO

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PARTICIPAÇÃO (%)	ÁREA QUEIMADA (ha)	PARTICIPAÇÃO (%)
Eucalipto	316	20,9	220,0	8,8
Pinus	590	39,0	343,1	13,8
Outras espécies plantadas(1)	50	3,3	964,2	38,7
Floresta	53	3,5	149,7	6,0
Capoeira	98	6,5	340,2	13,6
Campo	228	15,1	465,8	18,7
Diversos(2)	176	11,6	11,6	0,5
Subtotal	1511	100,0	2.494,5	100,0
Não informado	165	-	428,6	-
Total	1676	-	2.923,2	-

NOTA: (1) correspondem as discriminações “araucária”, “cultivo” e “fomento”; (2) correspondem aos incêndios que atingiram: agricultura, infraestrutura, material lenhoso, resíduo de exploração e margem de rodovia

FONTE: O autor (2012)

Observou-se um maior número de ocorrências em pinus (39,0%), seguido de eucalipto (20,9%), o que sugere observar as práticas de silvicultura preventiva. Com relação à área afetada, a tipologia mais impactada foi “outras espécies plantadas”, com 38,7% e “campo”, com 18,7%, sendo necessário nestes casos verificar a eficiência do combate. Rodriguez e Soares (2004) constataram uma maior quantidade de incêndios e área afetada no grupo “outra vegetação”, com 41,92% e 40,47%, respectivamente. O pinus ficou em segundo lugar em termos de número de ocorrências (31,62%) e o eucalipto em termos de área (27,81%). Este mesmo estudo observou que 54,98% das ocorrências foram nas áreas plantadas, que corresponderam a 54,4% da área afetada.

Foram observadas somente 3,5% das ocorrências em área de floresta, bem abaixo do encontrado por Vosgerau *et al.* (2006, p. 30), para o estado do Paraná no período de 1991 a 2001, que foi 31,11% das ocorrências. Observou-se que os incêndios nos cultivos de *Araucaria angustifolia* estão concentrados nos anos iniciais da atividade da Empresa (1965 a 1979), correspondendo a 83,3% do total. O inverso ocorre com o eucalipto, cultura na qual 74,7% das ocorrências dos incêndios foram observados no período de 1999 a 2009.

A relação entre a área atingida e o número de ocorrências mostrou que cada incêndio consumiu, em média, 19,3 ha de "outras espécies plantadas", 3,5 ha de capoeira e 2,8 ha de floresta, tipos de vegetação que devem receber atenção especial em termos de prevenção e combate (GRÁFICO 20).

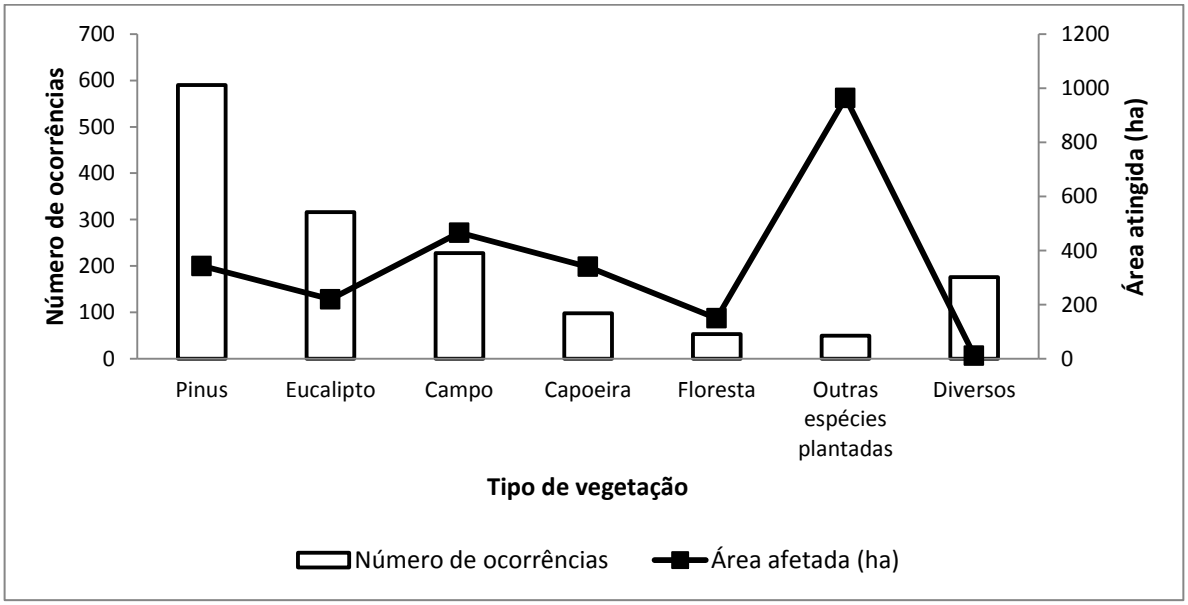


GRÁFICO 20 – TIPO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS
FONTE: O autor (2012)

4.1.5 Locais de ocorrência

Os incêndios se concentraram nas regiões de Mandaçaia, com 58,4% das ocorrências e Imbauzinho, com 10,2% (TABELA 12). A área queimada ficou concentrada nas seguintes regiões florestais: Mandaçaia, com 31,2% do total e Agronomia, com 29,1%. Para o caso da Mandaçaia (FIGURA 7), essa concentração está relacionada à proximidade com a malha urbana de Telêmaco Borba, tendo sido

observado que 81,1% dos incêndios foram causados por incendiários. Isto está de acordo com Price e Bradstock (2011), para os quais a probabilidade de ignição na interface urbano-rural aumenta, embora aumente também a proteção da área, o que resulta em uma maior frequência de incêndios mas com menor área afetada. Por isso, nesta região, há necessidade de intensificar atividades de educação ambiental, fiscalização, além da silvicultura preventiva. Para a região da Agronomia, 44,4% dos incêndios tiveram como causa as queimas para limpeza, seguidos por raios (27,8%) e operações florestais (22,2%). Estas causas, juntamente com a atividade de mineração no rio Tibagi justificam a maior área afetada, havendo necessidade de intensificar a fiscalização e, caso necessário, aplicar a legislação.

FIGURA 7 – MALHA URBANA DE TELÊMACO BORBA E REGIÃO DE MANDAÇAIA (AO FUNDO)
FONTE: Imagem cedida pela Klabin

Observou-se que das 21 regiões, 11 apresentaram área afetada por incêndio acima da média, sendo que as maiores foram: Agronomia (47,2 ha/ocorrência), Faisqueira (9,0), Vila Preta (5,5), Recanto (4,8) e Pinhal Bonito (4,6).

TABELA 12 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E ÁREA AFETADA POR REGIÃO

	REGIÃO	SIGLA	OCORRÊNCIA		ÁREA AFETADA		ÁREA POR INC. (HA)
			Nº	%	HA	%	
1	Agronomia	AGR	18	1,1	850,37	29,1	47,2
2	Anta Brava	ABR	16	1,0	37,48	1,3	2,3
3	Boa Esperança	BOA	24	1,5	16,14	0,6	0,7
4	Bom Retiro	BRE	13	0,8	4,56	0,2	0,4
5	Cerradinho	CER	49	2,9	73,89	2,5	1,5
6	Colônia	COL	24	1,4	59,18	2,0	2,5
7	Faisqueira	FAI	21	1,3	189,00	6,5	9,0
8	Fazenda Velha	FAZ	40	2,4	80,38	2,7	2,0
9	Imbauzinho	IMB	171	10,2	20,58	0,7	0,1
10	Invernadinha	INV	28	1,7	8,91	0,3	0,3
11	Jaguatirica	JAG	13	0,8	3,73	0,1	0,3
12	Mandaçaia	MAN	979	58,4	910,67	31,2	0,9
13	Mirandinha	MIR	29	1,7	96,45	3,3	3,3
14	Mortandade	MOR	51	3,0	9,68	0,3	0,2
15	Palmas	PAL	8	0,5	19,96	0,7	2,5
16	Pinhal Bonito	PIN	9	0,5	41,84	1,4	4,6
17	Recanto	REC	9	0,5	43,63	1,5	4,8
18	Restingão	RES	14	0,8	8,48	0,3	0,6
19	Socimbra	SOC	49	2,9	31,27	1,1	0,6
20	Trinita	TRI	80	4,8	245,58	8,4	3,1
21	Vila Preta	VIL	31	1,8	171,39	5,9	5,5
Total			1.676	100,0	2.923,16	100,0	1,7

FONTE: O autor (2012)
NOTA: os dados de ocorrência da Lagoa (LAG) foram somados ao da Boa Esperança (BOA)

O Gráfico 21 apresenta o dendrograma das regiões florestais da Fazenda Monte Alegre com base nas variáveis “número de ocorrência de incêndios” e “área afetada por região”. Observa-se, em um corte no ponto 100 da distância euclidiana do gráfico, a dissimilitude entre as regiões Mandaçaia, Agronomia, Imbauzinho e as demais, com destaque para o grande distanciamento existente das regiões Mandaçaia e Agronomia em relação às demais. Isso se justifica pelo fato de Mandaçaia ter apresentado 58,4% das ocorrências e 31,2% da área queimada. Apesar disso, a área afetada por incêndio foi pequena, o que não ocorreu com

Agronomia (47,2 hectares por incêndio), que registrou 29,1% da área total atingida. Imbauzinho, apesar de apresentar um distanciamento menor em relação aos demais grupos, também se diferenciou pelo número de ocorrências (10,2%).

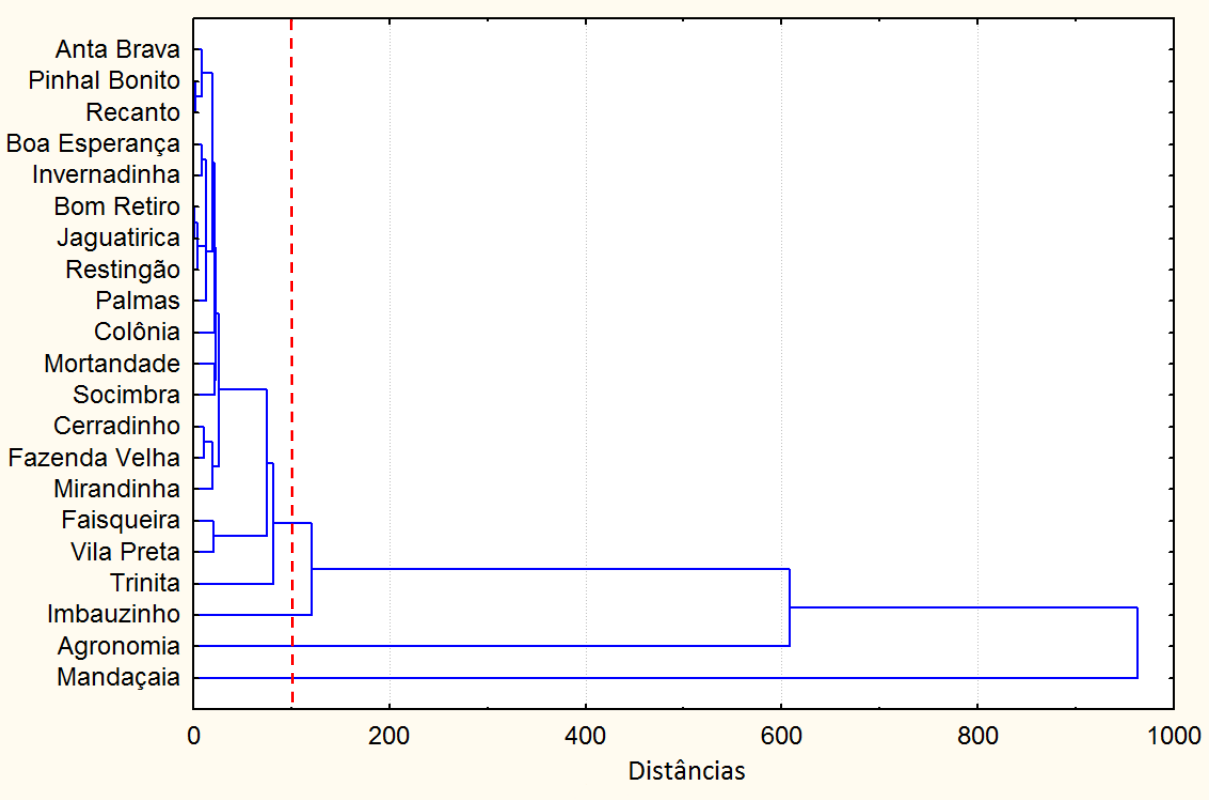


GRÁFICO 21 – DENDROGRAMA DAS OCORRÊNCIAS E ÁREA AFETADA
FONTE: O autor (2012)

As variáveis “densidade de incêndios” e “densidade de área afetada” são apresentadas no Gráfico 22. A primeira variável corresponde ao número médio mensal de ocorrência de incêndios, no período de 1965 a 2009, em uma área protegida de 1000 ha; enquanto a segunda variável corresponde à área média mensal atingida por incêndios no período em uma área de 1000 ha.

Com relação à densidade de incêndios, destacaram-se as seguintes regiões: Mandaçaia, com 3,9 incêndios/1000 ha, Imbauzinho, com 0,5 e Mortandade, Socimbra e Trinita, com 0,2. As demais regiões ficaram com um índice de 0,1 incêndio mensal/1000 ha, sendo que Jaguatirica, Pinhal Bonito, Recanto e Restingão ficaram abaixo desses valores. Comparando-se com as densidades de incêndios dos trabalhos de Aximoff e Rodrigues (2011), que foi de 0,0877, Koproski,

Batista e Soares (2004), 0,0199; Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), 0,0064 e de Magalhães, Lima e Ribeiro (2011), 0,0044, observou-se um valor alto desta variável na Fazenda Monte Alegre.

A densidade de área afetada apresentou valores de zero a 3,6 ha atingidos por mês a cada 1000 ha. O maior índice, mais uma vez, pertenceu à região de Mandaçaia (3,6), seguido por Agronomia (2,5), Trinita e Faisqueira (0,7 cada), Vila Preta (0,6) e Colônia e Mirandinha (0,3 cada). Nota-se que, de maneira geral, essa variável foi baixa para a Fazenda Monte Alegre quando comparada a valores encontrados por Aximoff e Rodrigues (2011), Koproski, Batista e Soares (2004) e Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), que foram de 1,13, 26,38 e 14,73, respectivamente.

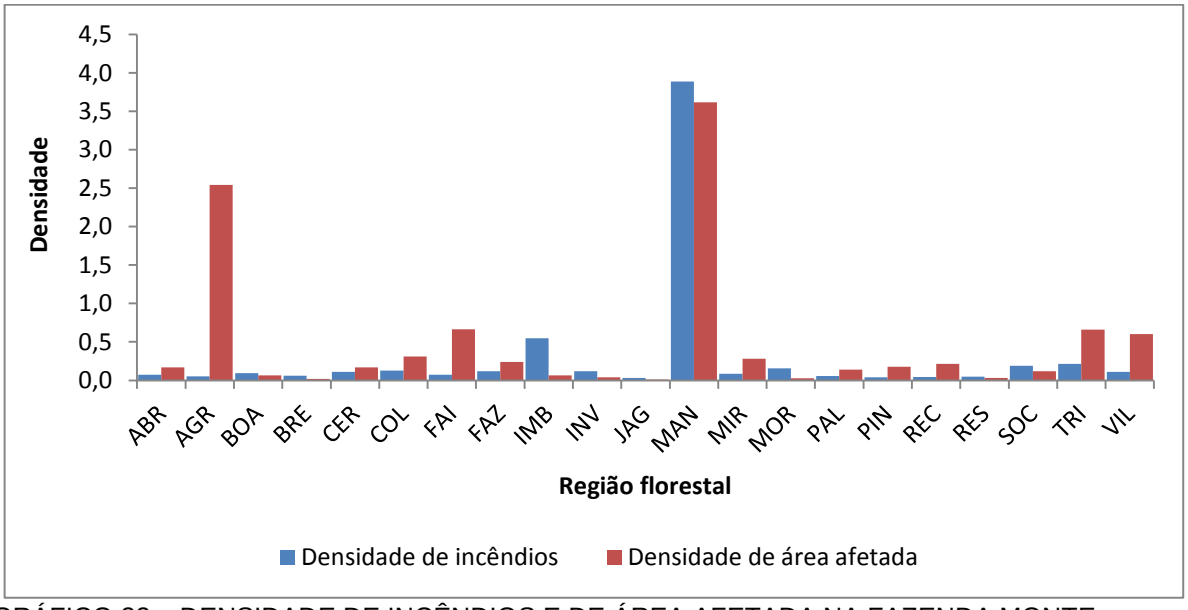


GRÁFICO 22 – DENSIDADE DE INCÊNDIOS E DE ÁREA AFETADA NA FAZENDA MONTE ALEGRE NO PERÍODO DE 1965 A 2009
FONTE: O autor (2012)

Na Tabela 13 são apresentados, para cada região florestal, os incêndios registrados no período analisado, bem como a média anual de ocorrências.

TABELA 13 – NÚMERO E MÉDIA ANUAL DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS POR REGIÃO

REGIÃO	SIGLA	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	MÉDIA DE OCORRÊNCIAS POR ANO
Agronomia	AGR	18	0,4
Anta Brava	ABR	16	0,4
Boa Esperança	BOA	24	0,5
Bom Retiro	BRE	13	0,3
Cerradinho	CER	49	1,1
Colônia	COL	24	0,5
Faisqueira	FAI	21	0,5
Fazenda Velha	FAZ	40	0,9
Imbauzinho	IMB	171	3,8
Invernadinha	INV	28	0,6
Jaguatirica	JAG	13	0,3
Mandaçaia	MAN	979	21,8
Mirandinha	MIR	29	0,6
Mortandade	MOR	51	1,1
Palmas	PAL	8	0,2
Pinhal Bonito	PIN	9	0,2
Recanto	REC	9	0,2
Restingão	RES	14	0,3
Socimbra	SOC	49	1,1
Trinita	TRI	80	1,8
Vila Preta	VIL	31	0,7
		1676	0,5

Fonte: O autor (2012)

O número médio de ocorrências de incêndios por ano, para o período de 1965 a 2009 variou de 0,2 a 21,8 tendo sido utilizado para a definição das classes para espacialização desta variável (TABELA 14).

TABELA 14 – INTERVALOS DE CLASSES PARA O NÚMERO DE OCORRÊNCIAS

INTERVALOS DE CLASSES	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS
≤ 0,2	Pequeno
0,3 a 0,4	Médio
0,5 a 0,7	Alto
0,8 a 0,9	Muito alto
≥ 1,0	Extremo

Fonte: O autor (2012)

As espacializações do número de ocorrências para o período de 1965 a 2009, bem como para os períodos 1965 – 1969, 1970 – 1979, 1980 – 1989, 1990 – 1999 e 2000 – 2009, são apresentadas nas Figuras 8 e 9.

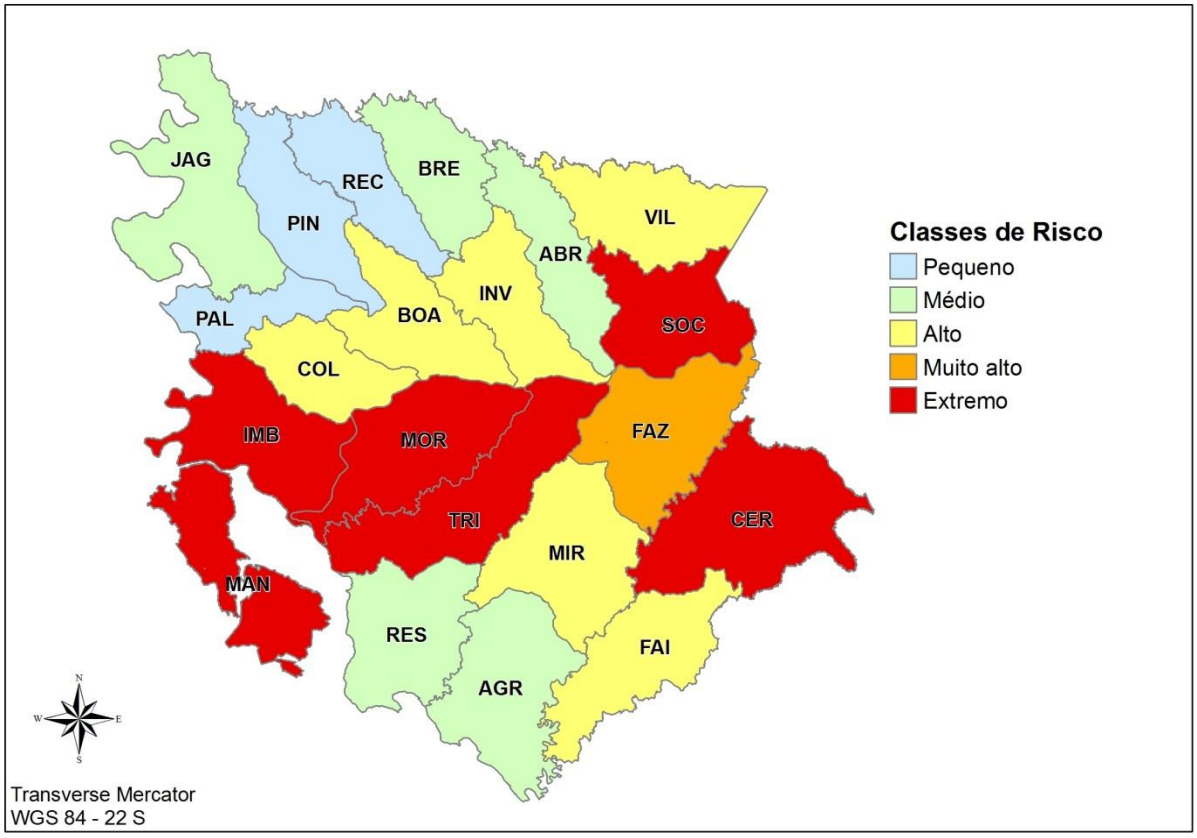
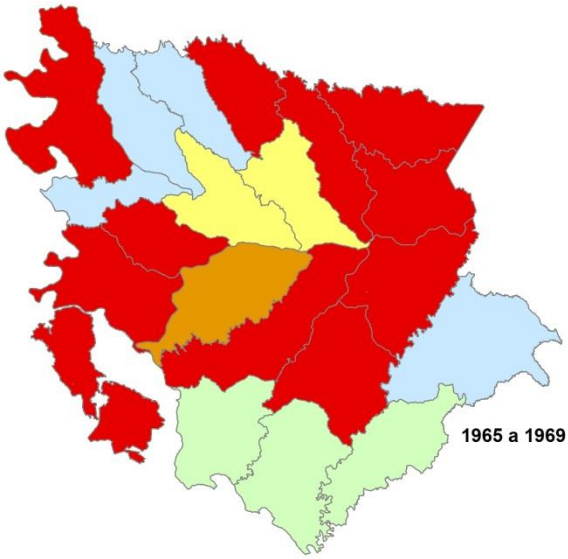
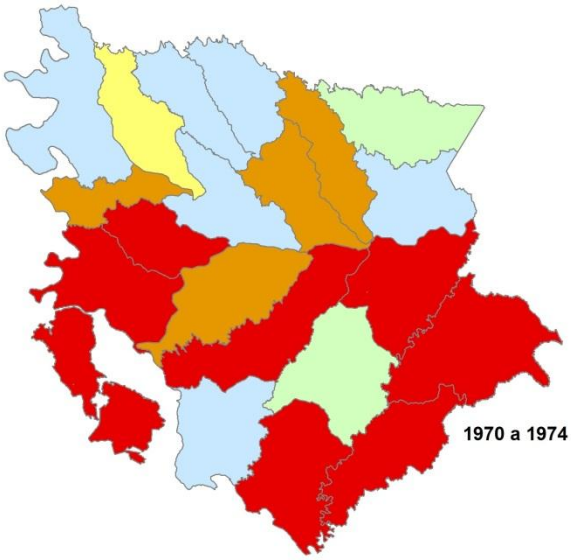
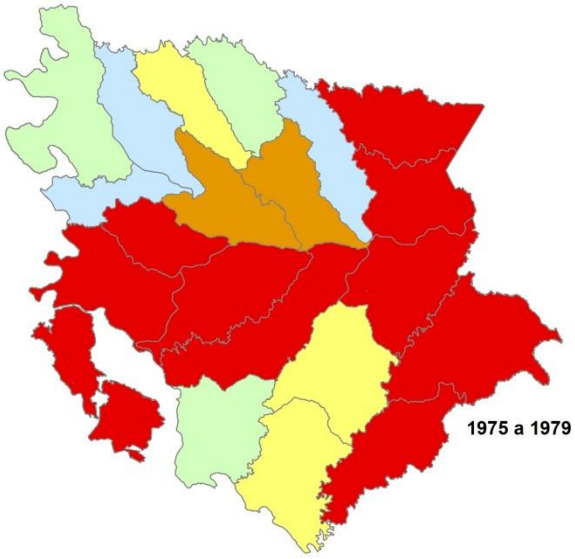


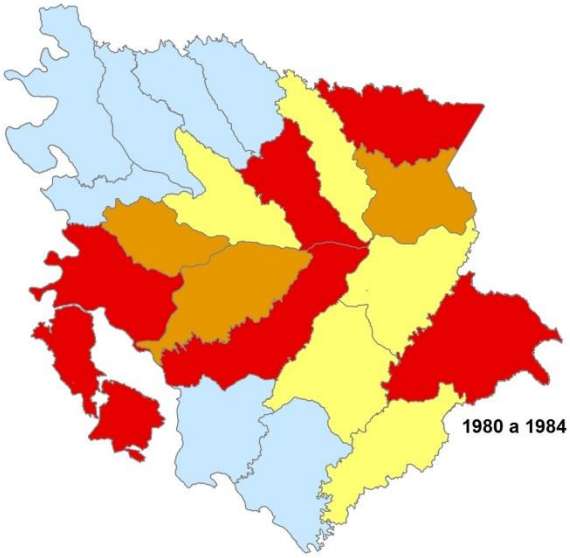
FIGURA 8 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO PERÍODO DE 1965 A 2009
Fonte: O autor (2012)

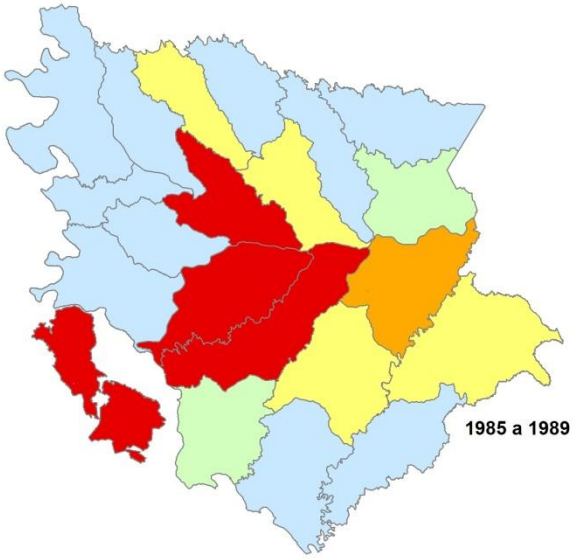
Observou-se uma maior ocorrência de incêndios em uma faixa central da Fazenda Monte Alegre, correspondendo as regiões Mandaçaia, Imbauzinho, Mortandade, Trinita, Socimbra, Fazenda Velha e Cerradinho, que totalizaram 84,6% das ocorrências.

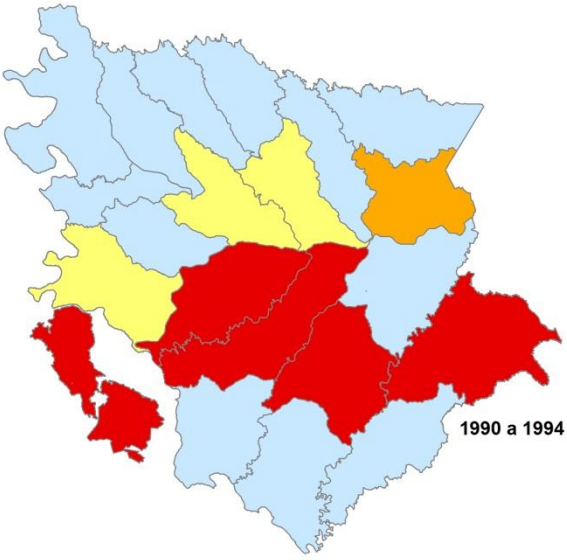

1965 a 1969


1970 a 1974


1975 a 1979


1980 a 1984


1985 a 1989


1990 a 1994

continua

conclusão

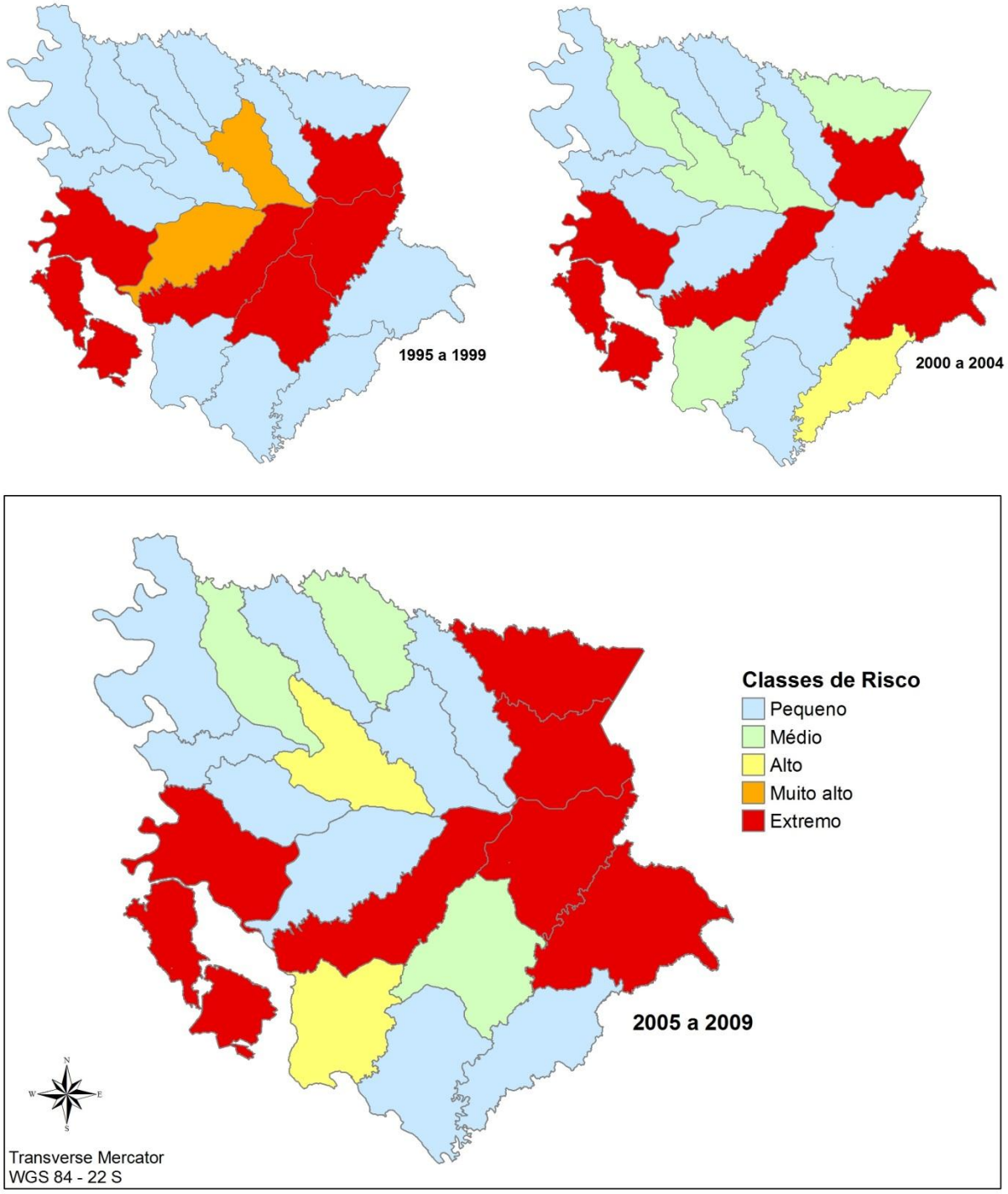


FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR QUINQUÊNIO
Fonte: O autor (2012)

Na análise dos dados por quinquênio observou-se uma variação de zero a 65,2 ocorrências de incêndios por ano, com destaque para a região de Mandaçaia

que atingiu os maiores valores das regiões florestais: 32,2 (1995 a 1999), 65,2 (2000 a 2004) e 63,6 (2005 a 2009), ou seja, concentrados nos últimos quinze anos.

Na distribuição espacial, as regiões de Mandaçaia e Trinita se apresentaram em todos os nove quinquênios analisados na classe extremo do número de ocorrência de incêndios, seguido por Imbauzinho (7), Cerradinho (6), Socimbra (5) e Fazenda Velha (5).

Na sequência são apresentadas para cada região florestal as áreas afetadas pelos incêndios registrados no período analisado, bem como a média anual de área atingida (TABELA 15).

TABELA 15 – ÁREA ATINGIDA E MÉDIA ANUAL POR REGIÃO

REGIÃO	SIGLA	ÁREA ATINGIDA (HA)	MÉDIA DE ÁREA ATINGIDA POR ANO (HA)
Agronomia	AGR	850	18,9
Anta Brava	ABR	37	0,8
Boa Esperança	BOA	16	0,4
Bom Retiro	BRE	5	0,1
Cerradinho	CER	74	1,6
Colônia	COL	59	1,3
Faisqueira	FAI	189	4,2
Fazenda Velha	FAZ	80	1,8
Imbauzinho	IMB	21	0,5
Invernadinha	INV	9	0,2
Jaguatirica	JAG	4	0,1
Mandaçaia	MAN	911	20,2
Mirandinha	MIR	96	2,1
Mortandade	MOR	10	0,2
Palmas	PAL	20	0,4
Pinhal Bonito	PIN	42	0,9
Recanto	REC	44	1,0
Restingão	RES	8	0,2
Socimbra	SOC	31	0,7
Trinita	TRI	246	5,5
Vila Preta	VIL	171	3,8
		42	0,9

Fonte: O autor (2012)

O número médio de área atingida por ano, para o período de 1965 a 2009, variou de 0,1 a 20,2, tendo sido utilizados para a definição das classes para espacialização desta variável os valores apresentados na Tabela 16.

TABELA 16 – INTERVALOS DE CLASSES PARA A ÁREA AFETADA

INTERVALO DE CLASSE	ÁREA AFETADA
≤ 0,7	Pequeno
0,8 a 0,9	Médio
1,0 a 1,1	Alto
1,2 a 1,3	Muito alto
≥ 1,4	Extremo

Fonte: O autor (2012)

As espacializações das áreas afetadas para o período de 1965 a 2009, bem como para os períodos 1965 – 1969, 1970 – 1979, 1980 – 1989, 1990 – 1999 e 2000 – 2009, são apresentadas nas Figuras 10 e 11.

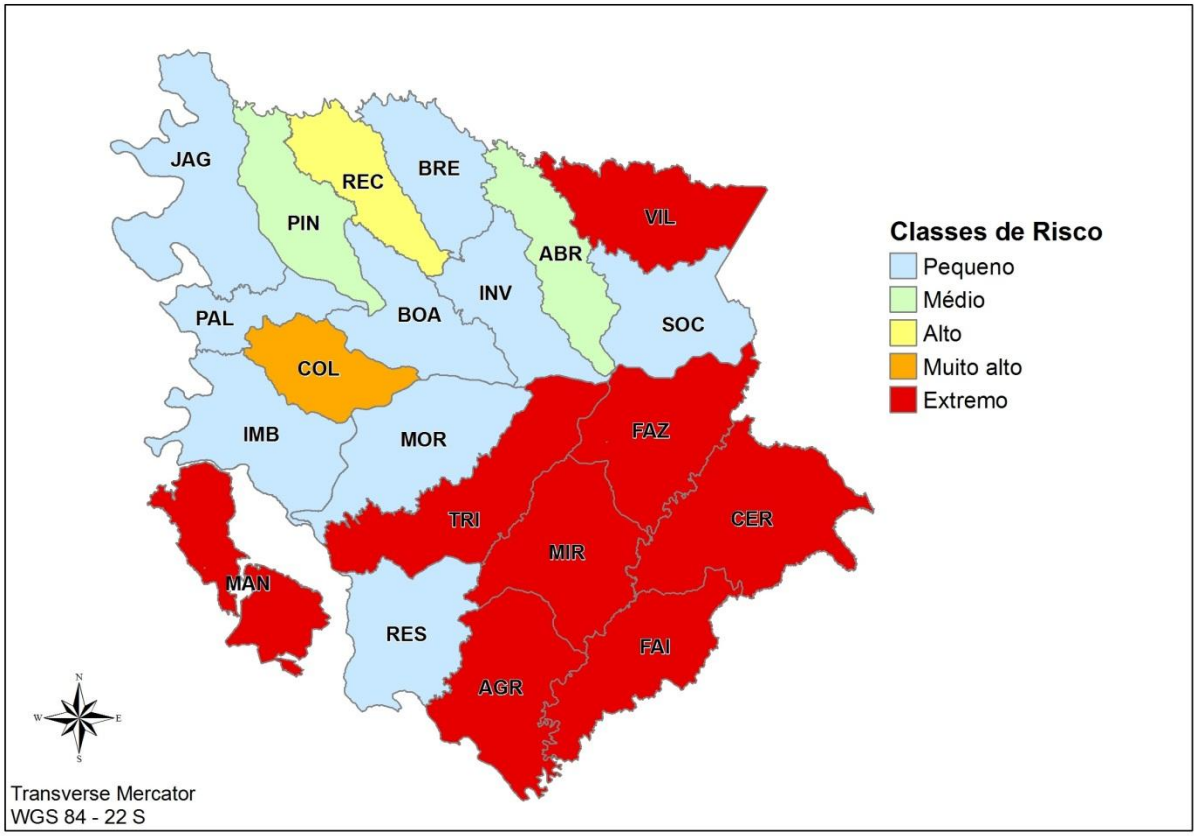
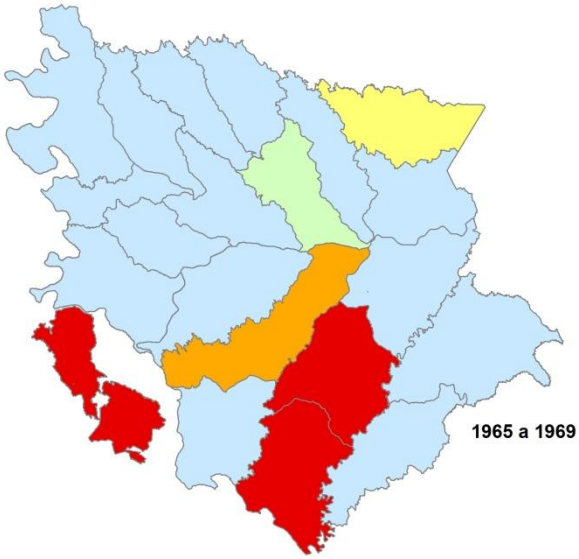
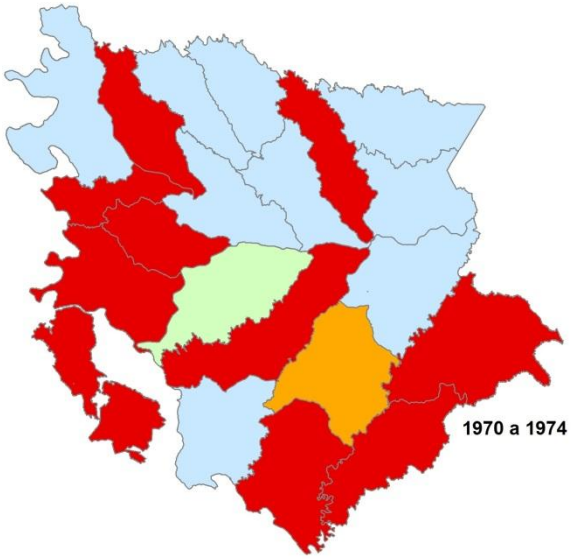
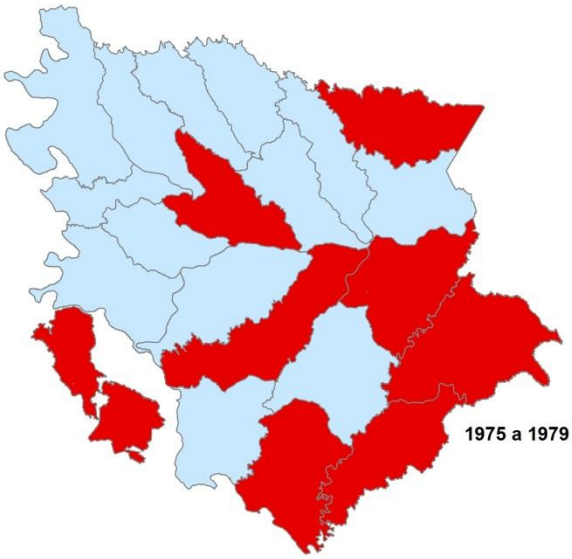


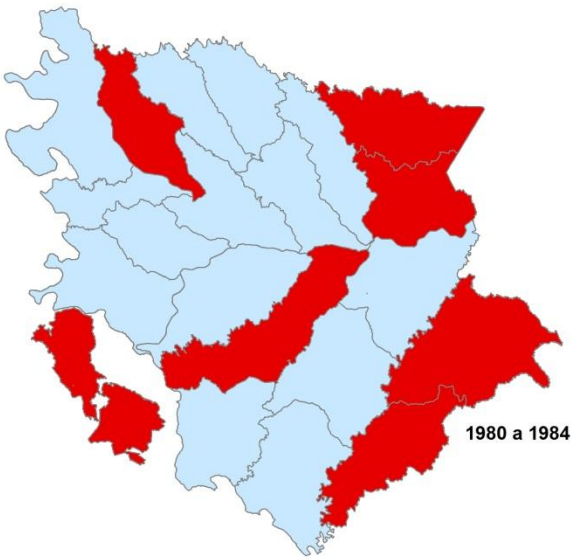
FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ÁREA AFETADA NO PERÍODO DE 1965 A 2009
Fonte: O autor (2012)

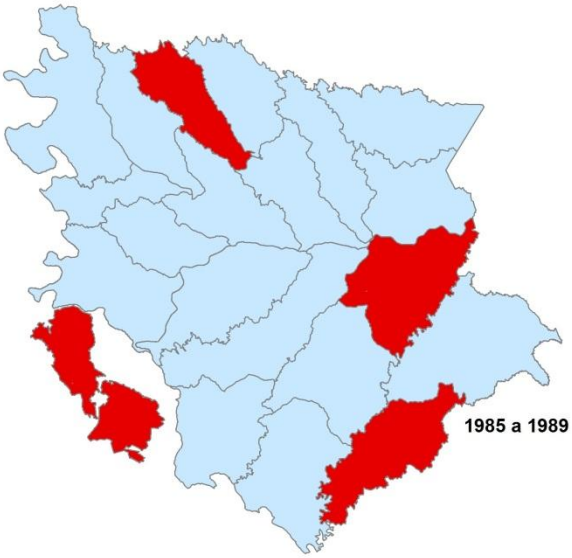
Uma maior área afetada no período analisado foi observada nas regiões de Mandaçaia, Trinita, Mirandinha, Fazenda Velha, Cerradinho, Faisqueira, Agronomia e Vila Preta, que totalizaram 89,6% das ocorrências.

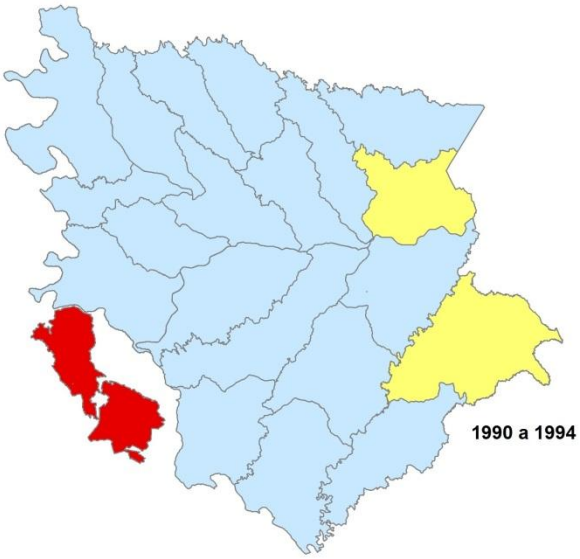

1965 a 1969


1970 a 1974


1975 a 1979


1980 a 1984


1985 a 1989


1990 a 1994

continua

conclusão

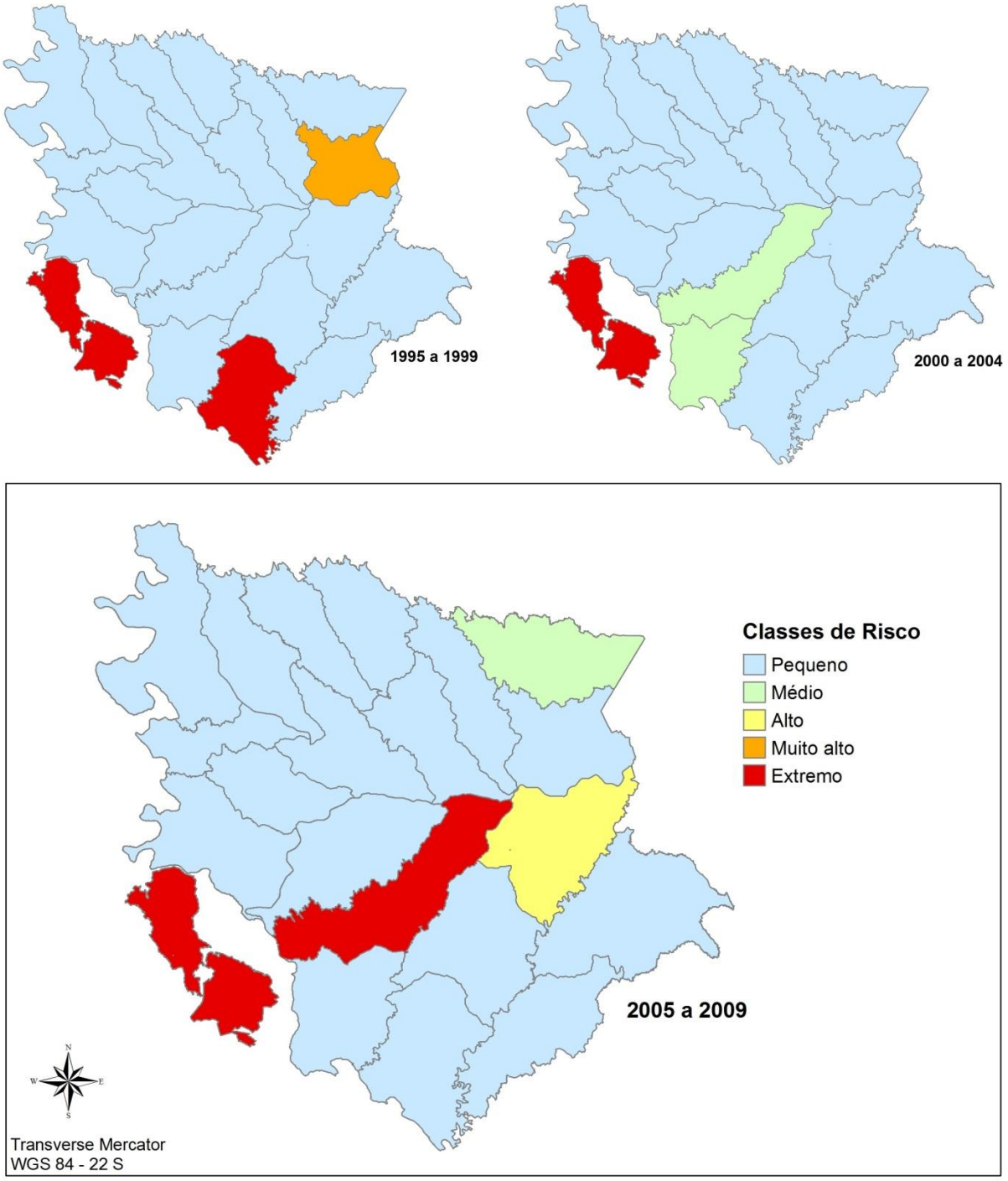


FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ÁREA AFETADA POR QUINQUÊNIO
Fonte: O autor (2012)

Na análise dos dados por quinquênio observou-se uma variação de zero a 119,8 ha atingidos por ano. Os maiores valores de área afetada foram observados nas regiões de Agronomia, que atingiu o máximo da Fazenda Monte Alegre (119,8) no quinquênio de 1970 a 1974 e em Mandaçaia (108,4), no período de 1965 a 1969.

Na distribuição espacial, a região de Mandaçaia se apresentou em todos os nove quinquênios analisados na classe extremo de área afetada, seguida por Trinita, Agronomia e Faisqueira, todas com 4 quinquênios na classe “extremo” de área afetada.

Em termos de classes de local, informados pelos registros de ocorrência, os incêndios florestais concentram-se nos talhões (78,0% das ocorrências), seguido por infraestrutura (13,8%) (TABELA 17).

TABELA 17 – NÚMERO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS POR CLASSE DE LOCAL

CLASSE DE LOCAL	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PARTICIPAÇÃO (%)
Margem de aceiro	16	1,1
Área de recreação	1	0,1
Floresta	4	0,3
Fomento	4	0,3
Infraestrutura	196	13,8
Abaixo de linha de transmissão	6	0,4
Margem da linha férrea	12	0,8
Maquinário	2	0,1
Pastagem	1	0,1
Margem de rio	3	0,2
Margem de rodovia	31	2,2
Talhão	1108	78,0
Terceiros	37	2,6
Subtotal	1421	100,0
Não informado	255	-
Total	1676	-

FONTE: O autor (2012)
NOTA: As classes “fomento” e “terceiros” estão relacionadas aos locais de origem do incêndio.

Uma vez que a ocorrência e propagação dos incêndios florestais estão, em sua grande maioria, relacionados ao fluxo de pessoas em uma determinada área, foi realizada uma correlação entre a área ocupada pelas estradas (asfalto, macadame e terra) e ferrovia (TABELA 18) com o número de ocorrência de incêndios e com a área afetada.

TABELA 18 – ÁREA DOS TIPOS DE ACESSO, EM HECTARES, EM CADA REGIÃO FLORESTAL

REGIÃO	SIGLA	TIPO DE ACESSO (HA)				TOTAL (HA)	ÁREA DE ACESSO (HA) POR 1000 HA
		Asfalto	Ferrovia	Macadame	Terra		
Agronomia	AGR	-	-	27,16	87,51	114,67	12,3
Anta Brava	ABR	-	2,79	21,94	66,87	91,60	23,3
Boa Esperança	BOA	17,02	-	24,82	225,68	267,52	47,9
Bom Retiro	BRE	25,14	-	24,48	64,78	114,40	23,4
Cerradinho	CER	19,18	-	47,05	51,42	117,65	12,1
Colônia	COL	13,07	-	23,12	66,79	102,98	24,4
Faisqueira	FAI	-	-	20,53	115,60	136,13	21,5
Fazenda Velha	FAZ	-	13,43	30,57	42,31	86,31	11,6
Imbauzinho	IMB	22,24	-	32,47	94,72	149,43	21,6
Invernadinha	INV	16,19	4,05	26,25	46,80	93,29	17,9
Jaguatirica	JAG	-	-	40,61	102,20	142,81	16,5
Mandaçaia	MAN	23,37	-	26,68	92,74	142,79	25,5
Mirandinha	MIR	-	-	27,40	74,32	101,72	13,4
Mortandade	MOR	21,98	20,3	20,67	110,34	173,29	23,8
Palmas	PAL	-	-	17,28	26,86	44,14	13,8
Pinhal Bonito	PIN	-	-	24,78	76,01	100,79	19,3
Recanto	REC	-	-	13,18	28,12	41,30	9,2
Restingão	RES	-	-	16,51	50,06	66,57	10,5
Socimbra	SOC	-	37,13	28,23	50,80	116,16	20,2
Trinita	TRI	-	110,51	28,87	60,03	199,41	24,1
Vila Preta	VIL	4,41	-	23,87	44,53	72,81	11,5
Total		162,60	188,21	546,47	1578,49	2475,77	-

NOTA: o termo “macadame” se refere a uma forma de pavimentação de estradas com pedra brita e saibro, que são assentadas com a utilização de rolos compressores.
FONTE: O autor (2012)

As correlações obtidas foram baixas, o que indica a existência de outros fatores relacionados à ocorrência e propagação dos incêndios. A correlação entre o número de ocorrências de incêndios e a área de acesso (por 1.000 hectares de área protegida) foi positiva e igual a 0,1878, enquanto a correlação entre a área atingida pelos incêndios e a área de acesso foi negativa e igual a 0,0267, ambas não significativas.

4.2 ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS

A série histórica do IAPAR teve início de forma constante no final de 1976. A presente análise do FMA compreendeu o período de 5 de outubro de 1976 a 31 de dezembro de 2009, sendo apresentada sua variação por quinquênio na Tabela 19.

Dos 12141 dias avaliados, 32,1% em média pertenciam às classes de perigo de incêndio “nulo” e “pequeno”, enquanto 67,9% pertenciam às classes “médio”, “alto” e “muito alto”.

TABELA 19 – COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS NO PERÍODO DE 1976 A 2009

PERÍODOS	CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS			
	NULO + PEQUENO		MÉDIO + ALTO + MUITO ALTO	
	NÚMERO DE DIAS	PARTICIPAÇÃO (%)	NÚMERO DE DIAS	PARTICIPAÇÃO (%)
1976 - 1979	343	29,0	840	71,0
1980 - 1984	631	34,5	1196	65,5
1985 - 1989	570	31,2	1256	68,8
1990 - 1994	584	32,0	1242	68,0
1995 - 1999	631	34,6	1195	65,4
2000 - 2004	583	31,9	1244	68,1
2005 - 2009	554	30,3	1272	69,7
Total	3896	-	8245	-
Média	557	32,1	1178	67,9

FONTE: O autor (2012)

O Gráfico 23 apresenta o número de dias, no período de 1976 a 2009, nas diferentes classes de perigo de incêndios. Observou-se uma distribuição das classes semelhante à normal, apresentando uma linha de tendência dada pela função:

$$y = -532{,}86.x^2 + 3266{,}1.x – 1508{,}8 \ (R^2 = 0{,}9178)$$

Esta distribuição é melhor do que a encontrada originalmente por Tetto *et al.* (2010) para a região de Fernandes Pinheiro – PR, apesar de também necessitar de ajuste nas classes de perigo do índice. A distribuição esperada para índices ajustados é a de um maior número de dias na classe “médio”, decrescendo gradualmente esses valores para as classes mais extremas.

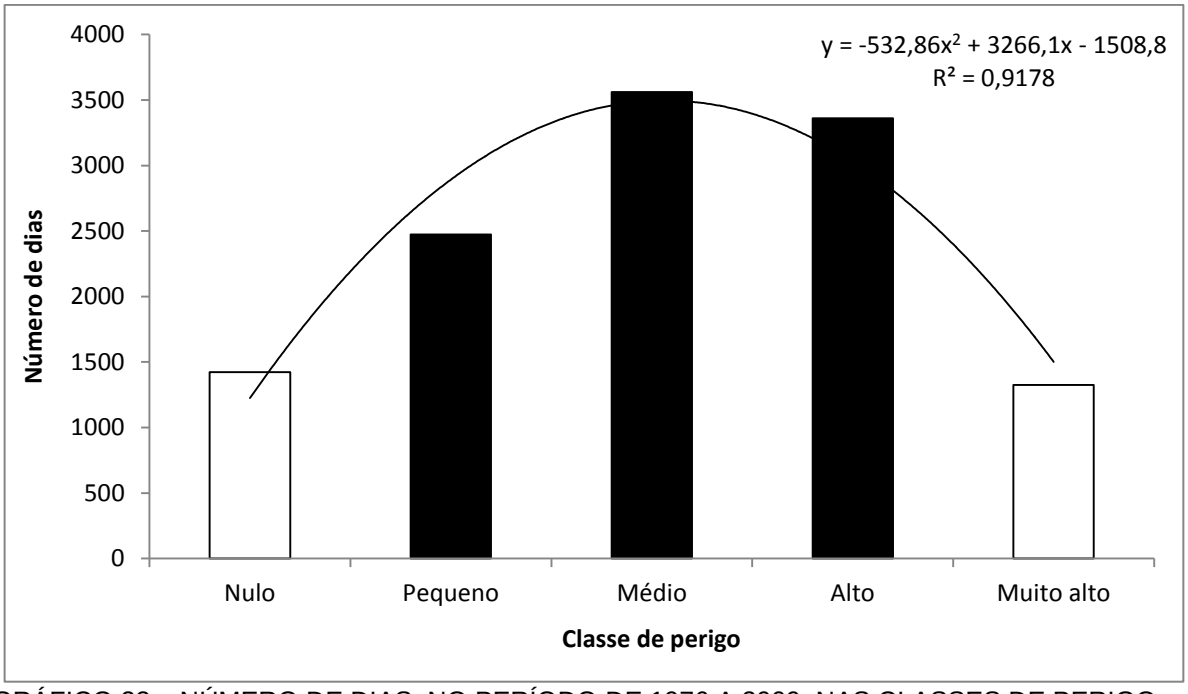


GRÁFICO 23 – NÚMERO DE DIAS, NO PERÍODO DE 1976 A 2009, NAS CLASSES DE PERIGO
FONTE: O autor (2012)

No período de 1976 a 2009 foram registrados 1428 incêndios florestais. No Gráfico 24 são apresentados os números de incêndios em valores absolutos nas classes de perigo da escala de FMA. Na linha de tendência pode ser observada uma função crescente, dada pela seguinte equação:

$$y = 19{,}188.x^{2{,}2299} \ (R^2 = 0{,}9794)$$

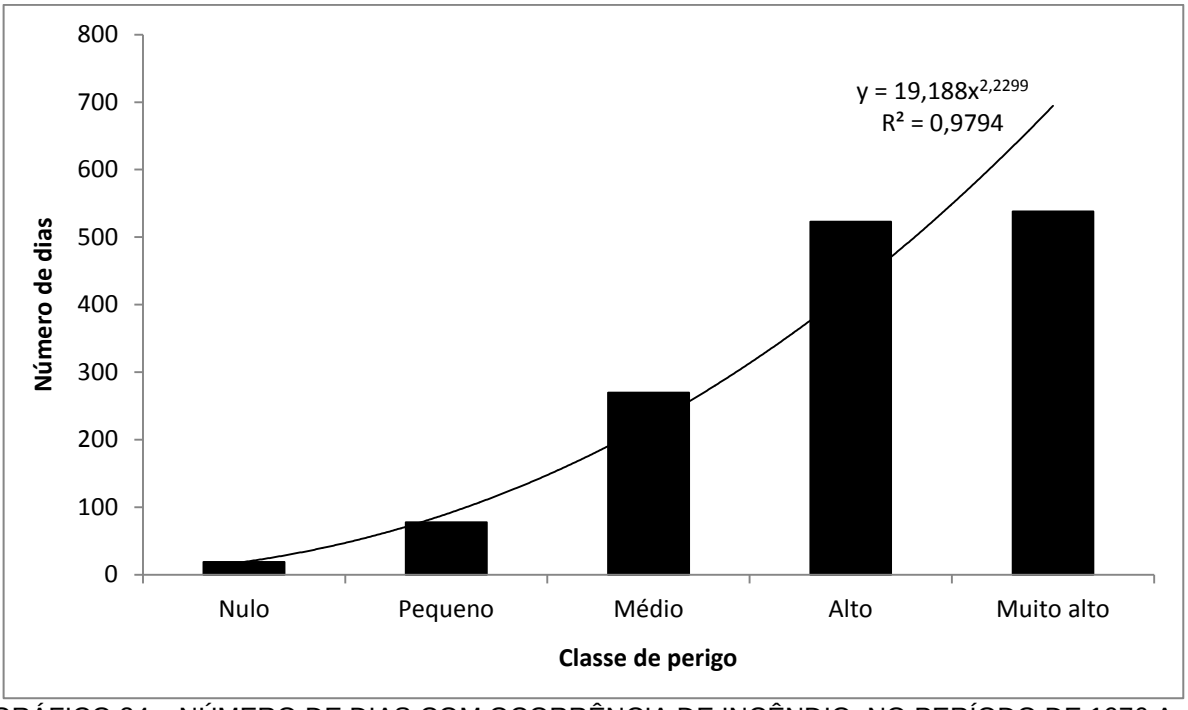


GRÁFICO 24 – NÚMERO DE DIAS COM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO, NO PERÍODO DE 1976 A 2009, NAS CLASSES DE PERIGO
FONTE: O autor (2012)

Esse aumento dos valores da classe “nulo” para a “muito alto” é desejável para o índice (TETTO *et al.*, 2010; BORGES *et al.*, 2011) e indica estar ajustado para a região, muito embora as classes ainda possam ser aprimoradas, reduzindo as classes “médio” e “alto” e aumentando a classe “muito alto”.

Com relação ao desempenho do índice, a Tabela 20 apresenta o número de dias em que o FMA previu ocorrência e não ocorrência de incêndios e os respectivos dias com e sem incêndios.

TABELA 20 – NÚMERO DE DIAS EM QUE O FMA PREVIU OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS

ÍNDICE	CONDIÇÃO	VALORES	
		Nº de dias observados	Nº de dias previstos
FMA	Incêndio	996	8245
	Não incêndio	87	3896

FONTE: O autor (2012)

A partir dos valores apresentados na Tabela 20 foi calculado o *skill score* e as porcentagens de sucesso para a FMA, dando origem às tabelas de contingência elaboradas e apresentadas nas Tabelas 21 e 22.

Nota-se que o índice previu incêndios em 8245 dias e só ocorreram em 996, o índice acertou em 996 e errou em 7249 dias. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 3809 dias, neste caso, houve acerto de 3657 e erro de 87 dias.

TABELA 21 – CONTINGÊNCIA PARA FMA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	996	7249	8245
	Não incêndio	87	3809	3896
Total observado		1083	11058	12141

FONTE: O autor (2012)

TABELA 22 – CÁLCULOS DE CONTINGÊNCIA PARA FMA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	0,9197	0,6555	1,5752
	Não incêndio	0,0803	0,3445	0,4248
Total observado		1	1	2

FONTE: O autor (2012)

Os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso para FMA foram 0,0663 e 39,58, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Nunes *et al.* (2010) no Paraná, no período de 1998 a 2003, que foram de 0,0517 e 34,32; e por Sampaio (1999) em São Paulo, no período de 1984 a 1995, que foram de 0,0607 e 36,92. Ficaram, no entanto, abaixo dos encontrados por Borges *et al.* (2011), no Espírito Santo, no período de 2003 a 2006, que foram de 0,0946 e 38,54%. Ainda, de acordo com Nunes *et al.* (2010), o desajuste observado é causado provavelmente pela mudança nos regimes de chuva e consequentemente de umidade relativa ao longo do tempo.

Tendo em vista essa possível variação sazonal, foi elaborada a Tabela 23 que apresenta a porcentagem de erro mensal da Fórmula de Monte Alegre. Com ela é possível verificar que existe um aumento do erro na época chuvosa, o que justifica a

elaboração de uma escala de perigo para a estação seca e outra para a estação chuvosa.

TABELA 23 – PORCENTAGEM MENSAL DE ERRO DA FMA

MÊS	NÚMERO DE ERROS	NÚMERO DE ACERTOS	ERRO (%)
Janeiro	4	28	12,5
Fevereiro	7	23	23,3
Março	4	51	7,3
Abril	2	51	3,8
Maio	3	84	3,4
Junho	3	79	3,7
Julho	7	115	5,7
Agosto	6	197	3,0
Setembro	12	151	7,4
Outubro	17	86	16,5
Novembro	13	76	14,6
Dezembro	9	55	14,1
Total	87	996	-

FONTE: O autor (2012)

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pode-se concluir com base nos registros de ocorrência de incêndios dos 45 anos analisados que:

i. Houve aumento no número de ocorrências, o que indica menor eficiência na prevenção;
ii. Houve uma queda na área afetada e aumento no número de incêndios na classe de tamanho I, o que indica uma melhoria na eficiência do combate;
iii. Mandaçaia foi a região com maior ocorrência de incêndios e maior área afetada, influenciada pela sua proximidade com a malha urbana de Telêmaco Borba;
iv. A principal causa foi “incendiários”, muito embora “queimas para limpeza” tenha sido responsável pela maior área afetada;
v. A estação normal de perigo de incêndios compreende os meses de julho a setembro, com maior incidência entre 12 e 17 horas;
vi. Não foi observada diferença significativa no número de ocorrências entre os dias da semana;
vii. A maior ocorrência se deu no pinus, apesar da maior área atingida ter sido verificada em “outras espécies plantadas”;
viii. A FMA se mostrou eficiente na determinação do perigo de incêndios, mas seu desempenho diminuiu nos meses de outubro a fevereiro, indicando que a tabela do grau de perigo poderia ter valores diferentes nas estações seca e chuvosa.

Para que a base de dados do ROI seja confiável, organizada e padronizada, recomenda-se que:

i. Haja um treinamento para o seu preenchimento e para avaliação pós-combate;
ii. Seja implantado um banco de dados, o qual possibilitará a padronização das informações (tanto dados numéricos, como causas, locais de ocorrência,

entre outros parâmetros) e obrigará o preenchimento de todos os campos/ informações;

iii. Que se inclua no banco de dados as coordenadas geográficas da ocorrência para espacialização (futura) com maior precisão e análise de correlação com as variáveis que influenciam a ignição e propagação do fogo.

Por fim, sugere-se, que seja realizado o ajuste da Fórmula de Monte Alegre (FMA) levando em consideração os dois períodos do ano (seco e chuvoso), com o objetivo de aprimoramento deste índice, bem como a redução dos custos de proteção.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. M. A. de; SILVA, T. M. V. da; NASCIMENTO, E. R. P. do Análise dos focos de calor em áreas florestais ao longo do Arco do Desflorestamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais do...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 4421 – 4423.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011. 130 p.

AVELINO, A. S. Brigadas do Prevfogo: avaliação dos incêndios florestais de 2010. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5., 2011, Campinas. **Anais do...**. Curitiba, 2011. CD-ROM.

AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R. de C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ci. Fl.**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83 – 92, jan./mar., 2011.

BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais.** Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990. 115 p.

_____. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 237 – 241, maio/ago., 2004.

BATISTA, A. C.; OLIVEIRA, D. dos S.; SOARES, R. V. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 2002. 86 p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.

BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas** (reimpr.). Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2006. 176 p.

BONTEMPO, G. C.; RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S. Incêndios florestais: ocorrência, prevenção e educação um estudo de caso nos parques abertos à visitação pública em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 5., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais do....** Foz do Iguaçu: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2007. CD-ROM.

BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R. dos; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 18, n. 2, p. 153 – 159, abr./jun. 2011.

BOVIO, G.; CAMIA, A. Land zoning based on fire history. **Int. J. Wildland Fire**, v. 7, n. 3, p. 249 – 258, 1997.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 04/01/2011.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire:** control and use. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1973. 686 p.

CHAS-AMIL, M. L.; TOUZA, J.; PRESTEMON, J. P. Spatial distribution of human-caused forest fires in Galicia (NW Spain). **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 137, p. 247 – 258, 2010.

COMANDO DO CORPO DE BOMBEIROS. SysBM-CCB, versão 3.9. Cascavel. Disponível em: <http://www.bombeiroscascavel.com.br/registroccb/>. Acesso em: 12/08/2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO PARANÁ. **Plano anual de instrução 2002**: material de apoio sobre combate incêndios florestais. Curitiba, 2002. 30 p.

COUNTRYMAN, C. Rating fire danger by the multiple basic index systems. **Journal of Forestry**, v. 64, n. 8, p. 531 – 536, 1966.

DEPPE, F.; PAULA, E. V. de; MENEGHETTE, C. R.; VOSGERAU, J. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 119 – 126, mai./ago. 2004.

DIAS, G. F. **Fogo na vida**: elementos para a percepção dos cenários socioambientais gerados pelas queimadas e incêndios florestais e suas contribuições à mudança climática global: subsídios para a educação ambiental. Brasília: Ibama, 2010. 80 p.

ESRI. **ArcGis**, versão 9, 2003. Disponível em: <http://www.esri.com>. Acesso em: 13/10/2011.

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

FREITAS, G. D. de; VIQUE, B. Prevenção e controle de incêndios na VMFL. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2007, Belo Horizonte. **Anais do...** Belo Horizonte: UFV, SIF, 2007. CD-ROM.

GAYLOR, H. P. **Wildfires:** prevention and control. Bowie: R. J. Brady, 1974. 319 p.

HALTENHOFF, H. **Silvicultura preventiva**. Santiago de Chile: Ministério de Agricultura, Corporación Nacional Forestal, 33 p., 1998. (Manual Técnico, n. 18).

HEIKKILÄ, T. V.; GRÖNQVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Wildland fire management**: handbook for trainers. Helsinki: Ministry for Foreign Affairs of Finland, 2007. 248 p.

HERDE, L. C. Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais para o estado do Paraná. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF E CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2., 1996, Curitiba. **Anais do...**. Curitiba, 1996. p. 130 - 139.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Médias históricas em estações do IAPAR**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Telemaco_Borba.htm>. Acesso em: 22/03/2012.

KLABIN. **A Klabin**. Disponível em: < http://www.klabin.com.br/pt-br/a-klabin/default.aspx>. Acesso em: 13/10/2011.

KOPROSKI, L.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, J. G.; BATISTA, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios florestais para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 551 – 562, jul./ set., 2011.

KOPROSKI, L. de P.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Ocorrências de incêndios florestais no Parque Nacional de Ilha Grande – Brasil. **Floresta**, v. 34, n. 2, maio/ago. 2004, p. 193 – 197.

KRAWCHUK, M. A.; MORITZ, M. A.; PARISIEN, M.; DORN, J. V.; HAYHOE, K. Global pyrogeography: the current and future distribution of wildfire. **PloSONE**, São Francisco – CA, v. 4, n. 4, 5102, 2009. Disponível em: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0005102>. Acesso em: 10/01/2011.

LIMA, G. S. **Avaliação da eficiência do combate aos incêndios florestais no Brasil.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

LIMA, G. S.; SOARES, R. V. Avaliação da eficiencia de combate aos incêndios florestais no Brasil. **Floresta**, v. 22, n. ½, p. 25 – 38, 1992.

MAGALHÃES, S. R. de; LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A. Avaliação do combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 18, n. 1, p. 80 – 86, jan./ mar. 2011.

MARCHI, E.; BRACHETTI MONTORSELLI, N.; BONORA, L.; TESI, E. A methodology for the assessment of infrastructures vulnerability to forest fires in wildland urban interfaces. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIRE BEHAVIOUR AND RISK, 2011, Alghero, Itália. **Book of abstracts**. Itália: TAS, Tipografi Associati Sassari, 2011. p. 37.

MARCOLLA, E. Fogo e fumaça no horizonte. In: BRUZAMOLIN, B.; JOHANSSON, L. A. P. S.; KIKUTI, L.; BERNDT, R. A.; MIKULIS, R. A. da L. (Coord.) **A Fazenda Monte Alegre conta seu canto**. Telêmaco Borba: Klick Ed. p. 114 – 115.

MARLETTO, V.; VENTURA, F. **Indici meteorologici per il calcolo del rischio d'incendio forestale.** Disponível em: <http://www.agrometeorologia.it/documenti/Aiam2002/175-184Marletto.pdf>. Acesso em: 10/01/2011.

MARTINI, L.; DEPPE, F.; LOHMANN, M. Avaliação temporal de focos de calor no Estado do Paraná (1999 a 2006). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais do...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 4477 - 4484.

MEDEIROS, A. G. de B. Prevenção e combate a incêndios florestais na Cenibra. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2007, Belo Horizonte. **Anais do...** Belo Horizonte: UFV, SIF, 2007. CD-ROM.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft FoxPro language reference**. Relational database management system for MS-DOS and Windows. Redmond, Wa, 1989 - 1993. (Manual de software).

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Office 2007**. USA, 2006. (Users Guide).

MYERS, R. L. **Convivendo com o fogo**: manutenção dos ecossistemas & subsistência com o manejo integrado do fogo. Tallahassee: The Nature Conservancy, 2006. 28 p.

NUNES, J. R. S. Índices de perigo de incêndios florestais: a experiência paranaense. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil**: o estado da arte. Curitiba, 2009. p. 53 - 108.

NUNES, J. R. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; FIER, I. S. N. Climatologia do comportamento da precipitação no Distrito Florestal de Monte Alegre. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 783 - 792, out./dez. 2009.

NUNES, J. R. S.; FIER, I. S. N; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA^+) no Distrito Florestal de Monte Alegre. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 319 - 326, abr./jun. 2010.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Estimativa da umidade relativa das 13:00 h, com base nos dados das 9:00 h e das 15:00 h, para o Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 247 – 258, mai./ago. 2005.

_____. FMA+ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 75 – 91, jan./abr. 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Global forest resources assessment**: progress towards sustainable forest management. Roma: FAO, 2006a. 320 p. FAO Forestry Paper 147.

_____. **Better forestry, less poverty**: a practioner's guide. Roma: FAO, 2006b. 66 p. FAO Forestry Paper 149.

_____. **Fire management**: global assessment 2006. Roma: FAO, 2007. 156 p. FAO Forestry Paper 151.

_____. **Web fire mapper**. Disponível em <http://geonetwork4.fao.org/firemap/>. Acesso em: 04/08/2011.

PALUMBO, I.; GREGOIRE, G. M.; CLERICI, M.; PEKEL, J. F. Ten years fire observations from space: trends and anomalies of African fires. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIRE BEHAVIOUR AND RISK, 2011, Alghero, Itália. **Book of abstracts**. Itália: TAS, Tipografi Associati Sassari, 2011. p. 207.

PARANÁ. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado. **Operação Paraná em flagelo**: histórico. Curitiba: Secretaria de Segurança Pública; Secretaria da Agricultura; Governo dos EE. UU., 1963. s/p.

_____. **Constituição do Estado do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial, 2006. Disponível em: http://www.impresaoficial.pr.gov.br/arquivos/File/constituicao.pdf>. Acesso em: 10/01/2011.

_____. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária**. 2009a. 227 p. Curitiba: DERAL. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Grafmunicipal09.pdf>. Acesso em: 22/02/2011.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária Paranaense**. 2009b. 35 p. Curitiba: DERAL. Disponível em: < http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/VBP2009.pdf>. Acesso em: 22/02/2011.

PELLIZZARO, G.; ARCA, B.; PINTUS, G. V.; FERRARA, R.; DUCE, P. Wildland-urban interface dynamics during the last 50 years in North East Sardinia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIRE BEHAVIOUR AND RISK, 2011, Alghero, Itália. **Book of abstracts**. Itália: TAS, Tipografi Associati Sassari, 2011. p. 58.

PENNA, P. M. **Relatório de incêndios florestais**. Aracruz: Fibria, 2010.

PEREIRA, A. R.; SOUZA, A. P. O combate a incêndios florestais região sudeste: interior Acesita Energética S.A Departamento Desenvolvimento Técnico. In:

REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF E CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2., 1996, Curitiba. **Anais do...**. Curitiba, 1996. p. 13 - 23.

PRICE, O.; BRADSTOCK, R. Patterns and drivers of wildfire occurrence at the urban interface in Sydney, Australia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIRE BEHAVIOUR AND RISK, 2011, Alghero, Itália. **Book of abstracts**. Itália: TAS, Tipografi Associati Sassari, 2011. p. 31.

RAMSEY, G. S.; HIGGINS, D. G. **Canadian forest fire statistics**. Ontario: Canadian Forestry Service, 1981. 71 p. Information Report PI-X-9.

REDE MUNDIAL DE INCÊNDIOS FLORESTAIS (GFMC). **Regional South America Wildland Fire Network**. Disponível em: <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/SouthAmerica/SouthAmerica.html>. Acesso em: 03/08/2011.

RIBEIRO, L. M.; VIEGAS, D. X. An analysis on wildland urban interface in Portugal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIRE BEHAVIOUR AND RISK, 2011, Alghero, Itália. **Book of abstracts**. Itália: TAS, Tipografi Associati Sassari, 2011. p. 35.

RODRIGUEZ, M. P. R.; MENZONET, Y. G. Definición de la época de incêndios forestales en un contexto multivariado. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, maio/ago. 2004, p. 137 – 143.

RODRIGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V. Análisis comparativo entre los incêndios forestales en Monte Alegre, Brasil y Pinar del Río, Cuba. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, maio/ago. 2004, p. 101 – 107.

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

SAMPAIO, O. B. **O impacto dos incêndios florestais nas unidades de conservação brasileiras**. In: Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade. IAP (Instituto Ambiental do Paraná), 348 p., 2006. p. 138 – 152.

SANTOS, C. C. Prevenção e controle de incêndios florestais na Klabin. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2007, Belo Horizonte. **Anais do...** Belo Horizonte: UFV, SIF, 2007. CD-ROM.

SANTOS, J. F.; SOARES; R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93 – 100, jan/ abr. 2006.

SARAIVA, E. A.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C; TETTO, A. F.; HELD, A. M. G. Fuel material characterization in sugar cane controlled burning in the state of São Paulo, Brazil, as a subsidy to target test for fire detection with weather radar. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 6., 2010, Portugal. **Proceedings of…** Portugal, 2010.

_____. Detecção de queimadas e incêndios florestais com radar meteorológico. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5., 2011a, Campinas. **Anais do...**. Curitiba, 2011. CD-ROM.

SILVA, J. R. das Comportamento do fogo em um ano crítico nas unidades do Instituto Florestal de São Paulo. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, maio/ago. 2004, p. 131 – 136.

SOARES, R. V. **Proteção florestal**. Curitiba: Centro de Pesquisas Florestais, 1971. 180 p.

_____. Índice de perigo de incêndio. **Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 19 – 40, 1972a.

_____. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil.** 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas OEA, Turrialba, Costa Rica, 1972b.

_____. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Curitiba: FUPEF, 1979. 72 p.

_____. **Biometria**: delineamento de experimentos. Curitiba: FUPEF, 1982. 98 p.

_____. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em 1983. **Brasil Florestal**, ano 13, n. 58, abr./ maio/ jun. 1984, p. 31 – 42.

_____. **Incêndios florestais**: controle e uso do fogo. Curitiba, FUPEF, 1985. 213 p.

_____. 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. 12, p. 31 – 35, 1987.

_____. Perfil dos incêndios florestais no Brasil, de 1984 a 1987. **Floresta**, Curitiba, v. 18, n. 12, p. 94 – 121, 1988.

_____. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 22, n. ½, p. 39 – 53, 1992.

_____. Planos de proteção contra incêndios florestais. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF E CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2., 1996, Curitiba. **Anais do...**. Curitiba, 1996. p. 140 - 150.

_____. Arson: a major cause of forest fires. In: INTERNATIONAL WILDLAND FIRE CONFERENCE – SOCIAL PERSPECTIVES SECTION, 2nd, 1997, Vancouver, Canadá. **Proceedings of the...** Canadá, 1997.

_____. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre”: índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne,** Lavras, v. 4, n. 1, p. 87 – 99, 1998.

_____. Estatísticas dos incêndios florestais no Brasil. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios Florestais no Brasil**: o estado da arte. Curitiba, 2009. p. 1 - 20.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Curso de prevenção e controle de incêndios florestais:** o problema do fogo na floresta e meteorologia aplicada aos incêndios florestais: módulo 1. Brasília: ABEAS/UFPR, 1998. 32 p.

_____. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 2004. 195 p.

_____. **Incêndios Florestais**: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, 2007. 250 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolution of forest fire statistics in brazilian protected lands in the last 20 years. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 5, 2006, Portugal. **Anais do....**. Portugal, 2006.

SOARES; R. V.; CORDEIRO, L. Análise das causas e épocas de ocorrência de incêndios florestais na região centro-paranaense. **Floresta**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 46 – 49, 1974.

SOARES; R. V.; SANTOS, J., F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 219 – 232, 2002.

STATSOFT CORPORATION. **Manual Statistica**, versão release 7, 2004 (on line e site). Disponível em: <http://www.statsoft.com>. Acesso em: 13/10/2011.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York, McGraw-Hill. 1960. 481 p.

TETTO, A. F. **Avaliação do risco como subsídio para o planejamento da proteção contra incêndios florestais em unidades de conservação**: estudo de caso da FLONA de Irati – PR. 109 f. Dissertação (Mestrado em Conservação da Natureza) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; PIVOVAR, C. Manejo da biomassa pós-colheita como forma de prevenção aos incêndios florestais. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 15., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF-PR, 2008. p. 286.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; NUNES, J. R. S. Comportamento e ajuste da fórmula de Monte Alegre na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 409 – 417, set. 2010.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios florestais em unidades de conservação no Brasi**l.** In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5., 2011a, Campinas. **Anais do...**. Curitiba, 2011. CD-ROM.

_____. Ocorrência de incêndios florestais no estado do Paraná, no período de 2005 a 2010. 2011b. 9 p. Relatório técnico.

_____. **Prevenção e combate aos incêndios florestais**. Curitiba: SENAR-PR, 2011c. 76 p. (Coleção SENAR – Paraná 258).

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; KOCK, R.; LAUTHERT, L. Zoneamento do risco de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil**.** In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5., 2011, Campinas. **Anais do...**. Curitiba, 2011. CD-ROM.

VÉLEZ, R. (Coord.) **La defensa contra incendios forestales**: fundamentos e experiências. Madrid: McGraw-Hill, 2000.

VENTURI, N. L.; ANTUNES, A. F. B. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 159 – 173, mai./ago. 2007.

VIEGAS, D. X.; ABRANTES, T.; PALHEIRO, P.; SANTO, F. E.; VIEGAS, M. T.; SILVA, J.; PESSANHA, L. Fire weather during the 2003, 2004 and 2005 fire seasons in Portugal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF FOREST FIRE RESEARCH, 5., 2006, Portugal. **Proceedings of…** Portugal, 2006. CD-ROM.

VIEGAS, D. X., REIS, R. M., CRUZ, M. G., VIEGAS, M. T. Calibração do sistema canadiano de perigo de incêndio para aplicação em Portugal. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 12, n. 1, p. 77 – 93, 2004.

VILLARDÓN, J. L. V. **Introduccion al análisis de cluster**. Espanha: Universidade de Salamanca, s/d. 22 p. Disponível em: <http://biplot.usal.es/ALUMNOS/CIENCIAS/2ESTADISTICA/MULTIVAR/cluster.pdf>. Acesso em: 09/01/2011.

VOSGERAU, J. L.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L. Avaliação dos registros de incêndios florestais do Estado do Paraná no período de 1991 a 2001. **Floresta,** Curitiba, v. 36, n. 1, p. 23 – 32, jan./abr. 2006.

WILLIAMS, D. E. Future application of meteorology in the fire control. **Forestry Chronicle**, v. 43, n. 1, p. 89 – 92, mar. 1967.

DOCUMENTOS CONSULTADOS

ANDREWS, P. L. Methods for predicting fire behavior – you do have a choice. **Fire Management Notes**, v. 47, n. 2, p. 6 – 10, 1986.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística aplicada**: economia, administração e contabilidade. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. 404 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE). **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 61 p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2 ed. Prentice Hall International. s/d. 607 p.

ROTHERMEL, R. C. **A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels**. USDA Forest Service, 1972. 40 p. Research Paper INT-115.

ROTHERMEL, R. C. **How to predict the spread and intensity of forest and range fires**. USDAgriculture Forest Service, 1983. 161 p. General Technical Report INT-143.

SOARES, R. V. **O perfil dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre nos últimos 50 anos (1965 – 2014)**. 2010. 13 p. Projeto de pesquisa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistemas de Bibliotecas. **Teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos**. Curitiba: Editora UFPR, 2007. 102 p. (Normas para apresentação de documentos científicos, 2).

_____. Sistemas de Bibliotecas. **Citações e notas de rodapé**. Curitiba: Editora UFPR, 2007. 56 p. (Normas para apresentação de documentos científicos, 3).

_____. Sistemas de Bibliotecas. **Referências**. Curitiba: Editora UFPR, 2007. 120 p. (Normas para apresentação de documentos científicos, 4).

APÊNDICES

APÊNDICE A - ANÁLISE DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA..... 107
APÊNDICE B - PADRONIZAÇÃO DAS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS..... 109
APÊNDICE C - ANÁLISE DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA E CAUSA..... 111
APÊNDICE D - ANÁLISE DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DO ANO E CAUSA.. 112

APÊNDICE A
ANÁLISE DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA

TABELA 24 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA

ANO	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SÁBADO	DOMINGO
1965	1	0	0	0	0	0	2
1966	2	3	4	0	0	0	2
1967	2	4	3	3	3	3	9
1968	11	5	6	1	6	3	7
1969	4	2	6	1	3	5	0
1970	3	2	2	2	6	7	4
1971	4	3	0	5	1	0	4
1972	2	3	2	0	2	1	2
1973	0	4	3	1	2	0	1
1974	6	6	4	3	5	4	4
1975	2	2	6	11	7	9	7
1976	0	0	2	0	1	1	4
1977	2	5	3	4	1	3	2
1978	6	7	4	4	8	7	8
1979	5	0	2	6	0	2	4
1980	3	1	2	3	1	0	0
1981	5	5	3	9	4	7	9
1982	2	2	1	1	2	0	2
1983	1	0	1	3	1	0	1
1984	5	3	4	1	7	2	4
1985	4	1	5	5	2	3	1
1986	2	0	2	0	1	0	1
1987	2	1	1	1	3	2	3
1988	7	6	2	7	8	3	5
1989	2	1	2	1	2	1	0
1990	2	6	2	2	0	1	0
1991	3	2	1	3	0	0	6
1992	2	2	3	1	2	7	1
1993	0	2	3	2	0	1	2
1994	5	4	3	6	2	3	6
1995	8	7	2	7	10	10	5
1996	4	2	5	5	8	7	5
1997	5	3	6	3	8	2	4
1998	2	2	5	5	0	4	1
1999	8	10	10	20	12	8	11
2000	6	15	8	5	6	4	7
2001	11	11	11	9	5	8	11
2002	6	8	8	12	9	15	10

continua

conclusão

2003	13	13	16	13	10	9	13
2004	17	21	15	19	13	17	23
2005	12	23	14	14	17	21	16
2006	13	11	14	25	21	16	18
2007	20	16	22	22	20	21	14
2008	12	10	14	17	10	9	11
2009	1	3	2	1	1	2	1

FONTE: O autor (2012)

Anova: fator único

TABELA 25 – RESUMO DAS VARIÁVEIS

GRUPO	CONTAGEM	SOMA	MÉDIA	VARIÂNCIA
SEGUNDA	45	233	5,178	21,33131
TERÇA	45	237	5,267	29,56364
QUARTA	45	234	5,200	24,52727
QUINTA	45	263	5,844	41,27071
SEXTA	45	230	5,111	28,14646
SÁBADO	45	228	5,067	31,01818
DOMINGO	45	251	5,578	27,47677

FONTE: O autor (2012)

TABELA 26 - ANOVA

FONTE DA VARIAÇÃO	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	21,9047619	6	3,650794	0,125682	0,993152	2,128061
Dentro dos grupos	8946,711111	308	29,04776			
Total	8968,615873	314				

FONTE: O autor (2012)

APÊNDICE B
PADRONIZAÇÃO DAS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

TABELA 27 – PADRONIZAÇÃO DAS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

ORIGEM (KLABIN)	CAUSA	
Desconhecido	(Em branco)	Indeterminado
	Desconhecido	Não identificado
Diversos	Acidental	Falha elétrica
	Acidente máquina	Fios alta tensão
	Acidente rodoviário	Fogos de artifícios
	Acúmulo de gases	Foguetes
	Acúmulo de lixo	Liberação de gás
	Alta tensão	Liberação de gás carbônico
	Area do BAMERINDUS	Linha a. tensão/arrebentou
	Arvore que caiu na rede elétrica	Linha alta tensão
	Botijão	Linha alta tensão (diversos)
	Brasas de fogão	Lixo hospitalar
	Brasas do fogão que caiu	Mangueira estourada
	Caiu árvore na rede elétrica	Problemas de vazamento
	Combustão espontânea	Problemas rede elétrica
	Combustível	Prov./incêndio de casa
	Criança	Provavelmente amantes
	Criança/Fósforo	Queima de lixo
	Curto-circuito	Queima de lixo urbano
	Curto-circuito alta tensão	Queima de vespeira
	Curto-circuito r. elétrica	Queima expontânea
	Desmoronamento do forno	Rede elétrica
	Despacho	Resíduo lixo
	Diversos	Rojão
	Diversos (foguete)	Rompimento de cabo elétrico
	Euc. em rede elétrica	Secador cereais
	Explosão butijão de gás	Setor de solda
	Explosão compressor	Terceiro
	Explosão engenho	Utilização de maçarico
	Fagulhas de forno	Vegetação rasteira
	Fagulhas de maçarico	Vela
	Fagulhas de solda (diversos)	Velas no cemitério
Estradas de ferro	Estrada de ferro	Fagulhas de trem
Fogos de recreação	Fogo p/ retirar mel	Caçadores
	Queima de colméia	Fogo campestre
	Queima p/retirar mel	Fogos campestres
	Retirada de mel	Lazer
	Banhistas	Pescador
	Caçador	Pescadores
	Caçadores	Sapecada de pinhões

continua

conclusão

Fumantes	Bituca de cigarro	Fumante/Locomotiva
	Cigarro	Fumantes
	Fumante	Fumantes de drogas
Incendiários	Andarilho	Intencional
	Criminoso	Proposital
	Incendiário	Proposital (Bombinha)
	Incendiários	
Operações florestais	Aquecimento refeições	Máquina emp. t. papel pegou fogo
	Brotação de fogo anterior	Motosserra
	Curto-circuito máquina	Operações florestais
	Escapamento da P.23	P. de carreta estourou
	Fagulhas chaminé c.volante	Problemas mecânicos
	Fagulhas escapamento máquina	Reacendeu fogo anterior
	Falhas com veículo	Reacendeu fogo da máq. Imbaú
	Máquina arraste	Resto Operações florestais
	Máquina da Imbaú pegou fogo	Trator/terceiro
Queimas para limpeza	Brasas de outras queimas	Queima de leiras
	Fagulhas de outras queimas	Queima de leiras Dr. Geraldo Speltz
	Fagulhas de queima anterior	Queima de pastagem
	Fagulhas de queima de leiras	Queima de roça
	Pulou fogo de outra queima	Queima de terceiros
	Pulou fogo de queima anterior	Queima p/proteção
	Pulou fogo do Bamerindus	Queima palha de arroz
	Queima	Queima que perdeu controle
	Queima /limpeza	Queima terceiro p/plantio
	Queima /limpeza 3º	Resto de facho
	Queima controlada	Resto de queima anterior
	Queima controlada f. controle	
Raios	Raio	Raio em cabo elétrico

FONTE: O autor (2012)

APÊNDICE C
ANÁLISE DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA E CAUSA

TABELA 28 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO AO DIA DA SEMANA E CAUSA

CAUSA	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	DOM	TOTAL
Queimas para limpeza	19	22	20	30	18	26	24	159
Operações florestais	2	6	9	7	5	4	7	40
Incendiários	131	114	120	141	125	109	139	879
Fumantes	12	18	22	20	18	19	15	124
Fogos de recreação	5	2	4	2	0	1	4	18
Estradas de ferro	9	10	8	9	8	11	11	66
Raios	9	5	6	1	5	5	4	35
Diversos	26	39	33	40	37	42	33	250
Não Informado	20	21	12	13	14	11	14	105
Total	233	237	234	263	230	228	251	1676

FONTE: O autor (2012)

Anova: fator único

TABELA 29 – RESUMO DAS VARIÁVEIS

GRUPO	CONTAGEM	SOMA	MÉDIA	VARIÂNCIA
Queimas para limpeza	7	159	22,714	18,2381
Operações florestais	7	40	5,714	5,238095
Incendiários	7	879	125,571	147,9524
Fumantes	7	124	17,714	10,90476
Fogos de recreação	7	18	2,571	3,285714
Estradas de ferro	7	66	9,429	1,619048
Raios	7	35	5,000	5,666667
Diversos	7	250	35,714	29,90476

FONTE: O autor (2012)

TABELA 30 - ANOVA

FONTE DA VARIAÇÃO	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	82113,98	7	11730,57	421,1873	7,94E-41	2,207436
Dentro dos grupos	1336,857	48	27,85119			
Total	83450,84	55				

FONTE: O autor (2012)

APÊNDICE D
ANÁLISE DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DO ANO E CAUSA

TABELA 31 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DO ANO E CAUSA

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
Queimas para limpeza	2	5	5	3	3	3	20	40	43	15	13	7	159
Operações florestais	0	1	2	2	2	1	1	10	7	6	7	1	40
Incendiários	16	8	33	43	58	75	93	198	130	81	76	68	879
Fumantes	9	6	5	2	5	5	24	25	12	11	15	5	124
Fogos de recreação	1	1	0	1	1	4	0	1	3	1	3	2	18
Estradas de ferro	4	3	2	2	6	3	4	13	10	6	4	9	66
Raios	8	5	4	5	0	0	0	1	2	4	1	5	35
Diversos	3	12	11	14	39	20	26	35	41	21	22	6	250
Não Informado	8	8	3	2	2	4	16	26	17	4	7	8	105
Total	51	49	65	74	116	115	184	349	265	149	148	111	1676

FONTE: O autor (2012)

Anova: fator único (causas)

TABELA 32 – RESUMO DAS VARIÁVEIS

GRUPO	CONTAGEM	SOMA	MÉDIA	VARIÂNCIA
Queimas para limpeza	12	159	13,250	206,0227273
Operações florestais	12	40	3,333	10,60606061
Incendiários	12	879	73,250	2688,568182
Fumantes	12	124	10,333	57,33333333
Fogos de recreação	12	18	1,500	1,545454545
Estradas de ferro	12	66	5,500	12,09090909
Raios	12	35	2,917	6,810606061
Diversos	12	250	20,833	156,8787879

FONTE: O autor (2012)

TABELA 33 - ANOVA

FONTE DA VARIAÇÃO	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	47899,8	7	6842,831845	17,4347657	2,70956E-14	2,115471719
Dentro dos grupos	34538,4	88	392,4820076			
Total	82438,2	95				

FONTE: O autor (2012)

Anova: fator único (meses)

TABELA 34 – RESUMO DAS VARIÁVEIS

GRUPO	CONTAGEM	SOMA	MÉDIA	VARIÂNCIA
Janeiro	8	43	5,375	28,55357
Fevereiro	8	41	5,125	13,55357
Março	8	62	7,750	114,7857
Abril	8	72	9,000	206,2857
Maio	8	114	14,250	476,5
Junho	8	111	13,875	649,2679
Julho	8	168	21,000	970
Agosto	8	323	40,375	4269,125
Setembro	8	248	31,000	1864
Outubro	8	145	18,125	686,9821
Novembro	8	141	17,625	606,2679
Dezembro	8	103	12,875	502,6964

FONTE: O autor (2012)

TABELA 35 - ANOVA

FONTE DA VARIAÇÃO	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	9722,1146	11	883,83	1,020979	0,435529	1,904539
Dentro dos grupos	72716,125	84	865,67			
Total	82438,24	95				

FONTE: O autor (2012)