

FILLIPE TAMIOZZO PEREIRA TORRES

**ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS
EM VEGETAÇÃO DA ÁREA URBANA DE JUIZ
DE FORA, MG**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência Florestal, para a
obtenção do título de *Magister Scientiae*.**

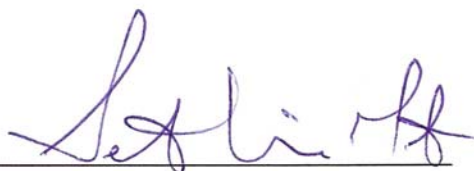
**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

FILLIPE TAMIOZZO PEREIRA TORRES

**ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM
VEGETAÇÃO DA ÁREA URBANA DE JUIZ DE
FORA, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

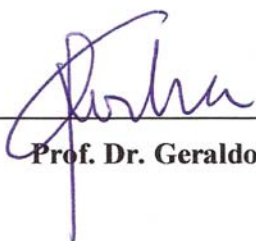
Data de aprovação: 16 de junho de 2008.



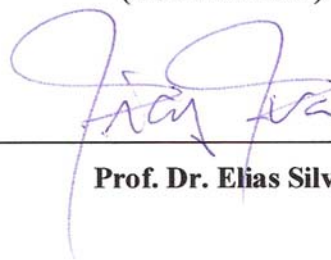
Prof. Dr. Sebastião Venâncio Martins
(Co-orientador)



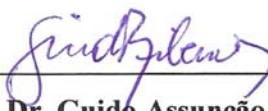
Prof. Dr. Gumercindo Souza Lima
(Co-orientador)



Prof. Dr. Geraldo César Rocha



Prof. Dr. Elias Silva



Prof. Dr. Guido Assunção Ribeiro
(Orientador)

Dedico esta dissertação em memória de Nelson Gonçalves Pereira, por todo incentivo, amor e carinho que me deu ao longo dos anos e pelo exemplo de caráter, dignidade e sabedoria.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade em seu Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.

Ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA) da Universidade Federal de Juiz de Fora e ao 4º Batalhão de Bombeiros Militares pelos dados fornecidos.

Ao meu orientador Professor Guido Assunção Ribeiro, pela confiança e apoio na realização deste trabalho.

Aos meus co-orientadores Sebastião Venâncio Martins e Gumercindo Souza Lima, por toda a ajuda que me foi dada.

Ao amigo e professor Geraldo César Rocha, pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Elias Silva, pelos conselhos que ajudaram a melhorar este trabalho.

Aos professores Sebastião de Oliveira Menezes e Luiz Alberto Martins, pelo incentivo à pesquisa.

À minha esposa Juliana, pelo carinho e apoio nos momentos mais difíceis.

À minha mãe Liliane e minha vó Geny, pela criação e educação que me foi dada.

Aquele que não sabe contar um, dois, três, nem distinguir os números ímpares dos pares, ou que não sabe contar coisa alguma, nem a noite nem o dia, e que não tem noção da revolução do Sol e da Lua, nem das outras estrelas [...]. Acho que todos os homens livres devem estudar esses ramos do conhecimento tanto quanto ensinam a uma criança no Egito, quando ela aprende o alfabeto. Naquele país, os jogos aritméticos foram inventados para serem empregados por simples crianças, e elas os aprendem como se fosse prazer e diversão [...]. Com espanto, eu [...] no final da vida, tenho tomado conhecimento de nossa ignorância sobre essas questões; acho que parecemos mais porcos do que homens, e tenho muita vergonha, não só de mim mesmo, mas de todos os gregos.

Platão (428 – 348)

ÍNDICE

Lista de Figuras	viii
Lista de Quadros	x
Resumo	xii
Abstract	xiii
Introdução Geral	1
1. Considerações iniciais	1
2. Justificativa	4
3. Objetivos	4
4. Caracterização da área de estudo	5
5. Estruturação da pesquisa	7
CAPÍTULO 1 – Definição da estação normal do fogo e horário de maior concentração de ocorrências na cidade de Juiz de Fora, MG	9
1.1. Introdução	9
1.2. Metodologia	10
1.3. Resultados e discussão	10
1.3.1. Definição da Estação Normal do Fogo	10
1.3.2. Definição do horário de maior número de ocorrências	16
1.4. Conclusões	18
CAPÍTULO 2 – Correlação entre elementos meteorológicos e ocorrências de incêndios em vegetação na cidade de Juiz de Fora, MG	20
2.1. Introdução	20
2.2. Metodologia	21
2.3. Resultados e discussão	23
2.4. Conclusões	29
CAPÍTULO 3 – Eficiência de índices de predição de incêndios em vegetação para a cidade de Juiz de Fora, MG	31
3.1. Introdução	31
3.2. Metodologia	33
3.3. Resultados e discussão	37
3.4. Conclusões	41
CAPÍTULO 4 – Influência da exposição do terreno nas ocorrências de incêndios em vegetação na cidade de Juiz de Fora, MG	43
4.1. Introdução	43
4.2. Metodologia	44
4.3. Resultados e discussão	45
4.3.1. Exposição da vertente em relação ao Sol	45
4.3.2. Direção do vento	47
4.4. Conclusões	49

CAPÍTULO 5 – Caracterização das áreas de maior ocorrência de incêndios em	50
vegetação na cidade de Juiz de Fora, MG	
5.1. Introdução	50
5.2. Metodologia	53
5.3. Resultados e discussão	53
5.4. Conclusões	59
Conclusões Gerais	60
Referências bibliográficas	61

Lista de Figuras:

Figura 1 – Localização da área de estudo	6
<i>Figure 1 – Study area location</i>	
Figura 2 – Diagrama ombrotérmico de Gaussen de Juiz de Fora (1973/2007)	7
<i>Figure 2 – Gaussen’s Ombrotérmic diagram of Juiz de Fora (1973/2007)</i>	
Figura 3 – Número total de ocorrências em cada mês em função da média mensal da umidade relativa do ar	11
<i>Figure 3 – Total number of occurrences in every month in function of the monthly average of the relative humidity of the air</i>	
Figura 4 – Número total de ocorrências em cada mês em função do total de precipitação mensal	12
<i>Figure 4 – Total number of occurrences in every month in function of the total of monthly precipitation</i>	
Figura 5 – Número total de ocorrências em cada mês em função do total de evaporação mensal	13
<i>Figure 5 – Total number of occurrences in every month in function of the total of monthly evaporation</i>	
Figura 6 – Número total de ocorrências em cada mês em função do total de insolação mensal	14
<i>Figure 6 – Total number of occurrences in every month in function of the total of monthly heatstroke</i>	
Figura 7 – Relação entre o número de ocorrências e a insolação	16
<i>Figure 7 – Relationship between the number of occurrences and the heatstroke</i>	
Figura 8 – Porcentagens de ocorrências por hora do dia	17
<i>Figure 8 – Percentages of occurrences for hour of the day</i>	
Figura 9 – Ocorrências por hora no período de maior concentração de incêndios.	18
<i>Figure 9 – Occurrences per hour in the period of larger concentration of fires</i>	
Figura 10 – Ocorrências de incêndios de acordo com a exposição da vertente	46
<i>Figure 10 – Occurrences of fires in agreement with the exhibition of the slope</i>	
Figura 11 – Distribuição das ocorrências de incêndios de acordo com a região administrativa	54
<i>Figure 11 – Occurrence’s distribution of the fires in agreement with the administrative region</i>	

Figura 12 – Cartograma de risco à incêndios florestais	56
<i>Figure 12 – Forest fires risk cartogram</i>	
Figura 13 – Ocorrências de incêndios de acordo com o material combustível	57
<i>Figure 13 – Fire's occurrences in agreement with the combustible material</i>	
Figura 14 – Responsabilidade pela conservação das áreas das ocorrências	59
<i>Figure 14 – Conservation's responsibility of the occurrence's areas</i>	

Lista de Quadros:

Quadro 1 – Correlação linear de Pearson (r) entre o total de ocorrências de incêndios mensais e elementos meteorológicos mensais	15
<i>Table 2 – Lineal correlation of Pearson (r) between the total of occurrences of monthly fires and monthly meteorological elements</i>	
Quadro 2 – Correlação linear de Pearson (r) entre o número de ocorrências de incêndios e elementos meteorológicos diários	25
<i>Table 2 – Lineal correlation of Pearson (r) between the number of occurrences of daily fires and meteorological elements</i>	
Quadro 3 – Porcentagem de ocorrências e de dias com ocorrências de acordo com a quantidade e o acúmulo de precipitação	26
<i>Table 3 – Percentage of occurrences and of days with occurrences in agreement with the amount and the precipitation accumulation</i>	
Quadro 4 – Comparação dos valores dos elementos climáticos de acordo com a quantidade de ocorrências em dias com precipitação acumulada menor que 3mm	27
<i>Table 4 – Comparison of the values of the climatic elements in agreement with the amount of occurrences in days with smaller precipitation than 3mm</i>	
Quadro 5 – Comparação dos valores dos elementos climáticos de acordo com a quantidade de ocorrências em dias sem chuva acumulada nos 5 dias anteriores	28
<i>Table 5 – Comparison of the values of the climatic elements in agreement with the amount of occurrences in days without accumulated rain in the 5 previous days</i>	
Quadro 6 – Número de ocorrências, porcentagem de dias com ocorrências e número de ocorrências por dia de acordo com a umidade relativa do ar das 15:00 hrs	28
<i>Table 6 – Number of occurrences, percentage of days with occurrences and number of occurrences a day in agreement with the relative humidity of the air of 15:00 o'clock</i>	
Quadro 7 – Porcentagem de ocorrências e de dias com ocorrências de acordo com a diferença entre precipitação e evaporação (P-EVAP) negativa acumulada	29
<i>Table 7 – Percentage of occurrences and of days with occurrences in agreement with the difference between precipitation and evaporation (P-EVAP) accumulated negative</i>	
Quadro 8 – Modificação no cálculo da FMA de acordo com a precipitação	34
<i>Table 8 – Modification in the FMA calculation in agreement with the precipitation</i>	
Quadro 9 – Modificação no cálculo da G de acordo com a precipitação	35
<i>Table 9 – Modification in the G calculation in agreement with the precipitation</i>	

Quadro 10 – Restrição do índice EVAP/P <i>Table 10 – Restriction of the EVAP/P index</i>	36
Quadro 11 – Tabela de contingência do <i>Skill Score</i> <i>Table 11 – Contingency table of the Skill Score</i>	36
Quadro 12 – Comparação entre os resultados dos índices durante o ano inteiro <i>Table 12 – Comparison among the results of the indexes during the whole year</i>	38
Quadro 13 – Comparação entre os resultados dos índices durante a estação normal do fogo <i>Table 13 – Comparison among the results of the indexes during the normal station of the fire</i>	39
Quadro 14 – Comparação entre os resultados dos índices fora da estação normal do fogo <i>Table 14 – Comparison among the results of the indexes out of the normal station of the fire</i>	40
Quadro 15 – Desempenho dos índices estudados de acordo com a época do ano e com o percentual de sucesso. <i>Table 15 – Acting of the indexes studied in agreement with the time of the year and with the percentile of success</i>	41
Quadro 16 – Vertente da ocorrência de acordo com a direção do vento <i>Table 16 – Slope of the occurrence in agreement with the direction of the wind</i>	48
Quadro 17 – Incêndios mensais de acordo com a vegetação <i>Table 16 – Monthly's fires in agreement with the vegetation</i>	57
Quadro 18 – Precipitação e umidade relativa do ar média mensal do período de estudo <i>Table 18 – Precipitation and relative humidity of the air average of the study period</i>	58

RESUMO

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008. **Análise da Ocorrência de Incêndios em Vegetação da Área Urbana de Juiz de Fora, MG.** Orientador: Guido Assunção Ribeiro; Co-orientadores: Sebastião Venâncio Martins e Gumercindo Souza Lima.

O objetivo geral deste estudo foi a análise da influência dos fatores meteorológicos e topográficos sobre as ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana do município de Juiz de Fora – MG, entre 1995 e 2004. De acordo com os resultados, determinou-se a estação normal do fogo como o período entre os meses de Junho à Outubro, onde a maior parte dos incêndios ocorreram entre os horários de 12:00 e 16:00. O elemento mais correlacionado com a quantidade de ocorrências de incêndios diários foi a Umidade Relativa do ar, enquanto que o elemento mais correlacionado com a quantidade de ocorrências mensais foi a Insolação. O Índice acumulativo EVAP/P foi o mais eficiente durante o ano todo de acordo com o Skill score. A exposição das vertentes ao Sol mostrou influência também sobre a quantidade de incêndios, onde quanto maior o ganho energético, maior o número de ocorrências. As áreas de maior movimentação veicular e de pedestres com vegetação herbácea de conservação particular foram as que apresentaram maior número de ocorrências. O horário das leituras dos dados mostrou uma maior eficácia quando realizadas às 15:00 horas, o que facilita seu uso, visto que em grande parte do território nacional as leituras são feitas em horário padrão às 09:00, 15:00 e 21:00 TMG.

ABSTRACT

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, June of 2008. **Analysis of the Occurrence of Fires in Vegetation of the Urban Area of Juiz de Fora, MG.** Adviser: Guido Assunção Ribeiro; Co-advisers: Sebastião Venâncio Martins and Gumercindo Souza Lima.

The general objective of this study it was the analysis of the influence of the meteorological and topographical factors on the occurrences of fires in vegetation in the urban area of the municipal district of Juiz de Fora - MG, between 1995 and 2004. In agreement with the results, it was determined the normal station of the fire as the period among the months of June to October, where most of the fires happened among the schedules of 12:00 and 16:00. The element more correlated with the amount of occurrences of daily fires was the Relative Humidity of the air, while the element more correlated with the amount of monthly occurrences was the Heatstroke. The accumulative Index EVAP/P was the most efficient during the whole year in agreement with the Skill score. The exhibition of the slopes in the sun showed influence also about the amount of fires, where as larger the earnings energy, larger the number of occurrences. In the areas of larger transport and pedestrian's movement with herbaceous vegetation of private conservation were presented larger number of occurrences. The schedule of the readings of the data showed a larger effectiveness when accomplished at the 15:00 hours, what facilitates his use, because in a large part of the national territory the readings are made in standard schedule to the 09:00, 15:00 and 21:00 TMG.

Introdução Geral

1. Considerações Iniciais

De acordo com Soares (1995), o fogo é um fenômeno natural que sempre existiu na superfície do planeta e também um dos responsáveis pela predominância de vários ecossistemas terrestres.

O fogo, ainda de acordo com o autor, foi a primeira força e fonte de energia natural a ser dominada pelo homem, sendo um importante recurso utilizado para sua evolução, desde o aquecimento necessário para se estabelecer em regiões frias até mesmo a construção de foguetes para se chegar à lua.

Para Ribeiro e Bonfim (2000), o fogo é uma reação química exotérmica envolvendo três elementos básicos: combustível, oxigênio e calor. Assim, é necessário haver combustível para queimar, oxigênio para manter as chamas e calor para iniciar e continuar o processo de queima. A ausência, ou redução abaixo de certos níveis de qualquer um dos componentes do triângulo do fogo, inviabiliza o processo de combustão.

Contudo, a ação do fogo sobre o ambiente depende, ainda, de outros fatores além dos necessários para a ocorrência da combustão. De acordo com Batista (1995) e Ribeiro e Bonfim (2000), vários fatores afetam e influem no comportamento do fogo, entre eles: o material combustível; as condições climáticas e a topografia. A ação de cada um destes fatores é diferente para cada região e para cada época do ano, o que causa grande diferença em seu comportamento.

Quando o comportamento do fogo foge do controle do homem, transformando-o em um agente com alto poder destrutivo, tem-se o incêndio propriamente dito (SILVA *et al*, 2004). Diferenciando-o, por exemplo, da queima controlada que significa o uso do fogo de forma planejada, com objetivos definidos, acompanhado de um planejamento prévio em que devem ser considerados os aspectos legais (autorização de queima), as técnicas de queima, as

condições climáticas, a previsão do comportamento do fogo, os equipamentos e as ferramentas apropriadas e os confrontantes (RIBEIRO e BONFIM, 2000).

De acordo com Macedo e Sardinha (1985), o incêndio florestal é uma combustão descontrolada, em espaço aberto, e que pode se expandir livremente, consumindo combustíveis vegetais, tais como: manta morta, ervas, arbustos e árvores, independente de sua origem e do agente causador. Segundo Herde (1996), é todo fogo sem controle sobre qualquer vegetação, podendo ser provocado antropicamente ou naturalmente. Para Soares e Santos (2003), por incêndio florestal se entende a propagação livre ou descontrolada de fogo em florestas e outras formas de vegetação.

O próprio conceito de Incêndio Florestal acaba por gerar algumas contradições, visto que o mesmo é utilizado como sinônimo de fogo sem controle sobre qualquer tipo de vegetação, seja ela pasto, campo ou floresta. Contudo, o termo floresta, de acordo com o IBGE (2004) se refere ao conjunto de sinúcias dominadas por fanerófitos de alto porte, e apresentando quatro estratos bem definidos: herbáceo, arbustivo, arvoreta e arbóreo. Deve ser também levada em consideração a altura, para diferenciá-la das outras formações lenhosas campestres, para Rizzini (1979), a definição de floresta ou mata é sempre que as árvores superem 7 m de altura e toquem-se pelas copas.

Apesar de usual o termo de incêndios florestais, dentro do meio científico, o leitor menos familiarizado, pode-se questionar quanto à sua utilização em uma área de pasto ou campo com vegetação aberta. Sendo assim, neste estudo, sugere-se as seguintes denominações: *Incêndio florestal* – quando o mesmo ocorrer em áreas com predomínio de espécies arbóreas, sejam elas plantadas ou nativas; *Incêndio em campo* – quando ocorrer em áreas de pasto ou campo com predomínio de vegetação herbácea e/ou arbustiva e *Incêndio em vegetação* – termo generalista utilizado quando o mesmo ocorrer em qualquer tipo de vegetação, seja ela herbácea, arbustiva ou arbórea.

Os incêndios em vegetação podem provocar prejuízos importantes ao ambiente, como os danos à fauna e à flora, às pessoas, inclusive com perdas de vidas, além de conseqüências econômicas consideráveis, como a

descaracterização de habitats, a queima de madeira e os custos para seu controle (SANTOS *et al*, 2006).

Silva *et al* (2003) afirmam que em âmbito global, destacam-se os prejuízos que os incêndios causam à biodiversidade, ao ciclo hidrológico, ao ciclo do carbono na atmosfera e ao ciclo de nutrientes no solo, promovendo seu empobrecimento pela volatilização de alguns elementos. Tais prejuízos reduzem os serviços ambientais que o sistema, mantido em seu padrão atual, poderia proporcionar ao Planeta.

Para Fiedler *et al* (2006), os incêndios em vegetação geram diversos prejuízos econômicos, paisagísticos e ecológicos, podendo ocorrer em unidades de conservação, áreas de preservação, fazendas, margens de estradas, proximidades de aglomerados urbanos e áreas de reflorestamento, dentre outras localidades.

A maior parte dos incêndios tem origem humana, principalmente aqueles provocados intencionalmente, por vingança ou desequilíbrio emocional. Contudo são os fatores climáticos, como seca e velocidade do vento, ou o relevo do local que influenciam a sua propagação e determinam os seus efeitos devastadores. Essa situação vem se agravando em muitos países em consequência do acúmulo de material combustível e, principalmente, devido ao crescimento populacional (SANTOS *et al*, 2006).

De acordo com Sampaio (1991), no Brasil, anualmente com exceção das florestas plantadas por algumas empresas particulares, todos os demais tipos de vegetação estão desprotegidos das catástrofes provocadas pelo fogo.

Sampaio (1999) afirma que a proteção das florestas contra o fogo começa com a prevenção. A melhor maneira de combater um incêndio é evitar que ele ocorra. Considerando que a grande maioria dos incêndios em vegetação é provocada por ação antrópica, eles são, em sua maior parte, teoricamente evitáveis.

2. Justificativa

Para estabelecer políticas de controle e prevenção, faz-se necessário conhecer o perfil dos incêndios. As estatísticas de ocorrência dos incêndios em vegetação são as principais ferramentas para se traçar seu perfil. Com esses dados, pode-se planejar o controle de modo mais eficiente, diminuindo gastos, tempo e riscos em seu combate (SANTOS *et al*, 2006).

Ainda de acordo com os autores, a ocorrência, intensidade e propagação dos incêndios estão fortemente associadas às condições climáticas ou fatores climáticos.

Segundo Sampaio (1999), o clima pode exercer influência sobre os incêndios em vegetação de três formas: primeiro, na distribuição do conteúdo de umidade da vegetação morta, que constitui o principal combustível dos incêndios; segundo, que pode ser sua causa direta, sob a forma de descargas elétricas, sempre que o teor de umidade dos combustíveis for suficientemente baixo para permitir a combustão; terceiro, que pode influir no desenvolvimento desses por meio da instabilidade atmosférica e das mudanças de direção do vento.

Corroborando, Macedo e Sardinha (1985) afirmam que devido à importância dos elementos climáticos e de todos os fenômenos com eles relacionados, que influem direta e indiretamente sobre os incêndios em vegetação, deve-se fazer um estudo suficientemente detalhado do clima, de modo a melhor compreender as suas múltiplas influências sobre os incêndios.

A utilização de informações meteorológicas e climatológicas precisas é, portanto, vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios em vegetação.

3. Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi a análise da influência dos fatores meteorológicos e topográficos sobre as ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana do município de Juiz de Fora – MG.

Como objetivos específicos, têm-se:

- determinar a estação normal do fogo e horários de maior concentração de ocorrências;
- analisar a influência e correlação entre fatores meteorológicos e incêndios;
- comparar a eficiência de índices para a previsão de incêndios;
- avaliar a influência da exposição ao Sol da vertente da ocorrência;
- caracterizar a vegetação da área queimada;
- identificar as áreas de ocorrências de incêndios.

4. Caracterização da área de estudo

O município de Juiz de Fora, apresenta, de acordo com o IBGE (2000), uma população de 456.432 habitantes. Localiza-se no sudeste do Estado de Minas Gerais, estando o centro da cidade nas coordenadas 21° 41' 20" S e 43° 20' 40" W (Figura 1) (PJF, 1996).

A região de localização do município é caracterizada como montanhosa, com altitudes próximas a 1.000 m nos pontos mais elevados, 670 a 750 m no fundo do vale e níveis médios em torno de 800 m. O perímetro urbano do município insere-se totalmente no curso médio do rio Paraibuna, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul (PJF, 1996).

Os padrões de relevo mostram uma forte tendência à orientação estrutural. Suas litologias caracterizam-se por apresentarem coberturas de solos espessos e exposições rochosas, principalmente nas áreas de ocorrência das rochas charnockíticas, ao sul do Município. Em geral, as feições geomorfológicas tendem a uma convexidade das vertentes a partir do topo, aliada à formação de grande número de anfiteatros e planícies intermontanas (mar de morros). O núcleo central da cidade, aproveitando-se desta condição natural, alojou-se na seção alargada do vale do rio Paraibuna, estrangulada por uma barra resistente, à jusante (PJF, 1996).

A cidade, de acordo com Koeppen, possui um clima do tipo Cwb (tropical de altitude), com chuvas concentradas no período de outubro à abril e estação mais seca de maio à setembro (PJF, 1996).

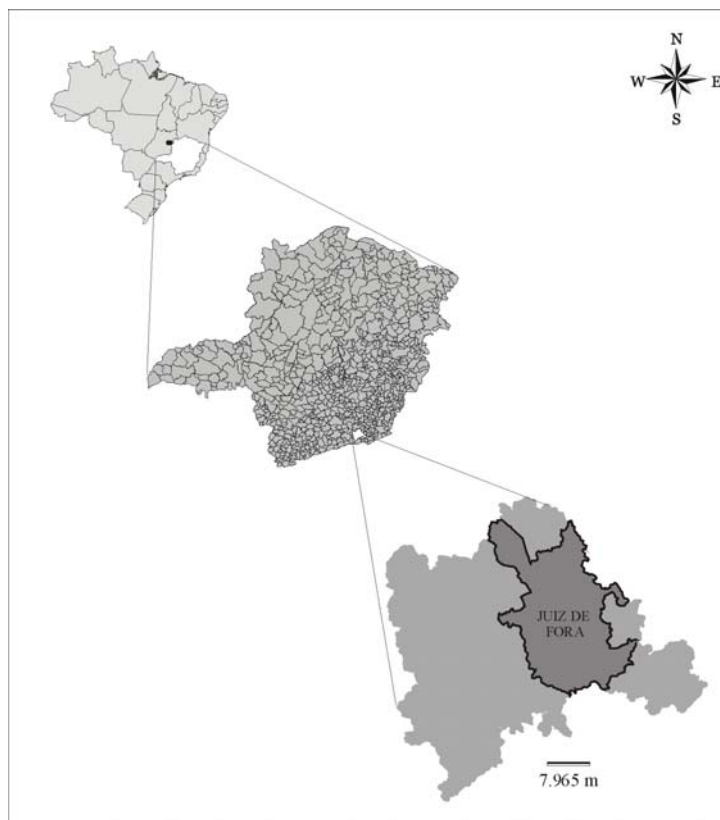


Figura 1 – Localização da área de estudo

Figure 1 – Study area location

O Diagrama Ombrotérmico de Gaussen (Figura 2) representa o comportamento médio das chuvas e das temperaturas em Juiz de Fora, no decorrer do ano, de acordo com os dados coletados pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA) da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Os índices pluviométricos anuais obtidos nas últimas décadas (1973 – 2007), acusaram médias próximas a 1.536 mm e maiores índices mensais no mês de janeiro, com cerca de 298 mm, enquanto que a média térmica anual oscila em torno de 18,9°C. O mês mais quente (fevereiro) possui média próxima a 21,7°C e o mês mais frio (julho), 16,1°C.

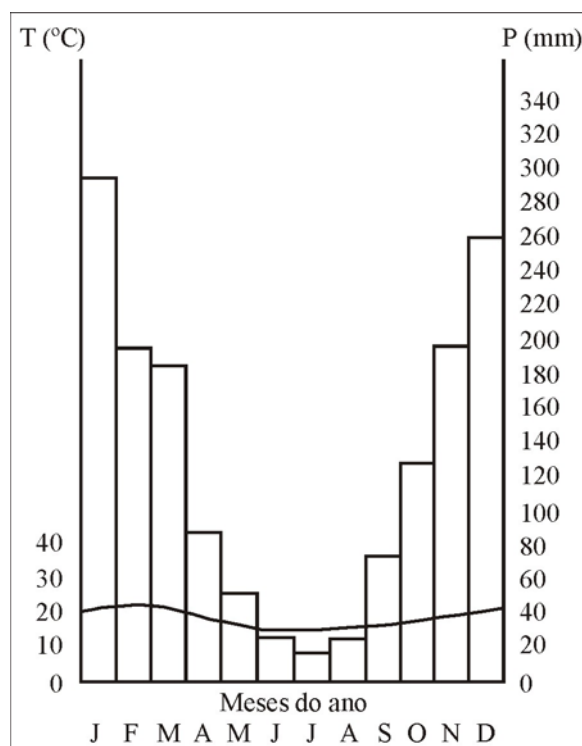


Figura 2 – Diagrama ombrotérmico de Gausson de Juiz de Fora (1973/2007)
 Figure 2 – Gausson's Ombrotérmic diagram of Juiz de Fora (1973/2007)

5. Estruturação da pesquisa

Para a realização deste estudo, foi utilizada uma série temporal abrangendo o período entre 1995 e 2004. Os dados meteorológicos como umidade relativa do ar, temperatura do ar, precipitação, evaporação, insolação, direção e velocidade do vento, foram fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Os dados sobre a data, hora, vegetação e endereço de cada uma das 3.118 ocorrências de incêndios, na área urbana do município, foram fornecidos pelo 4º Batalhão de Bombeiros Militares (4º B.B.M.).

Este estudo está estruturado em capítulos independentes que descrevem algumas análises realizadas com os dados obtidos. No capítulo 1, é definida a Estação Normal do Fogo e o horário de maior concentração de ocorrências de incêndios na cidade de Juiz de Fora. No capítulo 2, é feita uma análise da correlação entre a quantidade de ocorrências diárias e os valores diários de alguns elementos meteorológicos a fim de se analisar a influência destes elementos sobre

as ocorrências. No capítulo 3, é avaliada a eficiência de alguns índices de previsão de incêndios, é determinado também qual o melhor horário de coleta dos dados, utilizados nestes índices, para a cidade. O capítulo 4, analisa a influência da exposição da vertente da ocorrência ao Sol e a influência da direção dos ventos nos incêndios sobre estas vertentes. A caracterização das áreas das ocorrências é feita no capítulo 5, onde são também analisados os níveis de risco a incêndios de cada bairro da cidade. No final do trabalho, são apresentadas as conclusões gerais do estudo.

Capítulo 1

Definição da estação normal do fogo e horário de maior concentração de ocorrências na cidade de Juiz de Fora, MG.

1.1. Introdução

O conhecimento do perfil dos incêndios em vegetação é importante para o planejamento e controle dos mesmos. De acordo com Pezzopane *et al* (2001), as preocupações com incêndios são constantes nos meses de inverno e primavera, devidas, principalmente, aos baixos índices pluviométricos. Contudo, como as condições climáticas variam de acordo com a região e sazonalidade, este período pode ser diferente em função da localização da área de estudo.

Segundo Sampaio (1991), a estação normal do fogo corresponde à época do ano em que os fatores climatológicos, principalmente a baixa precipitação e umidade relativa do ar, favorecem o aparecimento de grande número de focos de incêndios em vegetação.

A determinação do período mais propício aos incêndios em vegetação pode se constituir em uma importante ferramenta para a diminuição de prejuízos, riscos e custos em seu combate, visto que, permite ações de caráter preventivo pelas entidades responsáveis. Além do mais, o conhecimento do período de maior concentração das ocorrências desonera o trabalho de levantamento dos dados, aumenta sua eficiência, e a caracterização do perfil dos incêndios torna-se mais real.

O objetivo deste capítulo é a determinação da época do ano e horário que concentram o maior número de ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana do município de Juiz de Fora.

1.2. Metodologia

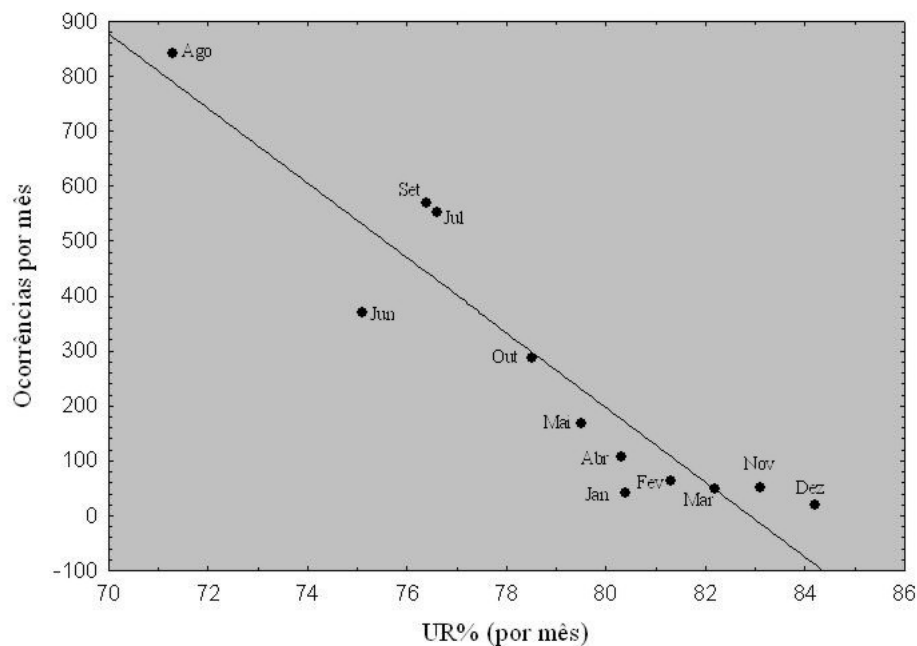
A estação normal do fogo foi determinada em duas etapas: a) análise entre a distribuição mensal das ocorrências, totais mensais de precipitação, evaporação e insolação e média mensal da umidade relativa do ar, determinando-se qual elemento climático melhor se relacionou com a quantidade mensal de ocorrências, utilizando-se o coeficiente de correlação linear de Pearson (r). b) análise do elemento climático mais correlacionado com as ocorrências e o total de incêndios mensais, estabelecendo-se a estação normal do fogo. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* Statistica 7 (StatSoft).

O horário de maior concentração de ocorrências foi definido agrupando-se os incêndios por hora do evento e determinando-se qual horário concentrou o maior número de ocorrências.

1.3. Resultados e discussão

1.3.1. Definição da Estação Normal do Fogo

Os incêndios em vegetação apresentaram alta correlação negativa com a umidade relativa do ar (Figura 3). Este é um fato esperado, uma vez que, esta variável está intimamente relacionada com a umidade do material combustível. De acordo com Nunes (2005), a umidade atmosférica é um elemento decisivo nos incêndios em vegetação, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, onde há uma troca constante de umidade entre a atmosfera e a matéria orgânica. O material seco absorve água de uma atmosfera úmida e a libera quando o ar está seco. A quantidade de umidade que o material morto pode absorver e reter do ar depende, basicamente, da umidade relativa do ar. Durante períodos extremamente secos, a baixa umidade pode, inclusive, afetar o conteúdo de umidade do material vivo.



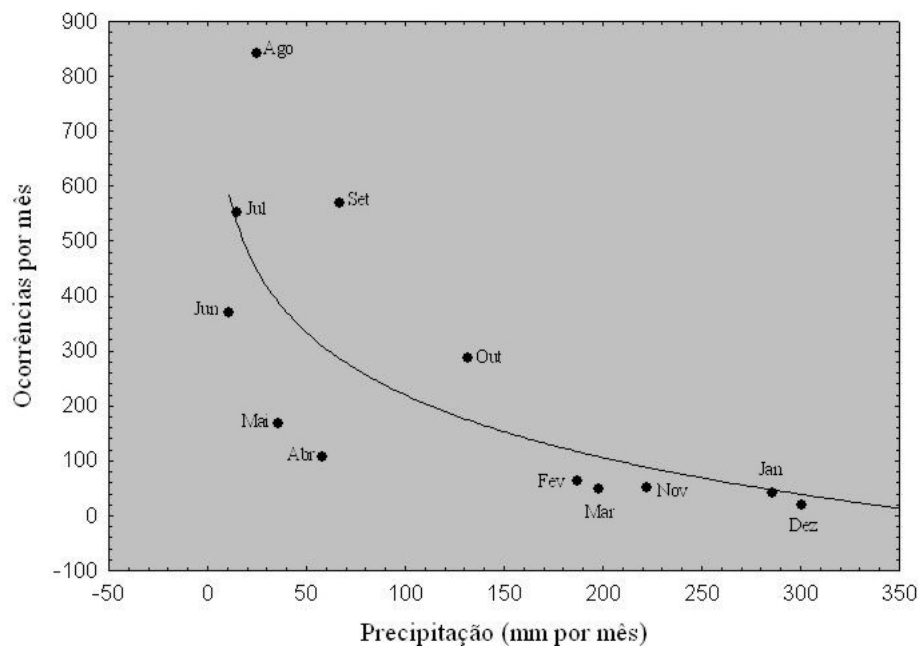
$$r^2 = 0.8710; r = -0.9333; p = 0.000009; \text{Ocorrências} = 5640.0547 - 68.0395 * \%UR$$

Figura 3 – Número total de ocorrências em cada mês em função da média mensal da umidade relativa do ar

Figure 3 – Total number of occurrences in every month in function of the monthly average of the relative humidity of the air

A correlação negativa entre a precipitação e o número de ocorrências (Figura 4), mostra que a quantidade de chuva afeta diretamente o número de incêndios em vegetação. Segundo Nunes (2005), apesar de ser um fator limitante tanto na ignição quanto na propagação do fogo, o efeito da precipitação muitas vezes é subestimado, talvez pela grande evidência de sua influência sobre os incêndios.

De acordo com Soares (1985), a ocorrência dos incêndios está associada aos períodos sem chuva. Longos períodos de estiagem afetam o potencial de propagação dos incêndios de diversas maneiras, principalmente pela secagem progressiva do material combustível morto, podendo inclusive afetar o teor de umidade da vegetação verde. Isto aumenta a probabilidade de ignição e a facilidade de propagação do incêndio. Para o ajuste da curva, o modelo logarítmico foi o que melhor se adequou, o mesmo não acontecendo com os outros elementos em que o modelo linear se mostrou mais eficiente.

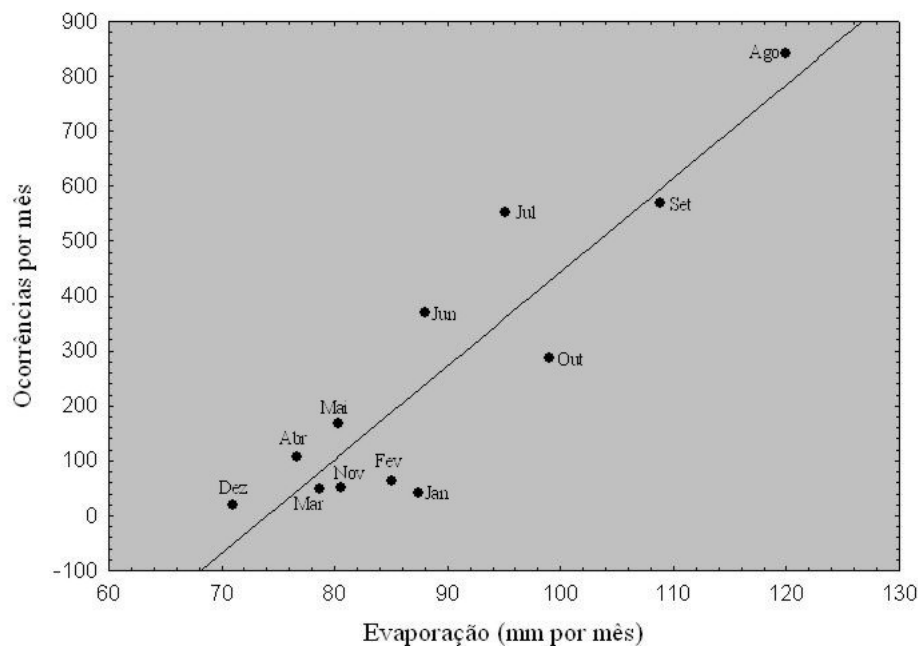


$$r = -0.7177; p = 0.0086; \text{Ocorrências} = 977.2439 - 378.7207 * \log_{10}(\text{Precipitação})$$

Figura 4 – Número total de ocorrências em cada mês em função do total de precipitação mensal

Figure 4 – Total number of occurrences in every month in function of the total of monthly precipitation

A Figura 5, mostra a correlação positiva entre a evaporação e as ocorrências de incêndios em vegetação. De acordo com a mesma, os meses de maior evaporação coincidem com os de maior número de ocorrências. A evaporação influi no grau de secagem do combustível, já que a mesma significa a perda de umidade pelo vegetal. Quanto maior for a evaporação, maior e mais rápida será a secagem do material, consequentemente, maior o perigo de fogo.

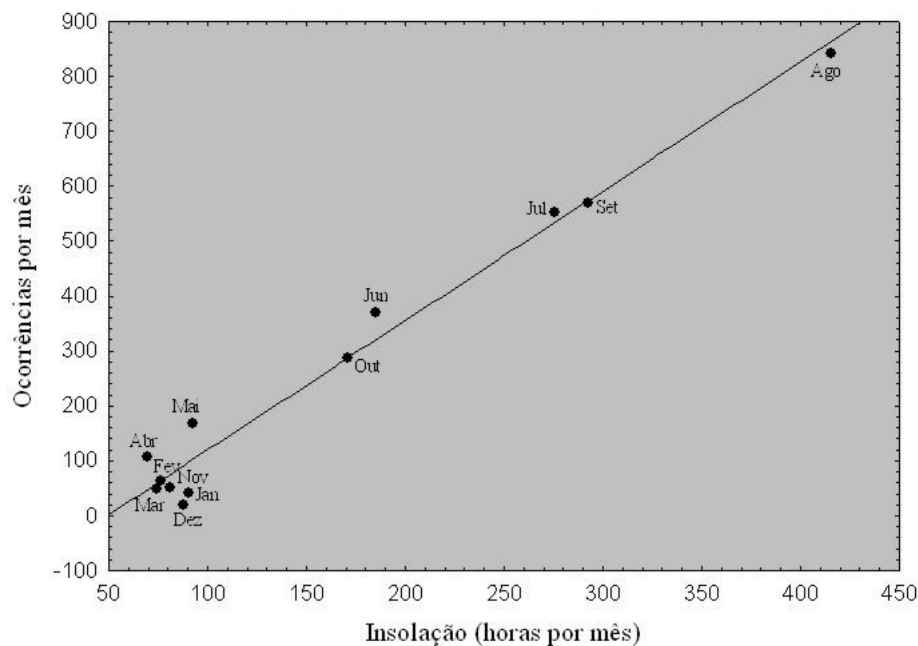


$$r^2 = 0.8168; r = 0.9038; p = 0.00006; \text{Ocorrências} = -1264.0464 + 17.08 * \text{Evaporação}$$

Figura 5 – Número total de ocorrências em cada mês em função do total de evaporação mensal

Figure 5 – Total number of occurrences in every month in function of the total of monthly evaporation

Analisando-se a correlação entre a insolação, ou a quantidade de horas de brilho solar, e as ocorrências de incêndios (Figura 6), observa-se que quanto maior a exposição ao Sol, maior a quantidade de ocorrências. A intensidade da insolação está intimamente relacionada à umidade do ar, visto que o ar quando mais seco menor a quantidade de nuvens formadas, o que aumenta a incidência dos raios solares. Esse fato desencadeia outro processo de transferência de umidade no sistema. O fluxo de umidade ocorre sempre no sentido do sistema de maior umidade para o sistema de menor umidade. A insolação está ligada também à radiação do Sol: quanto maior o tempo exposto à luz solar, maior o tempo de exposição à sua radiação. De acordo com Couto e Cândido (1980), a exposição do combustível à insolação provoca ainda a evaporação, acelerando sua secagem.



$$r^2 = 0.9744; r = 0.9871; p = 0.000000003; \text{Ocorrências} = -115.8371 + 2.3572 * \text{Insolação}$$

Figura 6 – Número total de ocorrências em cada mês em função do total de insolação mensal

Figure 6 – Total number of occurrences in every month in function of the total of monthly heatstroke

Ao se analisar os coeficientes (Quadro 1), observa-se uma alta correlação entre o total mensal de insolação, evaporação e média mensal de UR e média correlação do total mensal da precipitação com o número de ocorrências mensais. Sendo que o total mensal de insolação obteve a maior correlação ($r = 0.9871$).

Os valores de “r” quando negativos significam que quanto menor o valor do elemento climático, maiores serão as chances de ocorrências, por outro lado se o valor de “r” for positivo, quanto maior o índice do elemento climático, maior a probabilidade de ocorrências de incêndios.

Observa-se, ainda, o tempo de resposta do ambiente em relação às mudanças dos valores dos elementos climáticos, onde o valor de “r” mais baixo apresentado pela precipitação, em relação aos outros elementos, pode ser explicado de acordo Sampaio (1991). O autor observou que o período de maior ocorrência de incêndios começa dois meses após o início do período de escassez de chuva e termina também dois meses após o final deste período, concluindo que, uma

redução da precipitação, não corresponde a um aumento imediato na ocorrência de incêndios em vegetação, pois o solo e o material combustível continuam úmidos por algum tempo. Um aumento na precipitação também não corresponde à uma redução imediata na ocorrência de incêndios, pois estando o solo e o material combustível com baixo teor de umidade, as precipitações serão absorvidas até o ponto em que o material combustível não entre mais em ignição.

Por outro lado, observa-se na Figura 6, que para a insolação este tempo de resposta é menor. A partir do aumento da insolação do mês de Maio para o mês de Junho, de 92 para 185 horas de brilho solar (total por mês), houve um aumento simultâneo de 167 para 371 ocorrências, enquanto que a queda de 171 horas nos meses de Outubro até 81 horas nos meses de Novembro, representou uma diminuição de 286 para 50 ocorrências.

Quadro 1 – Correlação linear de Pearson (r) entre o total de ocorrências de incêndios mensais e elementos meteorológicos mensais.

Table 1 – Lineal correlation of Pearson (r) between the total of occurrences of monthly fires and monthly meteorological elements.

Fatores	r*
UR	-0.9276
Evaporação	0.9037
Insolação	0.9871
Precipitação	-0.7177

* Coeficiente de Correlação de Pearson com nível de significância de 5%

Devido ao maior índice de correlação entre a insolação e as ocorrências e sua relação com os demais elementos climáticos, a estação normal do fogo foi definida em sua função (Figura 7).

De acordo com dados, os meses de Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro apresentaram maior quantidade de ocorrências e maiores valores de insolação definindo este período como a estação normal do fogo para o município de Juiz de Fora.

Os picos de ocorrências de incêndios em agosto e setembro coincidem com os picos de produção de serapilheira em florestas estacionais semidecíduais (MARTINS e RODRIGUES, 1999), com isso além do acúmulo de material

combustível no solo, há uma aceleração do processo de secagem deste material com a abertura do dossel, provocado pela queda da folhagem, que favorece a penetração da luz solar.

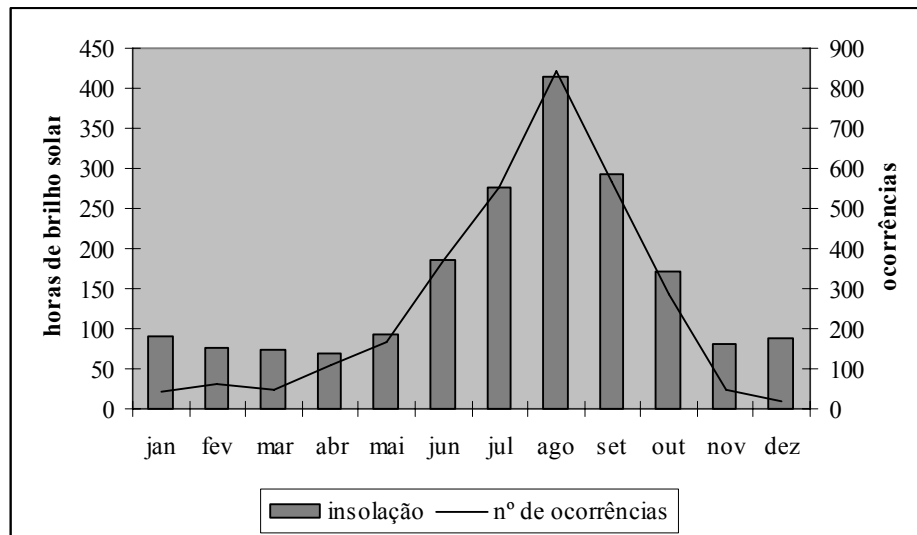


Figura 7 – Relação entre o número de ocorrências e a insolação
Figure 7 – Relationship between the number of occurrences and the heatstroke

1.3.2. Definição do horário de maior número de ocorrências

Com relação à distribuição das ocorrências de acordo com a hora do dia, a Figura 8 mostra a quantidade de incêndios por período.

Dentre as informações sobre os aspectos ligados à influência dos vetores climáticos, que são conhecidas através dos levantamentos estatísticos, pode-se observar também que os incêndios têm seu pico de intensidade nos horários compreendidos entre as 12h e 16h (radiação solar mais direta e intensa) (Figura 8).

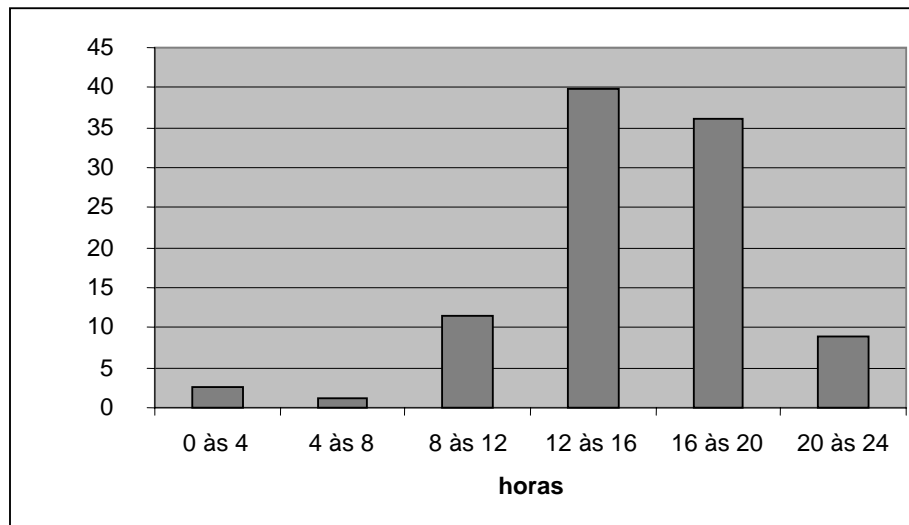


Figura 8 – Porcentagens de ocorrências por hora do dia
 Figure 8 – Percentages of occurrences for hour of the day

A radiação solar tende a aumentar a temperatura ambiente, com isso há um decréscimo na umidade relativa do ar, visto que, pelas leis da termodinâmica, um corpo ao adquirir calor, tende a se expandir; com o ar não é diferente, com o ganho de calor, ele se expande e, com isso, abre espaço para uma maior quantidade de umidade. Como a umidade relativa do ar é a relação entre a concentração de umidade contida no ar e o total que o ar comporta, os valores relativos diminuem em função do aumento da temperatura.

O cenário climático do período de maior ganho energético (12:00 às 16:00 h), implica em uma maior insolação, maior temperatura e menor umidade relativa do ar, favorecendo as ocorrências de incêndios.

Por outro lado, a temperatura mínima do dia é alcançada instantes antes do primeiro raio solar, o que dependendo da época do ano ocorre por volta das 06:00 horas, implicando em uma maior umidade relativa do ar, resultando em um número mínimo de ocorrências neste período.

Analisando-se somente os dois períodos que concentraram o maior número de ocorrências (Figura 9), observa-se um crescimento do número de incêndios atingindo o pico entre 15:00 e 16:00 horas, onde após este horário há um decréscimo da quantidade de ocorrências. Esta queda parece estar relacionada à diminuição da temperatura propiciando um aumento na umidade relativa do ar.

A desaceleração da queda do número de ocorrências entre 17:00 e 19:00 h pode ser em função do aumento do fluxo de carros e pessoas do final do expediente comercial, aumentando a quantidade de pontas de cigarros jogadas por motoristas e pedestres, o que de acordo com Soares e Santos (2003), Vosgerau *et al* (2006) e Jacobi (2007) aumenta o número de incêndios em áreas próximas à estes fluxos. Vosgerau *et al* (2006), afirmam inclusive que 72% das causas registradas de incêndios em vegetação no Paraná de 1991 a 2001, foram os fumantes.

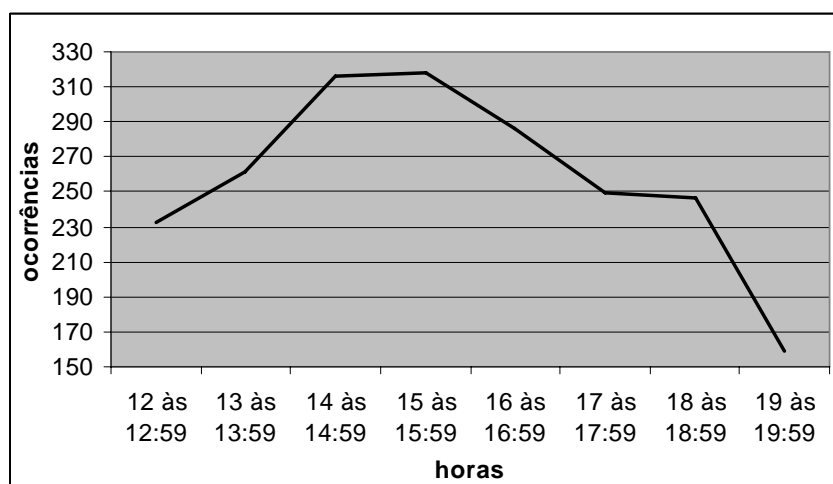


Figura 9 – Ocorrências por hora no período de maior concentração de incêndios.
 Figure 9 – Occurrences per hour in the period of larger concentration of fires

1.4. Conclusões

- o número total de ocorrências de incêndios mensais tem maior correlação com o total mensal de insolação (horas de brilho solar) do que com os outros elementos, apesar da alta correlação com a Umidade Relativa do Ar e Evaporação;
- definiu-se como a estação normal do fogo para o município de Juiz de Fora os meses de Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro, sendo o mês de agosto o de maior risco;
- variáveis meteorológicas como a insolação e a evaporação, não usualmente empregadas em estudos de prevenção contra incêndios em vegetação,

apresentaram alta correlação com as ocorrências, indicando que as mesmas deveriam ser mais utilizadas em trabalhos dessa natureza;

- o período de 10:00 às 20:00 horas, foi o que concentrou o maior número de ocorrências, tendo seu pico entre 15:00 e 16:00.

Capítulo 2

Correlação entre elementos meteorológicos e ocorrências de incêndios em vegetação na cidade de Juiz de Fora, MG

2.1. Introdução

Segundo Nunes (2005), existem dois tipos de fatores determinantes do grau de perigo de incêndio: os fatores constantes, tais como o tipo de material combustível, tipo de floresta e o relevo, e os fatores variáveis, entre os quais a umidade do material combustível e as condições climáticas como a velocidade e a direção do vento, a umidade relativa, a temperatura, o ponto de orvalho, a precipitação e a instabilidade atmosférica.

Nunes *et al* (2006), afirmam que a ocorrência e propagação dos incêndios em vegetação estão fortemente associadas às condições climáticas ou fatores climáticos. A intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança estão diretamente ligadas à umidade relativa, temperatura do ar e precipitação.

A possibilidade de ocorrência, bem como, a frequência dos incêndios em vegetação estão relacionadas às condições atmosféricas locais conforme discutido por Soares (1984). Dessa forma, o conhecimento das variáveis meteorológicas é um passo importante para a elaboração de programas de prevenção e de combate aos incêndios em vegetação. A partir da análise climática, é possível determinar os períodos de maior probabilidade de ocorrências, facilitando a adoção de medidas de prevenção, a estimativa da logística para o combate e a estimativa de danos causados pelo fogo ao ambiente.

O objetivo deste capítulo vem a ser a determinação dos elementos climáticos que mais se relacionam com os incêndios, bem como, o comportamento acumulativo dos mesmos em relação à quantidade de ocorrências diárias.

2.2. Metodologia

Para a realização deste estudo foram utilizados os dados das ocorrências de incêndios em vegetação e os valores referentes aos elementos meteorológicos umidade relativa do ar média (UR média), umidade relativa do ar das 13:00 e das 15:00 horas (UR₁₃ e UR₁₅), velocidade do vento (vento m/s), precipitação, evaporação, insolação, temperatura do ar média (T° C média) e temperaturas do ar medidas às 13:00 e às 15:00 horas (T° C₁₃ e T° C₁₅).

A partir das variáveis disponíveis foram construídas as seguintes variáveis:

- média da umidade relativa do ar de dias anteriores a cada dia da série, nas seguintes situações: véspera (UR média1), de dois dias (UR média2), três dias (UR média3), quatro dias (UR média4), cinco dias (UR média5) e de dez dias (UR média10);

- precipitação total diária de dias anteriores a cada dia da série, nas seguintes situações: da véspera (Precipitação1), de dois dias (Precipitação2), três dias (Precipitação3), quatro dias (Precipitação4), cinco dias (Precipitação5) e de dez dias (Precipitação10);

- diferença entre a precipitação e a evaporação do dia (P-EVAP) e de dias anteriores a cada dia da série, nas seguintes situações: da véspera (P-EVAP1), de dois dias (P-EVAP2), três dias (P-EVAP3), quatro dias (P-EVAP4), cinco dias (P-EVAP5) e de dez dias (P-EVAP10);

- evaporação total diária de dias anteriores a cada dia da série, nas seguintes situações: da véspera (Evaporação1), de dois dias (Evaporação2), três dias (Evaporação3), quatro dias (Evaporação4), cinco dias (Evaporação5) e de dez dias (Evaporação10);

- insolação total diária de dias anteriores a cada dia da série, nas seguintes situações: da véspera (Insolação1), de dois dias (Insolação2), três dias (Insolação3), quatro dias (Insolação4), cinco dias (Insolação5) e de dez dias (Insolação10);

- temperatura do ponto de orvalho de cada dia da série

Em condições normais, a temperatura do ponto de orvalho, é uma temperatura crítica entre o estado de vapor e a condensação d'água na atmosfera,

ou seja, acima dela, a água mantém-se na forma de vapor e abaixo dela, passa gradativamente à fase líquida. É determinada pela equação:

$$P.O. = \sqrt[8]{\frac{UR}{100}} * [112 + (0,9 * T)] + (0,1 * T) - 112$$

sendo:

P.O. = temperatura do ponto de orvalho;
 UR = umidade relativa do ar em %
 T = temperatura do ar em °C;

- pressão real de vapor de cada dia da série

A pressão de vapor da água é a componente da pressão total contribuída pelo vapor de água. É determinada pela equação:

$$e = E' - C Pz (T - T')$$

sendo:

e = pressão real de vapor, em mmHg;
 E' = pressão máxima de vapor d'água para a temperatura T';
 C = constante psicrométrica: C=0,0008 sem ventilação forçada; C=0,0006 com ventilação;
 Pz = pressão atmosférica em mmHg;
 T = temperatura do ar (bulbo seco) em °C;
 T' = temperatura do bulbo úmido em °C.

- pressão de saturação de cada dia da série

Pressão de saturação de vapor é a pressão parcial de vapor d'água na condição de saturação. É definida pela equação:

$$E_T = 4,58 \times 10^{(7,5T/237,3 + T)}$$

sendo:

E_T = pressão máxima de vapor d'água na temperatura T, em mmHg;
 T = temperatura do ar em °C.

- déficit de saturação de cada dia da série

O déficit de saturação do ar é igual a diferença entre a pressão máxima de vapor d'água e a pressão real de vapor d'água, podendo ser calculado através da seguinte expressão:

$$d = E(1-H/100)$$

sendo:

d = déficit de saturação do ar em milibares

E = pressão máxima de vapor d'água em milibares

H = umidade relativa do ar em %

Para analisar a correlação entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios em vegetação foi determinado o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r) através do *software* Statistica 7 (StatSoft) para cada um em relação ao número de ocorrências de cada dia da série.

2.3. Resultados e discussão

Observa-se, no Quadro 2, que a correlação entre a variável resposta e suas preditoras para os dados diários é fraca. A variável explicativa que mais se correlaciona com o número de ocorrências é a umidade relativa medida às 15:00 horas (UR₁₅), onde se obteve uma correlação $r = -0,4843$, seguida por UR₁₃, UR média, déficit de saturação, UR média1, UR média2, UR média3, evaporação, UR média 4, UR média 5, Insolação, temperatura do ponto de orvalho, evaporação2, pressão real, evaporação3, evaporação4, insolação 4, insolação5, insolação10, UR média10, evaporação5, insolação3, insolação2, evaporação 1, evaporação10, precipitação10 e insolação1, sendo que para todas as outras variáveis testadas a correlação foi inferior a 0,3.

Os resultados foram similares aos encontrados por Soares e Paez (1972) para a região centro paranaense, que encontraram correlações importantes, sobretudo entre a umidade relativa e o déficit de saturação e baixa correlação para a temperatura do ar.

O único elemento que apresentou correlação não significativa foi a velocidade do vento, isto pode ser explicado pelo período de maior movimentação vertical e horizontal do ar que se concentra no verão, estação de menor número de incêndios, por outro lado o inverno, caracterizado por menores velocidades do vento, apresenta maior concentração de ocorrências. O mesmo acontece com os coeficientes mais baixos das temperaturas (média, das 13:00 e das 15:00 horas), a variação sazonal das mesmas tende a mascarar sua relação com o fenômeno.

Os resultados não implicam em uma insignificância da velocidade do vento ou da temperatura sobre os incêndios e sim que para se analisar sua influência deve-se buscar métodos mais adequados de análise.

De acordo com os resultados, os dados quando medidos à 15:00 horas (UR_{15} e $T^{\circ}C_{15}$) têm maior coeficiente de correlação do que os valores médios (UR média e $T^{\circ}C$ média) e os mensurados às 13:00 horas (UR_{13} e $T^{\circ}C_{13}$). Podendo ser explicado pelo horário em que é observado o maior valor da temperatura diária na cidade que ocorre por volta das 15:00 horas, obtendo com isso o menor valor diário da umidade relativa do ar neste horário, de acordo com os dados obtidos. Este fato é responsável pelo maior número de ocorrências durante o período entre 14:00 e 16:00 horas observados no capítulo 1. O mesmo resultado não foi compartilhado por Jacobi (2007) que em estudo sobre as ocorrências de incêndios em vegetação em Santa Maria (RS) encontrou um coeficiente maior para a UR média (-0,41) em comparação com a da UR_{15} (-0,32), mostrando variações no comportamento dos incêndios de acordo com a localização da área estudada.

Os dados apontam, ainda, para a importância da influência dos elementos meteorológicos sobre a umidade do material combustível. De acordo com Nunes *et al* (2005), a umidade do material combustível expressa a porcentagem de água que ele contém, em relação ao seu peso seco. A primeira influência da umidade na combustão do material florestal é a necessidade da grande quantidade de energia requerida para transformar em vapor a água existente no combustível. Isso representa uma redução na quantidade de calor disponível para a combustão propriamente dita. A UR , déficit de saturação, evaporação e insolação atuam diretamente sobre a quantidade de umidade no combustível e estão entre os maiores índices de correlação.

Quadro 2 – Correlação linear de Pearson (r) entre o número de ocorrências de incêndios e elementos meteorológicos diários.

Table 2 – Lineal correlation of Pearson (r) between the number of occurrences of daily fires and meteorological elements.

Elementos	r*	Elementos	r*
UR ₁₅	-0.4843	Déficit de Saturação	0.4446
UR ₁₃	-0.4732	Evaporação	0.4056
UR média	-0.4671	Insolação	0.3578
UR média1	-0.4324	Evaporação2	0.3555
UR média2	-0.4231	Evaporação3	0.3527
UR média3	-0.4131	Evaporação4	0.3452
UR média4	-0.4034	Insolação4	0.3451
UR média5	-0.392	Insolação5	0.3446
Ponto de Orvalho	-0.3567	Insolação10	0.3429
Pressão Real	-0.3554	Evaporação5	0.341
UR média10	-0.3417	Insolação3	0.3404
Precipitação10	-0.3049	Insolação2	0.3288
P-EVAP10	-0.2936	Evaporação1	0.3216
Precipitação5	-0.2821	Evaporação10	0.3148
Precipitação4	-0.2743	Insolação1	0.3038
Precipitação3	-0.2598	T°C ₁₅	0.1829
Precipitação2	-0.2397	Pressão de Saturação	0.1814
P-EVAP5	-0.2115	T°C ₁₃	0.1326
P-EVAP4	-0.201	T°C média	0.0432
Precipitação	-0.1999		
P-EVAP3	-0.1934		
Precipitação1	-0.1913		
P-EVAP2	-0.174		
P-EVAP1	-0.1411		
P-EVAP	-0.1291		
Vento m/s	-0.0115**		

* Coeficiente de Correlação de Pearson com nível de significância de 5%

** não significativo

Observa-se também, que os dados de precipitação e P-EVAP tem maior correlação quando acumulados enquanto que UR, evaporação e insolação são mais eficientes quando analisados no dia da ocorrência.

Esta maior correlação dos dados quando acumulados está relacionada ao tempo de resposta do ambiente às condições atmosféricas, os valores da precipitação, como observado no capítulo 1, não interferem imediatamente na probabilidade de ocorrências de incêndios, sendo necessário um intervalo maior de tempo para a observação de sua influência.

De acordo com o Quadro 3, observa-se que a quantidade de ocorrências está intimamente relacionada à quantidade de precipitação no dia da ocorrência, sendo que 97% dos incêndios ocorreram em dias com precipitação menor que 3 mm. Contudo, a porcentagem de dias com ocorrências melhor se relaciona com o acúmulo da precipitação, onde em 79% dos dias sem chuva nos 5 dias anteriores ocorreram incêndios.

Quadro 3 – Porcentagem de ocorrências e de dias com ocorrências de acordo com a quantidade e o acúmulo de precipitação

Table 3 – Percentage of occurrences and of days with occurrences in agreement with the amount and the precipitation accumulation

Precipitação	< 3 mm		< 2 mm		< 1 mm		0 mm	
	ocor	dias	ocor	dias	ocor	dias	ocor	dias
Acumulada no dia	97%	52%	97%	53%	95%	56%	93%	57%
Acumulada na véspera	93%	56%	93%	59%	90%	63%	87%	65%
Acumulada em 2 dias	90%	62%	90%	64%	86%	69%	81%	71%
Acumulada em 3 dias	85%	66%	84%	68%	80%	72%	74%	74%
Acumulada em 4 dias	81%	69%	80%	71%	75%	75%	68%	77%
Acumulada em 5 dias	77%	72%	76%	74%	68%	78%	61%	79%
Acumulada em 10 dias	60%	73%	59%	76%	44%	75%	37%	77%

Nos 52% dos dias com precipitação menor que 3 mm (Quadro 3) que concentram 97% do total de ocorrências, há uma diferença entre outros elementos climáticos em relação aos 48% destes dias sem ocorrências. De acordo com o Quadro 4, observa-se que apesar do mesmo índice de precipitação, a temperatura das 15:00 horas foi 1°C superior, a evaporação foi 1 mm maior, a insolação foi 2 horas a mais e a umidade relativa do ar das 15:00 horas foi 12% menor nos dias em que houveram incêndios comparados com os dias de mesma precipitação sem ocorrências observadas. A quantidade de ocorrências no dia parece também estar relacionada à estes elementos, quanto maior o número de ocorrências no dia, maior a temperatura, evaporação e insolação e menor umidade relativa do ar das 15:00 horas no dia das ocorrências, onde nos dias em que houveram mais de 4 incêndios, a temperatura foi maior em 2°C, a evaporação em 2 mm, a insolação

diária em 3 horas e a umidade relativa do ar das 15:00 horas menor em 19% em comparação com os dias sem ocorrências observadas.

Quadro 4 – Comparação dos valores dos elementos climáticos de acordo com a quantidade de ocorrências em dias com precipitação acumulada menor que 3mm
Table 4 – Comparison of the values of the climatic elements in agreement with the amount of occurrences in days with smaller precipitation than 3mm

Dias com precipitação < 3 mm	Média			
	T° C ₁₅	Evaporação	Insolação	UR% ₁₅
Dias sem ocorrências	23	3	5	69
Dias com ocorrências	24	4	7	57
Dias com 1 ocorrência	23	3	6	62
Dias com 2 ocorrências	24	4	7	59
Dias com 3 ocorrências	25	4	8	55
Dias com mais de 4 ocorrências	25	5	8	50

Uma comparação similar pode ser feita no período de maior porcentagem de dias com ocorrências. Como já observado no Quadro 3, em 79% dos dias sem precipitação acumulada nos 5 dias anteriores foi observada pelo menos uma ocorrência. Nos 21% restantes destes dias (em que não foram observados incêndios), de acordo com o Quadro 5 a temperatura das 15:00 horas foi 1°C menor, a evaporação 0,7 mm menor, a insolação 1,7 horas menor e a umidade relativa do ar 7,6% maior em relação aos dias com incêndios observados. A quantidade de ocorrências no dia também se relaciona com estes outros elementos climáticos, a temperatura foi 1,9°C maior, a evaporação foi 1,6 mm maior, a insolação 2,7 horas maior e a umidade relativa do ar 10,4% menor nos dias com mais de 4 incêndios observados em relação aos dias sem ocorrências.

Quadro 5 – Comparação dos valores dos elementos climáticos de acordo com a quantidade de ocorrências em dias sem chuva acumulada nos 5 dias anteriores
Table 5 – Comparison of the values of the climatic elements in agreement with the amount of occurrences in days without accumulated rain in the 5 previous days

Sem chuva acumulada nos últimos 5 dias	Média			
	T° C ₁₅	Evaporação	Insolação	UR% ₁₅
Dias sem ocorrências	23.1	3.4	5.3	64.4
Dias com ocorrências	24.1	4.1	7	56.8
Dias com 1 ocorrência	23	4	6	63
Dias com 2 ocorrências	23	4	7	60
Dias com 3 ocorrências	25	4	8	54
Dias com mais de 4 ocorrências	25	5	8	50

Quadro 6 – Número de ocorrências, porcentagem de dias com ocorrências e número de ocorrências por dia de acordo com a umidade relativa do ar das 15:00 horas

Table 6 – Number of occurrences, percentage of days with occurrences and number of occurrences a day in agreement with the relative humidity of the air of 15:00 o'clock

UR	Ocorrências	% de dias com ocorrências	Ocorrências/dia
>90%	< 1%	4%	0.1
>80%	3%	9%	0.22
>70%	8%	14%	0.27
<70%	91%	57%	1.7
<60%	68%	70%	2.4
<50%	38%	80%	3.8
<40%	17%	89%	5.8
<36%	12%	100%	6.4

Quanto à umidade relativa do ar das 15:00 horas, de acordo com o Quadro 6, em todos os dias em que a mesma foi inferior à 36% ocorreram incêndios, neste período a média de ocorrências por dia foi de 6.4 concentrando 12% de todas as ocorrências. A maior parte das ocorrências (91%) ocorreu quando a umidade foi inferior à 70%, 57% destes dias apresentaram pelo menos uma ocorrência com média de 1.7 ocorrências ao dia. Por outro lado, acima de 70% de umidade a

média de ocorrências por dia foi de 0.27, apresentando 14% de dias com ocorrência e concentrando apenas 8% do total de ocorrências.

O Quadro 7 apresenta a relação do acúmulo da diferença entre a precipitação e a evaporação e a quantidade das ocorrências bem como a porcentagem de dias com ocorrências. De acordo com os resultados 96% das ocorrências foram observadas em dias em que a evaporação foi maior que a precipitação, 54% dos dias nestas condições apresentaram pelo menos 1 incêndio. Por outro lado quando P-EVAP acumulada em 10 dias anteriores foi negativo (evaporação > precipitação) 64% dos dias apresentaram pelo menos 1 ocorrência concentrando 83% de todas as ocorrências neste período.

Quadro 7 – Porcentagem de ocorrências e de dias com ocorrências de acordo com a diferença entre precipitação e evaporação (P-EVAP) negativa acumulada

Table 7 – Percentage of occurrences and of days with occurrences in agreement with the difference between precipitation and evaporation (P-EVAP) accumulated negative

P-EVAP	Negativo	
	Ocorrências	dias
Acumulada no dia	96%	54%
Acumulada na véspera	95%	57%
Acumulada em 2 dias	93%	58%
Acumulada em 3 dias	91%	60%
Acumulada em 4 dias	89%	60%
Acumulada em 5 dias	88%	61%
Acumulada em 10 dias	83%	64%

2.4. Conclusões

De acordo com os resultados pode-se concluir que:

- a umidade relativa do ar diária foi o elemento meteorológico que melhor se correlacionou com a quantidade diária de ocorrências de incêndios em vegetação no município de Juiz de Fora;

- a temperatura e a umidade medidas às 15:00 horas melhor se correlacionam com o número de incêndios do que valores médios diários e os medidos às 13:00 horas;

- a quantidade de ocorrências em dias com precipitação inferior à 3 mm ou que não apresentou chuvas nos últimos 5 dias aumentou à medida em que houve um aumento da temperatura, da insolação e da evaporação e diminuição da umidade relativa do ar;

- 96% dos incêndios ocorreram em dias em que a evaporação foi maior que a precipitação e a medida em que se aumentou o número de dias sem precipitação, maior foi o percentual de dias com pelo menos uma ocorrência;

- os baixos índices de correlação entre as ocorrências de incêndios e os elementos meteorológicos indicaram a necessidade de incorporar mais de uma variável nos modelos preditivos, principalmente em se tratando de ambiente urbano que apresenta uma dinâmica de microclima diferente de ambientes rurais.

- a influência da velocidade do vento e da temperatura sobre as ocorrências não se mostraram eficazes isoladamente através da correlação linear, sugerindo a necessidade de estudos mais detalhados por meio da combinação de uma ou mais variáveis.

Capítulo 3

Eficiência de índices de predição de incêndios em vegetação para a cidade de Juiz de Fora, MG

3.1. Introdução

As condições climáticas e incêndios em vegetação mantêm uma estreita relação, desde a probabilidade de ocorrências do fogo, oriundas das condições atmosféricas reinantes em um dado período de tempo, até a manutenção e propagação do mesmo. Os elementos climáticos mais importantes, para a avaliação de seu comportamento, são: a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a precipitação e o regime eólico (SAMPAIO, 1991).

Por entender-se que a associação de vários fatores tem mais relação com as ocorrências de incêndios do que um fator isolado, observado no capítulo 2, além do caráter acumulativo das influências dos mesmos, analisou-se neste capítulo os índices de perigo de incêndios encontrados na literatura (SAMPAIO, 1991 e NUNES, 2005).

De acordo com Carapiá (2006), as primeiras iniciativas para o desenvolvimento de novas abordagens para a produção de mecanismos de prevenção, controle e combate ao fogo procuraram determinar o índice de risco ou as condições meteorológicas que contribuem para a ocorrência e a persistência de incêndios em vegetação.

Ainda de acordo com a autora, o índice de risco de incêndio constitui uma tentativa de quantificar a probabilidade de um fogo ocorrer e se propagar quando existe uma fonte de ignição. Este índice é representado por um único número e deve ser avaliado diariamente usando dados observados ou medidos. Mutch (1970) o define como um termo geral que expressa o resultado dos fatores constantes e variáveis, os quais afetam as chances de um incêndio iniciar e propagar. Soares (1972) definiu índices de perigo de incêndios como sendo números que refletem antecipadamente a probabilidade de ocorrer um incêndio,

assim como a facilidade do mesmo se propagar, de acordo com as condições atmosféricas em uma dada escala temporal.

A importância destes índices está ligada à tendência moderna de prevenção e pré-supressão de incêndios. Pois é mais vantajoso evitar um incêndio ou mesmo atacá-lo imediatamente após o início, do que combatê-lo após estabelecido e propagado (SAMPAIO, 1999).

De acordo com Nunes (2005) dentre as medidas preventivas existentes, 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 em vegetação, visando à redução de perdas e, conseqüentemente, dos prejuízos financeiros advindos da ocorrência de eventos catastróficos.

Soares (1972) afirma ainda que os índices de previsão visam constituir instrumentos para os responsáveis pela prevenção e combate aos incêndios em vegetação, em virtude do conhecimento do grau de perigo, ou seja, da probabilidade da ocorrência de incêndios, permitir um planejamento mais racional e econômico dos meios de combate nas diversas épocas do ano.

Para Soares (1998) um importante aspecto a ser considerado quando se seleciona um índice já existente ou se desenvolve um novo, é que as informações necessárias ao seu cálculo estejam disponíveis na região ou país onde o mesmo será utilizado.

Sendo assim, o objetivo deste capítulo é analisar a eficiência dos índices Fórmula de Monte Alegre – FMA (SOARES, 1972); Índice Logarítmico de Telicyn; Índice de Nesterov; Índice acumulativo P-EVAP (SAMPAIO, 1991) e Índice acumulativo EVAP/P (SAMPAIO, 1991). Além disso, definir o melhor horário de coleta dos dados utilizados nos índices (13:00 ou 15:00 horas) e a eficiência da utilização dos índices durante o ano todo, durante a estação normal do fogo e fora da estação normal do fogo.

3.2. Metodologia

Para a realização deste estudo foram utilizados 5 índices: o Índice de Nesterov com temperaturas medidas às 13:00 e às 15:00 horas (Nesterov₁₃ e Nesterov₁₅); Índice Logarítmico de Telicyn com temperaturas medidas às 13:00 e às 15:00 horas (Telicyn₁₃ e Telicyn₁₅); Fórmula de Monte Alegre (FMA) com umidades relativas do ar medidas às 13:00 e às 15:00 horas (FMA₁₃ e FMA₁₅); e os Índices acumulativos de precipitação – evaporação (P-EVAP) e da divisão da evaporação pela precipitação (EVAP/P) ambos sugeridos por SAMPAIO (1991).

Os índices foram calculados da seguinte forma:

FMA

Desenvolvido por Soares (1972) no Estado do Paraná, este índice tem como única variável independente a umidade relativa do ar, medida às 13:00 horas em seu modelo original. O índice é acumulativo, isto é seu valor aumenta gradativamente, como realmente acontece com as condições de risco de incêndio, até que a ocorrência de uma chuva o reduza a zero, recomeçando novo ciclo de cálculos.

Equação básica:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100/H_i)$$

sendo:

FMA = Fórmula de Monte Alegre

H = umidade relativa do ar (%) medida às 13:00 e 15:00 horas

n = número de dias sem chuva

Sendo acumulativo, o índice está sujeito às restrições de precipitação, como mostra o Quadro 8:

Quadro 8 – Modificação no cálculo da FMA de acordo com a precipitação
Table 8 – Modification in the FMA calculation in agreement with the precipitation

mm DE CHUVA DO DIA	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 o cálculo (FMA=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar

Fonte: NUNES (2005)

Índice Logarítmico do Telicyn

Desenvolvido na ex-URSS, este índice tem como variáveis as temperaturas do ar e do ponto de orvalho, ambas medidas às 13:00 horas em seu modelo original (SOARES, 1984).

Equação Básica:

$$I = \sum_{i=1}^n \log (t_i - r_i)$$

sendo:

I = índice de Telicyn

t = temperatura do ar em °C medida às 13:00 e as 15:00 horas

r = temperatura do ponto de orvalho em °C

log = logaritmo na base 10

Restrição do índice: sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, abandonar a somatória e recomeçar o cálculo no dia seguinte, ou quando a chuva cessar. No(s) dia(s) de chuva o índice é igual a zero.

Índice de Nesterov

Também desenvolvido na ex-URSS e aperfeiçoado na Polônia, este índice acumulativo tem como variáveis a temperatura e o déficit de saturação do ar, ambos medidos diariamente às 13:00 horas em seu modelo original (SOARES, 1984).

Equação básica:

$$G = \sum_{i=1}^n d_i \cdot t_i$$

sendo:

G = Índice de Nesterov

d = déficit de saturação do ar em milibares

t = temperatura do ar em °C medida às 13:00 e as 15:00 horas

No índice de Nesterov, a continuidade da somatória é limitada pela ocorrência de precipitações de acordo com o Quadro 9.

Quadro 9 – Modificação no cálculo da G de acordo com a precipitação

Table 9 – Modification in the G calculation in agreement with the precipitation

mm DE CHUVA DO DIA	MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO
≤2,0	Nenhuma
2,1 a 5,0	Abater 25% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia
5,1 a 8,0	Abater 50% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia
8,1 a 10,0	Abandonar a somatória anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G= (d.t) do dia
>10,0	Interromper o cálculo (G=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

Fonte: NUNES (2005)

P-EVAP

O índice acumulativo P-EVAP, proposto por Sampaio (1991), relaciona a diferença entre a precipitação (P) e a evaporação (EVAP), ambas medidas diariamente, em mm. O índice utilizou as restrições do índice de Nesterov (Quadro 9), sugerido pelo autor.

EVAP/P

O índice EVAP/P também é acumulativo e relaciona a divisão da evaporação pela precipitação, ambas medidas diariamente em mm. Para seu cálculo foram utilizadas as seguintes restrições (Quadro 10):

Quadro 10 – Restrição do índice EVAP/P
 Table 10 – Restriction of the EVAP/P index

mm DE CHUVA DO DIA	MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO
< 1	Não entra no cálculo
1 – 15	Dividir a EVAP/P da véspera pela chuva do dia
> 15	Interromper o cálculo, recomeçando no dia seguinte ou quando a chuva cessar. No dia da chuva EVAP/P = 0,00

Fonte: SAMPAIO (1991)

Para comparar os modelos, foi utilizado o método conhecido como *Skill score* (SS), que se baseia em uma tabela de contingência que contém os valores observados e os valores previstos para um evento em uma população. O SS é a razão da diferença entre os acertos na previsão (G) e o número esperado de acertos (H) e a diferença entre o número de dias observados (N) e o número de dias com previsão de acertos (NUNES, 2005). O Quadro 11 ilustra como são realizados os cálculos para se obter o *Skill score*.

Quadro 11 – Tabela de contingência do *Skill Score*
 Table 11 – Contingency table of the *Skill Score*

Previsto	Observado		Total previsto
	Incêndios	Não Incêndios	
Incêndios	a	b	N2 = a + b
Não Incêndios	c	d	N4 = c + d
Total Observado	N1 = a + c	N3 = b + d	N = a + b + c + d

Fonte: NUNES (2005)

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. $G = a + d$;

p - Probabilidade de ter pelo menos um evento por dia. $p = N1 / N$

q - Probabilidade de exceder o valor limite do índice. $q = N2 / N$

H - Número esperado de acertos. $H = N * (1 - p) * (1 - q) + N * p * q$;

SS - *Skill score*. $SS = (G - H) / (N - H)$;

PS - Porcentagem de sucesso. $PS = G / N$;

Acerto nas previsões de ocorrências de incêndios = $a / N2$;

Acerto nas previsões de não ocorrências = $d / N4$.

Para se determinar o desempenho dos índices, foi necessário definir o limite que acusava e que não acusava a ocorrência de incêndio para cada um. Para tanto, considerou-se que os índices não indicavam perigo de ocorrências de incêndios sempre que o valor calculado fosse menor que o limite inferior da classe de perigo classificada como grau médio dos respectivos índices e que estes indicavam perigo de ocorrências sempre que o valor dos índices era superior ao referido limite (SAMPAIO, 1999).

Os valores limites acima dos quais foi considerado perigo de ocorrências foram: Nesterov ≥ 501 ; Telicyn $\geq 3,6$; FMA $\geq 3,1$; P-EVAP $\leq 30,1$ e EVAP/P $\geq 20,1$ (SAMPAIO, 1991).

Os resultados foram comparados de acordo com 3 períodos: ano inteiro (janeiro-dezembro); estação normal do fogo (junho-outubro) e fora da estação normal do fogo (novembro-maio).

3.3. Resultados e discussão

Analisando-se período inteiro (janeiro a dezembro), o Quadro 12 mostra a porcentagem de acerto das previsões de ocorrências dos Índices. Observa-se que o Índice P-EVAP foi o mais eficiente nas previsões de ocorrências de incêndios, seguido pelo Índice EVAP/P em segundo, Índice de Telicyn₁₃ em terceiro, Telicyn₁₅ em quarto, Nesterov₁₃ em quinto, FMA₁₅ em sexto, em sétimo Nesterov₁₅, e em último FMA₁₃.

Quadro 12 – Comparação entre os resultados dos índices durante o ano inteiro
 Table 12 – Comparison among the results of the indexes during the whole year

Índices (jan-dez)	Porcentagem de sucesso			<i>Skill score</i>
	Nas previsões de ocorrências	Nas previsões de não ocorrências	Geral	
FMA ₁₃	56.4%	89.6%	68%	0.388158
FMA ₁₅	58.2%	89.9%	70%	0.420284
Telicyn ₁₃	72.3%	73.7%	73%	0.460614
Telicyn ₁₅	70.2%	80.6%	76%	0.511413
Nesterov ₁₃	59.7%	81.5%	66%	0.330066
Nesterov ₁₅	57.8%	88.1%	69%	0.406493
P-EVAP	76.9%	74.8%	75%	0.473404
EVAP/P	76.3%	79.4%	78%	0.534623

Com relação ao acerto das previsões de não ocorrência de incêndios, o Quadro 12 aponta a FMA₁₅ como mais eficiente, em segundo lugar FMA₁₃, seguidas por Nesterov₁₅, Nesterov₁₃, Telicyn₁₅, EVAP/P, P-EVAP e Telicyn₁₃.

A porcentagem de sucesso geral das previsões (Quadro 12) coloca em primeiro lugar o índice EVAP/P com 78% de sucesso, seguido de Telicyn₁₅ com 76%, P-EVAP com 75%, Telicyn₁₃ com 73%, FMA₁₅ com 70%, Nesterov₁₅ com 69%, FMA₁₃ com 68% e Nesterov₁₃ com 66% de sucesso nas previsões.

O *Skill score* (Quadro 12), ou desempenho médio dos índices de perigo de incêndios, acompanham o sucesso nas previsões de ocorrências, mantendo a mesma ordem de eficiência.

Os resultados apontam para uma maior eficiência dos dados, tanto de temperatura do ar quanto de umidade relativa do ar, quando medidos às 15:00, contrariando a literatura pesquisada (SOARES, 1972, 1998; NUNES, 2005; NUNES *et al*, 2005, 2006, 2007 e SAMPAIO, 1991, 1999) que aponta a medição realizada às 13:00 como a mais eficiente. Este fato pode ser explicado pelo horário de maior concentração de ocorrências de incêndios em Juiz de Fora, determinado no capítulo 1, como tendo seu pico entre 15 e 15:59 horas. Outro fator é a medição da umidade relativa e da temperatura realizada às 15:00 tendo maior índice de correlação linear com a quantidade de ocorrências quando comparada à medição das 13:00 como demonstrado no capítulo 2.

Determinado o horário de realização das medições mais eficientes como sendo o das 15:00 horas, a comparação da eficiência dos índices, de acordo com os outros dois períodos, levou em consideração apenas as medições realizadas neste horário.

Quadro 13 – Comparação entre os resultados dos índices durante a estação normal do fogo

Table 13 – Comparison among the results of the indexes during the normal station of the fire

Índices (jun-out)	Porcentagem de sucesso			<i>Skill score</i>
	Nas previsões de ocorrências	Nas previsões de não ocorrências	Geral	
FMA ₁₅	76.7%	85.3%	78%	0.415685
Telicyn ₁₅	84.7%	66.0%	78%	0.506579
Nesterov ₁₅	78.1%	78.8%	78%	0.440762
P-EVAP	82.9%	53.1%	70%	0.3708
EVAP/P	84.2%	58.0%	74%	0.435262

Dentro da estação normal do fogo (determinada no capítulo 1), que vai de junho à outubro, o índice que apresentou melhor desempenho nas previsões de ocorrências de incêndios de acordo com o Quadro 13 foi o de Telicyn com 84.7% de acertos, seguido do EVAP/P com 84.2%, P-EVAP com 82.9%, Nesterov com 78.1% e FMA com 76.7%.

Quanto à eficiência dos índices nas previsões de não ocorrências (Quadro 13), a FMA apresentou melhor desempenho com 85.3% de acertos, seguida do índice de Nesterov com 78.8%, Telicyn com 66%, EVAP/P com 58% e P-EVAP com 53.1%.

Os resultados da porcentagem de sucesso nas previsões (Quadro 13) apontam para um empate entre FMA, Nesterov e Telicyn em primeiro lugar com 78%, seguidos do EVAP/P com 74% e P-EVAP com 70%.

Contudo, ao se analisar o *Skill score* (Quadro 13), o índice de Telicyn foi o mais eficiente dentro da estação normal do fogo, seguido do índice de Nesterov, EVAP/P, FMA e P-EVAP.

Quadro 14 – Comparação entre os resultados dos índices fora da estação normal do fogo

Table 14 – Comparison among the results of the indexes out of the normal station of the fire

Índices (nov-mai)	Porcentagem de sucesso			<i>Skill score</i>
	Nas previsões de ocorrências	Nas previsões de não ocorrências	Geral	
FMA ₁₅	35.3%	90.9%	63%	0.263373
Telicyn ₁₅	43.9%	85.4%	75%	0.30722
Nesterov ₁₅	34.5%	90.7%	62%	0.248733
P-EVAP	56.0%	82.4%	79%	0.2779
EVAP/P	54.2%	84.3%	79%	0.342076

Com relação ao período fora da estação normal do fogo (novembro a maio), observando-se o Quadro 14, o índice que apresentou maior porcentagem de sucesso nas previsões de ocorrências foi o P-EVAP com 56% de acertos, seguido do EVAP/P com 54.2%, Telicyn com 43.9%, FMA com 35.3% e Nesterov com 34.5% de acertos.

Analisando-se a eficiência nas previsões de não ocorrências (Quadro 14), os índices que apresentaram melhor desempenho foram a FMA e Nesterov ambos com 90.9% e 90.7% de acertos, seguidos do índice de Telicyn com 85.4%, EVAP/P com 84.3% e P-EVAP com 82.4%.

A porcentagem de sucesso nas previsões (Quadro 14) coloca os índices de EVAP/P e P-EVAP em primeiro lugar com 79% de acertos, em segundo o índice de Telicyn com 75%, terceiro a FMA com 63% e em quarto Nesterov com 62% de acertos.

De acordo com os resultados do *Skill score* (Quadro 14), o índice EVAP/P foi o mais eficiente dentro do período fora da estação normal do fogo, seguido do índice de Telicyn P-EVAP, FMA e Nesterov.

O Quadro 15 apresenta um resumo do desempenho dos índices, considerando o cruzamento entre a época de estudo e o percentual de sucesso nas quatro situações (previsão de ocorrência, previsão de não ocorrência, percentual geral e *Skill score*).

Quadro 15 – Desempenho dos índices estudados de acordo com a época do ano e com o percentual de sucesso.

Table 15 – Acting of the indexes studied in agreement with the time of the year and with the percentile of success

Época do ano	Porcentagem de sucesso			<i>Skill score</i>
	Nas previsões de ocorrências	Nas previsões de não ocorrências	Geral	
Ano completo	P-EVAP	FMA ₁₅	EVAP/P FMA ₁₅	EVAP/P
Estação Normal do fogo	Telicyn ₁₅	FMA ₁₅	Telicyn ₁₅ Nesteev ₁₅	Telicyn ₁₅
Fora da Estação Normal do Fogo	P-EVAP	FMA ₁₅	P-EVAP EVAP/P	EVAP/P

Pode ser observado que para uma previsão geral o índice EVAP/P foi o mais eficiente durante o ano completo e fora da estação normal do fogo empatado com o índice P-EVAP. O FMA₁₅ se destacou com melhor desempenho para prever as não ocorrências de incêndios nos três períodos estudados, o P-EVAP teve melhor desempenho para prever as ocorrências no ano completo e fora da estação normal do fogo, contudo, pelo *Skill score*, o índice que mais se destacou foi o EVAP/P durante o ano completo e fora da estação normal do fogo.

3.4. Conclusões

De acordo com os resultados conclui-se que:

- os índices apresentaram maior eficiência quando utilizaram os dados de umidade relativa e temperatura mensurados às 15:00 horas;
- os índices estudados apresentaram maior percentual de acerto para as previsões de não ocorrência, considerando o período fora da estação normal do fogo;

- os índices apresentaram maior percentual de acerto para as previsões de ocorrências durante a estação normal do fogo;
- nas três épocas estudadas o índice que teve melhor desempenho foi o FMA_{15} para as previsões de não ocorrência;
- os índices que apresentaram melhor desempenho geral foram EVAP/P para o ano completo; EVAP/P e P-EVAP para a época fora da estação normal do fogo e FMA_{15} , $Telicyn_{15}$ e $Nesterov_{15}$ para a estação normal do fogo;
- para as previsões de ocorrência o índice P-EVAP teve melhor desempenho, considerando o ano completo e o período fora da estação normal do fogo;
- nas previsões de ocorrência o índice $Telicyn_{15}$ foi o que apresentou melhor desempenho durante a estação normal do fogo.
- o índice EVAP/P obteve o melhor desempenho de acordo com o *Skill score* para o ano completo e o período fora da estação normal do fogo, enquanto que o índice $Telicyn_{15}$ foi o mais eficiente dentro da estação normal do fogo.
- o maior valor do *Skill score* foi obtido pelo índice EVAP/P quando usado durante o ano completo, caracterizando este como o índice mais eficiente para a cidade de Juiz de Fora.

Capítulo 4

Influência da exposição do terreno nas ocorrências de incêndios em vegetação na cidade de Juiz de Fora, MG

4.1. Introdução

De acordo com Batista (2000), a topografia influi diretamente no clima e determina o tipo de combustível de determinada área. Considerando-se que o comportamento do fogo é em grande parte o resultado do clima e do combustível disponível, pode-se dizer que a topografia também influi decisivamente no comportamento do fogo.

Superfícies com orientações e inclinações diferentes recebem quantidades diferentes de radiação solar global em comparação com uma superfície horizontal, em uma mesma localidade e época do ano (TUBELIS e NASCIMENTO, 1984).

Ainda de acordo com os autores, o Sol culmina no zênite (representando maior ganho energético) em locais cuja latitude é igual ao valor da inclinação do eixo da Terra. Assim, nos Equinócios (21 de março e 23 de setembro) o Sol culmina no zênite sobre o Equador, apresentando nestas datas, em todos os pontos da Terra, dias e noites com a mesma duração. No Solstício de verão no hemisfério Sul e Solstício de inverno no hemisfério Norte (22 de dezembro), o Sol culmina no zênite para a latitude $-23^{\circ} 27'$ (Sul), pelo fato dessa ser a maior declinação alcançada no hemisfério Sul, essa latitude recebe o nome de Trópico de Capricórnio. Em 21 de junho o Sol culmina no zênite para $23^{\circ} 27'$ (Norte), latitude que define a posição do Trópico de Câncer, tem-se assim, o Solstício de verão no hemisfério Norte e Solstício de inverno no hemisfério Sul. Nas latitudes superiores a $23^{\circ} 27'$ o Sol não culmina zenitalmente em dia nenhum do ano.

Observa-se com isso que o Sol durante grande parte do ano culmina no Zênite ao Norte do município de Juiz de Fora, localizado na latitude de $21^{\circ} 41' 20''$ S. Este fator tende a elevar a temperatura nas vertentes de orientação Norte,

influenciando diretamente na formação do material combustível e ocorrências de incêndios.

Por outro lado, o vento tende a ajudar tanto na secagem do material combustível quanto na propagação dos incêndios.

De acordo com Nunes (2005), ventos suaves ajudam as fagulhas a provocar a ignição do material combustível. Depois de iniciado o fogo, os mesmos ativam a combustão por meio do fornecimento contínuo de oxigênio, ajudam a propagação transportando o calor e fagulhas para áreas ainda não queimadas, inclinam as chamas até os materiais não queimados à frente do fogo e ativam a fase de pré-aquecimento. A direção e a forma de propagação dos incêndios são também determinadas principalmente pelo vento.

Para preservar o meio ambiente dos efeitos nocivos dos incêndios incontrolados são essenciais políticas protecionistas adequadas às características de cada região. Para estabelecer essas políticas de controle e prevenção, faz-se necessário conhecer quando e porque ocorrem os incêndios, ou seja, o perfil dos incêndios em vegetação.

Com isso, o objetivo deste capítulo é analisar a influência da exposição da vertente, da ocorrência de incêndios em vegetação, ao Sol; e da direção do vento na área urbana do município de Juiz de Fora – MG.

4.2. Metodologia

Devido à grande quantidade e qualidade dos dados, a série temporal estudada neste capítulo compreende o período de 01/01/2002 à 31/12/2004, onde foram registradas 1.254 ocorrências na área urbana do município.

A direção preferencial dos ventos (direção da onde os ventos vêm) foi mensurada na Estação Climatológica Principal (ECP), localizada no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora. Os dados foram coletados às 9:00, 15:00 e 21:00 TMG. A partir das leituras dos três horários, foi determinada a direção preferencial para cada dia da série.

Por entender-se o clima como um dos principais fatores que controlam as ocorrências, e que o mesmo influencia e é influenciado por várias condições, entre

elas a topografia do terreno, analisou-se através do endereço das ocorrências, qual a vertente em que as mesmas ocorreram; esta análise foi feita com idas a campo para sua confirmação.

A determinação das vertentes foi feita com a utilização de bússola de acordo com os pontos cardeais, divididas em Norte (316° a 45°), Leste (46° a 135°), Sul (136° a 225°) e Oeste (226° a 315°).

As ocorrências foram agrupadas de acordo com sua exposição, determinando qual apresenta maior suscetibilidade aos incêndios.

Determinada a exposição da vertente de cada ocorrência, esta foi relacionada com a direção preferencial do vento em cada dia da série estudada.

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Exposição da vertente em relação ao Sol

De acordo com a Figura 10, observa-se que houve uma influência significativa da exposição das vertentes sobre as ocorrências, onde 48% dos incêndios ocorreram nas encostas voltadas para o Norte (N), 22% nas voltadas para o Oeste (W), 18% nas voltadas para o Leste (E) e 12% nas voltadas para o Sul (S). A explicação para isto é que pela posição latitudinal de Juiz de Fora, pelo menos durante 9 meses no ano (de abril a dezembro) o Sol está posicionado ao Norte da cidade fazendo zênite durante o inverno no Trópico de Capricórnio (23° 27' N) e durante o outono e primavera sobre o Equador (0°); isso faz com que as vertentes orientadas para o Norte recebam uma quantidade maior de energia do Sol durante o ano, aumentando sua temperatura e propiciando uma secagem mais eficiente do material combustível. A diferença entre as vertentes voltadas para o Oeste e para o Leste pode ser explicada pela hora de maior concentração de ocorrências, (entre 15 e 16 horas); durante este horário a vertente voltada para o Oeste está recebendo maior quantidade de energia solar em relação a vertente voltada para o Leste, aumentando a porcentagem das ocorrências. Além do mais, a vertente Oeste recebe maior quantidade de energia na parte da tarde quando a superfície terrestre e o ar já estão aquecidos e normalmente não existe neblina.

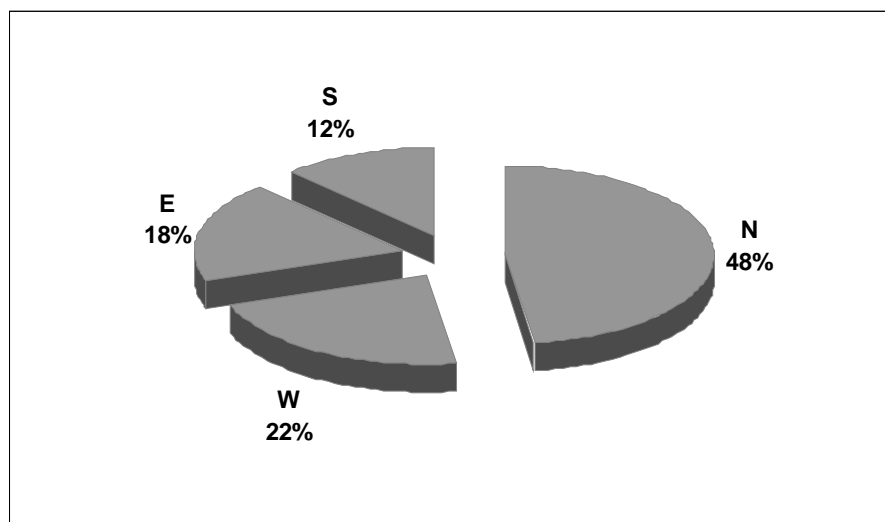


Figura 10 – Ocorrências de incêndios de acordo com a exposição da vertente
Figure 10 – Occurrences of fires in agreement with the exhibition of the slope

Hugget (1995), destaca que no hemisfério Sul, encostas orientadas para o norte recebem maior insolação do que as voltadas para o sul, que, por sua vez, recebem maiores precipitações devido aos ventos carregados de umidade vindos do mar (SW, S e SE). Oliveira et al (1995), em estudos conduzidos no Maciço da Tijuca, encontraram diferenças significativas para as duas vertentes no que diz respeito a parâmetros como temperatura, precipitação e umidade. Segundo esses autores, as encostas voltadas para o sul possuem serapilheira em média 41,9% mais úmida que as voltadas para o norte. Além disso, esses autores ainda afirmam que a perda desta umidade também se dá muito mais rápido nas encostas voltadas para o norte, pois as voltadas para o sul retêm a umidade 1,6 vezes mais que a norte. Conseqüentemente, a umidade do solo se comporta da mesma maneira apenas variando de acordo com o tipo de cobertura vegetal a que está associada.

Esta variação de umidade se reflete basicamente em função dos diferentes índices de temperatura destes dois tipos de encosta, visto que as encostas voltadas para o norte são significativamente mais quentes, devido a maior incidência de calor que as voltadas para o sul, com 98% de ocorrência de temperaturas máximas naquelas encostas. As temperaturas mínimas também ocorrem em grande maioria nas encostas norte (86%), o que deve ser atribuído a maior umidade relativa nas

de sul, face ao maior período de deposição de orvalho que atua como um efeito “tampão” reduzindo as temperaturas extremas (OLIVEIRA et al., 1995).

A temperatura mais elevada das vertentes voltadas para o Norte tende a diminuir a umidade relativa do ar, isto porque com o aumento da temperatura há uma expansão da massa de ar, resultando na elevação da capacidade do ar em conter umidade. Como a umidade relativa é a relação entre a quantidade de água contida no ar e a quantidade de água que o mesmo comporta, quanto maior a temperatura, menor a umidade relativa do ar.

Em situações de baixa umidade relativa do ar a probabilidade de ocorrência e propagação do fogo é maior, tendo em vista a correlação direta com a secagem do material combustível. O material mais fino, representado pela classe I ou tempo de resposta de uma hora, conforme classificação de Brown *et al* (1982), é aquele presente em maior quantidade e na maioria dos ambientes. Em situações críticas de clima, esse material chega a perder até 66% de umidade no intervalo de uma hora, conduzindo a umidade do material combustível abaixo da umidade de extinção.

De acordo com Nunes (2005), a umidade atmosférica é um elemento chave nas ocorrências de incêndios em vegetação, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis, havendo uma troca constante de umidade entre a atmosfera e os vegetais mortos. O material seco absorve água de uma atmosfera úmida e libera água quando o ar está seco. A quantidade de umidade que o material morto pode absorver do ar e reter depende, basicamente, da umidade relativa do ar. Durante períodos extremamente secos, a umidade pode inclusive, afetar o conteúdo de umidade do material vivo.

4.3.2. Direção do vento

De acordo com Couto e Cândido (1980), o vento é o principal fator na taxa de combustão e dispersão do fogo, uma vez que, além de afetar a taxa de suprimento de oxigênio durante a queima, a secagem do combustível é acelerada pela remoção da camada de ar em contato com sua superfície e provoca a

inclinação das chamas, aproximando-as do material ainda não queimado e acelerando a fase do pré-aquecimento.

Segundo Viegas (2004), a propagação do fogo em locais com declividade tem comportamento distinto daquele que ocorre em áreas sem declividade em função do efeito de fatores adicionais como a convecção e a radiação. Se existe uma declividade e a presença de vento, a taxa de propagação tende a crescer.

Quadro 16 – Vertente da ocorrência de acordo com a direção do vento
Table 16 – Slope of the occurrence in agreement with the direction of the wind

Vertente da ocorrência	Direção do vento								
	N	NW	NE	W	E	SW	SE	S	C
Norte (N)	71%	44%	54%	23%	40%	22%	28%	33%	65%
Oeste (W)	15%	43%	15%	77%	25%	41%	12%	23%	26%
Leste (E)	10%	8%	27%	0%	29%	9%	29%	8%	6%
Sul (S)	4%	5%	4%	0%	6%	28%	31%	36%	3%
% de dias com vento predominante	20%	11%	19%	1%	11%	5%	15%	14%	4%

Os dados observados no Quadro 16 apontam para a influência do vento na propagação do fogo e também na secagem do combustível, onde as vertentes à barlavento (receptora) dos ventos diários preferenciais apresentam maiores números de ocorrências de incêndios. Quando a direção preferencial do vento é Norte, há uma predominância de incêndios na vertente exposta ao vento de mesma direção com 71% das ocorrências. Quando a direção do vento é Noroeste, 87% das ocorrências localizam-se nas vertentes voltadas para N e W; quando a direção é Nordeste observa-se um maior número de ocorrências nas vertentes N e E com 81% de incêndios nestas vertentes; com o vento de direção Oeste, 77% das ocorrências ocorrem na vertente voltada para o O; a direção preferencial do vento quando é Leste favorece as ocorrências nas vertentes N e E. Esta influência pode ser melhor observada quando os ventos têm direção predominante no quadrante Sul (SW, S e SE), onde há um predomínio de ocorrências na vertente Sul, contrariando o predomínio de ocorrências que se dá em vertentes com outras orientações. Quando a situação é de calmaria (C), sem ocorrência de ventos, a

situação se normaliza em relação à ordem observada na Figura 10 com maiores ocorrências na vertente N, seguida ordenadamente das vertentes de exposição W, E e S.

Quando a direção do vento é a mesma da orientação da encosta, tem-se o chamado “vento morro acima”, nesta situação o vento tende a acelerar a propagação do fogo, visto que o mesmo tende a elevar as chamas das partes inferiores para as superiores ainda não queimadas.

4.4. Conclusões

De acordo com os resultados concluiu-se que:

- a exposição das vertentes em relação ao Sol influi diretamente sobre as ocorrências de incêndios;
- as vertentes orientadas para o Norte apresentam maior porcentagem de ocorrências, visto que a mesma recebe maior quantidade de energia solar durante o ano;
- as vertentes orientadas para o Oeste ficam em segundo lugar com mais ocorrências apresentadas, podendo ser explicado pelo horário em que as mesmas recebem maior radiação solar (período da tarde) que coincide com o horário de maior número de ocorrências;
- as vertentes à barlavento dos ventos diários preferenciais são mais suscetíveis às ocorrências.

Capítulo 5

Caracterização das áreas de maior ocorrência de incêndios em vegetação na cidade de Juiz de Fora, MG

5.1. Introdução

De acordo com Couto e Cândido (1980), a identificação de locais que apresentam maior risco a incêndios facilita o planejamento e as estratégias de prevenção e combate.

Para Batista (2000), o zoneamento de risco ou os mapas de risco de incêndios têm sido empregados com muita eficiência como instrumentos fundamentais no planejamento racional dos recursos destinados à prevenção e pré-supressão dos incêndios em vegetação.

Segundo Rocha (2006), define-se risco como a combinação da frequência com a consequência de eventos indesejáveis, envolvendo algum tipo de perda.

Ainda de acordo com o autor, o risco se origina em uma relação à priori entre a ameaça e a vulnerabilidade. O risco se considera intrínseco e latente dentro da sociedade, porém o seu nível, grau de percepção e meios para enfrentá-lo podem variar segundo os direcionamentos que a mesma sociedade eleja.

Para Cerri e Amaral (1998), vários são os tipos de riscos ambientais, onde os mesmos podem ser divididos, de acordo com Rocha (2006), em: 1 - Riscos Tecnológicos, como aqueles ligados à todo tipo de tecnologias (vazamentos de produtos tóxicos, colisão de veículos, queda de aviões, etc.); 2 - Riscos Sociais, como as diversas formas de manifestações sociais violentas (assaltos, guerras, seqüestros, atentados, etc.); e 3 - Riscos Naturais divididos, em riscos físicos (atmosféricos, geológicos, hidrológicos, etc) e biológicos (riscos associados à flora e à fauna).

Os riscos a incêndios, podem ser associados à diversas subdivisões dos riscos ambientais, como aos sociais, onde de acordo com Santos *et al* (2006), a maior parte dos incêndios tem origem humana, principalmente aqueles

provocados intencionalmente, por vingança ou desequilíbrio emocional. Associa-se também aos tecnológicos, como acidentes em armazenagens de produtos altamente inflamáveis, colisões com geração de explosões e queima para a agricultura.

Associando-se os riscos à incêndios aos riscos naturais, além dos relacionados às descargas atmosféricas, tem-se sua relação com os riscos biológicos, onde a formação vegetacional influi diretamente nas ocorrências de acordo com os tipos de materiais combustíveis, classificados por Soares (1985), como perigosos, semi-perigosos e verdes. Os materiais combustíveis perigosos são todos os materiais secos com diâmetro igual ou inferior a 1,0 cm constituídos de pequenos galhos, folhas, líquens, musgos e gramíneas. Estes materiais facilitam o início do fogo e aceleram sua propagação por apresentarem menor temperatura de ignição.

Materiais combustíveis semi-perigosos correspondem à todos os materiais secos com diâmetro acima de 1,0 cm. São compostos de galhos, troncos caídos, húmus e turfas. Apesar de apresentarem uma ignição mais lenta e difícil, desenvolvem intenso calor e podem manter uma combustão latente, provocando o reinício de incêndios dados como controlados (SOARES, 1985).

Os materiais combustíveis verdes, de acordo com Nunes (2005), são constituídos pela vegetação viva existente na formação vegetacional. Devido ao alto teor de umidade, os combustíveis verdes, exceto as coníferas resinosas, são às vezes considerados não-inflamáveis. No entanto, o calor liberado pela combustão dos outros combustíveis, pode provocar a secagem desses materiais, tornando-os facilmente inflamáveis.

O arranjo do material combustível é outro fator importante na propagação dos incêndios em vegetação e reflete a sua distribuição dentro dos estratos florestais, tanto de forma vertical como horizontal (SOARES, 1985; BATISTA, 1990; NUNES, 2005).

A distribuição horizontal dos combustíveis possui grande importância para a continuidade do material combustível, sendo responsável pela propagação do fogo. Se a distribuição é uniforme, e as partículas de combustível estão próximas umas das outras, o calor se transfere com facilidade e o incêndio se propaga

normalmente. Havendo descontinuidade, a propagação do fogo é dificultada ou, em certos casos, até mesmo interrompida (SOARES, 1985; NUNES, 2005).

A uniformidade refere-se à distribuição espacial dos combustíveis no extrato florestal, ou seja, à existência ou não de integração entre os combustíveis superficiais e os aéreos, e ao fato de esta integração ser feita de material combustível perigoso (SOARES, 1985).

Contudo, para Nunes (2005), a umidade atmosférica é o elemento decisivo nas ocorrências de incêndios, onde há uma troca constante de umidade entre a atmosfera e os combustíveis mortos. O material vegetal, como já dito, absorve água de uma atmosfera úmida e libera quando o ar está seco através da evaporação. Durante períodos extremamente secos, a baixa umidade pode, inclusive, afetar o conteúdo de umidade do material vivo.

Ainda de acordo com o autor, a umidade do material combustível expressa a porcentagem de água contida no mesmo, em relação ao seu peso seco. A primeira influência da umidade na combustão do material florestal é a necessidade da grande quantidade de energia requerida para transformar em vapor a água existente no combustível. Isto representa uma redução da quantidade de calor disponível para a combustão propriamente dita.

Segundo Soares (1985), o material combustível com alto teor de umidade não queima. Isto se deve à denominada “umidade de extinção”, que é um determinado valor do conteúdo de umidade (25 a 30%) dos materiais combustíveis que impede a combustão e a propagação dos incêndios. O combustível não queima porque é necessária a utilização de uma grande quantidade de energia para vaporizar a água existente no mesmo, ocasionando a redução da quantidade de calor para a combustão.

Sendo assim, devido à relação das condições atmosféricas sobre as ocorrências de incêndios em vegetação, observadas nos capítulos anteriores, e suas influências sobre o tipo de vegetação e características dos materiais combustíveis, sugere-se neste trabalho, o enquadramento do risco à incêndios dentro da classificação utilizada por Cerri e Amaral (1998) e Rocha (2006) como risco ambiental, natural, físico, atmosférico.

O objetivo deste capítulo é caracterizar as áreas das ocorrências em função dos níveis de risco a incêndios, através do mapeamento dos mesmos de acordo com a área da ocorrência, além de identificar os principais tipos de vegetação queimada e a responsabilidade pela conservação das áreas atingidas.

5.2. Metodologia

Os 1.254 incêndios em vegetação observados entre 01/01/2002 e 31/12/2004 foram divididos de acordo com a região de planejamento da prefeitura municipal de Juiz de Fora, e com o bairro em que ocorreram. Foi feita uma relação de densidade entre a quantidade de ocorrências e a área em hectares de cada bairro, sendo os resultados plotados na base cartográfica fornecida pelo Núcleo de Zoneamento e Riscos Ambientais (Departamento de Geociências/UFJF), formando o cartograma referente ao risco a incêndios. Esta determinação, foi feita por se entender que a concentração de ocorrências de acordo com o tamanho da área representa melhor a condição de risco nesta área. Sendo assim, as áreas com 0,001 à 0,04 ocorrências/ha foram consideradas como de baixíssimo risco; 0,041 à 0,08 ocorrências/ha como baixo risco; 0,081 à 0,14 ocorrências/ha como médio risco; 0,141 à 0,22 ocorrências/ha como alto risco; e 0,221 à 0,72 ocorrências/ha como altíssimo risco em relação à quantidade de ocorrências no município.

Para identificar as principais áreas queimadas, as ocorrências foram agrupadas conforme o material combustível, determinando de acordo com o 4ºB.B.M. quatro classes: florestas de produção, campos ou pastos, florestas ou matas e lotes vagos.

Foi analisada também a responsabilidade pela conservação das áreas das ocorrências de incêndios, divididas de acordo com os bombeiros em áreas de conservação particular, nacional, estadual e municipal.

5.3. Resultados e discussão

Observa-se na Figura 11, a distribuição das ocorrências de acordo com a região de planejamento, onde a região Centro apresentou o maior número de

ocorrências com 518 incêndios registrados dentro do período; em segundo lugar, a região Norte-Noroeste com 457 ocorrências; em terceiro, a região Leste com 261 ocorrências; em quarto, a região Oeste com 197 ocorrências; em quinto, a região Nordeste com 102; em sexto, a região Sul com 94; e em sétimo, a região Sudeste com 34 ocorrências de incêndios em vegetação.

Os mais altos valores da região Centro, podem estar relacionados à maior concentração de pessoas e atividades nesta região, concentrando o maior número de ocorrências às margens dos principais fluxos automotivos e em lotes vagos. Na região Norte-Noroeste, o grande número de ocorrências, pode estar relacionado a este ser o principal vetor de crescimento urbano, de acordo com a Prefeitura municipal (PJF, 1996), concentrando, além de grande movimentação de veículos, a existência de grandes áreas de pastos ou campos, que favorecem as ocorrências.

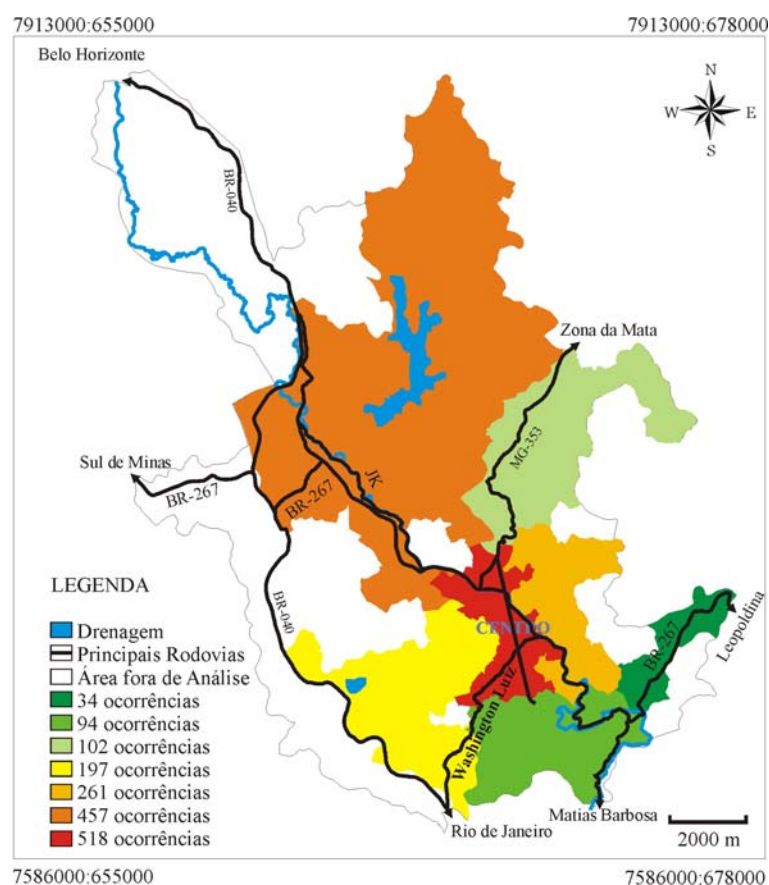


Figura 11 – Distribuição das ocorrências de incêndios de acordo com a região administrativa

Figure 11 – Occurrence's distribution of the fires in agreement with the administrative region

A Figura 12, mostra os níveis de risco de incêndios em vegetação de acordo com a densidade de ocorrências por hectare de cada bairro. A espacialização das ocorrências, parece mostrar a influência dos principais fluxos automotivos sobre os incêndios, visto que, os bairros com maior número de ocorrências por hectare localizam-se ao longo dos eixos rodoviários, principalmente ao Noroeste pela Rodovia JK (BR-040) que liga Juiz de Fora à Belo Horizonte; ao Nordeste a MG-353 que liga o município à Zona da Mata (Ubá, Viçosa, Ponte Nova, etc); ao Sudeste e Oeste pela BR-267 que liga o município à Leopoldina e ao Sul de Minas; e ao Sudoeste a Rodovia Washington Luiz (BR-040) que liga Juiz de Fora ao Rio de Janeiro.

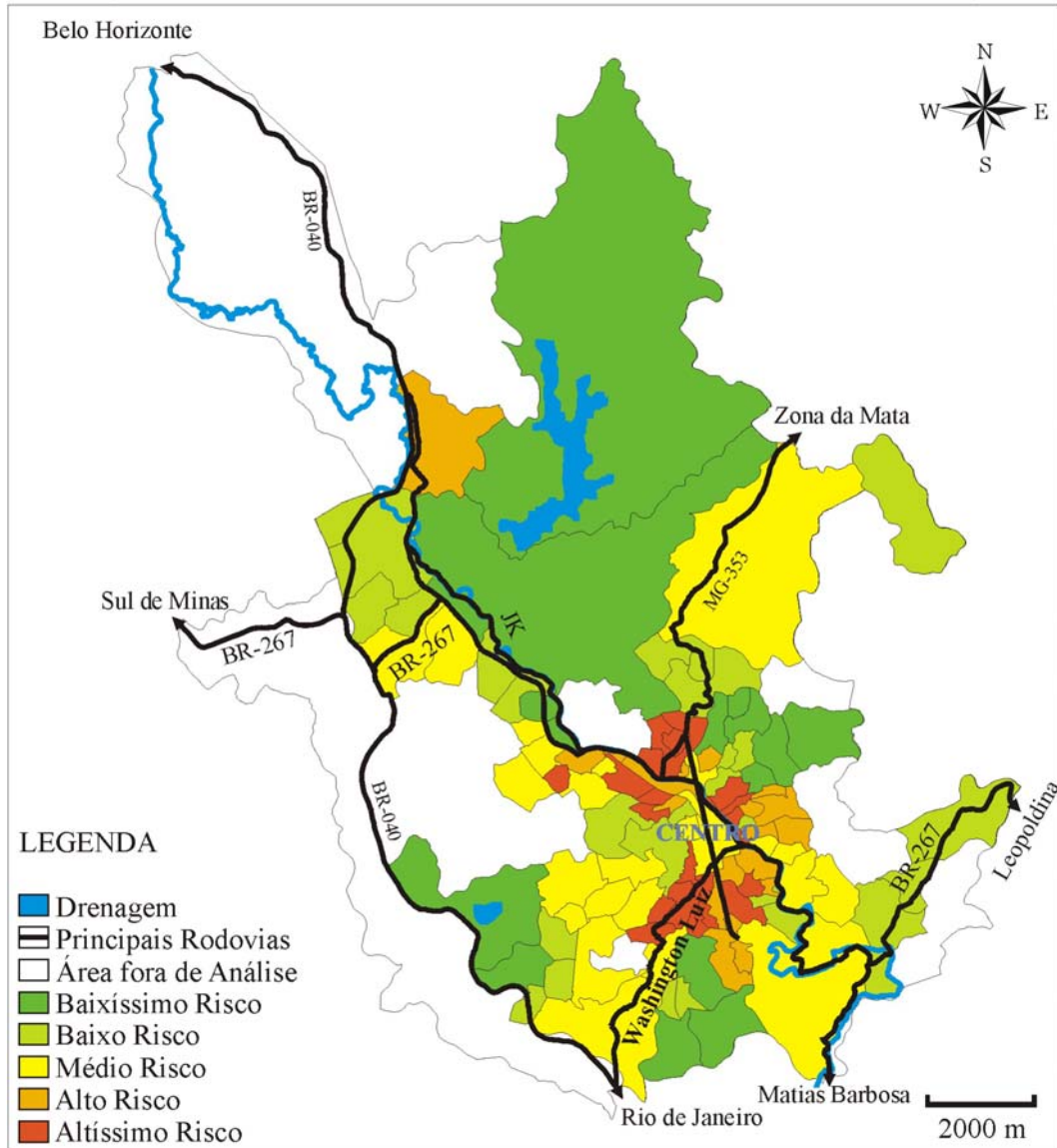
A maior responsável pelas ocorrências nas margens destes fluxos, segundo Soares e Santos (2003), Vosgerau *et al* (2006) e Jacobi (2007), são as pontas de cigarros jogadas por motoristas e transeuntes. Além das rodovias, as áreas mais periféricas possuem muitos campos ou terrenos baldios que são limpos com a utilização de fogo, além da falta ou pouca coleta de lixo, obrigando os moradores a queimarem os mesmos, facilitando o alastramento pelo capim seco, quando as condições meteorológicas são favoráveis.

Contudo, vale ressaltar que a condição de risco não significa a obrigatoriedade do incêndio e sim, que em áreas classificadas como de altíssimo risco, por exemplo, são mais favoráveis às ocorrências do que áreas classificadas como outra categoria. Por outro lado, em áreas classificadas como de baixíssimo risco, também não significa que não poderão ocorrer incêndios e sim, que estas áreas são menos favoráveis às ocorrências do que outras áreas no município.

Com relação ao tipo de área queimada, a Figura 13, mostra a influência da cobertura vegetal sobre as ocorrências de incêndios; a vegetação mais arbórea tende a manter melhor a umidade em relação às herbáceas. Nos lotes vagos distribuídos pela área urbana, sobretudo na área central da cidade, prevalecem a vegetação herbácea como as dos campos ou pastos. O tipo de material e o arranjo do mesmo facilitam a ignição e propagação do fogo. O material mais fino, por apresentar menor temperatura de ignição e perder mais rapidamente sua umidade, facilita o início do incêndio e acelera sua propagação como já dito.

7913000:655000

7913000:678000



7586000:655000

7586000:678000

Figura 12 – Cartograma de risco a incêndios em vegetação
Figure 12 – Vegetation fires risk cartogram

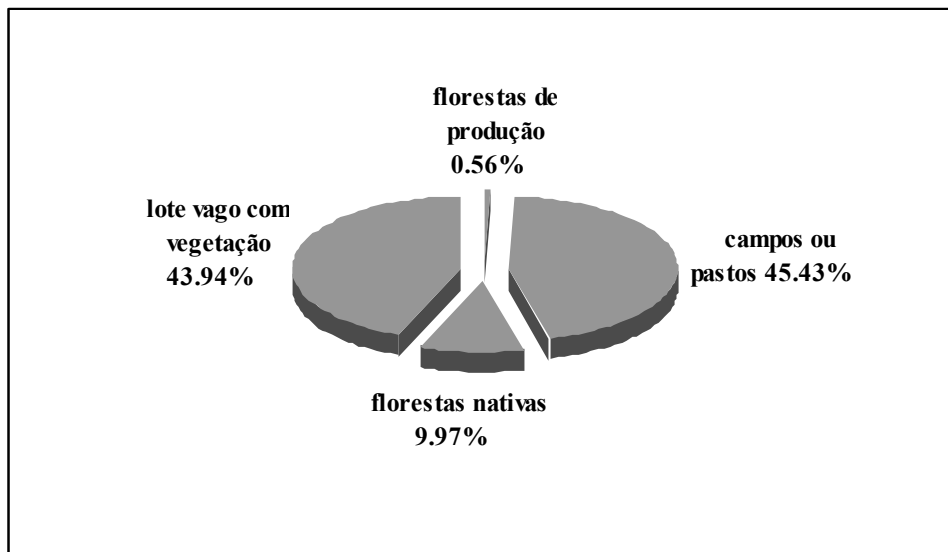


Figura 13 – Ocorrências de incêndios de acordo com o material combustível
 Figure 13 – Fire's occurrences in agreement with the combustible material

Ainda de acordo com Nunes (2005), a distribuição uniforme e proximidade das partículas de combustível facilitam a propagação, também favorecendo a ocorrência de incêndios sobre os campos ou pastos e lotes vagos.

Quadro 17 – Incêndios mensais de acordo com a vegetação
 Table 17 – Monthly's fires in agreement with the vegetation

Meses	Florestas de produção	Campos	Florestas	Lotes vagos
Janeiro	0,0%	3,2%	3,2%	2,5%
Fevereiro	0,0%	5,4%	8,0%	4,4%
Março	0,0%	1,4%	2,4%	2,5%
Abril	0,0%	2,5%	2,4%	2,2%
Maió	14,3%	2,1%	3,2%	3,6%
Junho	14,3%	9,6%	6,4%	15,4%
Julho	0,0%	15,8%	16,0%	16,7%
Agosto	14,3%	24,3%	15,2%	20,7%
Setembro	28,6%	20,5%	22,4%	17,2%
Outubro	28,6%	12,8%	20,0%	10,9%
Novembro	0,0%	2,1%	0,8%	3,3%
Dezembro	0,0%	0,4%	0,0%	0,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Analisando-se os Quadros 17 e 18, observa-se a influência do clima sobre as ocorrências, onde o período de menor umidade e precipitação é responsável pela

maior parte dos incêndios em cada uma das coberturas vegetais, mesmo algumas coberturas menos propícias às ocorrências, como as florestas de produção, concentram todos os incêndios ocorridos no período de estiagem.

Quadro 18 – Precipitação e umidade relativa do ar média mensal do período de estudo

Table 18 – Precipitation and relative humidity of the air average of the study period

Meses	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)
Janeiro	80	286
Fevereiro	81	187
Março	82	198
Abril	80	58
Maio	80	36
Junho	75	11
Julho	77	15
Agosto	71	25
Setembro	76	67
Outubro	79	132
Novembro	83	222
Dezembro	84	301

De acordo com a Figura 14, observa-se que a responsabilidade pela conservação das áreas onde ocorreram os incêndios em sua grande maioria, é feita por particulares com 87%, seguida do poder municipal com 6%, nacional com 5% e estadual com 2%. Este fato pode estar relacionado com as principais causas de incêndios em vegetação de acordo com Santos *et al* (2006), que colocam em 1º os incendiários, em 2º queima para limpeza e em 3º fumantes, em áreas de menor atuação do poder público, estas causas tendem a elevar o número de ocorrências.

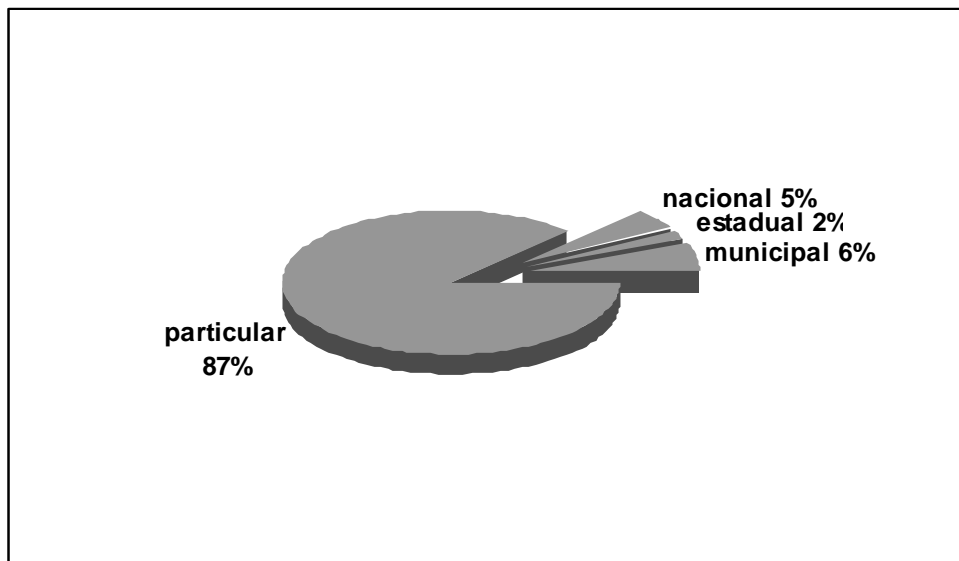


Figura 14 – Responsabilidade pela conservação das áreas das ocorrências
Figure 14 – Conservation's responsibility of the occurrence's areas

5.4. Conclusões

De acordo com os resultados deste capítulo, concluiu-se que:

- as áreas com maior movimentação veicular e de pedestres com presença de campos ou pastos e lotes vagos com vegetação, apresentam maior risco a incêndios;

- mesmo nas coberturas vegetais mais protegidas contra os incêndios, nas épocas mais favoráveis com menor quantidade de umidade no sistema, são observadas ocorrências de incêndios;

- as áreas de menor atuação do poder público, como as de conservação por particulares, apresentam maior número de ocorrências;

- sugere-se para o desenvolvimento de trabalhos futuros, a construção de uma base cartográfica que englobe os cartogramas de declividade, exposição das vertentes ao Sol e uso do solo, para que possa ser gerado o mapa de vulnerabilidade ambiental aos incêndios em vegetação e este possa ser comparado com o mapa de riscos a incêndios de acordo com a densidade de ocorrências por bairro.

Conclusões Gerais

De acordo com os resultados pode se concluir que:

- o período de maior número de ocorrências que caracteriza a Estação Normal do Fogo, para o município de Juiz de Fora, compreende os meses de Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro;
- o horário que concentra o maior número de ocorrências, está entre 15:00 e 16:00 horas;
- os elementos meteorológicos que mais se correlacionam com o número de ocorrências diárias são: a umidade relativa do ar medida às 15:00 horas e o déficit de saturação;
- quanto maior o período sem precipitação, maior o número de ocorrências;
- o horário de coleta dos dados mais eficiente foi o das 15:00 horas;
- o índice de EVAP/P, quando utilizado durante o ano completo, mostrou ser o mais eficiente para a área urbana do município de acordo com o *Skill score*;
- a exposição da vertente, que mais favorece a ocorrência de incêndios em vegetação foi a Norte, seguida de Oeste, Leste e Sul;
- o vento, morro a cima, favorece as ocorrências;
- áreas com vegetação herbácea, de conservação particular próxima à fluxos automotivos e de pedestres, são mais sujeitas às ocorrências de incêndios em vegetação;
- sugere-se o uso integrado dos valores meteorológicos ao invés do uso de um elemento isolado;
- recomenda-se a confecção de cartogramas de declividade, uso do solo e de exposição das vertentes ao Sol para geração de um mapa de fragilidade às ocorrências de incêndios em vegetação para o município.

Referências Bibliográficas

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária – UFPE, 1990. 115 p.

BATISTA, A. C. **Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná**. 1995. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. Curitiba: **Floresta**, v.30, n.1/2, p.45-54, 2000.

BROWN, J. K. et al. **Handbook for inventorying surface fuel and biomass in the Interior West**. Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982, p. 1-22. (General Technical Report, INT-129).

CARAPIÁ, V. R. **Predição do índice de risco de incêndios e modelagem computacional do comportamento do avanço da frente do fogo no Parque Nacional da Floresta da Tijuca**. 2006. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CERRI, L. E. S. e AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 586 p.

COUTO, E. A. e CÂNDIDO, J. F. **Incêndios florestais**. Viçosa: Imprensa Universitária – UFV, 1980. 101 p.

FIEDLER, N. C. et al. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do Distrito Federal: estudo de caso. Viçosa: **Revista Árvore**, vol.30 n.1, p.55-63, 2006.

HERDE, L. C. Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais para o Estado do Paraná. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF. **Anais...** Curitiba: FUPEF/SIF/IPEF, p.130-139, 1996.

HUGGET, R. J. **Geoecology: an evaluation approach**. Londres: Editora London, 1995. 320 p.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000.

IBGE. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. 332p.

JACOBI, L. F. **Queimadas acidentais em campo em Santa Maria – RS**. 2007. 57 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MACEDO, W. e SARDINHA, A. M. **Fogos florestais**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1985. 430 p.

MARTINS, S. V. e RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. São Paulo: **Revista Brasileira de Botânica**, v.22 n.3, p.405-412. 1999.

MUTCH, R. W. Wildland fires and ecosystems – a hypothesis. **Ecology**, v.51, n. 6, p. 104-151. 1970.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. 2005. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NUNES, J. R. S. *et al.* 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. Curitiba: **Floresta**, v.35 n.2, p.247-258. 2005.

NUNES, J. R. S. *et al.* Especificação de um sistema computacional integrado de controle de incêndios florestais. Curitiba: **Floresta**, v.36, n.2, p.201-211, 2006.

NUNES, J. R. S. *et al.* Ajuste da Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA+ para o estado do Paraná. Curitiba: **Floresta**, v.37, n.1, p.1-14, 2007.

OLIVEIRA, R. R; *et al.* Significado ecológico da orientação de encostas no Maciço da Tijuca. Rio de Janeiro: **Oecologia Brasiliensis**, vol 1, p. 523-541, 1995.

PEZZOPANE, J. E. M. *et al.* Risco de incêndio em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. Seropédica: **Floresta e Ambiente** v.8 nº1, p.167-166, 2001.

PJF. **Plano diretor de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Instituto de Pesquisa e Planejamento de Juiz de Fora, 1996.

RIBEIRO, G. A. e BONFIM, V. R. Incêndio florestal versus queima controlada. Viçosa: **Revista Ação Ambiental**, ano II, nº. 12. p. 8-11, 2000.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, v. 2. 1979. 374 p.

ROCHA, G. C. **Riscos ambientais: análise e mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2006. 126 p.

SAMPAIO, O. B. **Estudo comparativo de índices, para previsão de incêndios florestais, na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais.** 1991. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

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

SANTOS, J. F. *et al.* Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002. Curitiba: **Floresta**, v.36, nº1, p.93-100, 2006.

SILVA, J. C. da, *et al.* Avaliação de brigadas de incêndios florestais em unidades de conservação. Viçosa: **Revista Árvore**, vol.27 n.1, p.95-101. 2003.

SILVA, A. S. *et al.* Incêndios em vegetação entre 2000 e 2002, nas propriedades rurais limítrofes às rodovias pavimentadas do município de Jataí-GO. Jataí: **Revista Geoambiente**. nº2, 20p. 2004.

SOARES, R. V. Índice de perigo de incêndio. Curitiba: **Floresta**, v. 3, n. 3, p.19-40. 1972.

SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais.** Curitiba: ABEAS, 1984. 120 p.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo.** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1985. 213 p.

SOARES, R. V. Queimas controladas: pós e contras. In: I Fórum Nacional sobre Incêndios Florestais, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, p.6-10, 1995.

SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. Lavras: **Cerne**, v.4, nº.1, p.87-99. 1998.

SOARES, R. V. e PAEZ, G. Correlations between some meteorological factor and the occurrence of forest fire in the central Paraná region of Brasil. Curitiba: *Floresta*, 4(2):58-67, 1973. **Forestry Abstracts**, v.35, n.1, p.364, 1974.

SOARES, R. V. e SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. Curitiba: **Floresta**, v.32, n.2, p.219-232, 2003.

TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374 p.

VIEGAS, D. X. **Cercados pelo fogo**. Coimbra: Editorial Minerva, 2004. 283 p.

VOSGERAU, J. L. *et al.* Avaliação dos registros de incêndios florestais no Estado do Paraná no período de 1991 a 2001. Curitiba: **Floresta**, v.36, n.1, p.23-32, 2006.
