

AUTORES

FERNANDO COELHO EUGENIO E ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS

# INCÊNDIOS FLORESTAIS

EM FLORESTAS PLANTADAS

UMA ANÁLISE TEMPORAL, ESPACIAL  
E CASUAL DE SUAS OCORRÊNCIAS.

EDITORA  
CAUFES



CCAIE  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
AGROPECUÁRIAS E AMBIENTAIS

**FERNANDO COELHO EUGENIO  
ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS**

**INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FLORESTAS PLANTADAS:  
UMA ANÁLISE TEMPORAL, ESPACIAL E CAUSAL DE SUAS  
OCORRÊNCIAS**

**ALEGRE, ES  
CAUFES  
2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Eugenio, Fernando Coelho

Incêndios florestais em florestas plantadas [livro eletrônico] : uma análise temporal, espacial e causal de suas ocorrências / Fernando Coelho Eugenio, Alexandre Rosa dos Santos. -- Alegre, ES : Caufes, 2021.

PDF.

Bibliografia.

ISBN 978-65-86981-17-9

DOI: <https://doi.org/10.29327/552907>

1. Clima - Mudanças 2. Espírito Santo (ES) – Descrição 3. Incêndios florestais 4. Incêndios florestais - Prevenção e controle 5. Meteorologia 6. Topografia I. Santos, Alexandre Rosa dos. II. Título.

21-91942

CDD-634.9618

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Incêndios florestais : Engenharia florestal 634.9618

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

## **Apresentação:**

Um dos maiores problemas ambientais e financeiros em florestas plantadas que atormentam uma grande quantidade de países ao redor do globo atualmente, inclusive o Brasil, são os incêndios florestais. Tanto os de menores proporções quanto os mais devastadores deixam rastros de destruição que demoram anos e em alguns casos décadas para a região afetada se recuperar. Sendo assim, os incêndios florestais causam prejuízos socioambientais muitas vezes imensuráveis, o que faz com que seja imperativo a necessidade de se estudar e de conhecer de maneira detalhada suas principais causas, condições mais propícias de ocorrência e elementos interferentes.

Com o debate ambiental cada vez mais em voga e a necessidade de um conhecimento minucioso deste fenômeno, importantes pesquisas estão sendo desenvolvidos tendo os incêndios florestais como objeto de estudo, muitas delas tentam entender a correlação existente entre estes desastres naturais com a temperatura do ar, ou com a precipitação pluviométrica, alguns com a umidade relativa do ar, deficiência hídrica, variáveis topográficas, além também de se debruçarem nas ações antrópicas causadoras de incêndios criminais.

Um destes pesquisadores é o engenheiro florestal Fernando Coelho Eugenio que vem realizando importantes estudos nesta área de maneira a contribuir de forma significativa neste debate. Neste livro além de um resgate teórico bibliográfico, ele correlaciona teoria e prática em um estudo de caso realizados em áreas de florestas plantadas na costa centro-norte do estado do Espírito Santo e costa sul da Bahia onde a relação entre os incêndios florestais e as condições meteorológicas ainda são pouco compreendidas. Se propondo, portanto, a fazer uma análise integrada de diversos fatores que podem principiar um incêndio florestal de maneira temporal, espacial e causal, sempre partindo de uma discussão mais abrangente e conceitual e posteriormente focalizando em sua área de estudo dentro de diferentes cenários.

Tal leitura se mostra exponencial no cenário dos estudos científicos desta temática, servindo como grande aporte teórico para trabalhos que buscam correlacionar os aspectos naturais e sociais. Portanto, este livro se insere no bojo das discussões que se preocupam em fazer uma análise integrada resgatando e dialogando com fontes bibliográficas de suma importância para a área, contribuindo assim para o aprofundamento dos estudos teóricos e práticos.

MSc. Rafael Henrique Meneghelli Fafá Borges

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - Incêndios florestais e a temperatura do ar .....	9
1.1 Temperatura do ar: estudo de caso em áreas de florestas plantadas .....	11
CAPÍTULO 2 - Incêndios florestais e a precipitação pluviométrica.....	14
2.1 Precipitação: estudo de caso em áreas de florestas plantadas.....	16
CAPÍTULO 3 - Incêndios florestais e a umidade relativa do ar .....	21
3.1 Umidade relativa do ar: estudo de caso em áreas de florestas plantadas.....	22
CAPÍTULO 4 - Incêndios florestais e a deficiência hídrica.....	26
4.1 Deficiência hídrica: estudo de caso em áreas de florestas plantadas .....	27
CAPÍTULO 5 - Incêndios florestais e a ação antrópica .....	31
5.1 Ação antrópica: estudo de caso em áreas de florestas plantadas .....	33
CAPÍTULO 6 - Incêndios florestais e as variáveis topográficas.....	43
6.1 Variáveis topográficas: estudo de caso em áreas de florestas plantadas .....	44
REFERÊNCIAS .....	47

## **Dados dos autores**

*Dr. Fernando Coelho Eugenio*

Engenheiro Florestal e Engenheiro de Segurança do Trabalho, Mestre e Doutor em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFSM. Especialista em modelos de risco de incêndios florestais.

*Dr. Alexandre Rosa dos Santos*

Professor Titular da UFES. Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (1997), Licenciatura em em Letras (Português) pelo Instituto Superior de Educação Elvira Dayrell (ISEED) (2017), Licenciatura em Letras - Português e Inglês pela Universidade de Franca (UNIFRAN). Especialização em Metodologia Ensino da Língua Portuguesa e Inglesa pela Universidade Candido Mendes (UCAM) (2016), Mestrado em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999), Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2001) e Pós-doutorado em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Viçosa (2016).

## INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais podem ser definidos como sendo um processo de combustão não controlada que se propaga livremente, consumindo os combustíveis naturais de uma floresta, tais como: serrapilheira, gramíneas, folhas, troncos e galhos mortos e até mesmo a vegetação viva, dependendo da intensidade. Devido às diferentes combinações dos combustíveis, clima e topografia, esse fogo pode permanecer somente como um pequeno ponto de combustão lenta ou pode rapidamente se desenvolver num fogo de grandes proporções (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Os incêndios florestais são resultantes de uma complexa interação entre os fatores do clima, da vegetação, da topografia e socioeconômicos (BEDIA et al., 2012). A relação existente entre as variáveis meteorológicas (temperatura do ar, precipitação, umidade relativa, velocidade do vento, dentre outras) e os incêndios florestais (ocorrência, propagação, área queimada, dentre outros) sempre foi objeto de pesquisa de inúmeros investigadores por todo o mundo. Segundo Viegas et al. (1999), essa busca vem desde o início da ciência do fogo.

A relação existente entre os incêndios florestais e as variáveis meteorológicas persiste enquanto objeto de investigação de pesquisadores de todo mundo, uma vez que, as variações dos dados meteorológicos podem ser observadas pela ótica temporal, espacial e temática, sendo a última, quando há a mudança de uso e cobertura da terra.

A umidade relativa do ar, a temperatura, e/ou a precipitação, estão presente nos principais modelos de risco de incêndio, como por exemplo: Fire Weather Index, Forest Fire Danger Index, Fórmula de Monte Alegre, Fórmula de Monte Alegre Modificada, Índice de Angstrom, Índice de Nesterov, e Risco de Fogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tais variáveis meteorológicas, são abordadas também com sua correlação com os incêndios, nos trabalhos realizados no Brasil por Silva (2004), Medeiros e Fiedler (2004), Nunes et al. (2005), Torres e Ribeiro (2008), Sousa et al. (2008), Tetto et al. (2010), Torres et al. (2011).

Oliveira et al. (2012) e San-Miguel-Ayanz et al. (2013) afirmam que a ocorrência de incêndios florestais é relacionada a uma junção de fatores, tais como: topografia, clima e infraestruturas (estradas, densidade populacional, uso da terra, etc.), o que pode proporcionar uma maior ou menor susceptibilidade a ocorrência.

No Brasil, apenas no final da década de 1990 os incêndios florestais começaram a ser tratados como um problema ambiental, em decorrência dos prejuízos, ambientais e

financeiros, causados pela utilização incorreta e indiscriminada do fogo ao longo da história (SOARES; BATISTA; NUNES, 2009). Em consonância, Bontempo et al. (2011) relatam que muitas unidades de conservação do país e, até mesmo, algumas empresas florestais não apresentam um histórico dos registros de ocorrência dos incêndios, ou, quando possuem, estes exibem falhas significativas em seu preenchimento. Tal ausência de registros dificulta uma compreensão mais ampla dos incêndios florestais, visto que, séries temporais, a nível de clima, são praticamente inexistentes ou pouco confiáveis.

Para a área de florestas plantadas na costa norte do Espírito Santo e costa sul da Bahia, destacam-se os estudos de Santos (2004); Borges et al. (2011); Krause (2013) e Giacomini (2014). Não obstante, apesar da realização dos estudos supracitados, a relação entre os incêndios florestais e as condições meteorológicas ainda é pouco compreendido na área de estudo.

Portanto, o presente livro tem por objetivo analisar como as relações entre as variáveis meteorológicas e físicas do terreno se correlacionam com os parâmetros de ocorrência dos incêndios florestais na costa centro-norte do estado do Espírito Santo e costa sul da Bahia, de maneira temporal, espacial e causal. Para o melhor entendimento da relação existente entre os focos de calor e as condições meteorológicas, o presente livro será dividido em capítulos, sendo eles: Capítulo 1 - incêndios florestais e a temperatura; Capítulo 2 - incêndios florestais e a precipitação; Capítulo 3 - incêndios florestais e a umidade relativa do ar; Capítulo 4 - incêndios florestais e a deficiência hídrica; Capítulo 5 - incêndios florestais e a ação antrópica; e, Capítulo 6 - incêndios florestais e as variáveis topográficas.

## **CAPÍTULO 1 - Incêndios florestais e a temperatura do ar**

Sabe-se que, para a ocorrência do processo de combustão, é necessária a presença de uma fonte de calor, a fim de elevar a temperatura do material combustível ao ponto de ignição (SOARES; BATISTA, 2007). Segundo a Lei de Stefan-Boltzman, a quantidade de energia total emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (DAHMEN, 2006), ou seja, a energia de um corpo está diretamente relacionada com a temperatura do mesmo. Logo, ao avaliar fisicamente o processo de combustão, constata-se que, quanto maior for a temperatura do ar e do material combustível, maior a possibilidade da ocorrência de um incêndio.

Soares e Batista (2007) afirmam que a temperatura, tanto do material combustível como do ar atmosférico, afeta direta e indiretamente a probabilidade de ocorrência e de, principalmente, o potencial de propagação dos incêndios florestais. Quanto mais aquecido estiver o ar atmosférico e o material combustível, menor será a quantidade de calor necessária para iniciar o processo de combustão.

Sharples et al. (2009) relatam que as variáveis meteorológicas temperatura do ar e umidade relativa do ar atuam diretamente no teor da umidade do material combustível. Estes autores afirmam que o calor gerado pelo aumento da temperatura entra em contato com o material combustível, diminui sua umidade e, por consequência, o coloca disponível para entrar em processo de combustão.

É importante ressaltar que Sharples et al. (2009) salientam que o teor de umidade do material combustível não é somente afetado pelo aumento de temperatura, mas também por vários processos físicos, como a mudança de vapor d'água presente no ar e a presença de precipitação pluviométrica.

Beserra Neta e Silva (2004) ao estudarem sobre a influência dos elementos climáticos e a variação da ocorrência de focos de calor no estado de Roraima, concluíram

que a ocorrência de focos de calor no estado aumenta no período de novembro a abril. Isto se dá devido a índices de precipitação reduzida, umidade relativa do ar e elevação da temperatura, condições propícias à propagação de fogo de forma não controlada na cobertura vegetal.

Justino et al. (2002) descreveram sobre a relação entre os focos de calor e as condições meteorológicas no Brasil. A evolução temporal indica um comportamento sazonal entre os focos de calor e os níveis máximos de precipitação e de umidade relativa, com aproximadamente seis meses de defasagem, porém concomitantemente os dados de temperaturas máximas.

Entretanto, há estudos que indicam que a temperatura não está correlacionada diretamente com a ocorrência de focos de calor, como pode ser visto em Machado et al. (2014) e Torres et al. (2011).

Machado et al. (2014), ao avaliarem o efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-Mato Grosso, verificaram que os maiores valores de temperatura ocorreram na transição entre a estação seca e chuvosa (setembro-outubro), com maior variabilidade na estação seca, enquanto que os maiores valores de queimadas e focos de calor ocorreram no final da estação seca (agosto-setembro). Assim, não apresentou relação direta entre temperatura e focos de calor.

Torres et al. (2011) corroboram com o estudo supracitado, pois, obtiveram baixos índices de correlação entre as ocorrências de incêndios e os elementos meteorológicos. Estes autores indicaram a necessidade de incorporar mais de uma variável nos modelos preditivos.

### 1.1 Temperatura do ar: estudo de caso em áreas de florestas plantadas

Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar a relação existente entre a temperatura do ar e as ocorrências de incêndios florestais em florestas plantadas. Na Figura 3 têm-se a distribuição da temperatura média do ar e o número médio de ocorrências de incêndios florestais pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo e na Figura 4 têm-se os gráficos da autocorrelação entre temperatura média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.

Figura 3 – Gráfico da distribuição da temperatura média (Temp) e o número médio de ocorrência de incêndios florestais (Oc.m) pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo.

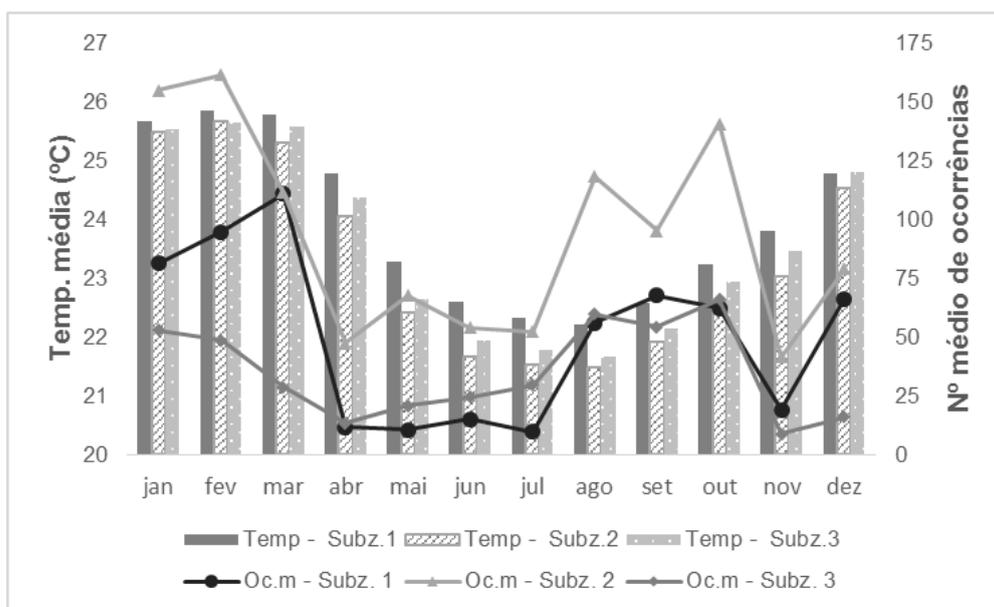
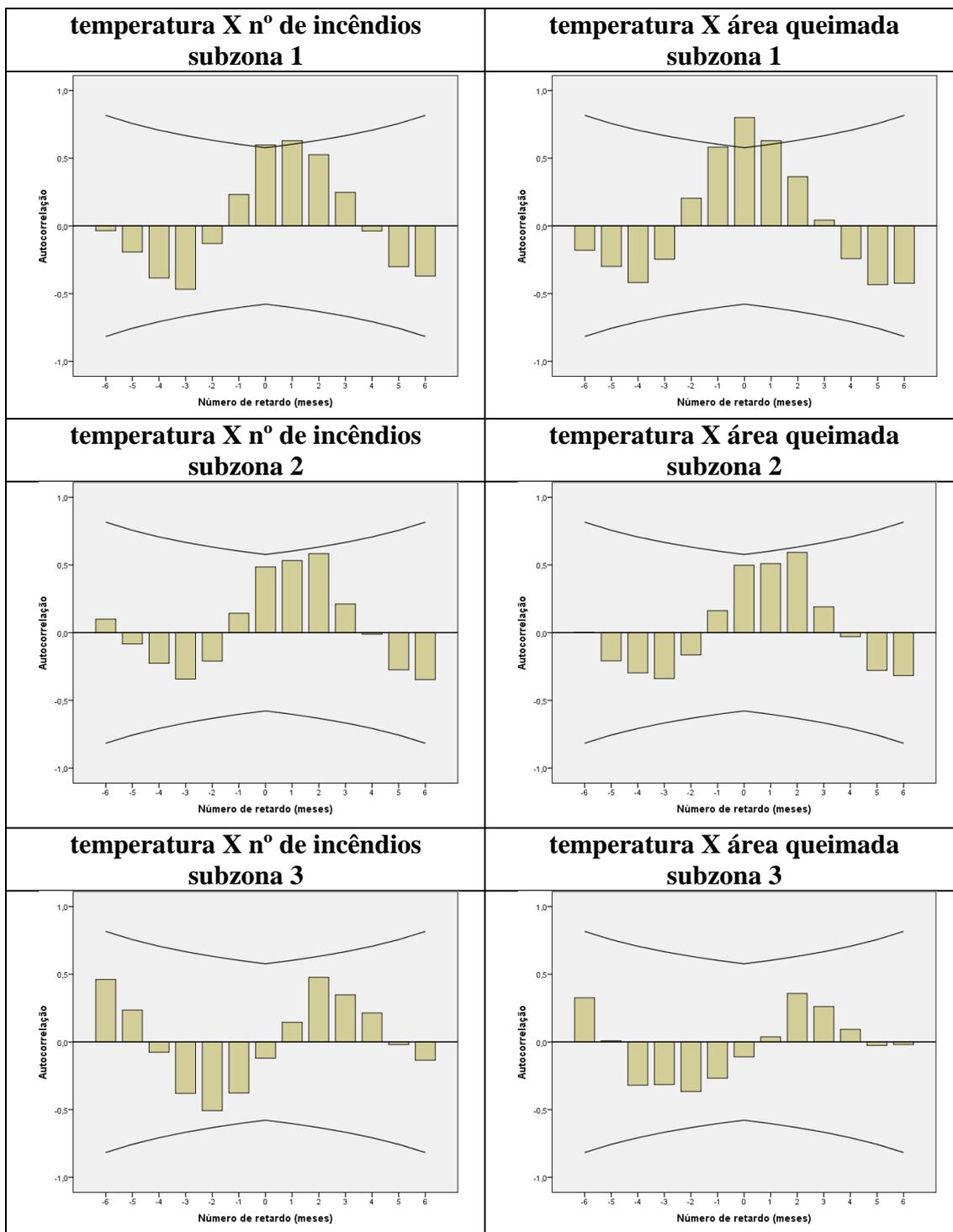


Figura 4 – Gráficos da autocorrelação entre temperatura média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.



É possível analisar que a temperatura média mensal do ar começa a decair nos meses pertencentes ao fim do outono (abril e maio), têm seus menores valores nos meses de inverno (junho, julho e agosto) e volta a subir com o início da primavera (setembro), tendo seus maiores valores no fim do verão (fevereiro), para todas subzonas. Agrega-se a

essa informação, que a subzona 1 possui maior temperatura média em todas as estações do ano, já a subzona 2, têm as menores temperaturas.

Conforme Eugenio et al. (2016), quanto maior for a temperatura média, maior é o risco de ocorrência de um incêndio florestal. Entretanto, não observa esse comportamento quando se compara a temperatura média com a média do número de ocorrências na área de estudo. Evidencia-se assim que a temperatura média dos meses não responde de maneira direta a ocorrência ou não de incêndios florestais, podendo a mesma influenciar de maneira indireta a ocorrência.

Observa-se um comportamento distinto dentro da área de estudo, principalmente na subzona 2, pois, apesar de apresentar uma média de temperatura menor em todas as estações do ano, a mesma apresenta maiores valores médios de ocorrência de incêndios florestais em todos os meses.

A análise estatística por meio do coeficiente de *Pearson*, mostrou uma alta correlação positiva entre a temperatura média mensal e o número de incêndios médio mensal para a subzona 1 ( $r= 0,598$ ,  $p<0,040$ ) e também com a área queimada média mensal ( $r= 0,800$ ,  $p<0,002$ ). A correlação cruzada (Figura 4) apresenta resultados semelhantes, para o período de retorno igual a zero, ou seja, a temperatura média de cada mês da subzona 1 se correlaciona positivamente e de forma direta dentro próprio mês, sem apresentar nenhum período de retardo para seu acontecimento dentro do período analisado.

Para a subzona 2, a análise do coeficiente de *Pearson* revelou uma média correlação positiva entre a temperatura média mensal e o número de incêndios médio mensal ( $r= 0,485$ ,  $p<0,110$ ) e também com a área queimada média mensal ( $r= 0,497$ ,  $p<0,100$ ). Resultado semelhante foi obtido para a correlação cruzada, como pode ser visualizado na Figura 4.

Já para a subzona 3, a análise estatística por meio do coeficiente de *Pearson*, mostrou uma baixa correlação positiva entre a temperatura média mensal e o número de incêndios médio mensal para a subzona 1 ( $r= 0,119$ ,  $p<0,713$ ) e também com a área queimada média mensal ( $r= 0,110$ ,  $p<0,733$ ). Obtendo assim, a menor taxa de correlação entre as subzonas para os incêndios florestais, ocorrência e área queimada, e a temperatura.

## **CAPÍTULO 2 - Incêndios florestais e a precipitação pluviométrica**

A precipitação pluviométrica está direta e indiretamente correlacionada com a ocorrência ou não de incêndios florestais. A quantidade e distribuição da precipitação, segundo Soares e Batista (2007), são importantes fatores na determinação do início, duração e fim da época ou estação de maior perigo de incêndio.

Pausas (2004), Zumbrunnen et al. (2009), Oliveira et al. (2012), Ganteaume & Jappiot (2013), Turco et al. (2013) e Xystrakis et al. (2014) relatam que a precipitação acumulada, em um determinado período, poderá atuar, de maneira indireta, no aumento do número de incêndios em um período futuro, uma vez que, como relatado por Moreno et al. (2015), com uma maior precipitação ter-se-ia uma maior produção de matéria orgânica e, conseqüentemente, um maior acúmulo de material combustível, entretanto, vale ressaltar que ainda não se tem provado esta relação.

Soares et al. (2008) relatam que se a precipitação pluviométrica mensal for uniforme durante todo o ano, sem estações de seca definidas, o potencial de ocorrência de incêndios florestais é menor se comparado aos locais onde existem precipitação concentrada em um período do ano e, conseqüentemente, uma estação de seca bem definida.

Coutinho et al. (2002) relatam que, na estação seca (julho a outubro) nas regiões Amazônica e Brasil Central, ocorre um número elevado de queimadas, por causas antropogênicas, em áreas de Cerrado e de Floresta Tropical.

Beserra Neta e Silva (2004) afirmam que, para o período de (maio a agosto) observa-se uma redução significativa da incidência de focos de calor no estado de Roraima, pois, nesse período, registram-se os maiores índices pluviométricos, ocorrendo um decréscimo na sua distribuição na orientação Oeste/Leste de 2.500mm para 1.500mm. Associado ao aumento da precipitação, ocorre a elevação da umidade relativa do ar, que se mantém em torno de 75%

Fiedler et al. (2006) fizeram a análise da ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), estado de Goiás, no período de 1992 a 2003, baseando-se nos mapas de focos de calor cedidos pelo INPE e os dados dos relatórios de ocorrência de incêndios na Unidade de Conservação. Constataram que a época de maior ocorrência de incêndios no PNCV encontra-se entre os meses de julho e setembro (período seco), sendo setembro o mês mais crítico, seguido do mês de agosto e julho respectivamente. Os incêndios nesse período correspondem a 64% do total das ocorrências de incêndios.

Silva e Silva (2006) realizaram um estudo sobre os problemas sociais e ambientais decorrentes da prática de queimadas na cidade de Araguaína, em Tocantins. Afirmam que os meses de agosto e setembro apresentam a maior incidência de focos de calor, fato que se deve ao período de estação seca aliado a ausência de chuvas na região.

Granemann e Carneiro (2009) produziram sua pesquisa com base no monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas do INPE para o estado do Paraná. Estes autores constataram que o período das secas apresenta o maior número de focos, com destaque para os meses de agosto e setembro, que respondem por 80,5% dos casos ocorridos em 2000, 64,3% em 2001, 53,3% em 2002, e 51,2% em 2003.

Torres et al. (2011) constataram que o número de incêndios em dias com precipitação pluviométrica inferior a 3 mm ou dias não precedidos de chuva nos últimos cinco dias, aumentou à medida que houve incremento da temperatura, da insolação e da evaporação e diminuição da umidade relativa do ar. Relatam que 96% dos incêndios ocorreram em dias em que a evaporação foi maior que a precipitação e, quanto mais dias não se observava precipitação, maior foi o percentual de dias com pelo menos uma ocorrência.

Pereira et al. (2012) realizaram a validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas em seis unidades de conservação no norte do estado

de Minas Gerais. Afirmam que, em função das características climáticas da região, onde o período de menor precipitação foi durante os meses de maio a setembro, os incêndios são recorrentes nos períodos de baixa umidade relativa do ar e baixa precipitação pluviométrica.

Segundo INPE (2015), durante o período de junho a novembro, grande parte do país é acometido por queimadas que se estendem praticamente por todas as regiões, com maior ou menor intensidade.

Caldas et al. (2014), ao analisarem os focos de queimadas no Parque Estadual do Mirador, estado do Maranhão, encontraram a maior quantidade de focos nos anos de 2007 e 2012, o que apresentou relação com a diminuição da precipitação e da umidade do ar nesses anos.

Machado et al. (2014) encontraram para o período de seca (abril-setembro) 91,25% e 90,23% da média de ocorrências de queimadas (728,4) e registros de focos de calor (290,2), respectivamente, enquanto o período de chuva (outubro-março) correspondeu a 8,74% e 9,76% da média de ocorrências de queimadas (69,8) e registros de focos de calor (31,4), respectivamente

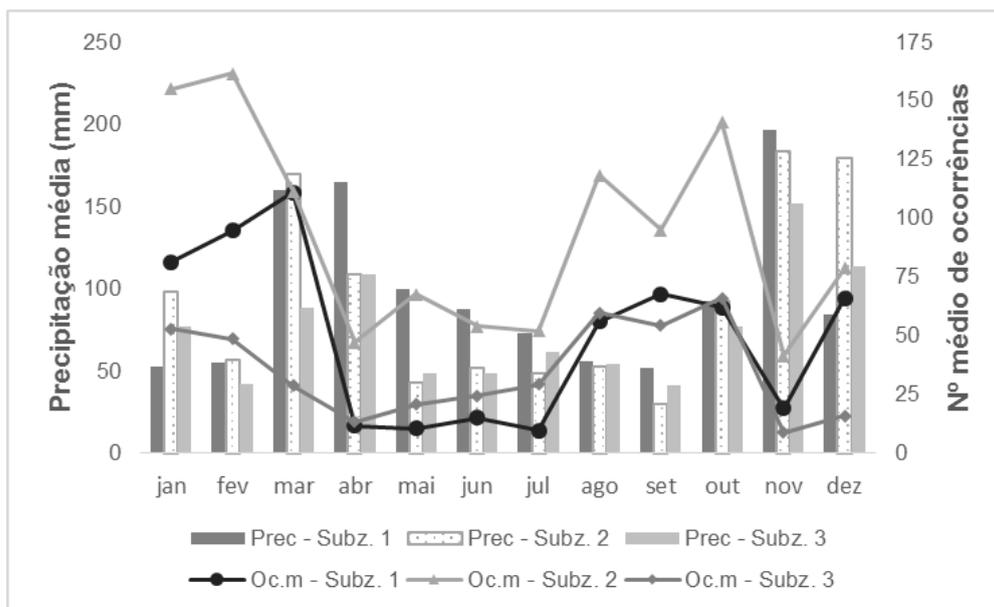
A precipitação pluviométrica pode atuar de várias formas na ocorrência, ou não, de incêndios florestais. Zumbrunnen et al. (2009), Oliveira et al. (2012) e Ganteaume e Jappiot (2013) afirmam que a ausência de precipitação, ou a precipitação abaixo da média, durante o período de secas, aumenta os riscos de incêndios calculados. Entretanto, caso haja uma precipitação maior que a média, no período que antecede a seca nas áreas de cultivo, poderá acarretar um aumento de material combustível disponível para queima, aumentando o risco.

## **2.1 Precipitação: estudo de caso em áreas de florestas plantadas**

Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar a relação existente entre a precipitação pluviométrica e as ocorrências de incêndios florestais em florestas

plantadas. A Figura 5 ilustra a distribuição da precipitação média e o número médio de ocorrências de incêndios florestais pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo.

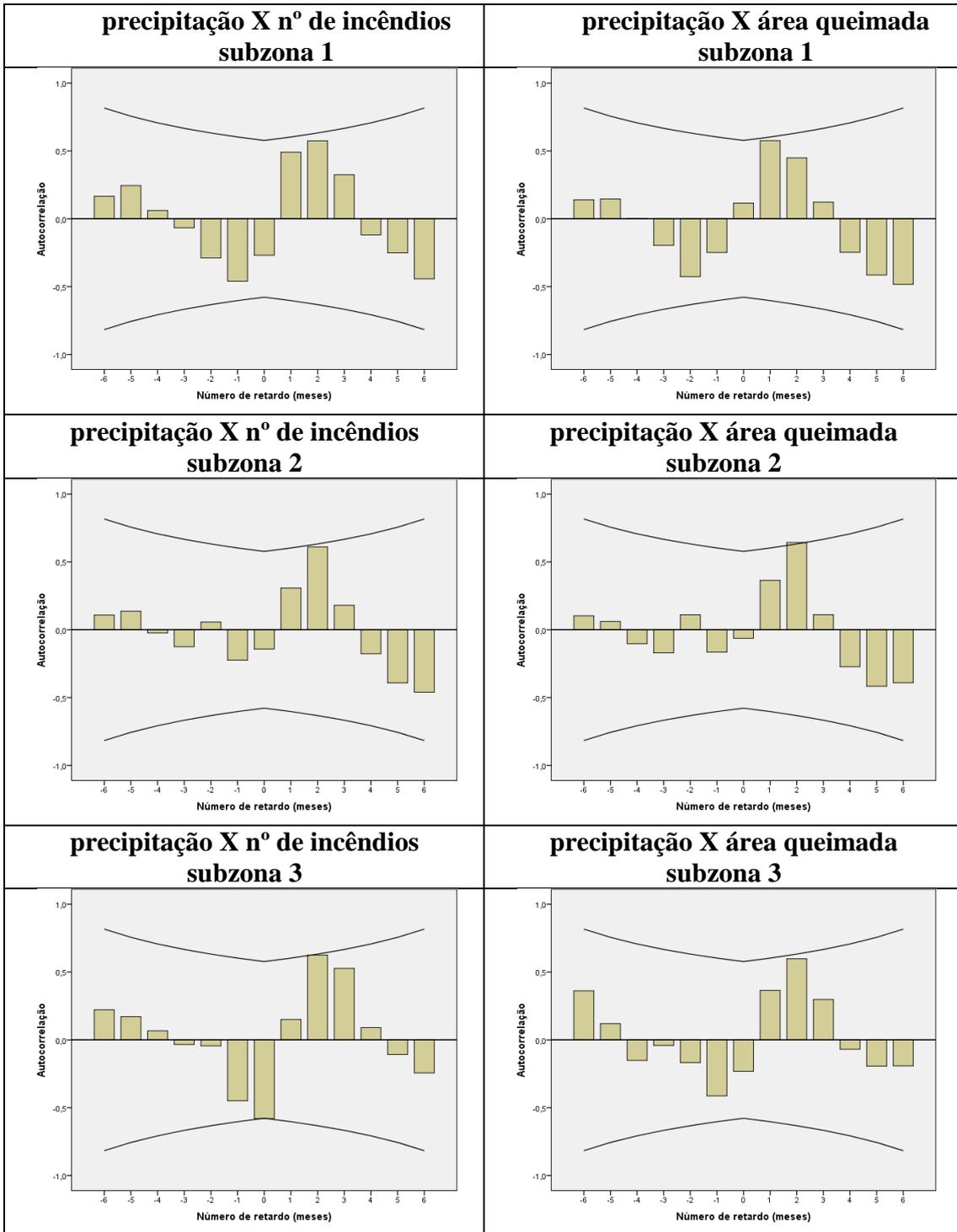
Figura 5 – Gráfico da distribuição da precipitação média (P) e o número médio de ocorrência de incêndios florestais (Oc.m) pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo.



A precipitação acumulada média anual é de 1.175mm, 1.115mm e 914mm para as subzonas 1, 2 e 3, respectivamente. A distribuição através dos meses evidencia que os meses de março, abril, novembro e dezembro possuem os maiores valores de precipitação média para todas as subzonas, e que a ocorrência de incêndios nas subzonas decresce de forma abrupta entre os meses de março e abril para todas as subzonas.

Na Figura 6 têm-se os gráficos da autocorrelação entre precipitação média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.

Figura 6 – Gráficos da autocorrelação entre precipitação média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.



Pela física do processo de combustão, associada ao fato do imenso valor energético necessário para iniciar um fogo em condições de precipitação, pode-se afirmar que quanto maior for os valores médios de precipitação, menor será a probabilidade de ocorrência. Em condições de campo, as médias podem não serem tão factíveis, uma vez que, a precipitação mensal esperada pode ser mal distribuída pelo mês e esse fato gerar um período de seca, resultando assim, em uma época propícia para ocorrência de incêndios dentro daquele mês.

Tal fato, pode ser a razão, dentro da época estudada e em ambas subzonas, para a variação não proporcional entre os meses com menor precipitação e maior ocorrência de incêndios florestais, apesar de apresentar uma maior tendência de ocorrer incêndios quanto menor for a precipitação média acumulada, ou seja, em relação a precipitação, também não é possível fazer uma relação direta com a maior ocorrência ou não de incêndios florestais.

A análise estatística por meio do coeficiente de *Pearson*, mostrou uma baixa correlação negativa entre a precipitação média mensal e o número de incêndios médio mensal para as subzonas 1 e 2 ( $r = -0,269$ ,  $p < 0,398$ ;  $r = -0,142$ ,  $p < 0,659$ ,) e uma baixa correlação positiva com a área queimada média mensal para a subzona 1 ( $r = 0,115$ ,  $p < 0,722$ ), e uma baixa correlação negativa para a subzona 2 ( $r = -0,063$ ,  $p < 0,847$ ).

Já para a subzona 3, a análise estatística por meio do coeficiente de *Pearson*, mostrou uma alta correlação negativa entre a precipitação média mensal e o número de incêndios médio mensal para a subzona 3 ( $r = -0,580$ ,  $p < 0,048$ ) e uma baixa correlação negativa com a área queimada média mensal ( $r = -0,231$ ,  $p < 0,469$ ).

Para a correlação cruzada (Figura 6), também não houve uma correlação estatística entre a precipitação acumulada de cada mês e os incêndios florestais (número de ocorrências e área queimada) para ambas subzonas, exceto para a subzona 3 que houve uma correlação negativa entre número de ocorrência e precipitação média mensal. Neste

caso, observa-se que existe uma ação imediata, de forma negativa, da precipitação frente aos incêndios florestais, ou seja, a precipitação acumulada média mensal desfavorece a ocorrência dos incêndios florestais dentro do próprio mês.

Outro fato observado, foi a relação positiva encontrada em um período de retardo igual a dois meses para a subzona 2 e 3. Esse acontecimento pode ser atribuído a dois fatores: a) um acúmulo do material combustível após as chuvas, uma vez que a maior parte do ano possui um déficit hídrico para a área, ou b) o período de incêndios florestais, pois na área de estudo têm-se a presença de dois picos de ocorrências e esse período poderia explicar os meses entre o fim das chuvas e o próximo pico de ocorrências.

Esse fato pode estar relacionado ao que foi descoberto pelo trabalho de Pausas (2004), o qual encontrou relação positiva entre os valores da precipitação da época de chuvas e a área queimada dos incêndios florestais em um período de retardo igual a dois anos. Entretanto, para uma análise mais consistente dos possíveis períodos de retorno, deve-se ter um maior volume de dados dos incêndios florestais e uma análise alométrica das vegetações encontradas na área de estudo.

### **CAPÍTULO 3 - Incêndios florestais e a umidade relativa do ar**

A umidade relativa do ar é, isoladamente, um dos mais importantes fatores na propagação de incêndios florestais, principalmente nas regiões onde a ocorrência de incêndios é maior no inverno e na primavera, como ocorre em maior parte do Brasil (SOARES et al., 2008).

Deppe et al. (2004) descrevem que, com a umidade do ar baixa, a propensão dos incêndios florestais aumenta, uma vez que o ar mais seco propicia uma maior evapotranspiração em decorrência do aumento do déficit de pressão de vapor da atmosfera, ou seja, há uma relação inversa entre a umidade relativa do ar e os incêndios florestais.

Nunes et al. (2005) relatam que a umidade atmosférica é elemento decisivo nos incêndios florestais, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, havendo troca constante de umidade entre a atmosfera e os combustíveis mortos.

A baixa umidade proporciona um déficit na formação da nebulosidade, favorecendo uma maior atuação da radiação solar sobre a superfície, esta, por sua vez, eleva a temperatura do ar, ajudando também a propensão de ocorrência do fogo (TORRES, 2008).

Torres et al. (2011) ao estudarem as possíveis correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, relatam que a umidade relativa do ar foi o elemento meteorológico que melhor se correlacionou com as ocorrências de incêndios florestais na área estudada. Os autores afirmam ainda que a temperatura do ar e a umidade relativa do ar medidas às 15h apresentaram melhor correlação com o número de incêndios do que valores médios diários desses parâmetros medidos às 13 h.

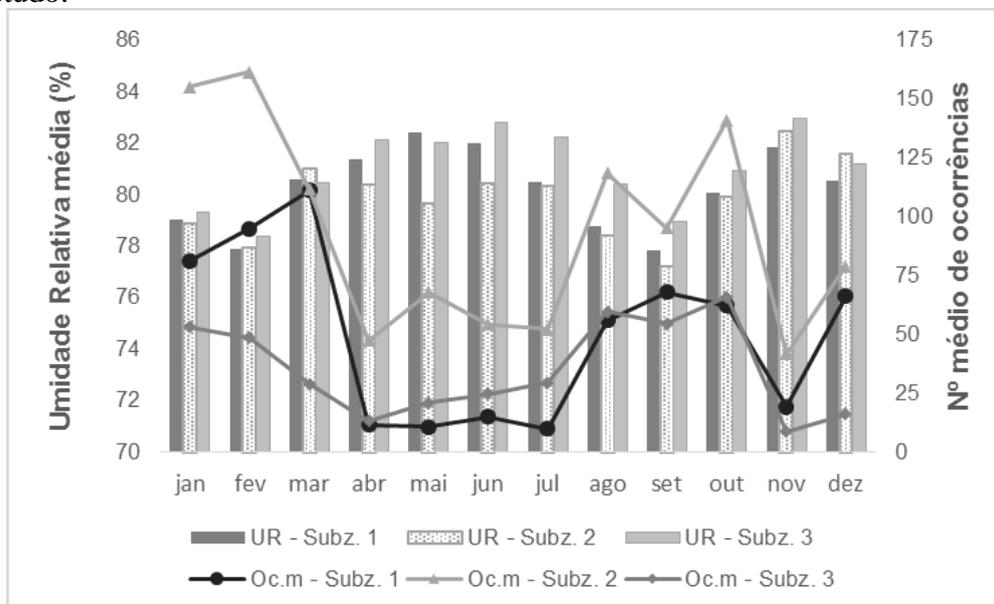
Caldas et al. (2014) afirmam que, com a diminuição da umidade relativa do ar, os

focos de queimadas aumentaram. Entre janeiro e junho do ano de 2012, o número de focos foi zero, entretanto, no mês de julho, no qual se constatou um declínio de 70% para 58% na umidade relativa do ar, o número de focos elevou-se para 1.500 focos.

### 3.1 Umidade relativa do ar: estudo de caso em áreas de florestas plantadas

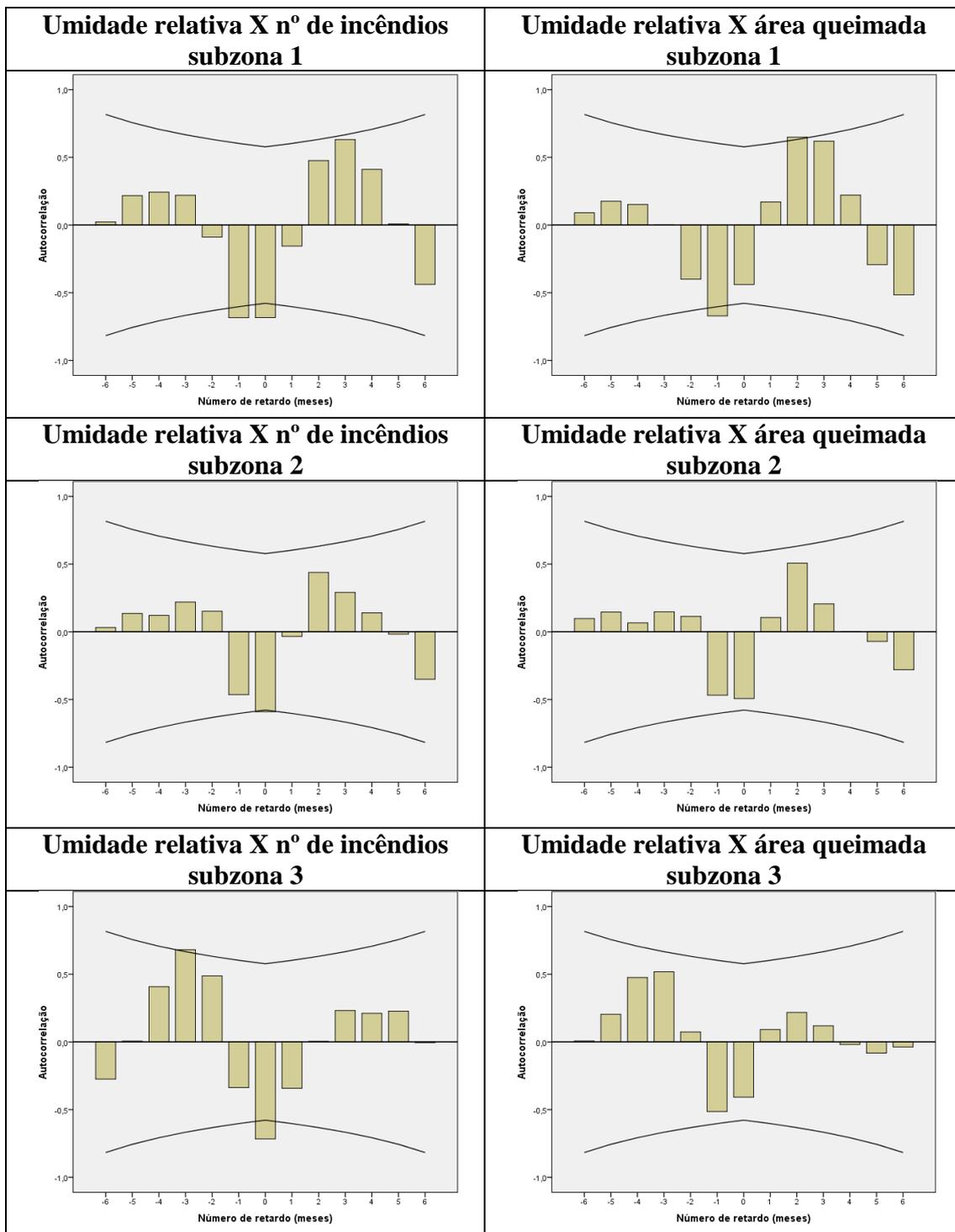
Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar a relação existente entre a umidade relativa do ar e as ocorrências de incêndios florestais em florestas plantadas. Na Figura 7 têm-se a distribuição da umidade relativa média e o número médio de ocorrências de incêndios florestais pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo. A umidade relativa média é de 80,24%, 79,85% e 81,00% para as subzonas 1, 2 e 3, respectivamente, sendo seus menores valores encontrados nos meses de setembro para as subzonas 1 e 2, e fevereiro para a subzona 3.

Figura 7 – Gráfico da distribuição da umidade relativa média (UR) e o número médio de ocorrência de incêndios florestais (Oc.m) pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo.



Na Figura 8 têm-se os gráficos da autocorrelação entre umidade relativa média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.

Figura 8 – Gráficos da autocorrelação entre umidade relativa média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.



Conforme descrito por Van Wagner (1987), assim como outros autores, a umidade relativa do ar está diretamente correlacionada com a umidade do material combustível. Esta, por sua vez está correlacionada com a possibilidade de ocorrência ou não de ignição

de um fogo, bem como com o comportamento deste.

Apesar da pouca variabilidade média encontrada na umidade relativa do ar para o período analisado, observa-se, de modo geral, um comportamento de relação inversa entre os meses com maior umidade e menor ocorrência de incêndios florestais para todas subzonas. Em uma análise preliminar, pode-se afirmar que, em relação as subzonas, encontra-se, comumente, um maior número de ocorrências quando a subzona possui a menor média da umidade relativa do ar.

Na Figura 8 pode-se observar a autocorrelação entre umidade relativa média mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.

A análise do coeficiente de *Pearson* mostrou uma alta correlação negativa entre a umidade relativa média mensal e o número de incêndios médio mensal para a subzona 1 ( $r = -0,683$ ;  $p < 0,140$ ) e uma média correlação negativa para a área queimada média mensal ( $r = -0,439$ ;  $p < 0,153$ ). Fato similar ocorreu para as demais subzonas, considerando que para a subzona 2, a análise do coeficiente de *Pearson* revelou uma alta correlação negativa entre a umidade relativa média mensal e o número de incêndios médio mensal ( $r = -0,590$ ,  $p < 0,043$ ) e uma média correlação negativa para a área queimada ( $r = -0,493$ ;  $p < 0,104$ ). Para a subzona 3 identificou-se uma alta correlação negativa entre a umidade relativa média mensal e o número de incêndios médio mensal ( $r = -0,716$ ,  $p < 0,009$ ) e uma média correlação negativa para a área queimada média mensal ( $r = -0,407$ ;  $p < 0,189$ ).

Em consonância com a análise bivariável retratada pelo coeficiente de *Pearson*, a correlação cruzada (Figura 8) apresentou correlação estatística negativa entre a umidade relativa média de cada mês e os incêndios florestais (número de ocorrências e área queimada) para ambas subzonas. Observa-se que existe uma ação imediata, de forma negativa, da umidade relativa média do mês frente aos incêndios florestais, ou seja, a umidade relativa média mensal desfavorece a ocorrência e as áreas queimadas pelos

incêndios florestais dentro do próprio mês.

Também se observa a relação positiva encontrada em um período de retardo igual a dois meses para a subzona 1, igualmente observado na análise da precipitação. Entretanto, acredita-se que essa relação seja causada pela alta relação existente entre precipitação e umidade relativa.

## **CAPÍTULO 4 - Incêndios florestais e a deficiência hídrica**

Littel et al. (2011) relatam em seu estudo que que períodos prolongados de risco de incêndio florestal se correlacionam fortemente com o déficit hídrico, durante a estação de incêndios em grande parte do Oeste dos Estados Unidos de 1984 a 2010.

Rocha et al. (2004) avaliaram em seu estudo o período de maior risco de incêndio florestal na região de Barreiras, Bahia, relacionando a deficiência hídrica acumulada e a Fórmula de Monte Alegre. Os autores relataram que é possível estimar, o risco de incêndio a partir dos dados da DEF acumulada

Rocha et al. (2004) afirmam que a análise do balanço hídrico climático, geralmente, está vinculada a baixas precipitações pluviais, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, que, simultâneas, são condições favoráveis à ocorrência de incêndios.

Prudente (2010 e 2016) relata que a deficiência hídrica se relaciona com incêndios florestais na medida em que ela é consequência de um período contínuo ou transitório de seca. Por isso, quanto maior a deficiência hídrica, maior foi o peso de suscetibilidade ao fogo.

Diversos autores utilizam a deficiência hídrica como parâmetro para seus modelos de riscos de incêndios florestais. Prudente (2016), em seu estudo, dotou-se da deficiência hídrica como uma das variáveis, para elaborar uma metodologia de modelagem do risco de incêndio florestal em áreas de Cerrado, em que áreas com deficiência hídricas maiores que 80mm, eram consideradas como alta susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais. Já em Santos, Louzada e Eugenio (2010), as áreas com elevada susceptibilidade de ocorrências eram acima de 30 mm. Em Eugenio (2016) essas áreas deveriam ter déficits hídricos superiores à 130mm.

Sentelhas et al. (2001) descreveram que os períodos de maior ocorrência dos incêndios florestais são nos meses do ano em que as condições ambientais ficam

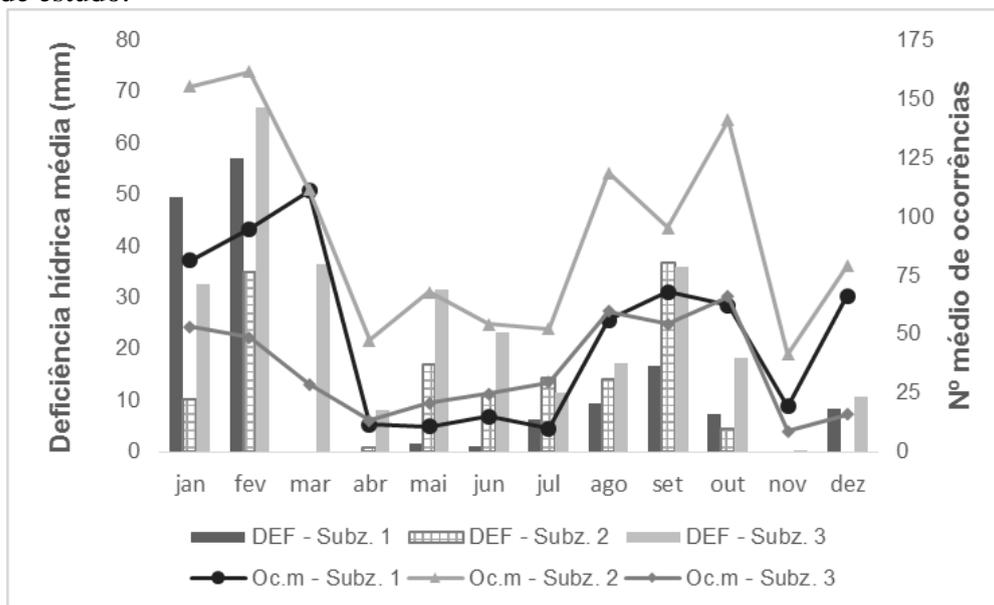
favoráveis. Portanto, sob tais condições, os riscos de incêndios são elevados e seu agravamento se dá quanto maior for a sequência de dias sob as condições favoráveis. Esses períodos são facilmente detectáveis através do balanço hídrico regional, sendo esse, de acordo com Batchelder & Hirt (1966), uma alternativa para o monitoramento do risco. Soares (1985) afirma que existe uma forte correlação entre incêndios e prolongados períodos de seca, visto que, nos períodos de seca prolongada o material cede umidade ao ambiente, tornando as condições extremamente favoráveis às ocorrências de incêndios.

Fischer et al. (2012) estudaram os padrões do incêndio na região semiárido da Argentina, a partir dos dados provenientes do satélite MODIS. Os autores afirmam que a estação mais afetada pelos incêndios era o final do inverno e início da primavera, período de déficit de água, causada pelo aumento da temperatura do ar.

#### **4.1 Deficiência hídrica: estudo de caso em áreas de florestas plantadas**

Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar a relação existente entre a deficiência hídrica e as ocorrências de incêndios florestais em florestas plantadas. Na Figura 9 têm-se a distribuição da deficiência hídrica média e o número médio de ocorrências de incêndios florestais pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo.

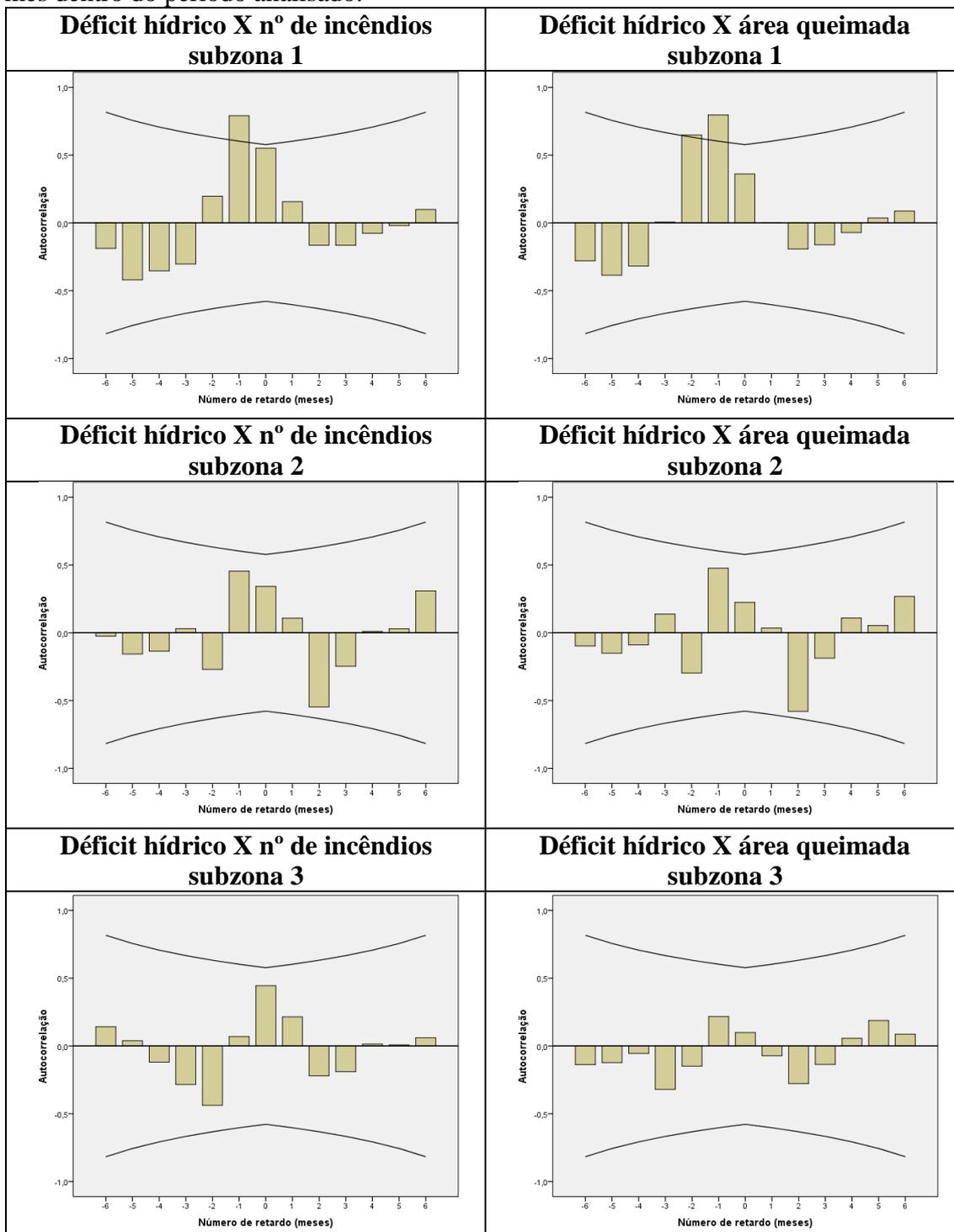
Figura 9 – Gráfico da distribuição da deficiência hídrica média (DEF) e o número médio de ocorrência de incêndios florestais (Oc.m) pelos meses do ano, para cada subzona na área de estudo.



É possível notar que a subzona 3 apresenta os maiores valores de deficiência hídrica e de número de ocorrência de incêndios florestais, sendo que tal subzona possui a maior deficiência hídrica acumulada para a área de estudo com 292,0mm, seguida da subzona 1, com 157,5mm, e, por último, a subzona 2, com 143,6mm.

Com o início das chuvas no fim de março e abril, diminui esse déficit, porém, como a demanda da evapotranspiração e a baixa precipitação no período de maio a setembro, têm-se, para as subzonas, um aumento gradativo no déficit hídrico, o qual se eleva no mês de setembro, e praticamente chega a zero com as chuvas de novembro e dezembro, voltando a subir de forma abrupta nos meses de janeiro e fevereiro para as subzonas 1 e 3, e de forma gradativa para a subzona 2. Na Figura 10 têm-se os gráficos da autocorrelação entre déficit hídrico médio mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.

Figura 10 – Gráficos da autocorrelação entre déficit hídrico médio mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.



Para todas as subzonas, o declive abrupto no número de ocorrências no mês de novembro pode ser explicado pelo fato de que as chuvas conseguem repor totalmente o déficit hídrico, formando um excedente hídrico, e, conseqüentemente, elevando disponibilidade de água para a planta, aumentando a umidade a nível de combustível.

Na análise estatística, identificou-se uma alta correlação positiva, em análise do coeficiente de *Pearson*, entre déficit hídrico médio mensal e o número de incêndios médio mensal para a subzona 1 ( $r= 0,551$ ,  $p<0,063$ ) e uma média correlação positiva com a área queimada média mensal ( $r= 0,362$ ,  $p<0,248$ ). Quanto maior foi o déficit, maior foi o número de ocorrências e de área queimada.

Já para as subzonas 2 e 3, a análise do coeficiente de *Pearson* revelou uma média correlação positiva entre o déficit hídrico médio mensal e o número de incêndios médio mensal ( $r= 0,342$ ,  $p<0,276$ ;  $r= 0,445$ ,  $p<0,148$ ) e para a área queimada média mensal, uma baixa correlação positiva ( $r= 0,224$ ;  $p<0,483$ ;  $r= 0,099$ ,  $p<0,759$ ). Na Figura 10 têm-se a autocorrelação entre o déficit hídrico médio mensal e os incêndios florestais (número de incêndios e área queimada) para as subzonas 1, 2 e 3, para cada mês dentro do período analisado.

Destaca-se uma correlação positiva entre a deficiência hídrica média e a ocorrência de incêndios florestais e sua área queimada, com antecipação de um mês, para a subzona 1. Fato similar acontece na subzona 2, entretanto não há representatividade estatística, já para a subzona 3 este fato não é notado.

Era esperado uma correlação positiva dentro do próprio mês, uma vez que a análise visual feita por meio da Figura 9, apontava que, quanto maior for a deficiência hídrica, maior seria o número de ocorrências. Entretanto, a análise de *Pearson* foi capaz de provar, apenas para a subzona 1, não ficando evidenciado tal fato para as demais subzonas.

## **CAPÍTULO 5 - Incêndios florestas e a ação antrópica**

O aumento do número de incêndios bem como a extensão das áreas queimadas nas áreas florestais é, em grande medida, promovida pela ação do homem que, ao promover o desmatamento, na busca de novas áreas destinadas às atividades agropecuárias, utiliza o fogo de maneira desordenada criando assim condições favoráveis para a ocorrência de grandes incêndios. Caldararo (2002) afirma que os grandes incêndios florestais existem atualmente como uma consequência da ocupação humana.

Em relação ao aspecto causal, conforme apontado por Vélez (1993) as atividades humanas são parte fundamental para o entendimento dos incêndios florestais, estes, geralmente, são correlacionados com a presença humana, podendo ser criminal (incendiários) ou acidental (queima para limpeza, renovação de pastagem, dentre outros) indo ao encontro das principais causas apontadas pelos estudos de Fischer et al. (2012), Camia et al., (2008); Martinez et al., (2009); Oliveira et al., (2012); San-Miguel-Ayanz, Moreno e Camia, (2013); Fox et al., 2015. Eugenio (2014) e Eugenio et al. (2016) relataram que a proximidade de estradas adicional aos núcleos urbanos conforme proposto por Prudente et al. (2010) devem ser considerados fatores preponderantes para a ocorrência e o risco de incêndios florestais.

Medeiros (2002), Medeiros e Fiedler (2004), e Fiedler et al. (2006) afirmam em seus estudos que há um maior número de ocorrência e maior área queimada nos incêndios provocados pelo homem do que provocados por causas naturais.

Justino et al. (2002) relatam que o acompanhamento diário da distribuição dos focos de calor, realizado pelo INPE e IBAMA nos últimos anos, leva a conclusão que a principal causa das queimadas e incêndios florestais é a necessidade de remoção da vegetação para os mais diversos objetivos. Estes autores revelam que focos de calor foram detectados nos estados do Paraná e São Paulo um dia após a passagem de um sistema frontal que

causou precipitação pluviométrica em torno de 15mm. Dados de novos assentamentos de terra e focos de calor no centro-sul do País ilustraram como a presença humana pode se mostrar mais importante que fatores meteorológicos na explicação da variação do número de focos detectados.

FAO (2006) relata que os incêndios na região do mediterrâneo são, em grande parte, determinados pelas condições climáticas. Os verões secos, longos e com altas temperaturas reduzem o teor de umidade dos combustíveis a 5%. Por isso, até mesmo uma pequena chama, tal como um cigarro aceso, pode potencialmente conduzir a um incêndio grave.

Pereira et al. (2012) afirmam que além dos fatores climáticos, outro agravante está relacionado às questões culturais de uso da terra como, por exemplo, a prática de fogo para manejo da pastagem e preparo do solo para plantio de culturas agrícolas. Chand et al. (2006), relatam que, a cultura do povo da região central da Índia, que produz uma espécie de erva para consumo, realizam a queima com objetivo de diminuir a competição de gramíneas e serapilheira com a erva recém- plantada. Essa prática, usual no fim do verão, é um agravante para a ocorrência de novos incêndios florestais por toda a região

Ganteaume e Jappiot (2013) estudaram a ocorrência dos grandes incêndios florestais no Sul da França, entre os anos de 1997 e 2010. Estes autores relatam a baixa relação entre a umidade relativa do ar, entretanto, afirmam que a presença de estradas, população e o período da seca nestas regiões foram fatores determinantes para a ocorrência de incêndios.

Fischer et al. (2012) relatam que, durante o final do inverno e início da primavera, os agricultores aumentam a utilização do fogo a fim de reduzir a biomassa. Esta prática, aliada as condições climáticas, determinaram a alta frequência de incêndios em agosto, setembro e outubro.

Em toda a região do Mediterrâneo, 30.000 a 60.000 incêndios ocorrem anualmente

e, desses incêndios, estima-se que mais de 90% são de origem humana (CAMIA et al., 2007; MARTINEZ et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012; SAN MIGUEL- AYANZ et al., 2013; FOX et al., 2015).

### 5.1 Ação antrópica: estudo de caso em áreas de florestas plantadas

Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar a relação existente entre a ação antrópica e as ocorrências de incêndios florestais em florestas plantadas. Na Tabela 1, encontra-se o resultado do agrupamento realizado por intermédio do *cluster* hierárquico para a época de ocorrência de incêndios florestais para as subzonas de estudo e o número médio de ocorrências.

Tabela 1 – Número médio de ocorrência e definição da época (meses do ano) de ocorrência de incêndios florestais para as subzonas de estudo

Mês	Nº médio de ocorrências			O mês está na época de ocorrência?		
	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3
Janeiro	81,4	155,2	53,0	SIM	SIM	SIM
Fevereiro	94,8	161,6	48,6	SIM	SIM	SIM
Março	111,0	111,6	28,8	SIM	SIM	NÃO
Abril	11,6	47,4	13,4	NÃO	NÃO	NÃO
Maio	10,6	67,8	20,8	NÃO	NÃO	NÃO
Junho	15,0	54,2	24,6	NÃO	NÃO	NÃO
Julho	9,75	52,25	29,5	NÃO	NÃO	NÃO
Agosto	56,0	118,5	59,75	SIM	SIM	SIM
Setembro	67,8	101,2	54,4	SIM	SIM	SIM
Outubro	62,2	141,0	66,0	SIM	SIM	SIM
Novembro	19,2	41,6	8,8	NÃO	NÃO	NÃO
Dezembro	66,2	79,0	16,0	SIM	NÃO	NÃO

É possível verificar a existência de duas épocas de ocorrências dos incêndios florestais para ambas subzonas, sendo que a segunda época de incêndios para a todas as subzonas é idêntica, de agosto a outubro. Destaca-se também que a segunda época de

ocorrência é de menor intensidade para as subzonas 1 e 2, e maior intensidade para a subzona 3.

A primeira época de ocorrência, varia entre as subzonas, sendo que, para a subzona 1, é de dezembro a março, para a subzona 2, é de janeiro a março e para a subzona 3, está nos meses de janeiro e fevereiro. Sendo, de maior intensidade para as subzonas 1 e 2.

A segunda época de incêndios florestais para as três subzonas da área de estudo é similar a descrita por Soares e Santos (2002), que afirmam que, os meses compreendidos entre julho e outubro, caracterizam o período de ocorrências florestais no Brasil.

Destaca-se também que os meses compreendidos entre meados de junho a outubro abrangem as épocas de ocorrência de incêndio florestal também no estado de Minas Gerais, conforme pode ser observado nos trabalhos de Lima (2000), Torres e Ribeiro (2009), Aximoff e Rodrigues (2011) e Magalhães et al. (2011). Para o estado do Paraná também se observa esse fato, conforme pode ser visto nos trabalhos de Soares e Cordeiro (1974), Soares (1989), Soares e Santos (2002), Koproski et al. (2004), Soares et al. (2005), Rodríguez e Soares (2004), Rodríguez et al (2013) e Tetto et al. (2010).

Os meses de entre julho a setembro, igualmente, são os com maior número de ocorrências de acordo com os trabalhos de Fiedler et al. (2006) e Parizotto et al. (2008), apesar de serem realizados em estados diferentes - Goiás e Santa Catarina, respectivamente. Já Milani (2000), afirma que a época de incêndios florestais no Amapá é entre os meses de agosto a novembro.

Fernandes et al. (2011) estudaram a susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais no estado do Rio de Janeiro e detectaram que a época propícia aos incêndios é de junho a agosto, o que coincide com a segunda época de incêndios para as subzonas deste estudo. Entretanto, os autores afirmam que a época com menor incidência é de dezembro a fevereiro, fato oposto ao encontrado no presente estudo, a qual seria a primeira época de incêndios florestais.

Na Tabela 2 é possível observar a distribuição das classes de tamanho e a porcentagem de ocorrências de incêndios florestais dentro de cada classe, para cada subzona na área de estudo.

Tabela 2 – Distribuição das ocorrências de incêndios florestais por classes de tamanho e porcentagem para cada subzona na área de estudo

Classe	Tamanho (ha)	% de ocorrências		
		Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3
I	< 0,1	13,50	22,07	24,20
II	0,1 - 4,0	64,92	61,66	61,80
III	4,1 - 40,0	21,37	16,17	13,60
IV	40,1 - 200,0	0,20	0,11	0,30
V	> 200,0	0,00	0,00	0,10

É importante, para o ponto de vista de conservação e financeiro, dentro da área de estudo, o maior agrupamento das ocorrências nas classes inferiores, uma vez que quanto menor for o tamanho de um incêndio florestal menor será o prejuízo por ele causado. Nota-se uma similaridade entre as subzonas, entretanto, ao analisar conforme o aspecto supracitado, a subzona 3 possui uma maior porcentagem dentro das classes I e II somadas, 86,00%, quando comparadas as subzonas 1 e 2, 78,43% e 83,72%, respectivamente.

Magalhães et al. (2011) analisaram as ocorrências de incêndios no Parque Nacional Serra da Canastra, Minas Gerais, entre os anos de 1988 a 2008, os autores afirmam que as classes I e II somam apenas 9,59% das ocorrências, e que 90% das ocorrências registradas pertenceram às classes III e IV, o que é extremamente indesejável e se opõe totalmente aos valores encontrados no presente estudo.

Tebaldi et al. (2013) ao analisar as ocorrências em Unidades de Conservação (UC) no Espírito Santo, observaram que 19% dos incêndios florestais encontram-se na classe I e 25% na classe II, valores muito aquém quando comparado ao presente estudo, uma vez que, o combate e mão de obra nas áreas de conservação apresentam déficits na maioria

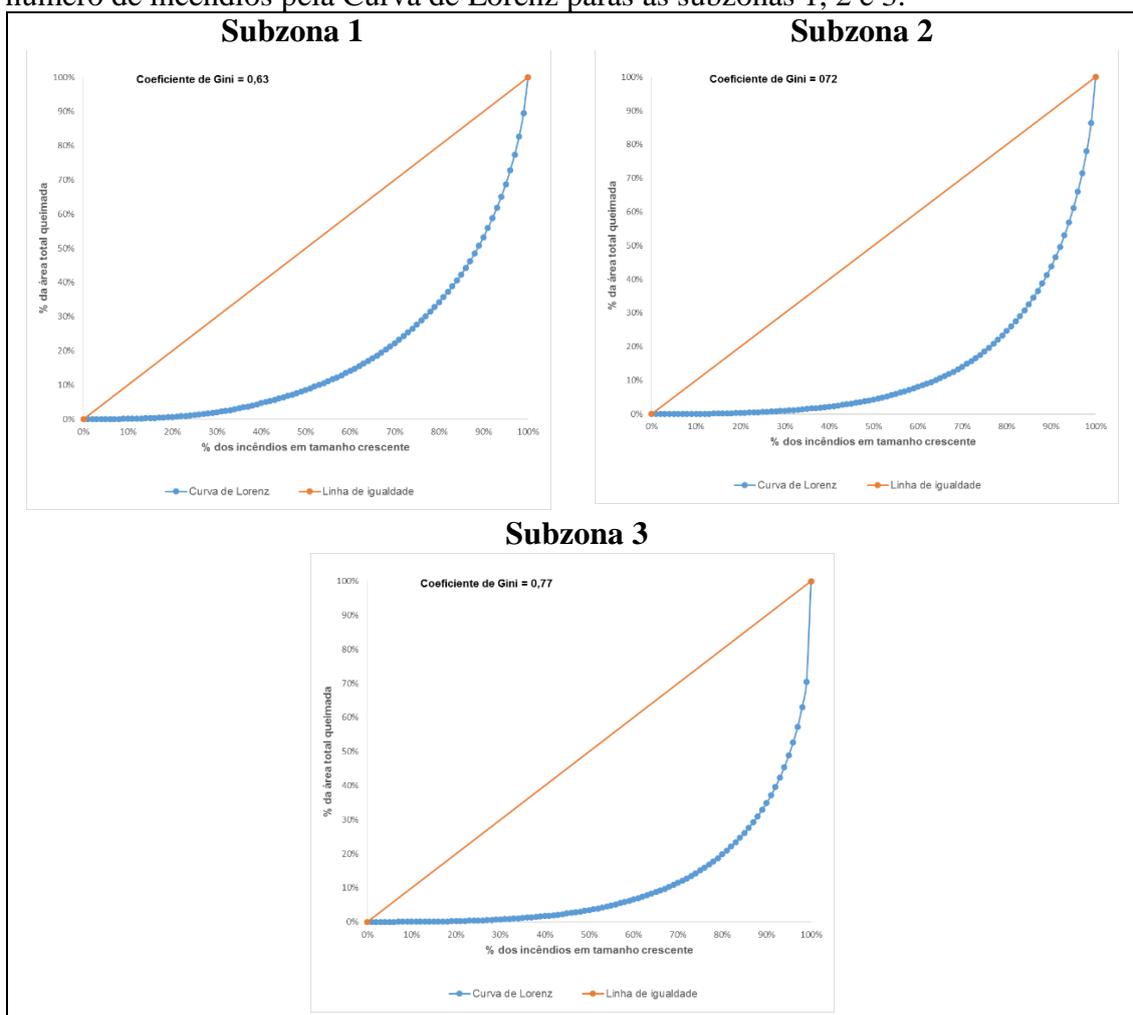
das UCs no país.

Rodríguez e Soares (2004) realizaram, entre os anos de 1998 a 2001, análise comparativa entre os incêndios em áreas de empresas florestais em Pinar del Río, Cuba, e Monte Alegre, Paraná, Brasil, e verificaram que 70,06% das ocorrências em Pinar del Río ficaram entre as classes I e II, abaixo do encontrado no presente estudo e 96,56% dos incêndios em Monte Alegre ficaram entre as classes I e II, sendo que 66,32% na classe I, valores muito bons e acima dos encontrados no presente estudo, principalmente ao analisar a classe I.

Para ambas subzonas, ao somar as duas classes, temos uma alta incidências de incêndios com menos de 4ha, esse fato pode estar relacionado diretamente com a eficiência no combate aos incêndios, conforme apontado por Lima e Soares (1992). Não obstante ao fato de se ter uma porcentagem de aproximadamente 80% para ambas subzonas com incêndios menores que 4ha, a importância econômica, social e ambiental que cada incêndio possui é incalculável, ratificando assim a necessidade contínua de estudos de prevenção, análise e combate dos mesmos.

Na Figura 11 têm-se a tamanho dos incêndios florestais por meio da Curva de Lorenz para cada subzona na área de estudo.

Figura 11 – Gráficos da distribuição do tamanho dos incêndios florestais em função do número de incêndios pela Curva de Lorenz para as subzonas 1, 2 e 3.



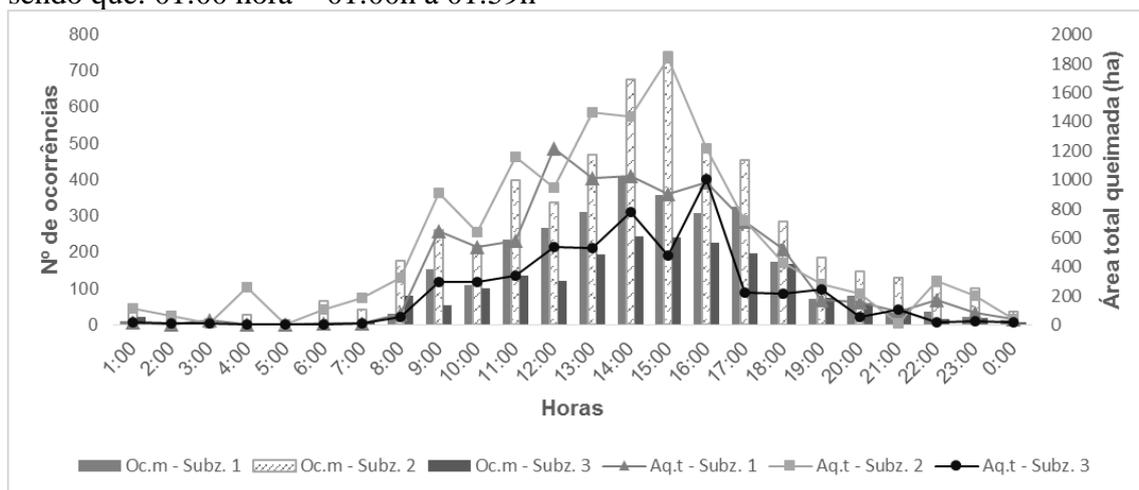
Conforme pode ser visualizado na Figura 11, a subzona 3 apresenta um maior afastamento da linha de igualdade, ou seja, há uma maior diferença entre os tamanhos de área queimada pelos incêndios dentro da subzona 3 comparados as subzonas 1 e 2. Este comportamento é ratificado ao observarmos o coeficiente de Gini, no qual, a subzona 3 apresenta um valor superior aos das subzonas 1 e 2, com valor de 0,77, 0,72 e 0,63, respectivamente. Ressalta-se que quanto mais próximo de zero, maior seria a igualdade entre as áreas queimadas por cada incêndio. Valores similares foram encontrados por Díaz-Delgado (2000), o qual obteve para a região da Catalunha, Espanha, um valor do coeficiente de Gini igual a 0,77.

Para a subzona 1, 60% dos incêndios ocorridos totalizaram 15% do total da área

queimada, para a subzona 2, 70% dos incêndios queimaram aproximadamente 15% da área queimada total ao longo do período estudado e os outros 30% dos incêndios representam 85% de toda a área queimada. Já para a subzona 3, 75% dos incêndios foram responsáveis por apenas 15% de toda a área queimada. Resposta inferior ao que foi encontrado no estudo de Duguy (2003) para a região de Vall de Gallinera, Espanha, em que 80% dos incêndios representaram 4,3% do total da área queimada na região.

Na Figura 12 têm-se a distribuição horária do número de ocorrências totais de incêndios florestais e área total queimada para cada subzona na área de estudo.

Figura 12 – Gráfico da distribuição horária do número de ocorrências totais (Oc.t) de incêndios florestais e área total queimada (Aq.t) para cada subzona na área de estudo, sendo que: 01:00 hora = 01:00h à 01:59h



Em relação a distribuição do número total de ocorrência e total de área queimada, era de se esperar que a maior concentração fosse a partir das 13:00h, fato observado para ambas subzonas. Os valores de maior número de ocorrências para as subzonas 1 e 3, é entre as 14:00h e 15:00h, para a subzona 2 é entre as 15:00h e 16:00h, ou seja, uma hora de diferença.

Ao realizar o agrupamento das ocorrências entre as 12:00h e 17:00h, obtêm-se uma média de 50% das ocorrências nas subzonas 2 e 3, e de 56% para a subzona 1. Resultados similares foram encontrados por diversos autores, uma vez que está diretamente

relacionado aos maiores valores diários de temperatura e menor umidade relativa do ar, como pode ser visto nos trabalhos de Rodríguez e Soares (2004), Rodríguez (1999), Milani (2000), Tetto (2012) e Rodríguez et al (2013).

Salienta-se que, durante o horário compreendido entre as 00:00h às 06:00h, acontecem somente 0,8%, 2,7% e 2,1% dos incêndios nas subzonas 1, 2 e 3, respectivamente. Ainda que não seja objetivo do presente estudo fazer um teste de viabilidade da manutenção ou não de funcionários nas torres de observação de incêndios florestais durante os horários supracitados, é importante destacar essa questão para possível análise futura.

Para a quantidade de área queimada, nota-se uma pequena disparidade na sequência da subzona 2, 04:00h, provocada por um incêndio com maior área queimada durante a época estudada, todavia, há uma tendência dos maiores valores de área queimada total a partir das 13:00h. O estudo dos incêndios através das horas do dia, permite uma visão ampla de como os mesmos acontecem durante o dia. Com essa análise é possível afirmar que durante as 12 horas teóricas de iluminação solar, 6:00h às 18:00h, agrupam-se 91%, 85% e 87% das ocorrências dos incêndios florestais nas subzonas 1, 2 e 3, respectivamente.

Na Tabela 3 é possível observar a distribuição dos dias da semana e a porcentagem de ocorrências de incêndios florestais dentro de cada dia, para cada subzona na área de estudo.

Tabela 3 – Distribuição dos dias da semana e a porcentagem de ocorrências de incêndios florestais dentro de cada dia, para cada subzona na área de estudo

Dias da semana	% de ocorrências		
	Subzona 1 (%)	Subzona 2 (%)	Subzona 3 (%)
Segunda-feira	18,64	15,76	17,40
Terça-feira	11,75	15,19	14,74
Quarta-feira	11,68	12,43	13,75
Quinta-feira	14,35	15,52	12,47
Sexta-feira	14,79	11,66	14,88
Sábado	12,76	13,53	12,96
Domingo	16,04	15,91	13,80

Realizou-se a análise dos dias da semana com maior incidência de ocorrência de incêndios florestais, para verificar a existência ou não de uma tendência de ocorrência maior nos finais de semana, uma vez que, como já descrito, a ocorrência de incêndios criminais na área de estudo é factível e ao tomar consciência dessa realidade era esperado uma maior ocorrência em dias que seria menor o número de funcionários em trabalho e maior ócio, os fins de semana.

Todavia, não encontrou essa tendência, apesar de que para a subzona 2 a maior porcentagem encontrada foi no domingo seguido da segunda-feira, entretanto, para as subzonas 1 e 3, os maiores valores encontrados foi para a segunda-feira, indo ao encontro dos trabalhos realizados por Tetto et al. (2012) e Rodríguez et al. (2013).

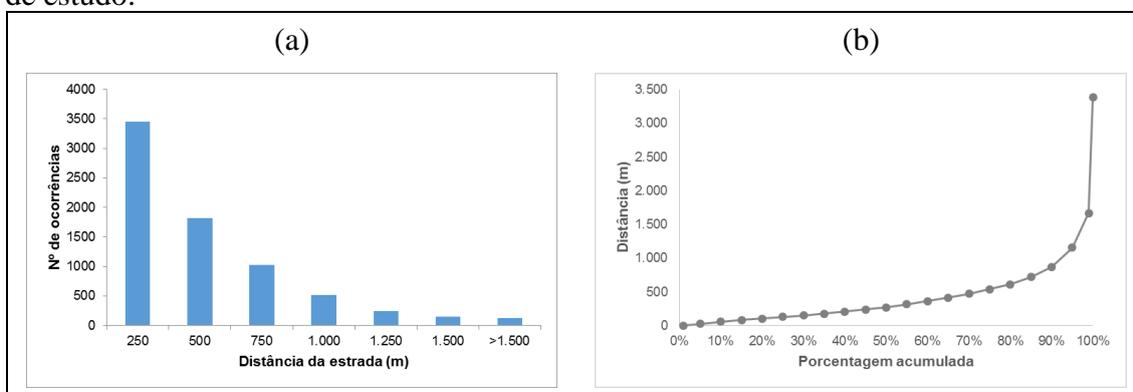
Em contrapartida, Rodríguez (1999) em Cuba, obteve maiores valores nos dias úteis, o que indicou que há relação entre a ocorrência de incêndios e as atividades florestais nesses dias.

Em relação a distância dos incêndios florestais às estradas, não foi possível fazer a avaliação por subzonas, uma vez que o mapa de estradas para a região norte da área de estudo, especificamente dentro do estado da Bahia, estava muito defasado, apresentando apenas as estradas federais. Devido à ausência de estradas vicinais no referido mapa, optou-se por não fazer o uso dessa base de dados, já que, poderia aumentar

significativamente o desvio ocasionado pela distância entre a estrada e os incêndios florestais. Portanto, realizou-se a exclusão de todos os pontos que não estavam dentro do estado da Bahia, sendo aproximadamente 30% dos incêndios ocorridos na área de estudo.

A distribuição da distância encontrada entre os incêndios florestais e as estradas na área de estudo são apresentadas por meio da frequência e porcentagem acumulada na Figura 13.

Figura 13 – Gráficos da distribuição da frequência (a) e da porcentagem acumulada (b) em relação a distância entre as ocorrências dos incêndios florestais e as estradas na área de estudo.



Como pode ser observado, há um comportamento descendente em relação ao número de incêndios florestais em relação ao aumento da distância das estradas. Têm-se que 80% de todos os incêndios ocorreram em distâncias inferiores a 610m.

Chou et al. (1990) afirmam que o raio de risco em estradas é, em média, de 100m e varia de acordo com as características de cada região. Batista et al. (2002), Ribeiro et al. (2009), Ribeiro e Figueira (2011), Tetto et al (2012) e Eugenio et al. (2016) relatam que o raio com o maior risco de influência das estradas é de 50m para cada lado. No presente estudo, as distâncias entre 0-100m; 100,01-200m; e, 200,01-300m, apresentaram 19,14%; 19,79%; e, 14,54%, respectivamente, portanto, há um deslocamento da distância em relação aos autores supracitados, uma vez que, a distância que obteve maior concentração do número de ocorrências foi 100,01 a 200m. Assim, pode-se afirmar que, para a região de estudo, o raio de influência é de 300m, pois abrange, aproximadamente, 53,5% dos

incêndios analisados.

A partir da pesquisa documental, foi possível analisar as principais causas de incêndios florestais catalogadas e divulgadas pela mídia no estado do Espírito Santo. As descrições dos jornalistas, em maior parte, os incêndios foram originados pela ação humana e agravados com o clima seco”, devido uma sequência de meses sem precipitação. Outro fato importante é que 75% dos incêndios ocorridos foram nos meses pertencentes as duas épocas relatadas no presente estudo.

## **CAPÍTULO 6 - Incêndios florestais e as variáveis topográficas**

Oliveira et al. (2012) e San-Miguel-Ayanz et al. (2013) afirmam que a ocorrência de incêndios florestais é relacionada a uma junção de fatores, tais como: topografia, clima e infra-estruturas (estradas, densidade populacional, uso da terra, etc.), o que pode proporcionar uma maior ou menor susceptibilidade a ocorrência.

Outro fator a ser considerado é a topografia que condiciona os ventos e, conseqüentemente, a propagação do fogo. O relevo exerce grande influência sobre o clima e, em menor escala, sobre a vegetação e, por conseguinte, sobre o material combustível das diversas regiões terrestres, assim criando uma tendência do fogo de se propagar mais rapidamente nos aclives e mais lentamente nos declives (RIBEIRO et al., 2008).

Segundo Soares e Batista (2007), um incêndio se propagado, por exemplo, em um aclive acentuado se assemelha a um incêndio propagado no plano, sob efeito de forte vento. A medida que o grau de inclinação aumenta, a velocidade de propagação também aumenta.

A exposição, ou direção do lado da montanha em relação aos pontos cardeais, apresenta também um efeito direto na possibilidade de ocorrência de um incêndio. No

Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte e, conseqüentemente, transmitem mais calor para essa exposição do que para qualquer outra. A face oeste é a segunda a receber maior quantidade de energia seguida do Leste e, finalmente, a que menos se aquece é a sul (SOARES; BATISTA, 2007).

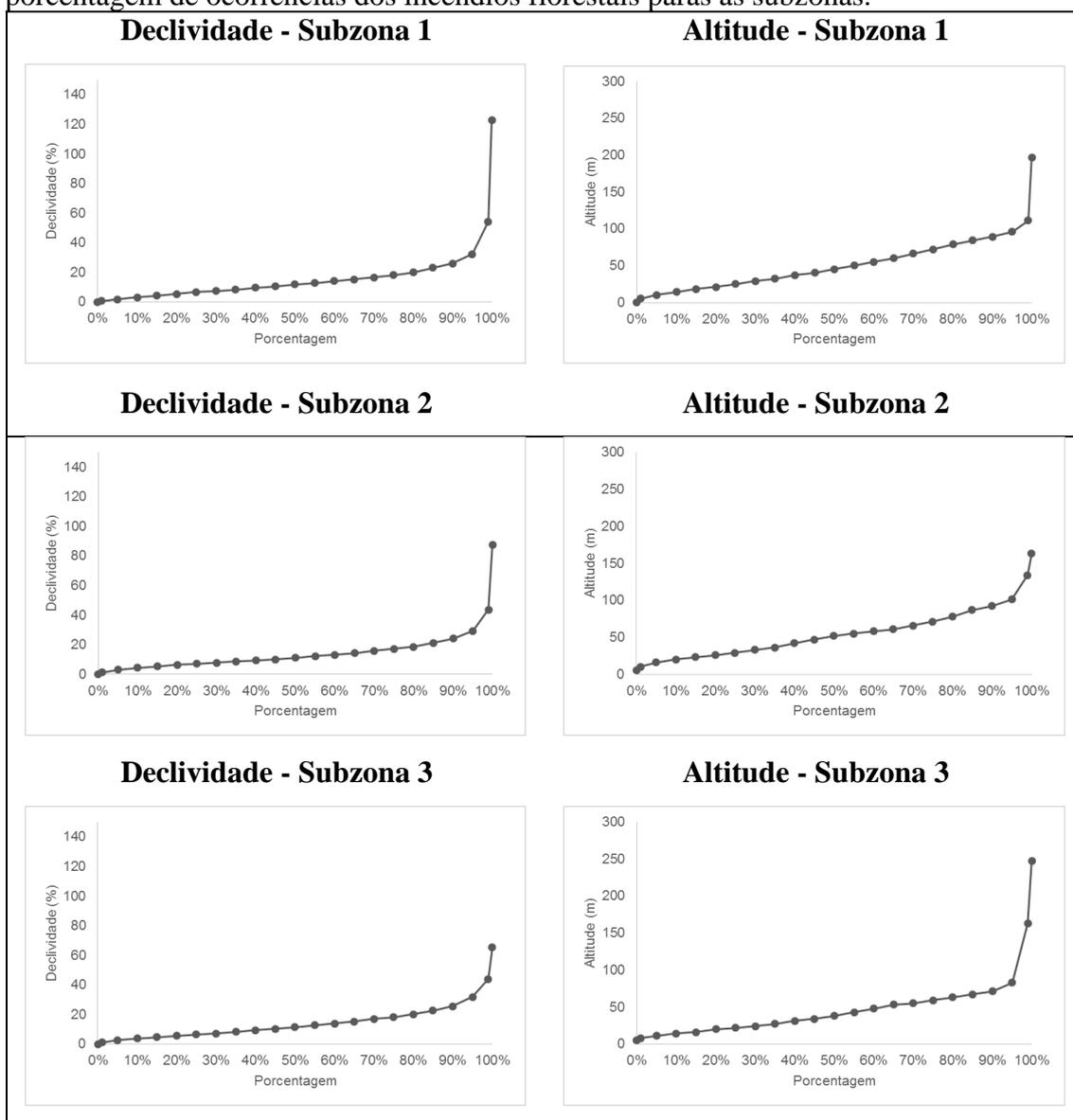
Ainda segundo o autor supracitado, altas elevações na superfície da terra apresentam ar rarefeito e temperaturas mais baixas, de acordo com as leis naturais, como o gradiente adiabático. Tanto as elevações acima do nível do mar, como as elevações relativas de regiões vizinhas, apresentam efeitos sobre o comportamento do fogo. Baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco de incêndios mais longas do que as altas elevações.

Como o comportamento do fogo é fortemente influenciado pelo clima e pelo material combustível, a importância da topografia sobre a propagação dos incêndios torna-se evidente (SOARES, 1985).

### **6.1 Variáveis topográficas: estudo de caso em áreas de florestas plantadas**

Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar a relação existente entre as variáveis topográficas e as ocorrências de incêndios florestais em florestas plantadas. A distribuição dos incêndios florestais em relação a declividade e a altitude é apresentada na Figura 14.

Figura 14 – Gráficos da distribuição da declividade (%) e da altitude (m) pela porcentagem de ocorrências dos incêndios florestais para as subzonas.



É possível visualizar que os maiores valores para a declividade foram observados na subzona 1, com declividade média igual a 18,46%, e os valores com a maior altitude para a subzona 1, com altitude média igual a 56,73m. Cerca de 90% dos incêndios florestais das subzonas, obtiveram valores próximos a 25% declividade, fato que vai de encontro ao proposto por Oliveira (2002), Ribeiro et al. (2009), Santos et al. (2010) e Eugenio et al. (2016), os quais, indicam que o maior risco de ocorrência de incêndios, alto risco, muito alto risco e extremo risco, são em áreas com declividades superiores a 25%. Em ambas subzonas 95% dos incêndios ocorreram em áreas com altitudes menores

que 100 metros.

Cabe ressaltar que, a área de estudo, somando-se as subzonas, apresenta uma declividade média de 17,8% e, aproximadamente, 75% da área possui declividades inferiores a 26,3%. Em relação altitude, a área possuía média de 140m, e, aproximadamente 60% de toda a área possui altitudes inferiores a 100m, portanto, os valores encontrados estão de acordo com as condições físicas da área, uma vez que a área não apresentava variações muito grande de altitude e de declividade. Portanto, baseado nos valores encontrados da área de estudo, não era de se esperar um comportamento distinto.

A Tabela 4 contém da orientação do terreno a porcentagem de ocorrências de incêndios florestais para cada subzona na área de estudo.

Tabela 4 – Distribuição da orientação do terreno a porcentagem de ocorrências de incêndios florestais para cada subzona na área de estudo

<b>Orientação do terreno</b>	<b>Subzona 1 (%)</b>	<b>Subzona 2 (%)</b>	<b>Subzona 3 (%)</b>
N – NE (0° – 45°)	16,81	11,73	13,60
NE – E (45° - 90°)	14,08	13,52	11,98
E – SE (90° - 135°)	15,67	14,75	14,98
SE – S (135° - 180°)	14,85	18,76	18,24
S – SW (180° - 225°)	13,30	15,09	16,86
SW – W (225° - 270°)	12,39	12,30	8,87
W – NW (270° - 315°)	8,61	9,69	9,96
NW – N (315° - 360°)	4,29	4,15	5,52

A orientação com maior ocorrência para as subzonas 2 e 3 é a SE – S (135° - 180°) com 18,76% e 18,24%, respectivamente, indo de encontro ao preconizado por diversos autores, tais como, Oliveira (2002), Ribeiro et al. (2009), Santos et al. (2010) e Eugenio et al. (2016), os quais relataram que em relação ao risco as faces NE, NW, W e N são as mais prováveis de ocorrências devido a maior incidência de radiação solar, entretanto, como observado na Tabela 4, essas faces somadas não representam 40% do número de

ocorrência para ambas subzonas. Já para a subzona 1, a maior ocorrência está na face N – NE (0° – 45°), com 16,81%, entretanto, a soma das faces NE, NW, W e N, representam um pouco mais de 40% do número de ocorrências, ou seja, também vai de encontro o que é preconizado pelos autores supracitados. Como dito anteriormente, esse fato, era igualmente esperado, uma vez que a área de estudo pode ser considerada uma região quase plana.

## REFERÊNCIAS

- AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R. C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, 2011. p. 83-92.
- BATCHELDER, R. B., HIRT, H.F. **Fire in tropical forests and grasslands**. US Army - Earth Sciences Division. 1966. 380p.
- BATISTA, A. C.; OLIVEIRA, D. S.; SOARES, R. V. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 2002. 86 p
- BEDIA J, HERRERA S, GUTIÉRREZ J, ZAVALA G, URBIETA I, MORENO J Sensitivity of Fire Weather Index to different reanalysis products in the Iberian Peninsula. **Nat Hazards Earth Syst Sci**, 12, 2012.p.699–708.
- BESERRA NETA, L. C.; SILVA, G. F. N. A influência dos elementos climáticos e a variação da ocorrência de focos de calor no espaço geográfico de Roraima. **Textos e Debates**, v. 1, n. 7, p. 58-63, 2004. p.58-63
- BIROT, Y. **Living with fires: what science can tell us**. European Forest Institute, Discussion Paper 15, 2009. 82 p.
- BONTEMPO, G. C.; LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; DOULA, S. M.; SILVA, E.; JACOVINE, L. A. G. Registro de Ocorrência de Incêndio (ROI): evolução, desafios e recomendações. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, 2011. p. 247-263,
- BORGES, T. E.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 153-159, 2011.
- CALDARARO, N. Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. **The Science of the Total Environment**, v. 292, p.141-165, 2002.
- CALDAS, J. M.; SILVA, F. B.; SILVA JUNIOR, C. H. L. Análise de focos de queimadas no Parque Estadual do Mirador utilizando um Sistema de Informação

Geográfica – SIG, estado do Maranhão, Brasil. In: XIV SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS. **Anais...** Cubatão: COPEC, 2014.

CAMIA, A., AMATULLI, G., SAN-MIGUEL-AYANZ, J. **Past and Future Trends of Forest Fire Danger in Europe**. Official Publication of the European Communities, EUR 23427 EN, Luxembourg, 2008.

CARVALHO, A.; FLANNIGAN, M. D.; LOGAN, K.; MIRANDA, A. I.; BORREGO, C. Fire activity in Portugal and its relationship to weather and the Canadian Fire Weather Index System. **Int J Wildland Fire**, 17, 2008. p.328–338

CHAND, T. R. K.; BADARINATH, K. V. S.; PRASAD, V. K.; MURTHY, M. S. R.; ELVIDGE, C. D.; TUTTLE, B. T. Monitoring forest fires over the Indian region using Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System nighttime satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v.103, n. 2, p. 165-178, 2006.

CHOU, Y.H.; MINNICH, R.A.; CHASE, R. A. Mapping probability of fire occurrence in San Jacinto Mountains, California, USA. **Environ. Manage**, 17, 129 e 140, 1993.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2 ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988.

COUTINHO, L. M.; MIRANDA, H. S.; MORAIS, H. C. O Bioma do Cerrado e o Fogo. **Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP**, 2002. 50 p.

DAHMEN, S. R. A obra de Boltzmann em física. **Rev. Bras. Ensino Física**, v.28, n. 3, 2006. p. 281-295. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172006000300005>

DEPPE F, PAULA EV, MENEGHETTE CR, VOSGERAU, J. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no estado do Paraná. **Floresta**, v.34, n.2, 2004. p.119-126

DÍAZ-DELGADO, R., **Caracterización mediante teledetección del régimen de incendios forestales en Cataluña (periodo 1975-98) y su influencia en los procesos de regeneración**. Ph. D. Thesis. 2000. 276 p.

DUGUY B. **Interacción de la historia de usos del suelo y el fuego en condiciones mediterráneas**. Respuesta de los ecosistemas y estructura del paisaje. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Alicante, 2003.

DUGUY, B.; PAULA, S.; PAUSAS, J. G.; ALLOZA, J. A.; GIMENO, T.; VALLEJO, R. V. **Effects of Climate and Extreme Events on Wild fire Regime and Their Ecological Impacts**. In: NAVARRA, A.; TUBIANA, L. (eds.), Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean: Volume 2: Agriculture, Forests and

Ecosystem Services and People, *Advances in Global Change Research* 51, 2013.

ESRI. **Euclidean distance**. ArcGIS Resource Center. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/euclidean-distance.htm>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

EUGENIO, F. C. **Análise de risco de incêndios florestais em florestas plantadas**. 2017. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

EUGENIO, F. C. **Geotecnologias na alocação de torres de observação de incêndios florestais**. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. B.; PANETO, G. G.; SCHETTINO, V. R. Applying GIS to develop a model for forestfire risk: A case study in Espírito Santo, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 173, 2016. p. 65-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.021>

FERNANDES, M. C.; COURA, P. H. F.; SOUSA, ANDRÉ DE AVELAR, G. M. S. Avaliação Geoecológica de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 299-309, 2011. doi 10.4322/floram.2011.050

FERRARI, J. L. **Avaliação de geotecnologias para subsidiar o mapeamento do uso e cobertura da terra no Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre**. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do norte Fluminense "Darcy Ribeiro", Campo dos Goytacazes, 2012.

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

FISCHER, M. A.; DI BELLA, C. M.; JOBBÁGY, E. G. Fire patterns in central semiarid Argentina. **Journal of Arid Environments**, v. 78, p. 161-168, 2012.

FLANNIGAN, M. D.; AMIRO, B. D.; LOGAN, K. A.; STOCKS, B. J.; WOTTON, B. M. Forest fires and climate change in the 21st century. **Mitig Adapt Strat Glob Chang**, v. 11, n. 4, 2005. p.847–859

FLANNIGAN, M. D.; HARRINGTON, J. B. A study of the relation of meteorological variables to monthly provincial area burned by wild fire in Canada (1953–80). **J Appl Meteorol**, v. 27, 1988. p.441–452

FLANNIGAN, M. D.; STOCKS, B. J.; WOTTON, B. M. Climate change and forest fire risk. **Sci Total Environ**, v. 262, 2000. p.221–229

FLANNIGAN, M. D.; WOTTON, B. M. **Climate, weather and area burned**. In 'Forest Fires – Behaviour and Ecological Effects'. (Eds EA Johnson, K Miyanishi), 2001. pp. 335–357. (Academic Press: San Diego, CA)

FOX, D. M.; MARTIN, N.; CARREGA, P.; ANDRIEU, J.; ADNES, C.; EMSELLEM, K.; GANGA, O.; MOEBIUS, F.; TORTOROLLO, N.; FOX, E. A. Increases in fire risk due to warmer summer temperatures and wildland urban interface changes do not necessarily lead to more fires. **Applied Geography**, v. 56, p. 1-12, 2015.

GANTEAUME, A.; JAPPIOT, M. What causes large fires in Southern France. **Forest Ecology and Management**, v. 294, p. 76-85, 2013.

GIACOMIN, G. G. **Ocorrências de incêndios em povoamentos florestais no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. Monografia**. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2014

GOULART, A. A.; MORELLI, F.; SETZER, A. Focos de queimadas e incêndios detectados por satélites nas unidades de conservação do cerrado no Mato Grosso em 2010. 2011. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada “Dinâmicas socioambientais, das inter-relações às interdependências”, 14. Dourados, 2011.

GRANEMANN, D. C.; CARNEIRO, G. L. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 55-62, 2009.

HARRINGTON, J.B.; FLANNIGAN, M.D.; VAN WAGNER, C.E. **A study of the relation of components of the Fire Weather Index to monthly provincial area burned by wildfire in Canada 1953–80**. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Chalk River, ON. Inf. Rep. PI-X-25, 1983. 65 p

HELY C, FLANNIGAN, M. D.; BERGERON Y, MCRAE D (2001). Role of vegetation and weather on fire behavior in the Canadian mixedwood boreal forest using two fire behavior prediction systems. **Canadian Journal of Forest Research**, 31, 2001.430–441. doi:10.1139/CJFR-31-3-430

HOLSTEN, A.; DOMINIC, A. R.; COSTA, L.; KROPP, J. P. Evaluation of the performance of meteorological forest fire indices for German federal states. **Forest Ecology and Management**, v. 287, p., 2013. p.123-131.

JUSTINO, F. B.; SOUZA, S. S.; SETZER, A. Relação entre “focos de calor” e condições meteorológicas no Brasil. **Anais...** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

METEOROLOGIA, 12., 2002. Foz de Iguaçu-PR, p. 2086-2093, 2002.

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

KRAUSE, J. Análise de ocorrências de incêndios em florestas plantadas. Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2013

KRAWCHUK M.A, MORITZ MA, PARISIEN M-A, VAN DORN J, HAYHOE K. Global pyrogeography: The current and future distribution of wildfire. **PLoS ONE**, v.4. 2009.

LIMA G.S, SOARES RV. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais no Brasil. **Revista Floresta**, 22(12),1992. p.225-38.

LIMA, G. S. A prevenção de incêndios florestais no estado de Minas Gerais. **Floresta**, v. 30, n.1/2, 2000. p. 37-43.

LITTELL, J. S.; GWOZDZ, R. Climatic water balance and regional fire years in the Pacific Northwest, USA: linking regional climate and fire at landscape scales. **Ecological Studies**, V. 213, 2011. p. 117–139. doi:10.1029/ 94JD00483

MACHADO, N. G.; SILVA, F. C. P.; BIUDES, M. S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 459 – 469, 2014.

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

MARTÍNEZ, J., VEGA-GARCÍA, C., CHUVIECO, E. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. **Journal of Environmental Management** 2009. p.1241–1252.

McCOY, V.M.; BURN, C.R. Potential alteration by climate change of the forest-fire regime in the boreal forest of central Yukon Territory. **Arctic**, v. 58, n. 3, 2005. p. 276–285

MEDEIROS, M. B. Manejo de fogo em unidades de conservação do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 76-89, 2002.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.

MILANI, D. Incêndios florestais no amapá. **Floresta**, v. 30, n.1/2, 2000. p. 23-36.

MORENO, J. M.; URBIETA, I. R.; BEDIA, J.; GUTIÉRREZ, J. M.; VALLEJO, V. R. Los incendios forestales em España ante el cambio climático. **Impactos y vulnerabilidad**, 2015. p. 395-405

MORENO, J. M.; VALLEJO, V. R.; CHUVIECO, E. **Current Fire Regime, Impactgs and the Likely Changes - VI Euro Mediterranean**. In: J.G. Goldammer (Ed), *Vegetation Fires and Global Change - Challens for Concerted International Action: A White Paper directed to the United Nations and International Organizations*, 2013. p. 115-132.

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

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios florestais no norte de Santa Catarina**. Curitiba. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

OLIVEIRA, S.; OEHLER, F.; SAN-MIGUEL-AYANZ, J.; CAMIA, A.; PEREIRA, J. M. C. Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. **Forest Ecology and Management**, v. 275, 2012. p. 117-129.

ORTEGA, R. M.; MARTÍN-VIDE, J.; BOTIJA, M. C. L. Climatología de incendios forestales en Cataluña (1968-2008) en relación a situaciones sinópticas y teleconexiones. **Extremos e impactos**, 2012. p. 871-880.

PAUSAS J.G; KEELEY, J.E.A burning story: the role of fi re in the history of life. **Bioscience**, v. 59, n.7, 2009. p.593–601.

PAUSAS, J. G. Changes in fi re and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). **Climate Change**, 63,3, 2004.p337–350.

PEREIRA, J. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Variação da umidade combustível florestal em função de índices de perigo de incêndios. **CERNE**, v. 18, n. 3, 2012. p. 371-376.

PEREIRA, M. G; TRIGO, R. M.; DA CAMARA, C. C; PEREIRA, J. M. C; LEITE, S.M. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 129, 2005. p. 11–25. doi:10.1016/J.AGRFORMET.2004.12.007

PIÑOL, J; TERRADAS. J; LLORET, F. Climate warming, wild fi re hazard, and wild fi re occurrence in coastal eastern Spain. **Clim Chang**, 38(3),1998. p.345–357.

PRUDENTE, T. D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno. Uberlândia.** 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2010.

PRUDENTE, T. D. **Risco integrado de incêndio florestal em áreas de cerrado: contribuições metodológicas.** Uberlândia. 130 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2016.

PYNE, S. J.; ANDREWS, P. L.; LAVEN, R. D. **Introduction to wildfire.** 2 ed. John Wiley & Sons: New York, 1996. 769 p.

RAMSEY, G. S.; HIGGINS, D. G. **Canadian Forest Fire Statistics.** Ontario, Canadian Forestry Service, Information Report PI-X-9,1981. 71p

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, jul./set. 2009, p. 561-572.

RIBEIRO, M.C.; FIGUEIRA, J.E.C. Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 2011. p.212-227.

ROCHA, P. J.; DIAS, T. M. O.; COSTA, L. V.; BRITO, C. A.; REGO, A. J. M.; SILVA, M. A. V. Risco de incêndio florestal na região de Barreiras (Oeste da Bahia) associado à deficiência hídrica acumulada. In: Reunión Argentina y IV latinoamericana de agrometeorologia, 10, 2004. Mar del Plata, Argentina. **Anais...**, Mar del Plata, Argentina: AADA. 2004

RODRIGUES, M.; CARRARA, L. A.; FARIA, L. P.; GOMES, H. B. Aves do Parque Nacional da Serra do Cipó: o Vale do Rio Cipó, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 2, 2005. p. 326-338.

RODRÍGUEZ, M. P. R. **Bases metodológicas para el perfeccionamiento de la prevención de los incendios forestales.** 100 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestais) – Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1999

RODRÍGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V. Análisis comparativo entre los incendios forestales en Monte Alegre, Brasil y Pinar del Río, Cuba. **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004. p. 101-107.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; BECERRA, L. W. M. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de Monte

Alegre, Brasil, e de Pinar del Río, Cuba. **Floresta**, v. 43, n. 2, 2013. p. 231-240.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6,1998. p.133-137.

SAN-MIGUEL-AYANZ, J.; MORENO, J. M.; CAMIA, A. Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 294, 2013. p. 11–22

SANTOS, A. R; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.3 Total**: aplicações para dados espaciais. Alegre: CAUFES, 2010, 184p.

SANTOS, J. F. **Estatísticas dos Incêndios Florestais em Áreas Protegidas no Período de 1998 a 2002**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004,

SCHOLZE M, KNORR W, ARNELL N.W, PRENTICE I.C A climate-change risk analysis for world ecosystems. **Proc Natl Acad Sci USA**, v.103, n.13, ,2006. p.116-120

SENTELHAS, P.C.; MARIN, F.R.; MIRANDA, E.E.; CAPUTI, E. Deficiência hídrica acumulada como índice de risco de incêndios florestais. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12, 2001. Fortaleza-CE, **Anais...**, Fortaleza-CE: SBA. p.853-854. 2001.

SHARPLES, J. J.; MCRAE, R. H. D.; WEBER, R. O.; GILL, A. M. A simple index for assessing fire danger rating. **Environmental Modelling & Software**, v. 24, 2009. p. 764-774.

SILVA, A. S.; SILVA, M. C. Prática de queimadas e as implicações sociais e ambientais na cidade de Araguaína - TO. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, ,2006. p. 8-16.

SILVA, J. R. Comportamento do fogo em um ano crítico nas unidades do instituto florestal de São Paulo. **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004. p. 131-136.

SKINNER, W. R.; B. J, STOCKS.; D. L, MARTELL.; B, BONSAI.; A, SHABBAR. The association between circulation anomalies in the mid-troposphere and area burned by wildland fire in Canada. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 63, 1999. p. 89 – 105

SOARES R. V.; SANTOS, J. F. **Brazilian forest fires statistics in two periods: 1983/1987 and 1994/1997**. In: VIEGAS (Ed.). *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety*. Rotterdam: Millpress, 2002.

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

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

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba: [s.n.], 2009. 246 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: [s. n.], 2008. 60p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL, 2. 2005 Blumenau. **Anais...**, FUPEF, 2005.

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

SOARES, R.V. **Forest fires in Brazilian plantations and other protected public land**. In: Symposium on Fire Ecology, 3., 1989, Freiburg. Proceedings of the... Freiburg: [s.n.], 1989. v.1, p. 5-6.

SOUSA, R. R.; NASCIMENTO, J. A.; TOPANOTTI, D. Q. Consequências dos incêndios acontecidos na cidade de Cuiabá, MT. **Geoambiente online**, v. 10, 2008. p. 177-203.

TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; DIAS, H. M. Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, 2013. p. 538-549.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V. Subsídios à prevenção e combate a incêndios florestais com base no comportamento da precipitação pluviométrica na floresta nacional de Irati, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, 2010. p. 33-43.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, 1948. p.55-94.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Centerton, **N.J. Publ. In Climatology**, v.8, n.1, 1955. 104p

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. **Floresta e Ambiente**, v.15, n.2, 2008. p.30-39.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, v.35, n.1, 2011. p.143-150.

TRIGO, R.M.; PEREIRA, J.M.C.; M. G, PEREIRA.; B.M, MOTA.; T.J, CALADO.; C.C, DACAMARA.; F.E, SANTO. Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. **Int J Climatol** **26**, 2006. p-1741–1757.

TURCO M, LLASAT MC, VON HARDENBERG J, PROVENZALE A. Impact of climate variability on summer fires in a Mediterranean environment (northeastern Iberian Peninsula). **Climatic Change**, **116**, 2013. p.665–678. doi:10.1007/s10584-012-0505-6

VAN WAGNER CE. **Development and structure of the Canadian forest fire weather index system**. Technical Report 35, Canadian Forestry Service: Ottawa, Ontario, 1987.

VÁZQUEZ, A., MORENO, J.M. Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. **Landscape and Urban Planning**, **24**,1993. p.129-142.

VÁZQUEZ, A., MORENO, J.M. Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos Central Spain. **Forest Ecology and Management**, **147**,2001. p. 55-65.

VÉLEZ, R. High Intensity Forest Fires in the Mediterranean Basin: Natural and Socioeconomic Cause, **Disaster Manage**, n. 5, 1993. p. 16-20.

VIEGAS, D.X.; PIÑOL, J.; VIEGAS, M.T.; OGAYA, R. Estimating live fine fuels moisture content using meteorologically based indices. **International Journal of Wildland Fire**, **10**, 2001. p. 223–240. doi:10.1071/WF01022

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

VIEGAS, D.X.; SOL. B.; BOVIO, G.; NOSENZO. A., FERREIRA A.D. Comparative study of various methods of fire danger. **International Journal of Wildland Fire**,1999. p. 235–246. doi:10.1071/WF00015

VIEGAS, D.X.; VIEGAS, M.T A relationship between rainfall and burned area for Portugal. **Int J Wildland Fire**, **4**, 1994. p.11–16.

VIEGAS, D.X.; VIEGAS, M.T.; FERREIRA, A.D. Moisture content of fine forest fuels and fire occurrence in Central Portugal. **International Journal of Wildland Fire**, **2**, 1992. p.69–86. doi:10.1071/WF9920069

XYSTRAKIS, F., KALLIMANIS, A. S., DIMOPOULOS, P., HALLEY, J. M., AND KOUTSIAS, N.: Precipitation dominates fire occurrence in Greece (1900–2010): its dual role in fuel build-up and dryness. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, **14**, 2014. p. 21–32, doi:10.5194/nhess-14-21-2014, 2014.

ZUMBRUNNEN, T.; BUGMANN, H.; CONEDERA, M.; BÜRGI, M. Linking forest fire regimes and climate: A historical analysis in a dry inner Alpine Valley. **Ecosystems**, v. 12, 2009. p. 73-86.

Um dos maiores problemas ambientais e financeiros em florestas plantadas que atormentam uma grande quantidade de países ao redor do globo atualmente, inclusive o Brasil, são os incêndios florestais.

Com o debate ambiental cada vez mais em voga e a necessidade de um conhecimento minucioso deste fenômeno, importantes pesquisas estão sendo desenvolvidas tendo os incêndios florestais como objeto de estudo, muitas delas tentam entender a correlação existente entre estes desastres naturais com a temperatura do ar, ou com a precipitação pluviométrica, alguns com a umidade relativa do ar, deficiência hídrica, variáveis topográficas, além também de se debruçarem nas ações antrópicas causadoras de incêndios criminais.

Um destes pesquisadores é o engenheiro florestal Fernando Coelho Eugenio orientado pelo professor Alexandre Rosa dos Santos que vem realizando importantes estudos nesta área de maneira a contribuir de forma significativa neste debate.

Neste livro além de um resgate teórico bibliográfico, ele correlaciona teoria e prática em um estudo de caso realizados em áreas de florestas plantadas na costa centro-norte do estado do Espírito Santo e costa sul da Bahia onde a relação entre os incêndios florestais e as condições meteorológicas ainda são pouco compreendidas.

Se propondo, portanto, a fazer uma análise integrada de diversos fatores que podem principiar um incêndio florestal de maneira temporal, espacial e causal, sempre partindo de uma discussão mais abrangente e conceitual e posteriormente focalizando em sua área de estudo dentro de diferentes cenários.

**MSc. Rafael Henrique Meneghelli Fafá Borges**

EDITORA  
**CAUFES**



**CCA**  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS E ENGENHARIAS

