

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO FOGO EM UM TRECHO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECÍDUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MINAS GERAIS

STUDY OF FIRE BEHAVIOR ON A PART OF SEMIDECIDUOUS SEASONAL FOREST IN VIÇOSA, MINAS GERAIS

Virgínia Londe de Camargos¹ Guido Assunção Ribeiro² Alexandre Francisco da Silva^{3†}
Sebastião Venâncio Martins² Flávia Maria da Silva Carmo⁴

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento do fogo em um trecho de Floresta Estacional Semidecídua, usando as variáveis: intensidade do fogo, tempo de queima, material combustível, poder calorífico e calor liberado por área. Foram instaladas 10 parcelas de 5 x 5 m interdistantes em 1 m, perfazendo um total de 250 m², em um fragmento denominado “Reserva da Biologia”, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, (20°35’-28°50’S e 42°45’-43°00’W) onde foi realizada a queima controlada utilizando a técnica do fogo a favor do vento, obedecendo ao sentido do aclave. Determinou-se a quantidade de matéria seca, velocidade de propagação do fogo, intensidade, calor liberado e poder calorífico. O tempo de duração da queima variou entre as parcelas de 3’30” a 9’18”. A velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar no dia da queima permaneceram constantes em todas as parcelas, apresentando valores de 3,5 m s⁻¹ Norte, 20°C e 79%, respectivamente. Os parâmetros do comportamento do fogo variaram entre as parcelas em: 0,32 a 1,10 kg m⁻² para material combustível, 11,94 a 75,79 Kcal s⁻¹ m⁻¹ para a intensidade de queima e 1111 a 3789 Kcal m⁻² para o calor liberado por área. Os valores médios para velocidade de propagação e poder calorífico foram 0,017 m s⁻¹ e 4411 Kcal Kg⁻¹, respectivamente. As condições climáticas de Viçosa em 2005 foram atípicas em relação aos outros anos, não apresentando nenhum mês seco. Esta condição interferiu nos parâmetros do comportamento do fogo, fazendo com que a queima fosse classificada como de baixa intensidade.

Palavras-chave: intensidade de fogo; Mata Atlântica; queima controlada.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the fire behavior on a part of Semideciduous Seasonal Forest, using the variables: fire intensity, burning time, fuel, heat content and heat released. Ten plots of 5 by 5 meters were used, totalizing 250 m², and the distance between each plot was 1 meter in a place named “Reserva da Biologia” property of Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, (20°35’-28°50’S e 42°45’-43°00’W). In this place a control burning was performed using strip headfire technique, obeying the slope direction. The amount of local dry matter, fire propagation velocity, intensity, heat released and heat content were measured. The time duration of the burning ranged between plots of 3’30” “to 9’18”. Wind velocity, temperature, relative humidity were constant in all plots, with values 3, 5 m s⁻¹ North, 20° C and 79% respectively. The values found for fire behavior variables ranged between plots: from 0, 32 to 1, and 10 Kg m⁻² for fuel, from 11, 94 to 75,79 Kcal s⁻¹ m⁻¹ for burning intensity and from 1111 to 3789 Kcal m⁻²

1 Bióloga, Dr^a, Pós-graduada em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa (MG), Brasil. virginialonde@gmail.com

2 Engenheiros Florestais, Drs., Professores do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa (MG), Brasil.

3 Biólogo, Dr., Professor do Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa (MG), Brasil. (*in memoriam*).

4 Bióloga, Dr^a, Professora do Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa (MG), Brasil.

for heat released. The average values for rate of spread and heat released were 0,017 m s⁻¹ and 4411 Kcal Kg⁻¹, respectively. In the year 2005, the weather conditions were atypical comparing to another years in Viçosa, witch in every month occurs a certain amount of rain. This fact had interference in the fire behavior parameters, for that reason the burning were classified as low intensity.

Keywords: fire intensity; Rainforest; control burning.

INTRODUÇÃO

O fogo é um instrumento comum no meio rural e tem sido usado desde as épocas mais remotas da civilização. Objetivando a limpeza de terreno ou o manejo para agricultura e pecuária, seu uso é considerado uma prática barata e rápida, além de promover um aumento na disponibilidade de nutrientes no solo e conseqüentemente da sua capacidade produtiva, bem como redução da incidência de pragas e doenças (WRIGHT e BAILEY, 1982; BONFIM et al., 2003; COCHRANE, 2003; SOARES e BATISTA, 2007).

O uso indiscriminado e a falta de conhecimento sobre o manejo do fogo têm sido os principais responsáveis por um sério problema ambiental: os incêndios florestais. Além de danos à fauna, flora e ao homem, inclusive com perdas de vidas, o fogo traz conseqüências econômicas consideráveis, como a destruição de *habitats*, queima de madeira e altos custos para o combate (SANTOS et al., 2006).

Ecologicamente, o fogo é um dos elementos naturais responsável por afetar o funcionamento dos ecossistemas, influenciando a sucessão vegetal, a composição e estrutura florestal, o acúmulo de serapilheira, a ciclagem de nutrientes, a população de insetos, o banco de sementes no solo e a rebrota de espécies arbustivo-arbóreas (KOMAREK, 1971; UHL et al., 1981; KAUFFMAN, 1991; COCHRANE e SCHULZE, 1999).

As respostas das plantas aos impactos do fogo variam conforme a intensidade, a frequência e a duração dos incêndios e também com a formação vegetacional atingida. Em algumas formações, como o cerrado, várias espécies resistem à ocorrência do fogo ou são até mesmo favorecidas por ele, uma vez que as altas temperaturas ajudam a quebrar a dormência de algumas espécies (COUTINHO, 1978, 1990; OLIVEIRA-FILHO e RATTER, 2002). A sucessão secundária inicial, após o fogo, também é influenciada uma vez que as populações de espécies pioneiras nessas áreas definirão o progresso do estabelecimento de espécies de árvores e arbustos,

incorporação de matéria orgânica, redução de erosão e intensificação da competição por recursos (CONNELL e SLATYER, 1977).

O estudo do comportamento do fogo é essencial para se compreender os componentes do processo e seus efeitos. Segundo Soares e Batista (2007), o termo “comportamento do fogo” é usado para indicar sua ação, ou seja, descrever suas principais características como intensidade, velocidade, tempo de queima, calor liberado, material queimado, umidade de material combustível, dentre outros. É o resultado da interação entre clima e condições do combustível, relevo, técnica de queima e forma de ignição. O comportamento do fogo condiciona de uma forma marcante todos os aspectos que se correlacionam, desde a prevenção até a mitigação, determinando as medidas e técnicas a empregar no combate, caso seja necessário. Por este motivo constitui um elemento central de toda a gestão dos incêndios florestais em qualquer parte do mundo (VIEGAS, 2007). A ausência destas informações quantitativas força julgamentos puramente qualitativos de incêndios florestais (STOCKS, 1989).

O uso do fogo, como ferramenta auxiliar no meio florestal, somente pode ser recomendado quando as relações entre as diversas variáveis que afetam o seu comportamento, assim como os efeitos conseqüentes são conhecidos (McARTHUR, 1962). O ponto crucial do problema de fogo em florestas tropicais não é a introdução de fogo nestes ecossistemas, mas a frequência com o qual eles estão sendo queimados (COCHRANE, 2003). Pesquisas têm sido desenvolvidas em alguns países que usam o fogo como forma de manejo de suas áreas florestais (BROWN e DAVIS, 1973; WRIGHT e BAILEY, 1982; CHANDLER et al., 1983; ANDREWS, 1986; JOHNSON e MIYANISHI, 2001; MINNICH, 2001; VIEGAS, 2007). No Brasil, os estudos ainda são incipientes e muitos são realizados em florestas homogêneas (BATISTA e SOARES, 1997; BATISTA et al., 1997; RIBEIRO e SOARES, 1998; GRODZKI et al., 2004). Em vegetação nativa são ainda mais escassos e a maioria deles no bioma

cerrado (COUTINHO, 1990; MIRANDA et al., 1993 e 1996; MEDEIROS e MIRANDA, 2005).

Muitas pesquisas são necessárias para conhecer as inter-relações entre a técnica e a periodicidade de queima, as condições meteorológicas e o material combustível e, principalmente, o efeito causador nos diferentes biomas, uma vez que a resposta ao fogo de qualquer elemento da biota dependerá do seu comportamento.

O objetivo do presente estudo foi estudar o comportamento do fogo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual, usando as variáveis: intensidade do fogo, tempo de queima, material combustível poder calorífico e calor liberado por área.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta classificado como Estacional Semidecidual Montana, (VELOSO et al., 1991), em regeneração natural há 80 anos, conhecido como “Reserva da Biologia”, situado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa - MG (20°35’-28°50’S e 42°45’-43°00’W). A área total do fragmento é de 75 ha, com altitude variando entre 725 a 745 m. O relevo possui características montanhosas, com predominância de solos tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, nos topos dos morros e encostas e Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, nos terraços (CORREA, 1984).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, subtropical moderado úmido, com médias de umidade relativa e temperatura de 81% e 19,4°C, respectivamente. A precipitação anual está em entorno de 1200 mm, sendo definida uma estação chuvosa de setembro a abril e uma estação seca de maio a agosto (DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992).

Demarcação da área experimental e coleta de dados

Foram instaladas 10 parcelas de 5 x 5 m interdistantes em 1 m, formando uma faixa vertical, perfazendo um total de 250 m² na qual foi realizada a queima controlada utilizando a técnica do fogo a favor do vento, obedecendo ao sentido do aclave, ou seja, a linha de fogo foi acesa no extremo oposto ao topo do morro, com o auxílio do “pinga-fogo”.

No entorno das parcelas foram construídos aceiros de 1 m de largura para evitar que o fogo passasse para a área externa do local do tratamento. A queima realizada foi terrestre, a composição predominante era de espécies arbustivo-arbóreas. Foi realizada 30 dias após a última chuva, no dia 05 de setembro de 2005, iniciada às 9h30 da manhã com duração total de 2 horas entre ignição da primeira parcela e extinção total da última, tendo uma variação do tempo de queima entre as parcelas de 3’30” a 9’18”.

Foram medidas a velocidade e a direção do vento, com anemômetro e biruta, respectivamente, a 1 m de distância na parte superior das parcelas e 0,50 m de altura do solo, além da umidade relativa do ar, com auxílio de um psicrômetro. Os dados climáticos de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar no ano foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

A determinação da quantidade do material combustível ou matéria seca, antes e depois da queima, baseou-se no método destrutivo proposto por Brown et al. (1982). Para cada parcela, na região central, foi coletada uma amostra delimitada por um gabarito de madeira vazado de 0,5 x 0,5 m, retirando-se todo o material de seu interior. Após a queima, recolheu-se o material não carbonizado. Este material, coletado antes e após a queima, foi acondicionado em saco de papel identificado, pesado em balança eletrônica de 10 g de precisão e levado à estufa a 75°C até atingir peso constante.

O fator de combustão foi calculado pela diferença no peso do material combustível coletado antes e após o fogo, sendo representado pela porcentagem de matéria seca queimada.

A velocidade de propagação do fogo foi calculada mediante cronometragem do tempo gasto para o fogo percorrer os 5 m de cada parcela (m s⁻¹).

As variáveis do comportamento do fogo foram obtidas por fórmulas, sendo $I = H.W.r$ (BYRAM, 1959) para intensidade do fogo e $H_a = I/r$ (ROTHERMEL e DEEMING, 1980) para calor liberado por área, sendo:

I – intensidade da linha de fogo, em kcal m s⁻¹;

H – poder calorífico do material combustível, em Kcal Kg⁻¹;

W – peso do material combustível disponível, em Kg m⁻²;

H_a – calor liberado por unidade de área, em Kcal m⁻²;

r – velocidade de propagação do fogo, em m s⁻¹.

A intensidade de queima foi classificada de acordo com McArthur e Cheney (1966).

O poder calorífico do material combustível foi determinado no calorímetro adiabático da PARR, modelo 1108, conforme Norma NBR 8633 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, 1983). O poder calorífico do material de campo foi determinado pela fórmula $H_w = H_d(100-U/7)/(100+U)$ (COUNTRYMAN, 1977), em que:

H_w – poder calorífico da matéria úmida coletada no dia da queima, em Kcal Kg⁻¹;

H_d – poder calorífico da matéria seca, em Kcal Kg⁻¹ e

U – conteúdo de umidade da material combustível no dia da queima, em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação para o mês de agosto de 2005 foi de 62 mm (Figura 1), sendo que para o mesmo período em 2004 e 2006, foi de 0,2 e 13,3 mm, respectivamente, caracterizando o mês de agosto do ano de 2005 um período atípico.

A velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar no dia da queima permaneceram constantes em todas as parcelas, apresentando valores de 3,5 m s⁻¹ Norte, 20°C e 79%, respectivamente.

Os efeitos do fogo em ecossistemas florestais são dependentes do seu comportamento, principalmente intensidade e duração. Estas duas variáveis também dependem de outras, intrínsecas ao ambiente, tais como temperatura e umidade do

ar, velocidade e direção dos ventos, topografia e umidade da biomassa.

Apesar de o período do ano, da realização do tratamento com fogo (setembro) ser considerado pico da seca na região da Zona da Mata de Minas Gerais, uma vez que a precipitação cai abaixo da evaporação potencial, causando deficiência hídrica e retirada de água do solo (GOLFARI, 1975), o ano de 2005 foi atípico em relação a outros, devido à distribuição homogênea das chuvas, sem nenhum mês com precipitação igual a zero. Ao se avaliar o efeito da precipitação deve-se levar em consideração não apenas a quantidade de chuva, mas também a distribuição estacional (SOARES e BATISTA, 2007).

As condições meteorológicas encontradas influenciaram muito o comportamento do fogo sendo decisivas na avaliação das variáveis como intensidade, propagação e calor liberado, uma vez que atuam diretamente sobre a umidade do material combustível. Segundo Soares e Batista (2007), temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação afetam o potencial de propagação do fogo. Altas temperaturas e longos períodos de estiagem proporcionam secagem progressiva do material combustível morto, podendo, inclusive, afetar o teor de água da vegetação verde, aumentando assim a probabilidade de ignição e a facilidade de propagação do fogo. Quando a precipitação é elevada, reduz o potencial de ocorrência e propagação do fogo até mesmo a zero. Ainda, segundo os autores, quando a umidade relativa do ar encontra-se superior a 45%, a velocidade de propagação é muito lenta e ventos com velocidade entre 2 e 5 m s⁻¹ são classificados, de acordo com a escala de Beaufait et al. (1975), como muito fracos, contribuindo ainda mais para esta lenta propagação.

O material combustível era composto de folhas verdes e secas, ramos e galhos mortos e algumas gramíneas. Os parâmetros do comportamento do fogo analisados encontram-se na Tabela 1. A carga do material combustível seco coletado antes da queima variou entre 0,32 e 1,10 Kg m⁻².

A variação da carga de material combustível pode ter ocorrido pela deposição irregular dos materiais orgânicos, distribuição espacial de espécies perenifólias, decíduas e semidecíduas e a topografia na qual estavam alocadas as parcelas. Vale ressaltar, que por ser uma floresta semidecídua, no período da queima (estação seca) esperava-se uma caducifolia

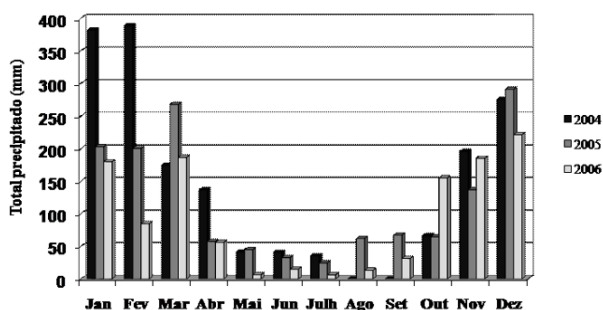


FIGURA 1: Precipitação total mensal de 2004, 2005 e 2006 no município de Viçosa, Minas Gerais.

FIGURE 1: Precipitation monthly total of 2004, 2005 and 2006 in Viçosa, Minas Gerais.

TABELA 1: Comportamento do fogo em queima controlada realizada em 10 parcelas de 5 x 5 m, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual na “Reserva da Biologia”, Viçosa - MG.

TABLE 1: Fire behavior in control burning conducted on 10 plots of 5 x 5 m, in a stretch of Semideciduous Seasonal Forest the “Reserva da Biologia”, Viçosa, MG.

Parcelas	Tempo de queima (segundos)	Carga de Material combustível seco em estufa AF (Kg m ⁻²)	Carga de Material combustível seco em estufa PF (Cinzas) (Kg m ⁻²)	Fator de combustão (%)	Velocidade de propagação (m s ⁻¹)	Poder calorífico H _{seco} (Kcal Kg ⁻¹)	Intensidade (Kcal.s ⁻¹ .m ⁻¹)	Calor liberado (Kcal m ⁻²)
1	465	0,33	0,04	87	0,011	4622	11,94	1111
2	558	0,65	0,02	96	0,010	4514	21,06	2106
3	397	0,36	0,02	93	0,013	4412	15,52	1233
4	295	1,11	0,02	98	0,017	4194	75,79	3789
5	252	1,05	0,02	98	0,020	4206	73,05	3637
6	250	0,44	0,03	93	0,020	4093	27,86	1393
7	391	0,38	0,02	93	0,013	4418	16,60	1298
8	210	0,32	0,03	88	0,024	4515	25,31	1063
9	263	0,53	0,02	96	0,019	4517	36,13	1900
10	242	0,45	0,02	95	0,021	4623	34,25	1658

Em que: H_{seco} = poder calorífico do material combustível seco; AF = antes do fogo; PF = após o fogo.

entre 20 e 50% das espécies (VELOSO et al., 1991) que compõem a área. Isto na verdade não ocorreu uma vez que a precipitação do ano foi maior do que o normal e esta estacionalidade é determinante para a perda das folhas. Acredita-se que a quantidade de material combustível morto apresentaria valores maiores que a realmente encontrada.

A carga de material combustível pode ser muito variável. Estudos na floresta amazônica virgem encontraram uma biomassa de detritos combustíveis de 0,56 Kg m⁻² sendo que em floresta explorada o valor aumentou para 1,79 Kg m⁻² (UHL et al., 1990). Em campo sujo (cerrado), Miranda et al. (1996) encontraram valores entre 0,67 e 0,99 Kg m⁻² o que foi explicado pela grande quantidade de gramíneas e herbáceas existentes na área. No estudo de Grodzki (2000), o valor encontrado foi de 0,24 Kg m⁻² para uma floresta de bracinga (*Mimosa scabrella*), manejada sob um sistema agroflorestal. Já Ribeiro et al. (2006) encontraram valores médios de 0,14 Kg m⁻² numa área de capim-braquiária. A carga do material combustível é importante em estudos sobre os efeitos do fogo. O material orgânico morto, ainda não decomposto ou em estágio inicial da decomposição, situado acima da superfície do solo e o material verde, são diretamente afetados pelo fogo. A quantidade, o arranjo e a distribuição deste material é que determinam a sustentação e a

dispersão do fogo (RIBEIRO, 1997; RIBEIRO e SOARES, 1998).

Após a queima, o material combustível consumido (fator de combustão) variou entre 87 e 98%. O fator de combustão nem sempre é passível de comparação, uma vez que depende da composição do combustível (vivo e morto), do teor de umidade do combustível, do microclima e do clima local, principalmente dias sem chuva (JOHNSON e MIYANISHI, 2001), dados estes que muitas vezes não são apresentados nos estudos publicados. Miranda et al. (1996) encontraram valores entre 91 e 95% para a área de campo sujo (cerrado).

A média de umidade do material combustível no dia da queima foi de 17,17%. O teor de umidade da serapilheira, que forma uma camada densa sobre o solo, fez com que sobrassem resíduos de material combustível após a queima. Segundo Soares e Batista (2007), experiências demonstram que quando a umidade do material combustível está acima de 25 a 30%, a probabilidade de ignição do fogo é praticamente nula, sendo este limite chamado de “umidade de extinção”. O fogo em florestas tropicais, frequentemente, é de superfície, assim, as características da serapilheira, como tipo, umidade e composição são essenciais para prever o comportamento da queima. Embora existam algumas descrições quantitativas não existem

estudos relacionados à composição química deste material (COCHRANE, 2003),

A propagação média do fogo foi de $0,017 \text{ m s}^{-1}$, o que pela escala de Rigolot (1990) representa uma baixa velocidade. Vale ressaltar que a técnica utilizada foi do fogo a favor do vento. Brown e Davis (1973) afirmam que a maioria das queimadas controladas contra o vento se propaga a uma velocidade de $0,009$ a $0,018 \text{ m s}^{-1}$ e a favor do vento de $0,055$ a $0,111 \text{ m s}^{-1}$. McArthur e Cheney (1966) destacam que a queima em faixas a favor do vento normalmente consome maior quantidade de material combustível em razão da intensidade. A velocidade de propagação é, na prática, a única dentre as três variáveis empregadas no cálculo da intensidade da linha de fogo que pode ser manejada, seja por meio da técnica da queima ou pelo monitoramento da umidade do material combustível (RIBEIRO, 1997).

A reação da combustão é mantida pela energia liberada do material combustível de acordo com seu poder calorífico. Neste estudo, os valores encontrados foram, em média, $4411 \text{ Kcal Kg}^{-1}$. Soares e Batista (2007) dizem que a quantidade de energia calorífica liberada pela queima de combustíveis de espécies florestais tropicais é alta e não varia de maneira significativa entre os diferentes tipos de material existente. Este valor pode ser considerado constante (em torno de $4000 \text{ Kcal Kg}^{-1}$) em estudos do comportamento do fogo. Em florestas homogêneas, como as de coníferas, por exemplo, a energia liberada aumenta por causa da grande quantidade de resina, lignina e celulose das espécies.

Para o cálculo da intensidade do fogo, conforme preconizado na metodologia, ajustou-se a carga do material combustível previamente determinada de acordo com a umidade do material encontrado no dia da queima que foi de $17,17\%$. A intensidade variou de $11,94$ a $75,79 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ entre as parcelas e foi classificada em muito baixa (0 a $80 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$), de acordo com a escala de McArthur e Cheney (1966). Segundo Soares e Batista (2007), os valores encontrados representam uma intensidade baixa e com pouca chance do fogo escapar ao controle. Em um incêndio florestal, a intensidade pode variar de 400 a $800 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ e acima destes valores, geralmente, o fogo torna-se incontrolável.

Características, como técnicas de queima (a favor ou contra o vento), velocidade e direção do vento, topografia e umidade do material combustível,

podem interferir diretamente nas variáveis que atuam na intensidade, alterando o comportamento do fogo (SOARES e BATISTA, 2007). Um fogo severo é frequentemente confundido com fogo de alta intensidade. Graves incêndios em florestas temperadas e boreais, por exemplo, são mais intensos na superfície por causa da composição das espécies (coníferas, e outras). O fogo pode se propagar rápido e intensamente, ou ser de baixa intensidade se espalhando lentamente (JOHNSON e MIYANISHI, 2001; COCHRANE, 2003).

A falta de estudos que apresentem essas características de queimadas em florestas semidecíduas, torna difícil a comparação dos resultados, uma vez que a resposta do comportamento do fogo em qualquer ecossistema depende diretamente das particularidades de seus ambientes. Os resultados do estudo de Grodzki (2000) e Miranda et al. (1996) mostram essa dificuldade de comparação, por se tratarem de ambientes completamente diferentes. Eles encontraram intensidades variando de $362,93$ a $426,26 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ para uma floresta de bracatinga e $300,41$ a $1940,76 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$, em campo sujo na região do cerrado, respectivamente.

As variáveis relacionadas com a intensidade do fogo são: poder calorífico, material combustível e velocidade de propagação. As análises de regressão realizadas (Figura 2), entre a intensidade e estas variáveis, revelaram uma relação positiva e significativa entre a intensidade e a carga do material combustível, sendo esta a principal variável a influenciar na intensidade.

A menor intensidade ($11,94 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$) ocorreu na parcela 1, na qual foi encontrada quantidade pequena de material combustível ($0,33 \text{ Kg m}^{-2}$), enquanto que as parcelas 4 e 5, com grande carga deste material ($1,10$ e $1,05 \text{ Kg m}^{-2}$) obtiveram intensidades maiores com valores de $73,05$ e $75,79 \text{ Kcal s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (Figura 3).

A variação de calor liberado foi de 1111 a 3789 Kcal m^{-2} , sendo que os maiores valores encontrados também ocorreram nas parcelas 4 e 5 (3789 e 3637 Kcal m^{-2}), mesmas parcelas com maior carga de material combustível. Esta variável é a responsável primária pelos efeitos imediatos sobre as plantas, animais e solo, uma vez que resulta na energia liberada pelo fogo por unidade de área (ROTHERMEL e DEEMING, 1980; SOARES e BATISTA, 2007). Os valores encontrados são considerados muito baixos quando comparados aos estudos de Grodzki (2000), cujas medições

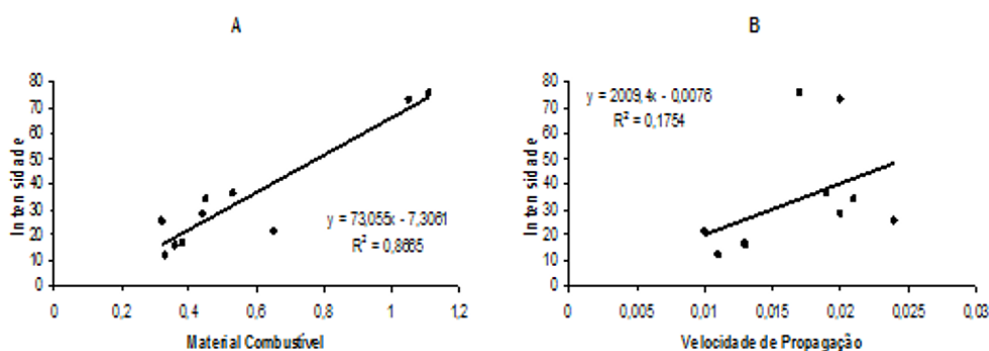


FIGURA 2: Análises de regressão realizadas entre: A) Intensidade e Material Combustível; B) Intensidade e Velocidade de propagação.

FIGURE 2: Analysis of regression made between: A) Intensity and Fuel B) intensity and spread fire

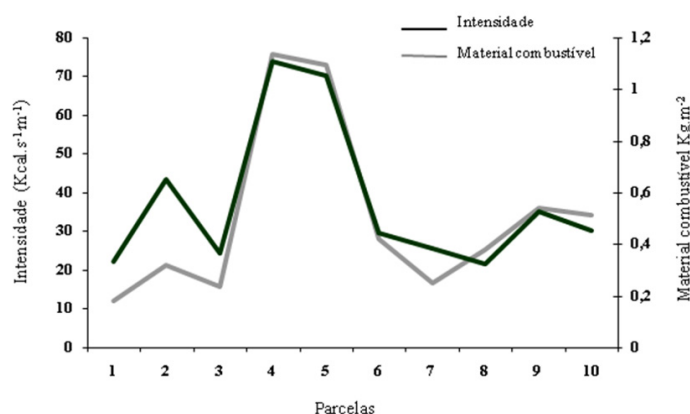


FIGURA 3: Variações da intensidade e do material combustível mostrando a relação direta entre as duas variáveis.

FIGURE 3: Variations in the intensity and the fuel showing the relationship between the two variables.

variaram entre 8851 e 10.396 Kcal m⁻²e, Miranda et al. (1996), com variação entre 1798 a 3411 Kcal m⁻² em área de campo sujo no Cerrado.

Segundo Cochrane (2003), a propagação do fogo em florestas tropicais é controlada principalmente pela umidade relativa do ambiente. A modelagem do comportamento e os efeitos do fogo são mais difíceis nestas florestas. A heterogeneidade da composição do material combustível, em termos de capacidade de ignição, combustão e sustentação, resulta em uma modulação complexa da umidade atmosférica.

Apesar dos dados apresentados mostrarem que o fogo realizado foi de proporções pequenas e com características bem diferentes dos incêndios florestais, sempre provoca alterações físicas, químicas e biológicas no ecossistema florestal (SOARES e BATISTA, 2007). Assim, se todos os fatores que o influenciam fossem adequadamente

conhecidos e compreendidos, o comportamento dos incêndios poderia ser devidamente prognosticado.

A avaliação dos efeitos do fogo é um estudo que envolve diversas áreas do conhecimento e deve ser feita em conjunto visando minimizar os impactos, propondo alternativas seguras e menos degradantes de uso ao longo dos tempos. Analisando o complexo do comportamento do fogo, mesmo em condições meteorológica desfavoráveis a ele, foi possível mensurar suas variáveis e apresentar um resultado que pode servir de ponto de partida para outros estudos. Em campo, percebe-se que um grande aspecto dos efeitos resulta das variações do fogo, alguns claramente visíveis enquanto outros são difíceis de serem detectados.

CONCLUSÕES

Com base na avaliação dos parâmetros

estudados, o fogo foi classificado como de baixa intensidade, uma vez que os valores encontrados estavam abaixo das escalas de classificação propostas.

AGRADECIMENTOS

Queremos dedicar este artigo a nosso amigo e coautor Alexandre Francisco da Silva, um dos idealizadores deste trabalho que infelizmente faleceu antes de sua publicação. Agradecemos à Universidade Federal de Viçosa, pela autorização da realização deste trabalho; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado; ao IEF pela autorização da queima controlada e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Normas Técnicas NBR 8633**. Brasília, 1983.
- ANDREWS, P. L. Methods for predicting fire behavior – you do have a choice. **Fire Management Notes**. United States, v. 47, n. 2, p. 6-10, 1986.
- BATISTA, A. C. et al. Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Sengés – PR. **Floresta**, Paraná, v. 27, n. 1/2, p. 59-70, 1997.
- BATISTA, A. C.; SOARES, R.V. Avaliação do comportamento do fogo em queimas controladas sob povoamentos de *Pinus taeda* no norte do Paraná. **Floresta**, v. 25, n. 1/2, p. 31-42, 1997.
- BEAUFIT, W. R. et al. **Broadcast burning in Larch-Fir clearcuts: the Miller creek-Newman ridge study**. U.S. Forest Service, Research Paper INT-175. 1975. 53 p.
- BONFIM, V. R. et al. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 87-94, 2003.
- BROWN, A.A.; DAVIS, K.P. **Forest fire: control and use**. 2nd ed. New York. McGraw-Hill Book Company, 1973. 686 p.
- BROWN, J. K. et al. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West**, Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982, p. 1-22 (General Technical Report, INT-129).
- BYRAM, G. M. Combustion of forest fuels. In: Davis, K.P. **Forest fire - control and use**. New York: Mc Graw Hill, 1959, p 77-84.
- CHANDLER, C. et al. **Fire in Forestry: forest fire behavior and effects**. New York: John Wiley e Sons, 1983. 450 p.
- COCHRANE, M.; SCHULZE, M. D. Fire as a recurrent event in tropical forest of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition. **Biotropica**, Washington, v. 31, p. 2-16, 1999.
- COCHRANE, M. Fire science for rainforests. **Nature**, New York, v. 421, n. 27, p. 913-919, 2003.
- CONNEL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, p. 1119-1144, 1977.
- CORREA, G. F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa, MG**. 1984. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1984.
- COUNTRYMAN, C. M. **The nature of heat**. Portland: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1977. 11 p.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, p. 17-23. 1978.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: J. G. Goldammer (ed.). **Fire in the tropical biota – Ecosystem process and global challenge**. Berlim, Springer-Verlag. 1990. p. 82-105
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI, EMRAPA. 1992.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF, 1975. 65 p. (Série técnica 3)
- GRODZKI, L. **Efeitos do fogo sobre variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracatinga (*Mimosa scabrella*, Benth) manejada sob o sistema agroflorestal em Colombo, PR**. 1997. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2000.
- GRODZKI, L. et al. Efeitos do fogo sobre algumas variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracatinga (*Mimosa scabrella*, benth.), no município de Colombo, PR. **Floresta**, Paraná, v. 34, n. 20,

- p. 151-156, 2004.
- JOHNSON, E. A.; MIYANISHI, K. **Forest Fires: Behavior and Ecological Effects**. New York: Academic Press, 2001. 594 p.
- KAUFFMAN, J. B. Survival by sprouting following fire in tropical forest of the Eastern Amazon. **Biotropica**, Washington, v. 23, p. 219-224, 1991.
- KOMEREK, E. V. Effects of fire on wildlife and range habitats. In: PRESCRIBED BURNIGN SYMPOSIUM, 1971, Charleston. **Proceedings...** USDA. Forest Service, 1971, p. 46-53.
- McARTHUR, A. G. **Control burning in eucalypt forest**. Canberra: Commonwealth of Australia Forestry and Timber Bureau, 1962. 31 p.
- McARTHUR, A. G.; CHENEY, N.P. The characterization of fire in relation to ecological studies. **Australian Forest Research**, Australian, v. 2, n. 3, p. 36-45, 1966.
- MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 493-500, 2005.
- MINNICH, R. A. An integrated model of two fires regimes. **Conservation Biology**, v. 15, n. 6, p. 1549-1553, 2001.
- MIRANDA, A. C. et al. Soil and air temperatures during prescribe cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Reino Unido, v. 9, n. 3, p. 313-320, 1993.
- MIRANDA, H. S.; et al. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S., Eds. **Impactos de queimadas em áreas de Cerrado e Restinga**. Brasília, DF, 1996, p. 1-10.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (eds.). **The Cerrado of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savana**. New York, Columbia University Press, 2002, p. 91-120.
- RIBEIRO, G. A. **Estudo do Comportamento do fogo e de alguns efeitos da queima controlada em povoamentos de *Eucalyptus viminalis* Labill em Três Barras, Santa Catarina**. 1997. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 1997.
- RIBEIRO, G. A.; SOARES, R. V. Caracterização do material combustível superficial e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 57-072, 1998.
- RIBEIRO, G. A. et al. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1025-1031, 2006.
- RIGOLOTTI, E. Combustíveis. In: REGO, F. C.; BOTELHO, H.S. **As técnicas do fogo controlado**. Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, 1990, p 35-38.
- ROTHERMEL, R. C.; DEEMING, J. E. **Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects**. Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1980. 4 p. (General Technical Report, INT-93).
- SANTOS, J. F. et al. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, Paraná, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeito e uso do fogo**. Curitiba: FUFPEF, 2007. 264 p.
- STOCKS, B. J. Fire behavior in mature Jack pine. **Canadian Journal of Forest Research**, Canada, v. 16, n. 6, p. 783-790, 1989.
- UHL, C. et al. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. **Journal of Ecology**, v. 69, p. 631-649, 1981.
- UHL, C. et al. Os caminhos do fogo na Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro/RJ, v. 11, n. 65, p. 24-32, 1990.
- VELOSO, H. P. et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.
- VIEGAS, D. X. Modelos do comportamento do fogo. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4.; REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA SIF/FUPEF/IPEF SOBRE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 8., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2007, p 96-132.
- WRIGHT, H. A.; BAILEY, A. W. **Fire Ecology**. New York, John Wiley e Sons, Inc, 1982. 501 p.