

Estimativa do comportamento do fogo em queimas de *Eucalyptus grandis* sob diferentes declividades

Ronie Silva Juvanhol¹, Renan Baptista Jordaim², Saulo Boldrini Gonçalves³, Arien Hiusaki de Moura Santos^{4*}, Evandro Ferreira da Silva⁵

¹Docente da Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí, Brasil. ²Doutorando em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, Porto Alegre, Brasil. ³Docente da Universidade Federal de Tocantins, Gurupi, Tocantins, Brasil. ⁴Mestrando em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará, Altamira, Pará, Brasil. ⁵Docente, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Pará, Altamira, Pará, Brasil. *moura.arien.hiu@gmail.com

Recebido em: 27/07/2023

Aceito em: 17/05/2024

Publicado em: 31/07/2024

<https://doi.org/10.29327/269504.6.1-9>

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento do fogo em diferentes declividades de material combustível seco em estufa, proveniente de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, em experimento laboratorial. Durante a condução do experimento de queima, as variáveis monitoradas foram: altura da chama (AC), tempo de propagação (TP), velocidade de propagação (VP) e intensidade do fogo (I). O comportamento do fogo foi avaliado em uma plataforma de combustão com dimensões de 1,85 m x 0,86 m. Os tratamentos utilizados foram as declividades 0, 10, 15, 20 e 30°, com quatro repetições por tratamento. De acordo com os resultados obtidos verificou-se que a altura da chama não é influenciada estatisticamente pela declividade. Já a velocidade de propagação e a intensidade do fogo possuem relação direta com a declividade, ocorrendo o aumento significativo dessas variáveis com o aumento da inclinação. Na declividade 30° obteve-se a maior velocidade de propagação (0,013888 m s⁻¹) e maior intensidade do fogo (127,8564 kcal m⁻¹ s⁻¹), que correspondem simultaneamente a ordem de 3,8 vezes maior comparado à declividade 0°. Para o tempo de propagação, observou-se uma correlação inversa em função da declividade. Os resultados comprovam a influência da declividade no comportamento do fogo.

Palavras-chave: Proteção florestal. Parâmetros do fogo. Cenários de declividade.

Estimation of fire behavior in *Eucalyptus grandis* burns under different slopes

ABSTRACT

This study had as objective to evaluate the fire behavior of combustible material of a population of *Eucalyptus grandis*, in different slopes, in laboratory experiment. During the conduction of the burning experiment, the variables monitored were: flame height (AC), propagation time (TP) propagation velocity (VP) and fire intensity (I). The fire behavior was evaluated on a combustion platform with dimensions 1.85 x 0.86 m. The treatments used were slopes 0, 10, 15, 20 e 30°, with four repetitions per treatments. According to the results obtained was verified that the flame height is not influenced statistically by slope. The propagation velocity and the fire intensity of the fire have a direct relation with the slope, occurring a significant increase of these variables with the increase of the slope. In the 30° slope, the highest propagation velocity (0.013888m s⁻¹) and higher fire intensity of the fire (127.8564 kcal m⁻¹ s⁻¹) were obtained, which correspond simultaneously to the order of 3.8 times greater than the slope 0°. For propagation time there was an inverse correlation in function of slope. The results confirm the influence of slope on fire behavior.

Keywords: Forest protection. Fire parameters. Slope scenarios.

INTRODUÇÃO

As florestas são responsáveis por cumprir um papel importante na conservação e manutenção do meio ambiente em equilíbrio (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2013). Anualmente grandes áreas de floresta são devastadas por meio de incêndios florestais (INPE, 2020) causando impactos ambientais incalculáveis e que são quase impossíveis de serem mitigados de forma eficiente em um curto espaço de tempo com baixo custo.

Em função da forma rápida com que se pode propagar e dificuldade de combate, quando o incêndio florestal não é combatido rapidamente, ele afeta diretamente o equilíbrio do ecossistema florestal influenciando na biodiversidade, ciclo hidrológico e ciclo do carbono (ANDREAE; MERLET, 2001; LENTILE et al., 2006; SHU-REN, 2003). Quando esses eventos são associados a uma maior frequência, as perdas são ainda mais severas podendo chegar a recursos genéticos, no caso de florestas naturais e, ocasionar maiores perdas econômicas em plantios florestais associados à venda da madeira.

Contudo, é importante ressaltar que o Brasil se destaca por possuir cerca de 8 milhões de hectares de plantios florestais e aproximadamente 519,5 milhões de florestas nativas distribuídas nos seus cinco biomas (ELLI et al., 2019; FERRAZ et al., 2019; IBÁ, 2019; MMA, 2020). Essas vastas áreas somadas, diferenciam em disponibilidade de madeira e de material orgânico depositado sobre o solo, composto por folhas e galhos decorrentes da desrama natural, além da vegetação de sub-bosque presente, que juntos, fornecem uma diversa e grande quantidade de material combustível (BORGES et al., 2011; SOARES, 1992).

Dessa forma, é crucial o conhecimento a respeito do comportamento do fogo relacionado ao tipo de material combustível. Essa informação serve de parâmetro para modelagem do risco de incêndio florestal, e planejamento de proteção e combate. O material combustível, que reflete a tipologia florestal ou a outros tipos de cobertura do solo, influencia nas variações do comportamento do fogo (BATISTA et al., 2013; BEUTLING et al., 2012; SEGER et al., 2012).

Assim, quando analisada a topografia natural da área associada a uma determinada tipologia do material combustível, o relevo tem relação direta com a propagação do fogo durante o incêndio (BROW; DAVIS, 1973). A topografia possibilita a criação de microclima que conseqüentemente influencia no regime de ventos e no deslocamento de

massas de ar, afetando a umidade do combustível e o comportamento do fogo (BOTELHO; SALGUEIRO, 1990). Relacionado a questão topográfica, a inclinação do terreno é um fator importante pois tem influência nas condições de pré-aquecimento dos combustíveis e modifica a taxa de propagação (BROW; DAVIS, 1973).

Ao se manter constante os demais fatores que interferem na propagação do incêndio florestal, pode-se afirmar que a influência da topografia no comportamento do fogo se assemelha com a atuação do vento. Em locais com aclives acentuados, o vento e a topografia têm relação direta com a ignição e propagação do fogo. No entanto, à medida que o mesmo se desenvolve em intensidade, o fator que se torna mais determinante é a topografia (BROW; DAVIS, 1973).

De forma resumida, os parâmetros que traduzem o comportamento do fogo, são: velocidade de propagação, intensidade, taxa de energia liberada e tempo de residência (BATISTA et al., 2013). Esses parâmetros possibilitam quantificar e caracterizar o comportamento do fogo, e definir parâmetros a respeito da dificuldade de combate do incêndio (LENTILE et al., 2006; VEGA, 1996).

Por fim, investigar a relação de diferentes declividades associadas a diferentes tipos de combustível é essencial para compreender e prever a direção, a velocidade e a intensidade do fogo nas diferentes direções de propagação (MARTINS, 2010). Tendo como base a incipiência de estudos sobre o comportamento do fogo em vegetação natural, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar o comportamento do fogo sobre diferentes declividades, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de *Eucalyptus grandis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e preparo do material combustível

A coleta da serrapilheira foi realizada em um povoamento de *Eucalyptus grandis* com idade de 9 anos, no município de Muniz Freire, região Sul do Espírito Santo, situado sob as coordenadas 20°26'36" de latitude S e 41°24'06" de longitude W em uma altitude média de 620 metros. De acordo com a classificação de Köpen, o clima do município é do tipo mesotérmico úmido, com precipitação média anual de 1.363 mm e temperatura média anual de 22,5°C (SILVA, 2008).

Para a obtenção do material combustível superficial, foram demarcadas parcelas com área de 1 m² sobre a serrapilheira de onde retirou-se o material que, posteriormente,

foi levado para a realização dos testes de combustão em laboratório. O material combustível foi classificado em: folhas, ramos com diâmetro menor que 0,7 cm, diâmetro entre 0,7 e 2,5 cm e diâmetro de 2,5 a 7,6 cm. Após a classificação, o material foi pesado e separado em amostras de 3,00 kg cada.

Para a determinação do teor de umidade do material, a carga de 3,00 kg foi submetida à secagem em estufa com circulação de ar forçada em uma temperatura de 75°C até atingir peso constante. Dessa forma, o teor de umidade do material foi determinado pela Equação 1 (BATISTA, 1990).

$$U(\%) = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100 \quad (1)$$

Em que: U = teor de umidade do material combustível (%); Mu = massa umidade do material (g); Ms = massa seca do material (g).

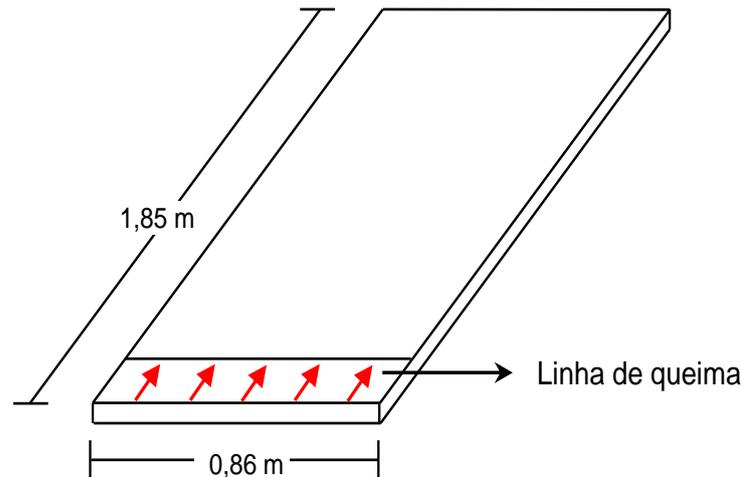
O material combustível analisado apresentou 17,09% de umidade. Para a determinação do poder calorífico superior, foram triturados 2,5 g do material combustível em moinho de faca tipo *Willey* que posteriormente foram passados em peneira número 40 e deixados por um período de 15 dias em uma sala de aclimatização. Foram preparadas cinco amostras de igual peso (0,5 g) e analisadas em uma bomba calorimétrica sendo obtido um poder calorífico no valor de 4.882 kcal kg⁻¹.

Queimas e monitoramento do fogo

Para os testes de comportamento do fogo utilizou-se uma plataforma de combustão com dimensões de 1,85 m x 0,86 m (1,591 m²), sobre a qual o material combustível foi disposto homogeneamente, mantendo-se uma densidade constante do material em todas as queimas. Para a ignição do fogo foi utilizado um lança-chamas do tipo “pinga-fogo” em uma linha de queima que iniciou a combustão uniformemente ao longo da largura da mesa (Figura 1).

As queimas foram realizadas nos meses de maio e junho de 2015 entre às 12:00 e 15:00h, período do dia que corresponde as horas mais quentes. Durante o período do experimento, a temperatura do ar no laboratório foi monitorada por meio de um termômetro portátil sendo observada uma temperatura média de 27°C.

Figura 1 – Representação das dimensões da mesa e da linha de queima.



As seguintes variáveis do comportamento do fogo foram avaliadas:

Tempo de propagação – tempo necessário para a linha de fogo percorrer o comprimento total da mesa de teste;

Velocidade de propagação – obtida pela razão da distância percorrida pelo fogo e o tempo necessário para a linha de fogo percorrer o comprimento total da mesa;

Altura da chama – estimativa visual da altura média alcançada pelas chamas a cada 10 cm de avanço da linha de fogo, com o auxílio de um gabarito de dimensão conhecida;

Intensidade da chama – proposta por Byram (1959) foi determinada pela Equação 2:

$$I = H * w * r \quad (2)$$

Em que: I = intensidade do fogo ($\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$); H = poder calorífico do combustível (kcal kg^{-1}); w = peso do material combustível (kg m^{-2}); r = velocidade de propagação do fogo (m s^{-1}).

Processamento e análise dos dados

O experimento foi conduzido sob um delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos correspondem às declividades: 0, 10, 15, 20 e 30°. Foi utilizada em cada queima uma carga de $1,88 \text{ kg m}^{-2}$, totalizando 20 queimas.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o *software* Sisvar 5.4. As médias correspondentes às variáveis foram submetidas ao teste W de *Shapiro-Wilk* ao nível de 5% de significância para verificar a normalidade entre elas. Quando não atendida a condição de normalidade ($p < 0,05$), os dados foram transformados pela raiz quadrada

das médias. Após a verificação da normalidade foi realizada a análise de variância pelo teste F a 95% de probabilidade e quando observado significância entre as médias realizou-se a análise de regressão. Na análise de regressão, para as variáveis significativas de acordo com a disposição dos dados no gráfico de dispersão, foi ajustado por meio do software R statistics®, o modelo linear e exponencial.

Para a análise do modelo utilizou-se o coeficiente de determinação e o erro-padrão da estimativa em porcentagem, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Modelo para estimativa do comportamento do fogo e parâmetros de avaliação.

Estatística	Fórmula
Coeficiente de determinação ajustado	$R_{aj}^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \cdot (1 - R^2)$
Erro-padrão da estimativa em porcentagem [S_{yx} (%)]	$S_{yx}(\%) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n-p}}}{\bar{y}}$

Em que: R_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; R^2 = coeficiente de determinação; n = tamanho da amostra; p = número de coeficientes do modelo; S_{yx} (%) = erro padrão da estimativa; \hat{y} = valor estimado da i -ésima variável dependente; \bar{y} - média dos valores observados da variável dependente; n - tamanho da amostra e p - número de coeficientes do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados para as variáveis do comportamento do fogo nas diferentes declividades e condições avaliadas estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios das variáveis do comportamento do fogo nas diferentes declividades.

Declividade (°)	TP (s)	AC (cm)	VP (m s ⁻¹)	I (kcal m ⁻¹ s ⁻¹)
0	507	30,03	0,003655	33,64
10	438	33,03	0,004228	38,95
15	375	32,35	0,004965	45,69
20	312	31,18	0,006080	56,05
30	134	31,05	0,013888	127,85

De acordo com a Tabela 2, o tempo de propagação do fogo variou de 134s na maior declividade a 507s na menor declividade. A altura da chama apresentou menor valor (30,03 cm) na declividade 0° e maior valor (33,03 cm) na declividade 10°. Os resultados inferem que não existe uma relação direta entre a declividade e a altura da chama. A inclinação do terreno aproxima as chamas da frente do fogo ao material

combustível e, portanto, maiores declives podem proporcionar chamas de alturas menores, como o ocorrido na declividade de 30° em que se obteve altura da chama de 31,05 cm, maior apenas que o observado para a declividade de 0°. Loro; Hiramatsu (2004), ao avaliar o comportamento do fogo em acículas de *Pinus elliotti*, sob plataforma plana, observou que o comprimento médio da chama foi de 35,22 cm. Battagin (2012), encontrou valores de 10,5 a 47,5 cm entre as declividades de 0 a 45°.

Neste estudo, a velocidade de propagação variou de 0,003655 m s⁻¹ na declividade de 0° a 0,013888 m s⁻¹ na declividade de 30°, um aumento na ordem de 3,8 vezes. Segundo Soares (1984), incêndios em povoamentos de *Eucalyptus* podem dobrar sua velocidade em aclives de 10° e quadruplicar em aclives de 20°. Beutling (2009), ao avaliar o comportamento do fogo em acículas de *Pinus*, com carga de 0,4 kg m⁻², observou que o acréscimo da declividade de 0 para 20° aumentou a velocidade de propagação em 3,3 vezes e 2,9 vezes com carga de 0,2 kg m⁻².

Para a variável intensidade do fogo, o menor valor (33,64 kcal m⁻¹ s⁻¹) foi observado na declividade 0° e maior valor (127,8564 kcal m⁻¹ s⁻¹) na declividade 30°. Em outros estudos, Gillon et al., (1995); Loro; Hiramatsu (2004), encontraram intensidades de 11,45 kcal m⁻¹ s⁻¹ e 13,36 kcal m⁻¹ s⁻¹, respectivamente em relevo plano. Beutling (2009), ao testar o efeito da declividade no comportamento do fogo em acículas de *Pinus* encontrou valores variando de 3,93 a 30,64 kcal m⁻¹ s⁻¹ entre as declividades 0 e 20°. Este mesmo autor, destaca que a carga de material combustível disponível é um parâmetro importante no comportamento do fogo. Para a velocidade de propagação do fogo, a carga de material combustível teve maior influência entre as declividades 0 e 10° em relação a declividade. No entanto, a partir da declividade de 15°, o fator que determina a velocidade de propagação do fogo é a declividade.

Estatísticas das médias das variáveis do comportamento do fogo

A análise de variância mostrou que não existem diferenças estatisticamente significativas para a variável altura da chama entre as declividades avaliadas, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de variância das variáveis do comportamento do fogo nas diferentes declividades.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{cal}	Valor-p	CV
Altura da chama (cm)						
Tratamentos	4	22,240	5,560	0,532 ^{ns}	0,7144	10,26
Resíduos	15	156,071	10,455			

Total	19	179,0715				
Tempo de propagação (s)						
Tratamentos	4	324068,300	81017,075	73,175*	<0,0001	9,42
Resíduos	15	16607,500	1107,166			
Total	19	340675,500				
Velocidade de propagação (m s ⁻¹)						
Tratamentos	4	0,008459	0,002115	113,491*	<0,0001	5,51
Resíduos	15	0,000280	0,000019			
Total	19	0,008734				
Intensidade do fogo (kcal m ⁻¹ s ⁻¹)						
Tratamentos	4	77,872	19,468	113,520*	<0,0001	5,51
Resíduos	15	2,572	0,171			
Total	19	80,444				

Os modelos de regressão utilizados tiveram como variável dependente TP, VP e I em função da variável independente declividade. Os parâmetros estimados e as medidas de precisão dos modelos ajustados são apresentadas na Tabela 4. Quando analisadas as medidas de precisão empregadas, verifica-se um melhor grau de ajuste do modelo exponencial para as variáveis VP e I. Para a variável TP o melhor ajuste foi do modelo linear.

Tabela 4 – Estatísticas das equações ajustadas.

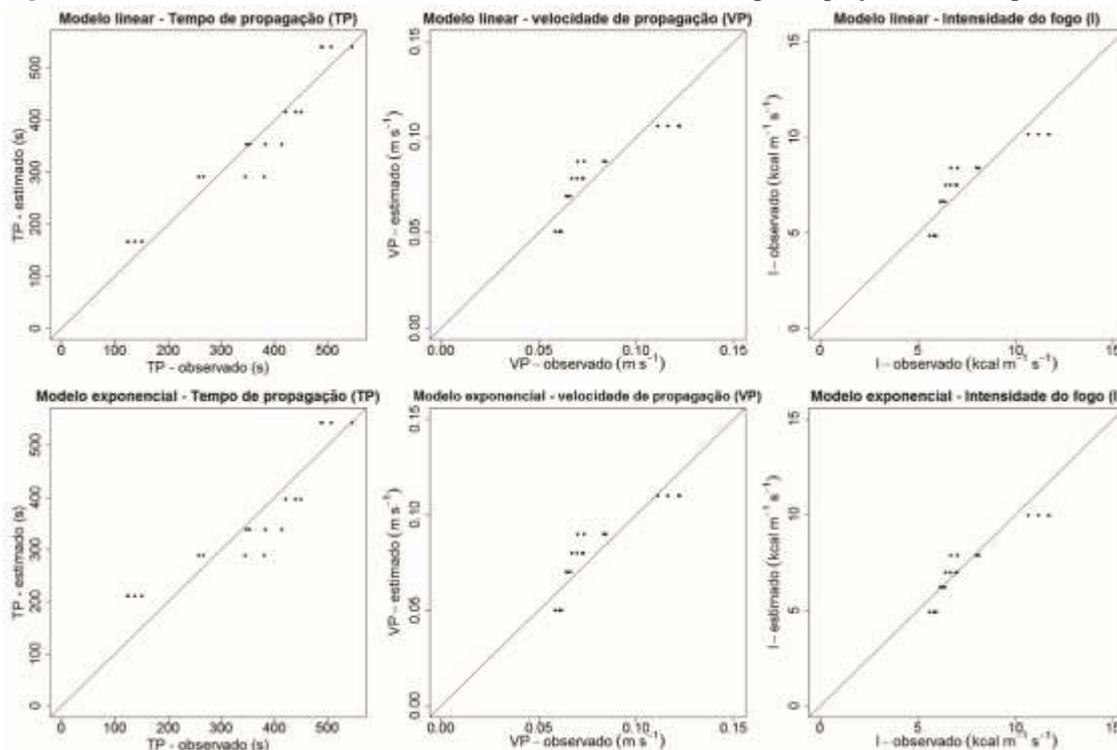
Modelos	Variáveis	$\hat{\beta}_0^*$	$\hat{\beta}_1^*$	R ² aj	Syx (%)
<i>Linear</i> $y = \beta_0 + \beta_1 x$	TP	539,8500	-12,4500	0,90	11,69
	VP	0,0506	0,0018	0,70	13,17
	I	4,8528	0,1772	0,70	13,17
<i>Exponencial</i> $y = \beta_0 * e^{(\beta_1 x)}$	TP	542,9178	-0,0316	0,75	16,91
	VP	0,0510	0,0261	0,85	10,30
	I	4,8973	0,0261	0,75	12,13

Com relação à análise gráfica das variáveis TP, VP e I valores observados versus estimados (Figura 2) nota-se a dispersão dos dados em relação a linha de tendências 1:1 nos modelos ajustados. Quanto mais próximo o posicionamento dos pontos da linha de tendência melhor o ajuste obtido. Na Figura 2 é possível observar que o modelo exponencial apresentou menor dispersão para VP e I, já para TP o modelo linear obteve melhor desempenho.

Entretanto, os resultados obtidos pela aplicação das diferentes declividades diferem entre si quanto ao TP, VP e I, ao nível de 95% de probabilidade (Tabela 3). Esses resultados corroboram as diferenças estatísticas existentes entre as médias obtidas para cada declividade avaliada.

A declividade influencia diretamente no TP. À medida que ocorre o aumento da declividade ocorre simultaneamente a redução do TP. Nota-se que o aumento de 1 grau na declividade promove a redução de 12,45s no TP (Tabela 4).

Figura 2 – Gráfico de TP, VP e I dos valores observados e estimados pela equação linear e exponencial.



Viegas (2006), afirma que a partir de 30° de declividade a relação entre a velocidade de propagação do fogo e o declive é quase exponencial. Na Tabela 4, o modelo exponencial obteve o melhor ajuste indicando essa relação, citada pelo autor. Neste estudo, foi observado o mesmo comportamento para a variável intensidade do fogo, observando-se que com o aumento da declividade ocorre um aumento exponencial dos valores das variáveis.

A declividade condiciona o ângulo de incidência dos raios solares e como tal pode potencializar o efeito da exposição e das suas consequências. É o fator com maior importância no comportamento do fogo, uma vez que exerce forte influência nas formas de transmissão de energia pelos processos de convecção e radiação e pode ser mais importante que o vento na determinação da taxa de propagação do fogo (FIMIA, 2000; FULLER, 1991).

A relação das variáveis analisadas no comportamento do fogo é de fundamental importância para o planejamento e monitoramento de áreas de risco, uma vez que, a

modelagem de risco e vulnerabilidade a incêndios florestais utiliza da declividade para realizar a estimativa em suas análises. Ou seja, quanto mais se conhece o comportamento do fogo, em função da declividade, melhor se realiza o manejo do fogo e melhor se modela o risco de incêndios florestais.

CONCLUSÃO

A declividade influenciou estatisticamente a intensidade e a velocidade de propagação do fogo em que ocorre o aumento exponencial do valor dessas variáveis com o aumento da declividade.

O tempo de propagação do fogo reduziu de forma significativa e linear conforme ocorreu o aumento da declividade.

Para a variável altura da chama, a análise de variância mostrou que não existem diferenças estatisticamente significativas.

As variáveis estudadas que caracterizam o comportamento do fogo possuem forte associação com a declividade e a carga de material combustível disponível.

AGRADECIMENTOS

Ao PPGCF da Universidade Federal do Espírito Santo. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES (*Editais 001/2014, Processo nº 66242339/2014*) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANDREAE, M. O.; MERLET, P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 15, n. 4, p. 955–966, 2001.

BATISTA, A. C. Estudos sobre o comportamento do fogo na Universidade Federal do Paraná. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. (Ed.). **Incêndios Florestais no Brasil: o estado da arte**. FUPEF, 2009. p. 35-52.

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Imprensa Universitária da UFRPE, 1990. P.115.

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamento de *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 779-787, 2013.

BATTAGLIN, D. **Combate a incêndio florestal: influência da inclinação do terreno na propagação do incêndio em condições de laboratório**. 2012. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiro Militar) – Centro de Ensino Bombeiro Militar, Academia Bombeiro Militar, Santa Catarina, 2012.

- BEUTLING, A. **Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; STOLLE, L.; TETTO, A. F.; ALVES, M. V. G. Caracterização e modelagem de material combustível superficial em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 443-452, 2012.
- BORGES, T. S.; 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.
- BOTELHO, H. S.; SALGUEIRO, A. Aspectos meteorológicos e topográficos com influência no comportamento do fogo. *In*: REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 1990, p. 27-33.
- BROWN, A. A.; DAVIS, K.P. **Forest fire: control and use**. 2. ed. McGraw Hill Book, 1973. 544 p.
- 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.
- DE RONDE, C.; GOLDAMMER, J. G.; WADE, D. D.; SOARES, R. V. Prescribed fire in industrial Pine plantations. *In*: GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p. 216 - 272 (Ecological Studies, v.84).
- ELLI, E. F.; SENTELHAS, P. C.; FREITAS, C. H.; CARNEIRO, R. L.; ALVARES, C. A. Assessing the growth gaps of Eucalyptus plantations in Brazil – Magnitudes, causes and possible mitigation strategies. **Forest Ecology and Management**, v. 451, n. February, p. 117464, 2019.
- FERRAZ, S. F. B.; RODRIGUES, C. B.; GARCIA, L. G.; ALVARES, C. A.; LIMA, W. P. Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil: Moving beyond the water use debate. **Forest Ecology and Management**, v. 453, p. 117571, 2019.
- FIMIA, J. C. M. Factores ambientalís – Factores topográficos: *In*: MUÑOZ, R. V (Ed.). **La defensa contra incêndios forestales – Fundamentos y experiencias**. Madrid: McGraw Hill, 2000.
- FULLER, M. **Forest fires: an introduction to wildland fire behavior, management, firefighting, and prevention**. 1 ed. New York J. Wiley, 1991. ISBN-10: 0471521892. 238 p.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2011-2012**. São Paulo, SP, 2013. 61 p.
- GILLON, D.; GOMENDY, V.; HOUSSARD, C.; MARECHAL, J.; VALETTE, J.C. Combustion and nutrient losses during laboratory burns. **International Journal of Wildland Fire**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 1995.
- IBÁ. **Sumário Executivo - Ibá 2019**. São Paulo, 20 Dez. 2019. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- INPE. **Queimadas**. Brasília, 03 mar. 2020. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 03 mar. 2020.
- LENTILE, L. B.; HOLDEN, Z. A.; SMITH, A. M. S.; FALKOWSKI, M. J.; HUDAK, A. T.; MORGAN, P. et al. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. **International Journal of Wildland Fire**, v. 15, p. 319-345, 2006.

- LORO, L. V.; HIRAMATSU, N. A. Comportamento do fogo, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de *Pinus elliottii* L. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, p. 127-130, 2004.
- MARTINS, S. R. **Incêndios florestais: Comportamento, segurança e extinção**. 2010. 96p. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos) - Universidade de Coimbra, Portugal, 2010.
- MMA. **Meio Ambiente – Florestas, 2020**. Brasília, 23 jan. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/florestas.html>. Acesso em: 23 jan. 2020.
- SEGER, C. D.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V. Comportamento do fogo em queimas controladas de vegetação de estepe no município de Palmeira, Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 547-558, 2012.
- SILVA, J. C. **Diagnóstico das áreas de maior incidência de incêndios florestais em unidades de conservação pertencentes a APA do Gama Cabeça de Veado, Brasília-DF**. 2001. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2001.
- SILVA, J. G. F.; RAMOS, H. E. A.; NÓBREGA, N. E. F. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a região produtora do morangueiro do Município de Muniz Freire – ES. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54*. Vitória, 2008. **Anais [...]**, Vitória: Incaper, 2008, p.5.
- SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Floresta**, v. 22, n. 1/2, p. 39-53, 1992.
- SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. FUPEF, p. 160, 1984.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios Florestais: Controle, efeitos e uso do fogo**. Produção Independente, 2 ed., 2017. 342 p.
- SHU-REN, Y. Efeitos da perturbação do fogo na hidrologia da floresta. **Journal of Forestry Research**, v.14, p. 331–334, 2003.
- VEGA, J. A. Investigación sobre control de incendios en España. *In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF, 4.; CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 2*. 1996, Curitiba. **Anais [...]**, Curitiba: FUPEF, 1996. p. 40-56.
- VIEGAS, D. X. Parametric study of eruptive fire behaviour model. **International Journal of Wildland Fire**, v. 15, n. 2, p. 169-177, 2006.