



## Diferentes concentrações de retardante de fogo em plantios de eucalipto

Weslen Pintor CANZIAN<sup>1</sup>, Nilton Cesar FIEDLER<sup>1\*</sup>,  
Igor Batista BRINATE<sup>1</sup>, Ronie Silva JUVANHOL<sup>1</sup>, Kelly Nery BIGHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil.

\* E-mail: [fiedler@pq.cnpq.br](mailto:fiedler@pq.cnpq.br)

Recebido em agosto/2015; Aceito em abril/2016.

**RESUMO:** Incêndio florestal é um dos maiores causadores de prejuízos no triângulo da sustentabilidade no meio florestal, ou seja, ele proporciona prejuízos econômicos, ambientais e sociais. Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de retardante de fogo sob a intensidade de queima e altura de chamas em plantio de eucalipto. O experimento foi conduzido com 3 distintas concentrações de retardante de fogo (1,5, 2,0 e 3,0%) além de testemunha com água. A dosagem de calda da mistura do retardante com água utilizada nesta pesquisa foi de 0,5 L m<sup>-2</sup> de área. Durante a queima de cada unidade amostral foram avaliadas as seguintes variáveis: umidade relativa, velocidade do vento, tempo gasto para o fogo queimar a parcela com e sem o produto, altura das chamas e a distância que o fogo avançou na parcela. Para a análise foi calculado a intensidade de queima da unidade amostral por concentração do produto. O efeito das concentrações do retardante foi evidenciado, visto que apresentou diferenças significativas pelo teste Tukey em nível de 95% de probabilidade, diferenciando-se da testemunha (água). A concentração mais eficiente foi a de 3,0% com menores taxas de intensidade de queima e altura de chamas.

**Palavras-chave:** incêndios florestais, proteção florestal, intensidade de queima.

### Diferent concentrations of fire retardant in eucalyptus plantations

**ABSTRACT:** This research aimed to evaluate the effect of different concentrations of fire retardant under the intensity and height of flames burning in Eucalyptus plantations. The experiment was conducted in a rural property in the south of the Espírito Santo, Brazil, conducted with three concentrations (1.5, 2.0 and 3.0%) in addition to treatment with water. The dosage of tail mixture of the with water retardant used in this study was 0.5 L m<sup>-2</sup> of area. During the firing of each plot (treatment/repeat) the following variables were evaluated: relative wind speed, humidity time spent by the fire burn the plot with and without the product, height of the flames and the distance advanced by the fire in the plot. For analysis of the intensity of the burning portion was calculated by concentration of product. The effect of concentrations of retardant was evident, since they showed significant difference by Tukey test at 5% probability, differentiating itself from the control (water). The most effective concentration was 3.0% for both situations, intensity and height of flames burning, with the lowest rates of lower flammability and flame heights.

**Keywords:** forest fire, forest protection, burning intensity.

## 1. INTRODUÇÃO

O fogo é um dos principais causadores de danos florestais no Brasil e no mundo, gerando perdas ambientais, econômicas, sociais e até mesmo humanas (SANTOS et al., 2006).

Incêndio florestal é todo fogo que consome sem controle qualquer tipo de vegetação viva ou morta, seja ele ocorrido de forma natural ou por ações antrópicas.

De acordo com o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas – ICNF (2015), até outubro de 2015 já se registrava um aumento das ocorrências de incêndios equivalente a 16% a

mais do que a média anual registrada entre os anos de 2004 a 2014. Nesses dez meses o total de área queimada já ultrapassa em 37% a média registrada no decênio de 2004 a 2014.

Os incêndios florestais provocam distúrbios na paisagem, no ambiente e na economia. O fogo é um problema não só para as florestas plantadas, portanto providências devem ser tomadas para evitar o fogo e seus impactos (SOARES & SANTOS, 2002).

De acordo com Parizotto et al. (2008), os incêndios representam a maior ameaça tanto para as florestas plantadas quanto para as florestas nativas.

A proteção e redução dos incêndios florestais devem ser realizadas de diferentes maneiras pela prevenção e pré-supressão. Em meio a essas medidas, o uso de aceiros se destaca como um método eficiente e viável de contenção e redução dos focos (RIBEIRO et al., 2006).

Muito das vezes, a prevenção não é capaz de evitar a ocorrência dos incêndios florestais, principalmente por serem em sua maioria ocasionados intencionalmente. Dessa forma, existe grande necessidade de melhorias de técnicas e metodologias de combate (Fiedler et al., 2015).

De acordo com Souza et al. (2012), em áreas de risco e de importância, seja ela de natureza econômica, ambiental ou social, em épocas críticas, é de extrema necessidade realizar medidas para diminuir as ocorrências. Destaca-se a possibilidade do uso de um mecanismo capaz de retardar a queima dos materiais combustíveis.

O combate aos incêndios florestais deve ter como finalidade a eliminação ao menos de um dos componentes do triângulo do fogo, ou seja, o material combustível, oxigênio ou o calor (SANT'ANNA et al., 2007).

Os aceiros tradicionais que realizam a quebra da continuidade do material combustível vêm sendo substituídos pelos aceiros molhados, que constituem da aplicação de produtos retardantes de fogo sobre o material combustível, evitando, dessa forma, enormes gastos econômico e esforços físicos durante o combate.

Os retardantes são supressantes do fogo de longa duração, compostos basicamente de uma mistura de fosfato de amônio com sulfato de amônio. O produto altera a flamabilidade do material combustível, modificando o sentido da reação da queima quando expostos ao fogo. Ele proporciona por meio da liberação de água a transformação direta do material combustível em carvão, evitando a liberação de gases inflamáveis que contribuem para o pré-aquecimento, a combustão em chamas e conseqüentemente a propagação do fogo (RIBEIRO et al., 2006). O conhecimento do efeito do retardante no comportamento do fogo é de fundamental importância na indicação de concentrações eficazes tornando seu uso economicamente viável para a construção de aceiros molhados.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a melhor concentração de retardante de fogo sobre a intensidade de queima e altura de chamas em plantios de eucalipto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Região de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural pertencente ao município de São José do Calçado, localizada no extremo sul do Estado do Espírito Santo, (coordenadas geográficas de 20° 55' 55,4" S e 41° 37' 34,0" W). A propriedade localiza-se em uma zona natural chuvosa, caracterizada por possuir temperaturas amenas e relevo acidentado com declividades superiores a 8%, ou seja, acima de 4° 34' 26,12" (INCAPER, 2010). A área é ocupada pelo cultivo de eucalipto, café e pastagem. As estradas não pavimentadas cortam os plantios de eucalipto, proporcionando acúmulo de material combustível seco.

### 2.2. Procedimento de trabalho

Visando a padronização do trabalho, todas as unidades amostrais foram montadas com o material combustível presente e característico de plantios de eucalipto, ou seja, a serapilheira

seca depositada no solo, constituída por folhas secas e galhos de até três centímetros de diâmetro.

A quantidade de calda utilizada foi de 0,5 L m<sup>-2</sup>, em diferentes concentrações (1,5; 2,0 e 3,0%) do retardante de fogo Phos-chek. O teste foi realizado em uma estrada de um plantio de *Eucalyptus urograndis* de 7 anos, terreno plano, com unidades amostrais de 1,0 x 4,0 m de dimensão.

Para montagem das unidades amostrais, a estrada de 3 metros de largura foi subdividida em três partes iguais de um metro de largura. A parte central de um metro recebeu o material das duas outras partes de um metro lateral, formando uma única leira com 1 m de largura e 4 m de comprimento (Figura 1).

As dosagens foram aplicadas na quarta parte das parcelas (1,0 x 1,0 m), sendo pulverizados 500 mL de calda, de forma homogênea, nas diferentes concentrações.

Foi realizado o delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições por tratamento. A amostragem consistiu em 12 unidades amostrais, sendo 3 tratamentos com três repetições além de uma testemunha, com água, com três repetições. Os tratamentos foram representados pela utilização de três diferentes concentrações do produto analisado (1,5; 2,0 e 3,0%).

Para determinação da umidade, foi utilizado um gabarito correspondente a um retângulo de 100 x 35,5 cm. O material foi coletado pelo método destrutivo (coleta e pesagem), sendo retirado todo o material do gabarito para pesagem. Essa amostra de material foi levada para estufa (65 °C) por 72 h para determinação da quantidade de matéria seca, umidade e poder calorífico.

Antes de ser dada a ignição em um dos lados da unidade amostral foi aplicada de forma homogênea uma mistura de retardante de fogo com água no espaço destinado (1,0 x 1,0 m). A linha de fogo foi acesa em uma das extremidades da unidade amostral (sem o produto), de forma que o fogo percorresse na direção do local com o produto aplicado. A distância queimada referiu-se, apenas, à extensão que o fogo percorreu na parte da unidade amostral com os retardantes. A parte da unidade amostral sem o produto serviu apenas para a linha de fogo se estabelecer (Figura 2).

Durante a queima de cada parcela (tratamento/repetição) foram realizadas as seguintes medições: umidade relativa, velocidade do vento, tempo gasto para o fogo queimar a parte da unidade amostral sem o produto, tempo gasto para o fogo queimar



Figura 1. Posicionamento das parcelas.  
Figure 1. Positioning of the plots.

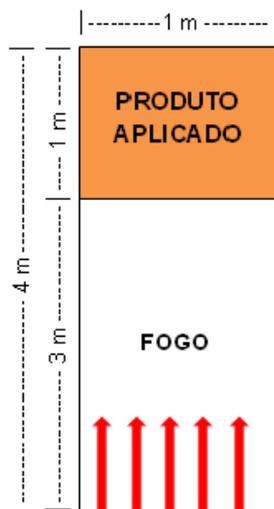


Figura 2. Modelo de aplicação do fogo e do retardante.  
Figure 2. Application Model of fire and flame retardant.

a parte da unidade amostral com o produto, altura das chamas na parte da unidade amostral com a calda aplicada e a distância que o fogo avançou na parte da unidade amostral com o produto.

A intensidade de queima foi determinada pela equação de Byram (1959), permitindo uma avaliação dos efeitos do fogo na parte aérea da vegetação em níveis mais elevados, tendo em vista a liberação de calor para a atmosfera, com a fórmula  $I = H \cdot w \cdot r$ , em que:  $I$  é a intensidade de queima, dada em  $\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ;  $H$  é o poder calorífico do material combustível dominante, dado em  $\text{kcal}$ ;  $w$  é a carga de material combustível disponível, dado em  $\text{kg m}^{-2}$ , e  $r$  é a velocidade de propagação do fogo, dada em  $\text{m s}^{-1}$ .

### 2.3. Análises estatísticas

Foi avaliada a normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância. Quando o valor de “F” foi significativo, as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação de médias por meio do teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade para descobrir se as diferentes concentrações do Phos-chek influenciaram na intensidade de queima e na altura de chamas. Os resultados apresentados foram as médias obtidas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As unidades amostrais foram queimadas entre 13 e 16 horas, na qual foi mensurada a condição climática real. O experimento foi realizado em um dia ensolarado, com temperatura média de  $27,72 \text{ }^\circ\text{C}$ , velocidade do vento média de  $0,4 \text{ m s}^{-1}$ , e umidade relativa em torno de 52%.

A quantidade de material combustível, umidade, altura da vegetação e densidade estão representadas na Tabela 1.

Como descrito por Ribeiro et al., (2006), a atuação dos retardantes ocorre sobre a reação da combustão e modifica diretamente o comportamento do fogo, o qual tem no cálculo da intensidade de queima uma das metodologias mais utilizadas para a sua compreensão.

Tabela 1. Valores médios da massa do material combustível, umidade, altura e densidade.

Table 1. Average values of the mass of combustible material, humidity, height and density.

Total MC* úmido (kg) $0,355 \text{ m}^2$	Total MC*seco (kg) $0,355 \text{ m}^2$	(%) de umidade	Altura MC* (cm)	Densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ )
1,51	1,32	14%	23	18,49

\* MC = material combustível.

Comparando-se as concentrações, por meio da análise de variância para a intensidade de queima, Tabelas 2 e 3 e para altura de chamas Tabelas 4 e 5, verificou-se o esperado, visto que o que se deseja de um retardante é a diminuição da intensidade de queima e altura das chamas.

Percebe-se que, na medida em que a concentração do produto aumentou, a intensidade de queima diminuiu, entretanto, as concentrações de 1,5 e 2,0% não diferiram para intensidade de queima ao nível de 95% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 2. Resultados da análise de variância para intensidade de queima do retardante submetido a diferentes concentrações.  
Table 2. Results of variance analysis for the retarding intensity of burning under different concentrations.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	F	F crítico
Tratamento	3	174,23	36,44*	4,07
Resíduo	8	4,781		
Total	11			

<sup>ns</sup>não significativo a 95% de probabilidade; \* F significativo a 95% de probabilidade.

Tabela 3. Intensidade de queima ( $\text{Kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) para três concentrações do retardante e uma testemunha com água.  
Table 3. Burning intensity ( $\text{Kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) for three concentrations of retardant and a treatment with water.

Concentração	Intensidade de queima ( $\text{Kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$ )
Testemunha	42,38 a
1,5%	34,24 b
2,0%	31,93 b
3,0%	24,57 c

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Tabela 4. Resultados da análise de variância para altura de chama do retardante submetido a diferentes concentrações.

Table 4. Results of variance analysis for the retarding flame height under different concentrations.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	F	F crítico
Tratamento	3	0,0897	7,69*	4,07
Resíduo	8	0,0117		
Total	11			

<sup>ns</sup>não significativo a 95% de probabilidade; \* F significativo a 95% de probabilidade.

Tabela 5. Altura de chamas (m) para três concentrações do retardante e testemunha com água.

Table 5. Flame height (m) to three retardant concentration and treatment with water.

Concentração	Altura de chamas (m)
Testemunha	1,07 a
1,5%	1,03 a
2,0%	0,80 a b
3,0%	0,60 b

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

O melhor resultado foi obtido com a maior concentração, percebendo-se que a intensidade de queima sofreu redução de 42,02%, saindo do total de 42,38 Kcal m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> da testemunha apenas com água para 24,57 Kcal m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>.

Os resultados corroboram aos apresentados no trabalho de Batista et al. (2008) onde os testes realizados apenas com 500 mL de água apresentaram uma intensidade de queima média de 46,96 Kcal m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>.

Apesar das concentrações de 2,0 e 3,0% não diferirem estatisticamente ao nível de 95% de probabilidade para a altura de chamas foi possível verificar que a concentração de 3,0% foi a que apresentou os menores valores, resultando em uma média de 0,60 m. Comparando-se com a testemunha que teve como média 1,07 m de altura, pode-se notar uma redução de 43,92%.

O retardante modificou a combustão, reduzindo a intensidade de queima e a altura das chamas em todos os casos. O efeito do produto ficou evidenciado na medida em que a concentração aumentou de 1,5 para 3,0% tanto para a intensidade de queima quanto para a altura de chamas. Estes resultados corroboram aos obtidos por Ribeiro et al. (2006) que ao avaliar dosagens de um retardante na redução da propagação do fogo obteve melhores resultados ao utilizar maior quantidade do produto.

No trabalho de Filho et al. (2012) foi observada influência significativa do retardante de fogo sobre a intensidade de queima, uma vez que, houve diferença expressiva entre os locais com e sem presença do produto.

Percebe-se que quanto maior a concentração utilizada, menor é a intensidade de queima e altura de chamas. Com os dados obtidos, pode-se observar que a melhor concentração foi a de 3,0% para ambas as análises, diferenciando-se significativamente das demais concentrações e da testemunha com água ao nível de 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O uso de retardantes de fogo é de grande valia para técnicas de combate aos incêndios florestais, uma vez que, quanto menor a intensidade de queima e altura de chamas de um incêndio florestal, mais fácil será a tarefa dos combatentes, que por sinal é desgastante e perigosa.

Uma das principais dificuldades no combate de incêndios florestais é a disponibilidade de água, recurso esse que a cada ano que passa torna-se mais valioso e escasso. O estudo e a utilização de produtos que melhorem a eficiência da aplicação apenas da água é fundamental para implementação de novas estratégias de combate aos incêndios florestais.

A utilização do retardante de fogo proporcionou redução da intensidade de queima, isso significa que, quando utilizado no combate de incêndios florestais maior será o tempo para queimar uma quantidade de material combustível, e isso possibilita maiores chances de sucesso no combate.

#### 4. CONCLUSÕES

A eficiência do retardante foi comprovada nas três concentrações testadas para as condições em que o experimento

foi realizado, reduzindo a intensidade de queima e altura de chamas.

Dentre as concentrações analisadas, a melhor concentração de retardante de fogo a ser utilizado em combate a incêndios florestais em plantios de eucalipto com 7 anos de idade é de 3,0%, por ter apresentado melhores resultados para intensidade de queima e altura de chamas.

#### 6. REFERÊNCIAS

- BATISTA, A. C. et al. Avaliação da eficiência de um retardante de longa duração, à base de polifosfatoamônico, em queimas controladas em condições de laboratório. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.36, n.79, p.223-229, 2008
- BYRAM, G. M. Combustion of forest fuels. In: DAVIS, K. P. **Forest fire - control and use**. New York: McGraw Hill, 1959. p.77-84.
- FIEDLER, N. C.; CANZIAN, W. P.; MAFIA, R. G.; RIBEIRO, G. A.; KRAUSE JUNIOR, J. Intensidade de queima de diferentes retardantes de fogo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.39, n.4, p.691-696, 2015.
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. **Relatório provisório de Incêndios Florestais 2015**. Disponível em: < <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2015/1-rel-prov-1jan-15jun-2015>>. Acessado em 22 Jan. 2016.
- INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural 2010**. Disponível em: < <http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Caparao/Alegre.pdf>>. Acessado em 18 Jun. 2014.
- MACHADO FILHO, C.; MARTINS, M. C.; RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; CARDOSO, M. T.; TORRES, C. M. M. E.; PINTO, F. B. Eficiência de um retardante de fogo de longa duração utilizado em incêndios florestais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.22, n.2, p.365-371, 2012.
- PARIZOTTO, W.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SOUSA, N. J. Controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: Diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. *Floresta*, Curitiba, v.38, n.4, p.651-662, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v38i4.13160>
- RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S. de; CAMARGOS, V. L. de; MAGALHÃES, M. U. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.6, p.1025-1031, 2006.
- SANT'ANNA, C. M.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J. **Controle de incêndios florestais**. Alegre: Suprema, 2007. 152p.
- SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. *Floresta*, Curitiba, v.36, n.1, p.93-100, 2006. <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v36i1.5510>
- SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. *Floresta*, Curitiba, v.32, n.2, p.219-225, 2002. <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v32i2.2287>
- SOUZA, H. N.; ARAÚJO, T. G. de; RIBEIRO, G. A. Avaliação da eficiência de um gel hidroretentor como retardante de fogo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.36, n.3, p.471-477, 2012.