



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

RENAN BAPTISTA JORDAIM

COMPORTAMENTO DO FOGO SOB DIFERENTES DECLIVIDADES,  
EM COMBUSTÍVEIS PROVENIENTES DE UM POVOAMENTO DE  
*Eucalyptus grandis*

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2015

RENAN BAPTISTA JORDAIM

COMPORTAMENTO DO FOGO SOB DIFERENTES DECLIVIDADES,  
EM COMBUSTÍVEIS PROVENIENTES DE UM POVOAMENTO DE  
*Eucalyptus grandis*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2015

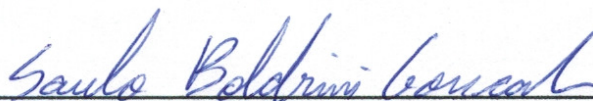
RENAN BAPTISTA JORDAIM

COMPORTAMENTO DO FOGO SOB DIFERENTES DECLIVIDADES,  
EM COMBUSTÍVEIS PROVENIENTES DE UM POVOAMENTO DE  
*Eucalyptus grandis*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

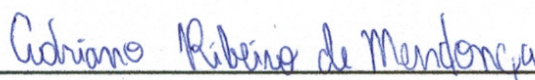
Aprovada em 30 de Junho de 2015

COMISSÃO EXAMINADORA



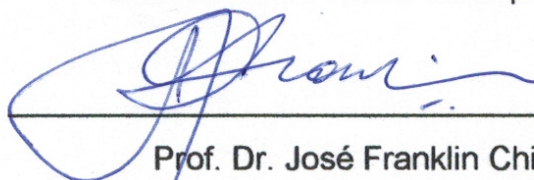
---

MSc. Saulo Boldrini Gonçalves  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



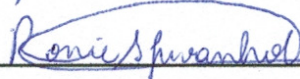
---

Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

Prof. Dr. José Franklin Chichorro  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

MSc. Ronie Silva Juvanhol  
Universidade Federal do Espírito Santo

*“Em cada passo que eu der, cada estrada que eu trilhar, todo caminho que  
escolher, a Tua mão me guiará”*

*Tiago Arrais*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela força ao longo dessa caminhada, sem o qual não seria possível alcançar essa conquista.

Aos meus pais, pela confiança em mim depositada e por fazerem de tudo para que esse sonho se realizasse. Serei eternamente grato por se fazerem presente sempre que precisei.

A minha irmã, pelo apoio e seus cuidados durante o tempo que passamos juntos.

A minha namorada Gesinéry, pelo carinho especial e por estar ao meu lado me dando forças e me motivando ao longo deste trabalho. Obrigado amor pelo apoio e compreensão, sua ajuda foi fundamental.

Ao amigo e irmão na fé Ronie Juvanhol que me acompanhou desde o início deste trabalho, contribuindo com ideias e sanando minhas dúvidas, possibilitando o desenvolvimento desse trabalho. Ao amigo e orientador Saulo Boldrini, pela paciência e correções prestadas.

A Universidade Federal do Espírito Santo, minha segunda casa, pela oportunidade de estudo e por toda base oferecida durante minha formação profissional.

Aos amigos e Professores Hugo Gonçalves, José Augusto Teixeira do Amaral, Nilton César Fiedler, pela confiança, orientação em meus projetos de iniciação científica, pela amizade, pelos conselhos e ideias que muito contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu sogro Antônio e aos demais amigos que me ajudaram na coleta dos materiais, contribuindo de forma significativa para a realização desse trabalho.

A todos os Professores, pela dedicação, ensinamentos e pela paciência, estando sempre prontos a me ajudar quando precisei.

Aos demais amigos e familiares que me apoiaram e acreditaram em mim, me ajudando nos momentos mais difíceis.

## RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento do fogo de material combustível proveniente de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, em diferentes declividades, em experimento laboratorial. Os testes foram conduzidos no mês de maio de 2015, nas dependências do Laboratório de Processamento da Madeira, do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo. Durante a condução das queimas nesse ambiente, as variáveis monitoradas foram: comprimento da chama (CC), 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 1,85 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 o comprimento da chama não é influenciado 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 ( $0,013888 \text{ m.s}^{-1}$ ) e maior intensidade do fogo ( $127,8564 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ), que correspondem simultaneamente a ordem de 3,8 vezes maior comparado a declividades 0°. Os resultados comprovam a influência da declividade no comportamento do fogo.

Palavras-chave: Queima controlada; intensidade do fogo; velocidade do fogo.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 O problema e sua importância .....	2
1.2 Objetivo.....	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Incêndios florestais .....	3
2.2 Incêndios em florestas plantadas.....	4
2.3 Comportamento do fogo .....	4
2.3.1 Fatores que influenciam a propagação dos incêndios florestais.....	5
2.3.1.1 Material combustível.....	5
2.3.1.2 Condições climáticas .....	6
2.3.1.3 Topografia .....	8
3. METODOLOGIA.....	10
3.1 Coleta e preparo do material combustível.....	10
3.2 Queimas e monitoramento do fogo .....	11
3.3 Teor de umidade e poder calorífico.....	12
3.4 Intensidade do fogo.....	13
3.5 Processamento e análise dos dados .....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5. CONCLUSÕES .....	21
6. REFERÊNCIAS.....	22
APÊNDICES.....	26
Apêndice A: Análise de regressão para tempo de propagação do fogo. ....	27
Apêndice B: Análise de regressão para a velocidade de propagação do fogo. ....	27
Apêndice C: Análise de regressão para a intensidade do fogo.....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Temperatura e grau de inflamabilidade.....	7
<b>Tabela 2:</b> Efeito da inclinação do terreno sobre a propagação do fogo.....	9
<b>Tabela 3:</b> Valores médios das variáveis do comportamento do fogo nas diferentes declividades.....	14
<b>Tabela 4:</b> Resultado dos testes de normalidade para as médias das variáveis.....	14
<b>Tabela 5:</b> Análise de variância para o comprimento de chama nos diferentes níveis de inclinação.....	15
<b>Tabela 6:</b> Análise de variância para o tempo de propagação do fogo nos diferentes níveis de inclinação.....	16
<b>Tabela 7:</b> Análise de variância para a velocidade de propagação do fogo nos diferentes níveis de inclinação.....	17
<b>Tabela 8:</b> Análise de variância para a intensidade do fogo nos diferentes níveis de inclinação.....	19



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Variação da temperatura ao longo do dia.....	8
<b>Figura 2:</b> Representação das dimensões da mesa e da linha de queima.....	10
<b>Figura 3:</b> Representação do gabarito e do intervalo utilizado para obtenção do comprimento das chamas.....	11
<b>Figura 4:</b> Dimensões da chama em um incêndio.....	12
<b>Figura 5:</b> Comportamento do comprimento da chama nas declividades avaliadas.....	16
<b>Figura 6:</b> Comportamento do tempo de propagação nas declividades avaliadas.....	17
<b>Figura 7:</b> Comportamento da velocidade de propagação fogo nos diferentes níveis de declividade.....	18
<b>Figura 8:</b> Comportamento da intensidade do fogo nos diferentes níveis de declividade.....	19

## 1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são um dos principais causadores de danos às florestas naturais e plantios florestais. Todos os anos, devastam grandes áreas de florestas pelo mundo resultando em sérios impactos sociais, econômicos e ambientais, que poderiam ser mitigados com um planejamento adequado no combate a esses incêndios.

Em florestas naturais, o fogo altera negativamente as características físicas e química do solo e afeta significativamente a fauna local (SCHUMACHER, 2005). Nos plantios florestais as consequências são as mesmas, no entanto, ocorrem também danos econômicos que podem comprometer os investimentos nesses plantios, visto que, existe um alto valor econômico associado à venda da madeira.

Dentre os plantios florestais existentes no Brasil podem-se destacar os plantios de eucaliptos que ocupam maior área territorial e são altamente susceptíveis à ocorrência de incêndios. Essas áreas apresentam uma grande 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 grande quantidade de material combustível (BORGES et al., 2011; SOARES, 1992).

Mediante a vulnerabilidade dessas áreas quanto aos incêndios florestais, deve-se aliar as técnicas de prevenção e de combate, visto que se pode prevenir a ocorrência de um incêndio, mas não extinguir a possibilidade de que ele ocorra. Nesse sentido, conhecer como o fogo se comporta em uma floresta plantada é extremamente importante, pois além de ocuparem grandes áreas no território brasileiro, esses plantios estão situados sobre as mais variadas formas de relevo.

Conhecer o comportamento do fogo sobre os materiais combustíveis florestais podem minimizar os danos causados pelos incêndios, tornando-se um subsídio na elaboração de planos de combate para cada tipo de vegetação. Estudos sobre o comportamento do fogo em plantios de eucalipto são incipientes e necessitam de maior atenção, visto que, são ferramentas importantes no combate aos incêndios. Esse fato ressalta a importância desse trabalho na contribuição com informações que irão subsidiar planos de combate mais eficientes nesses plantios florestais.

## **1.1 O problema e sua importância**

A ocorrência de incêndios em florestas plantadas resulta em grandes prejuízos econômicos e danos às propriedades físicas e químicas do solo. Anualmente, diversas empresas do setor florestal e pequenos agricultores perdem parte ou a totalidade do investimento em seus plantios por não possuírem um efetivo planejamento no combate aos incêndios.

Informações sobre o comportamento do fogo em plantios de eucalipto em diferentes declividades tornam-se então uma ferramenta extremamente importante ao se planejar o combate dos incêndios. A eficiência do combate está diretamente ligada ao conhecimento prévio de algumas características de como o fogo atua no material combustível presente na floresta, tais como: velocidade de propagação e intensidade do fogo.

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Caracterizar o comportamento do fogo sobre diferentes declividades, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de *Eucalyptus grandis*.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar o comprimento da chama.
- Avaliar a velocidade de propagação do fogo.
- Obter a intensidade de queima.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Incêndios florestais

Incêndio florestal é definido como a queima sem controle que incide sobre os materiais combustíveis presentes em uma floresta e que se propaga, respondendo às variações que ocorrem no ambiente e às influências provenientes dos combustíveis vegetais, da topografia e do clima (BATISTA; SOARES, 2003). Esses incêndios podem ser desencadeados por fatores ambientais, mas normalmente ocorrem por ações antrópicas.

O fogo quando ocorre de forma descontrolada sobre qualquer forma de vegetação, pode representar uma fonte de perturbação permanente, acarretando em perdas e danos ambientais (NUNES, 2005; SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

A preocupação com os danos causados pelos incêndios florestais é justificada pela dimensão de seus prejuízos. Quando ocorrem e não são combatidos rapidamente, os incêndios florestais podem afetar a biodiversidade, o ciclo hidrológico e o ciclo de carbono na atmosfera. A frequência intensa desses incêndios em uma mesma região pode resultar também na perda irreparável de parte dos recursos genéticos (SILVA, 2001).

A ocorrência e propagação do fogo dependem dos fatores associados ao fenômeno de combustão. A quantidade de material combustível disponível em uma floresta, as características desse material, a declividade do terreno, a precipitação e a temperatura do ambiente são fatores que afetam de diferentes formas o comportamento dos incêndios. A ação desses fatores varia em função da época do ano e da região, o que explica a grande diferença no comportamento dos incêndios florestais (MOTTA, 2008).

A possibilidade de ocorrência e de propagação de um incêndio pode ser caracterizada pela probabilidade de haver uma fonte de ignição e condições favoráveis para a sua propagação (SOARES, 1985). Nesse sentido, é importante a realização de campanhas educativas e de outras técnicas de prevenção visando reduzir as ocorrências e os impactos causados pelo fogo nos ecossistemas florestais.

## **2.2 Incêndios em florestas plantadas**

As florestas plantadas são mais susceptíveis à ocorrência de incêndios, principalmente por possuir grande acúmulo de material combustível na superfície do solo, além da maior incidência do vento e luminosidade, que reduzem a umidade em seu interior agravando-se os riscos. Essa alteração no ambiente promove o aumento da possibilidade de surgirem focos que ao tomarem dimensões maiores resultam nos grandes incêndios (SOARES, 1994).

No Brasil, entre os anos de 1994 e 1998, 14 mil hectares de eucaliptos foram queimados (SOARES e SANTOS, 2002). Já entre os anos de 1998 a 2002 a área queimada foi de aproximadamente 13,5 mil hectares, que corresponde a 30% dos incêndios sobre todas as vegetações (SANTOS, 2006). Quando comparado aos demais plantios florestais, os eucaliptos são mais representativos em ocupação de áreas e com isso a possibilidade de ocorrer um incêndio nessas florestas tende a ser maior em comparação às demais classes de vegetação.

Segundo Soares (2000), uma maneira de reduzir a possibilidade de ocorrência desses incêndios em florestas plantadas é o uso de práticas silviculturais preventivas como forma alternativa de manejo do material combustível disponível sobre o solo.

A silvicultura preventiva é a condução dos plantios florestais visando modificar a estrutura do material combustível disponível, com o propósito de satisfazer os objetivos da proteção contra os incêndios, associando essa proteção ao melhoramento da produção e da qualidade do ambiente (HALTENHOFF, 1998).

## **2.3 Comportamento do fogo**

O modo como o fogo se comporta é determinante para o planejamento do combate aos incêndios. Portanto, deve ser avaliado com atenção para assegurar condições de segurança adequadas aos brigadistas e permitir a organização do combate com maior precisão (MARTINS, 2010).

Por definição, comportamento do fogo é a forma como ocorre a combustão em um incêndio, como as chamas se desenvolvem e como o fogo se propaga

exibindo outras características que são determinadas pela interação entre a topografia, os combustíveis e as variáveis meteorológicas (BATISTA, 2009). Segundo Soares (1985), fogo é o fenômeno físico que resulta da rápida combinação entre três elementos: oxigênio, calor e combustível.

Nos incêndios florestais, os combustíveis são caracterizados pela biomassa vegetal que é composta basicamente por folhas, galhos e madeira. A propagação dos incêndios em cada tipo de floresta está condicionada às formas do relevo, material combustível e condições climáticas (MARTINS, 2010; MOTTA, 2008).

Dentre os parâmetros que expressam o comportamento do fogo, a intensidade e a velocidade de propagação constituem as variáveis de maior importância no planejamento de combate a um incêndio florestal (BEUTLING, 2009; BATISTA, 2009). Assim, o conhecimento do comportamento do fogo em um incêndio florestal é essencial, pois fornece informações importantes que auxiliam nas tomadas de decisões e conseqüentemente a reduzir os impactos causados pelos incêndios nos ecossistemas florestais.

### **2.3.1 Fatores que influenciam a propagação dos incêndios florestais**

#### **2.3.1.1 Material combustível**

Para se manejar os incêndios florestais é necessário compreender as características básicas dos materiais combustíveis (WHITE et al., 2014). Por definição, combustível é todo material orgânico, vivo ou morto, presente no solo ou acima dele, passível de entrar em combustão (SOARES, 1985; BATISTA, 1990).

Nas florestas, esses combustíveis são representados pela biomassa vegetal, que engloba a folhada, os arbustos, as herbáceas, os ramos e troncos mortos e, algumas vezes, restos provenientes do corte de árvores. Dentre esses grupos, os materiais finos mortos, que constituem a serrapilheira, é o de maior importância na propagação dos incêndios florestais, pois sofrem rápida variação no seu teor de umidade em resposta às variações climáticas. Essa variação, por sua vez, condiciona de maneira decisiva a intensidade e a velocidade de propagação do fogo (MARTINS, 2010).

Em contrapartida, os combustíveis vivos, representados pelos arbustos, árvores e herbáceas verdes, possuem umidade elevada e ao entrarem em contato com o fogo atuam como retardantes de sua propagação (RIGOLOTTI, 1990).

Os combustíveis assumem diferentes características conforme o tipo de material, quantidade disponível, arranjo e umidade. Tais características, sejam elas permanentes ou temporárias, irão influenciar diretamente no comportamento do fogo em um incêndio (MARTINS, 2010). De acordo com Soares e Batista (2007), a umidade é a propriedade mais importante do material combustível que controla sua inflamabilidade. Soares (1985), afirma que a intensidade de calor liberada pelo fogo depende diretamente da quantidade de material disponível que pode variar conforme o espaçamento e idade da vegetação.

Segundo Rego e Botelho (1990), quanto maior a carga de combustível, maior será a intensidade de combustão em um incêndio florestal. Já o tipo de material combustível irá definir a facilidade de ignição e a velocidade de propagação do fogo em um incêndio florestal.

Nesse sentido é essencial conhecer o material combustível, pois seu manejo torna mais eficiente as ações de combate e prevenção dos incêndios florestais (WHITE et al., 2014).

### **2.3.1.2 Condições climáticas**

A ocorrência e a propagação dos incêndios florestais possuem forte associação às condições climáticas. A umidade relativa do ar, a precipitação, a temperatura e a velocidade do vento estão intimamente ligadas às variáveis que condicionam o comportamento do fogo (NUNES, 2005). Segundo Torres (2006), existe uma estreita relação entre as condições climáticas e os incêndios, tanto na conservação quanto na propagação do fogo.

Um dos elementos chave nos incêndios florestais é a umidade atmosférica. Seu efeito sobre a inflamabilidade é direto e promove uma troca constante de umidade entre os materiais combustíveis florestais mortos e o ambiente. Quando o ambiente está seco, ocorre a perda de umidade do material combustível, porém com o aumento da umidade o material combustível absorve água novamente. Portanto, é a quantidade de umidade presente no ar que define qual a quantidade de água

armazenada pelo material morto, normalmente depositado sobre o solo. Em casos extremos, como os períodos secos, a baixa umidade pode afetar inclusive a umidade dos materiais vivos (SCHROEDER; BUCK, 1970).

O vento, por sua vez, interfere nos incêndios de diversas maneiras. Através do suprimento de oxigênio, afeta diretamente a taxa de combustão do material combustível e a taxa de propagação do fogo em função dos processos de condução e convecção (DAVIS, 1959). Além disso, a atuação do vento no interior das florestas promove o deslocamento do ar aumentando a evaporação que, conseqüentemente, contribui para a secagem do material combustível tornando-o mais propenso aos incêndios. O vento determina também a forma e a direção de propagação do fogo (SCHROEDER; BUCK, 1970).

A temperatura do ar é outro fator que atua na combustão do material combustível e na propagação do fogo. Quanto mais elevada for a temperatura do ar, maior será a temperatura do material combustível e menor a necessidade de calor para que este atinja a temperatura de ignição (SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007), conforme descrito na Tabela 1.

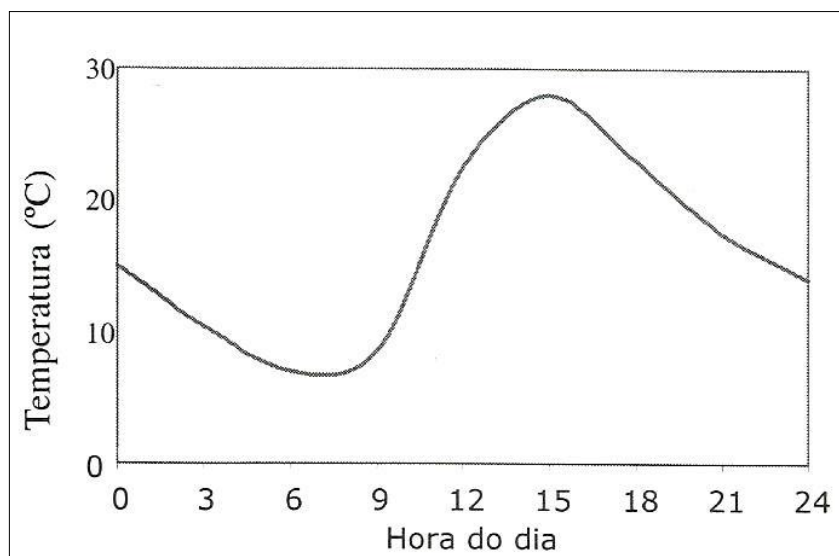
**Tabela 1:** Temperatura e grau de inflamabilidade.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Inflamabilidade</b>
< 12,8	Geralmente sem perigo
12,8 a 21,1	Início do perigo
21,2 a 29,4	Perigoso
> 29,4	Extremamente perigoso

Fonte: Soares (1985).

Apesar da variação existente na temperatura ao longo do dia, intensidades máximas são obtidas entre as 14:00 e 16:00 horas, que corresponde às horas de temperatura máxima (Figura 1).





**Figura 1:** Variação da temperatura ao longo do dia.  
Fonte: Sant'anna; Fiedler; Minette (2007).

A temperatura é responsável pela quantidade de calor fornecida ao material combustível necessária para levá-lo à temperatura de ignição. Sua atuação está relacionada também a outros fatores, como o vento, a umidade do combustível e a estabilidade atmosférica. O aumento da temperatura do ar e do material combustível favorece o aumento dos riscos de incêndios e das taxas de propagação do fogo (SOARES, 1985).

As variações que ocorrem nas camadas mais baixas da atmosfera e as alterações climáticas ocorridas ao longo do tempo afetam diretamente a ocorrência dos incêndios. O registro dessa variação permite identificar em quais épocas há maior probabilidade de ocorrer um incêndio e como isso reduzir os danos causados pelo fogo (SCHROEDER; BUCK, 1970).

### 2.3.1.3 Topografia

A topografia é um elemento fixo que implica em significativas mudanças no perigo de incêndio (BROW; DAVIS, 1973). As feições do relevo influenciam no vento, na umidade relativa do ar, no tipo de combustível e na temperatura. Considerando-se que comportamento do fogo é o resultado da combinação entre o clima e o combustível disponível, pode-se dizer que a topografia influi decisivamente no comportamento do fogo (GAYLOR, 1974; FREIRE et al., 2004).

Quando todos os demais fatores são mantidos constantes, o efeito da topografia sobre o comportamento do fogo é semelhante a atuação do vento. O padrão de início, assim como a direção principal de propagação dos incêndios, são determinados principalmente pela velocidade do vento e pela topografia. Em terrenos com aclives acentuados, esses dois fatores controlam o início da ignição e da propagação, no entanto, à medida que o fogo se desenvolve em intensidade, o fator que se torna mais determinante é a topografia (BROW; DAVIS, 1973).

A velocidade e a direção de propagação do fogo estão diretamente relacionadas com a declividade. A inclinação do terreno aproxima as chamas da frente do fogo ao material combustível pré-aquecendo-o e, posteriormente, pelo processo de radiação, torna a transferência de calor mais rápida, resultando na combustão do material combustível. Esse fato explica a rápida propagação do fogo nos aclives. Sendo assim, quanto maior o grau de inclinação, maior serão a velocidade de propagação e a intensidade do fogo (OLIVEIRA, 2002; RIBEIRO; BONFIM, 2000; SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

Assim, a análise da declividade é essencial para prever a direção, a velocidade e a intensidade do fogo nas diferentes direções de propagação (MARTINS, 2010). Segundo Soares (1984), incêndios em povoamentos de *Eucalyptus* podem dobrar sua velocidade em aclives de 10° e quadruplicar em aclives de 20°. Viegas (2006), afirma que a partir de 30° de declividade a relação entre a velocidade do fogo e o declive é quase exponencial.

A relação entre a declividade e a propagação do fogo pode ser vista na Tabela 2. Nota-se que o aumento da declividade condiciona a propagação do fogo e influi diretamente em seu comportamento.

**Tabela 2:** Efeito da inclinação do terreno sobre a propagação do fogo.

Inclinação (%)	Fator de propagação
05 a 15	1,00
16 a 25	1,05
26 a 35	1,15
36 a 45	1,20
46 a 55	1,25

Fonte: Soares (1985).

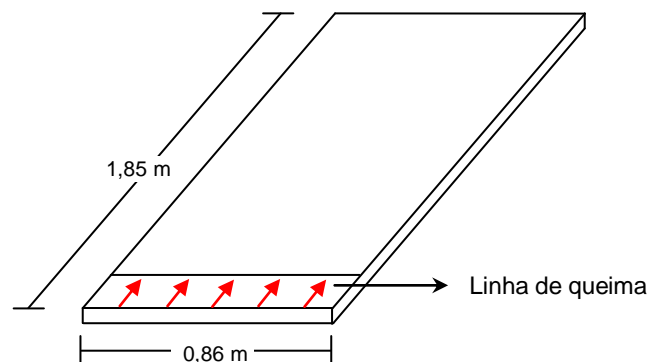
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Coleta e preparo do material combustível

A coleta da serrapilheira foi realizada em um povoamento de *Eucalyptus grandis* com idade de 9 anos, ocorreu no município de Muniz Freire, região Sul do Espírito Santo, situado sob as coordenadas 20°26'36" S e 41°24'06" W em uma altitude média de 620 metros. O clima do município é classificado como mesotérmico úmido, com precipitação média anual de 1363 mm e temperatura média anual de 22,5° C (INCAPER, 2008).

Para a obtenção do material combustível superficial, foram demarcadas parcelas com área de 1 m<sup>2</sup> sobre a serrapilheira de onde retirou-se o material que, posteriormente, foi levado para a realização dos testes de combustão no Laboratório de Processamento da Madeira do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, da Universidade Federal do Espírito Santo. 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 os testes de comportamento do fogo utilizou-se uma plataforma de combustão com dimensões 1,85 x 0,86 m, 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 “pinga-fogo” em uma linha de queima que iniciou a combustão uniformemente ao longo da largura da mesa (Figura 1).



**Figura 2:** Representação das dimensões da mesa e da linha de queima.

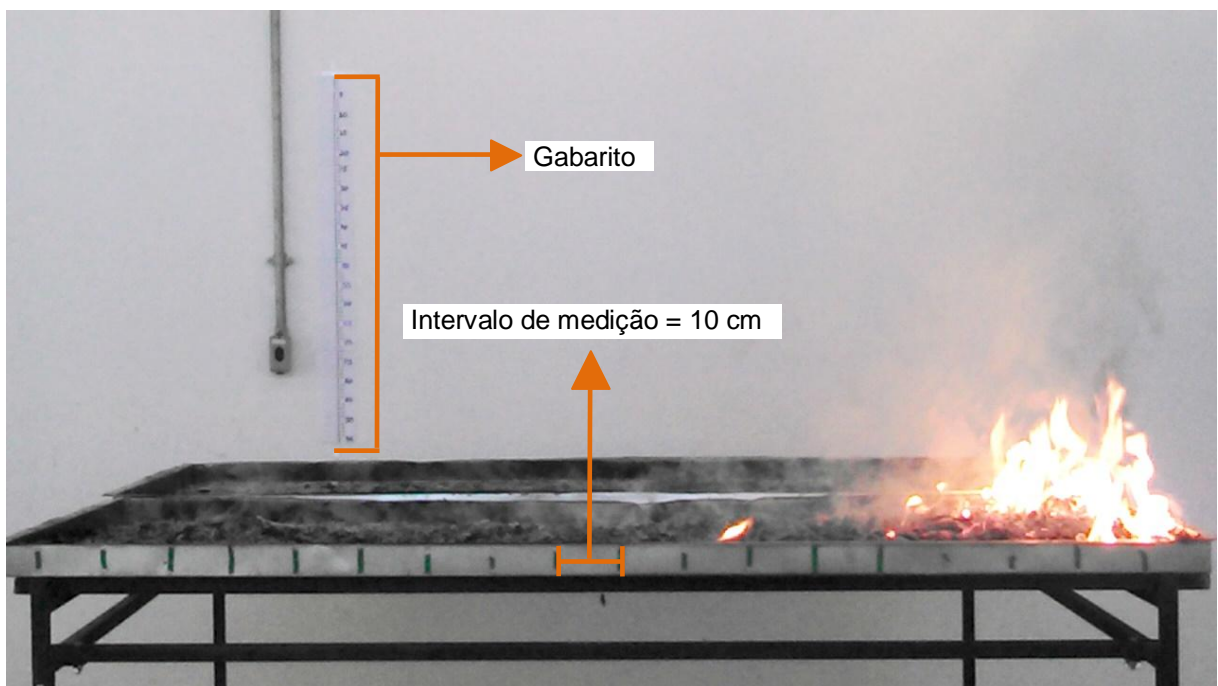
Fonte: O autor.

### 3.2 Queimas e monitoramento do fogo

As queimas foram realizadas no mês de maio de 2015 entre às 12:00 e 15:00 h, período que corresponde às horas mais quentes ao longo do dia.

O monitoramento do comprimento da chama (CC) e do tempo de propagação (TP) foi registrado por uma câmera filmadora da marca Sony Cyber-Shot, modelo Dsc W310. Com o auxílio de um gabarito de dimensão conhecida, foi possível obter o comprimento médio da chama por meio de visualizações realizadas a cada 10 cm ao longo do comprimento da mesa (Figura 2).

A velocidade de propagação (VP) do fogo, dada em  $m.s^{-1}$ , foi obtida pela razão da distância percorrida pelo fogo e o tempo gasto para que o fogo percorresse desde a linha de ignição até atingir o comprimento total da mesa. Para o ajuste das declividades, utilizou-se um clinômetro. Foram avaliadas as inclinações da mesa em  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$  e  $30^\circ$ . A temperatura média do laboratório ( $27^\circ C$ ) ao longo do experimento foi monitorada por meio de um termômetro portátil.

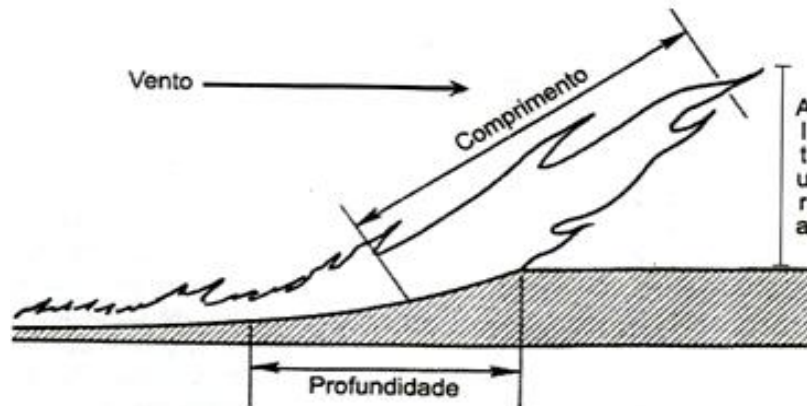


**Figura 3:** Representação do gabarito e do intervalo utilizado para obtenção do comprimento das chamas.

Fonte: O autor.

O comprimento das chamas não é uma variável de fácil obtenção e foi estimada medindo-se a distância entre a extremidade da chama e a superfície do

solo, realizando a medição no meio da zona de combustão, conforme ilustra a Figura 3 (SOARES; BATISTA, 2007).



**Figura 4:** Dimensões da chama em um incêndio.  
Fonte: Soares e Batista (2007).

### 3.3 Teor de umidade e poder calorífico

Para a determinação do teor de umidade do material, uma 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. Tendo posse do peso úmido e seco do material, determinou-se o teor de umidade por meio da Equação 1 (BATISTA, 1990).

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

Em que:

U = teor de umidade do material combustível em porcentagem (%);

Mu = massa úmida do material, em gramas; e

Ms = massa seca do material, em gramas.

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 (0,5g) e analisadas

em uma bomba calorimétrica sendo obtido um poder calorífico no valor de 4882 kcal.kg<sup>-1</sup>.

### 3.4 Intensidade do fogo

Segundo Byram (1959), a intensidade do fogo é definida como o calor liberado por unidade de tempo e comprimento de frente de fogo, ou seja, é expressa numericamente sendo o produto entre a quantidade de material combustível disponível para queima pelo poder calorífico deste combustível e pela velocidade de propagação do fogo conforme a Equação 2.

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

Em que:

I = intensidade do fogo, em kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>;

H = poder calorífico do combustível, em kcal.kg<sup>-1</sup>;

w = peso do combustível disponível, em kg.m<sup>-2</sup>; e

r = velocidade de propagação do fogo, em m.s<sup>-1</sup>.

### 3.5 Processamento e análise dos dados

O experimento foi conduzido sob delineamento experimental 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 kg.m<sup>-2</sup>, 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. Após a verificação da normalidade, foi realizada a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e quando observado significância entre as médias realizou-se a análise de regressão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados para as variáveis do comportamento do fogo nas diferentes declividades e condições avaliadas estão expostos na Tabela 3.

**Tabela 3:** Valores médios das variáveis do comportamento do fogo nas diferentes declividades.

Declividade (°)	TP (s)	CC (cm)	VP (m.s <sup>-1</sup> )	I (kcal.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )
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

Em que: TP = tempo de propagação (s); CC = comprimento de chama (cm); VP = velocidade de propagação (m.s<sup>-1</sup>); I = intensidade do fogo (kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>).

De acordo com a Tabela 3, o tempo de propagação do fogo entre os quatro tratamentos variou de 134 a 507 segundos, para as declividades 30 e 0° respectivamente. Já a variável comprimento de chama, apresentou menor valor, 30,03 cm e o maior, 33,03 cm, para as declividades 0 e 10° respectivamente. A maior velocidade de propagação (0,013888 m.s<sup>-1</sup>) foi obtida na declividade 30° e a menor velocidade (0,003655m.s<sup>-1</sup>) na declividade 0°. A intensidade do fogo variou de 33,64 a 127,85 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> entre as declividades 0 e 30° respectivamente.

Denota-se que não existe uma relação direta entre a declividade e o comprimento de chama, ou seja, inclinações maiores podem proporcionar chamas de comprimento menores, como o ocorrido na declividade 30° em que se obteve comprimento de chama igual a 31,05 cm, maior apenas que o observado para a declividade 0°.

Os resultados do teste de normalidade para as médias observadas estão expressos na Tabela 4.

**Tabela 4:** Resultado dos testes de normalidade para as médias das variáveis.

Variável	w	Pr < W
Tempo de propagação	0,906	0,0544
Comprimento de chama	0,971	0,7876
Velocidade de propagação	0,714	< 0,0001
Intensidade do fogo	0,714	< 0,0001

Em que: w = estatística do teste de Shapiro-wilk; pr = probabilidade.

A Tabela 4 demonstra que as médias da velocidade de propagação e da intensidade do fogo não satisfazem a condição de normalidade ( $p < 0,05$ ). Com isso, esses valores foram submetidos à transformação, retirando-se a raiz quadrada das médias.

Loro e Hiramatsu (2004), ao avaliar o comportamento do fogo em acículas de *Pinus elliottii*, sob plataforma plana, observou que o comprimento médio da chama foi de 35,22 cm. Battaglin (2012), encontrou valores de 10,5 a 47,5 cm entre as declividades 0 e 45°. Os comprimentos de chama encontrados pelos autores são próximos aos observados neste trabalho.

Na tabela 5 estão expressos os resultados da análise de variância para o comprimento de chama. Não houve diferença significativa entre as médias avaliadas.

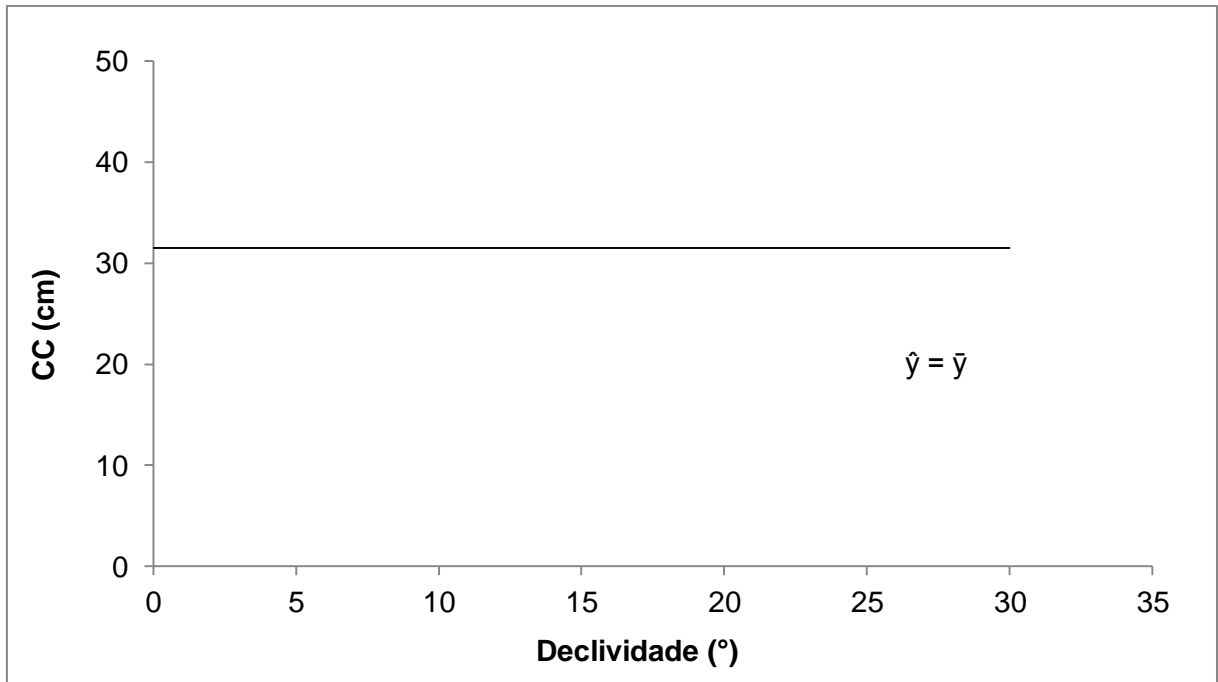
**Tabela 5:** Análise de variância para o comprimento de chama nos diferentes níveis de inclinação.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; Fc</b>
<b>Declividade</b>	4	22,240	5,560	0,532 <sup>ns</sup>	0,7144
<b>Resíduo</b>	15	156,071	10,455		
<b>Total</b>	19	179,0715			
<b>CV (%) =</b>	10,26				
<b>Média geral:</b>	31,53				

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; Fc = F calculado; Pr = probabilidade; CV = coeficiente de variação (%); <sup>ns</sup> = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O comportamento do comprimento de chama segue a tendência da média geral entre os comprimentos observados nas declividades avaliadas (Figura 5).





**Figura 5:** Comportamento do comprimento da chama nas declividades avaliadas.

Em que: CC = comprimento de chama (cm);  $\hat{y}$  = comprimento de chama estimado (cm);  $\bar{y}$  = média geral dos comprimentos de chama (cm).

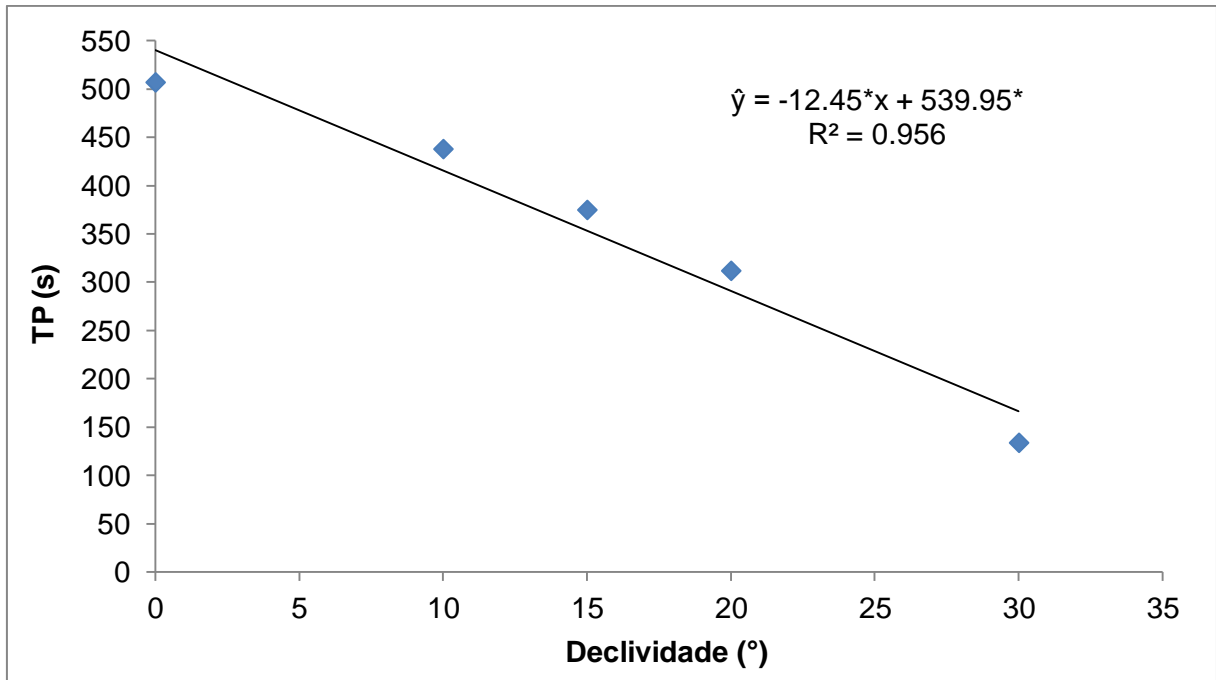
Na tabela 6 estão expressos os resultados da análise de variância para o tempo de propagação do fogo.

**Tabela 6:** Análise de variância para o tempo de propagação do fogo nos diferentes níveis de inclinação.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; Fc</b>
<b>Declividade</b>	4	324068,300	81017,075	73,175	< 0,0001
<b>Resíduo</b>	15	16607,500	1107,166		
<b>Total</b>	19	340675,500			
<b>CV (%) =</b>	9,42				
<b>Média geral:</b>	353,100				

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; Fc = F calculado; Pr = probabilidade; CV = coeficiente de variação (%).

De acordo com a Tabela 6, a declividade influencia diretamente no tempo de propagação do fogo. À medida que ocorre o aumento da declividade ocorre simultaneamente a redução do tempo de propagação. Nota-se que o aumento de 1 grau na declividade promove a redução de 12,45 segundos no tempo de propagação (Figura 6).



**Figura 6:** Comportamento do tempo de propagação nas declividades avaliadas.

Em que: TP = tempo de propagação ( $m.s^{-1}$ );  $\hat{y} = TP^{0,5}$ ; x = declividade ( $^{\circ}$ ); \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

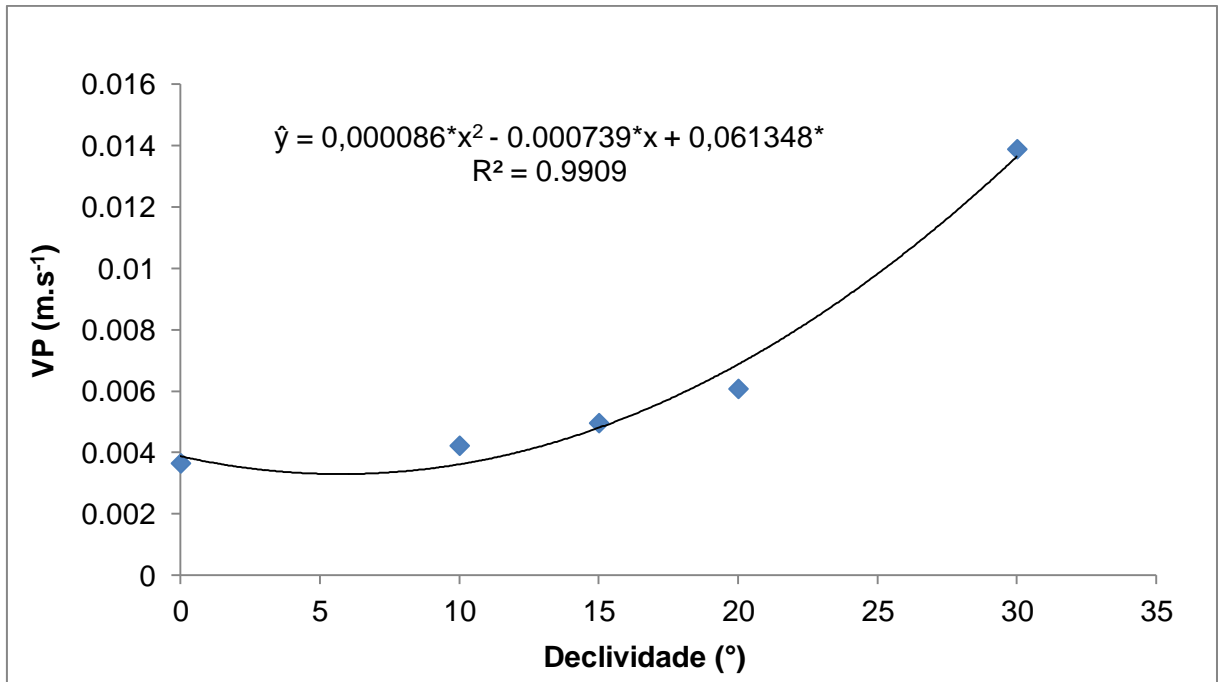
Os resultados da análise de variância para a velocidade de propagação estão expressos na Tabela 7. Verifica-se a existência de diferença significativa entre as médias observadas, comprovando a influência da declividade no comportamento do fogo.

**Tabela 7:** Análise de variância para a velocidade de propagação do fogo nos diferentes níveis de inclinação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
<b>Declividade</b>	4	0,008459	0,002115	113,491	< 0,0001
<b>Resíduo</b>	15	0,000280	0,000019		
<b>Total</b>	19	0,008734	0,013888		
<b>CV (%) =</b>	5,51				
<b>Média geral:</b>	0,078279				

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; Fc = F calculado; Pr = probabilidade; CV = coeficiente de variação (%).

Conforme ilustra a Figura 7, o aumento da declividade promoveu o aumento da velocidade de propagação.



**Figura 7:** Comportamento da velocidade de propagação fogo nos diferentes níveis de declividade. Em que: VP = velocidade de propagação (m.s<sup>-1</sup>);  $\hat{y} = VP^{0,5}$ ; x = declividade (°); \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A maior velocidade de propagação foi obtida na declividade 30°, chegando à ordem de 3,6 vezes maior do que na declividade 0°, confirmando que a declividade do terreno é um dos fatores que interferem significativamente no comportamento do fogo.

O aumento da velocidade de propagação do fogo em resposta à elevação da declividade ocorre, pois a inclinação do terreno aproxima as chamas da frente do fogo ao material combustível, pré-aquecendo-o e, posteriormente, pelo processo de radiação, torna a transferência de calor mais rápida, resultando na combustão do material combustível. Nesse sentido, quanto maior o grau de inclinação, maior será a velocidade de propagação do fogo (OLIVEIRA, 2002; RIBEIRO; BONFIM, 2000; SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

Beutling (2009), ao avaliar o comportamento do fogo em acículas de pínus, com carga de 0,4 kg.m<sup>-2</sup>, observou que o acréscimo da declividade de 0 para 20° aumentou a velocidade de propagação em 3,3 vezes. Ao mudar a carga para 0,2 kg.m<sup>-2</sup> o aumento na velocidade de propagação foi de 2,9 vezes. Isso mostra que além das condições topográficas, a carga de combustível presente em uma floresta também é fator determinante do comportamento do fogo.

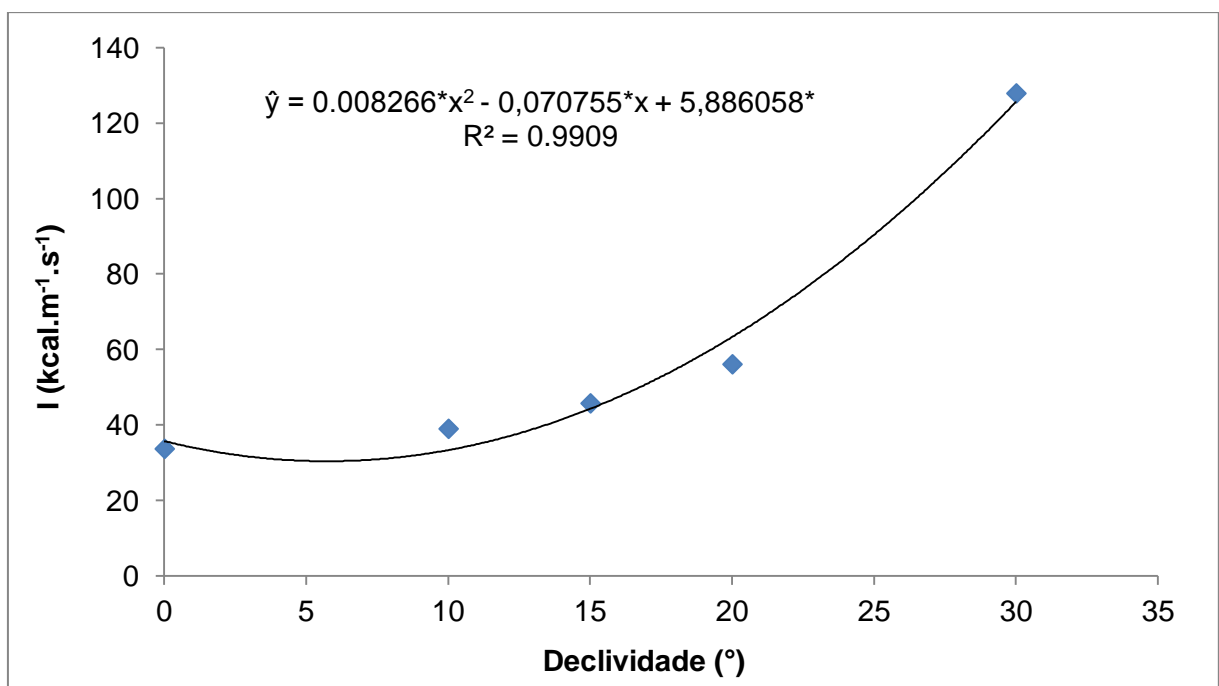
Os resultados obtidos com a análise de variância da intensidade do fogo estão expostos na Tabela 8.

**Tabela 8:** Análise de variância para a intensidade do fogo nos diferentes níveis de inclinação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Declividade	4	77,872	19,468	113,520	< 0,001
Resíduo	15	2,572	0,171		
Total	19	80,444	0,013		
CV (%) =	5,51				
Média geral:	7,511				

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; Fc = F calculado; Pr = probabilidade; CV = coeficiente de variação (%).

A Tabela 8 mostra que a declividade influenciou significativamente na intensidade do fogo, evidenciando uma relação direta entre essas variáveis. O comportamento da intensidade do fogo pode ser observado na Figura 8.



**Figura 8:** Comportamento da intensidade do fogo nos diferentes níveis de declividade.

Em que: I = intensidade do fogo (kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>);  $\hat{y} = I^{0,5}$ ; x = declividade (°); \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme ilustra a Figura 8, a intensidade do fogo aumenta conforme ocorre a elevação da declividade. Entre as declividades 0 – 10°, 10 – 15° e 15 – 20°, esse aumento foi de 1,4; 1,24 e 1,35 vezes respectivamente. Já entre as declividades 20 – 30° a intensidade aumentou 2,07 vezes. Observa-se que a partir da declividade 20° a intensidade do fogo tende a ser mais acentuada, comprovando a influência significativa da declividade no comportamento do fogo.

Gillon et al., (1995) e Loro e Hiramatsu (2004), encontraram intensidades de  $11,45 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  e  $13,36 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  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 entre as declividades 0 e 20°. Os maiores valores de intensidade encontrados pelos autores na maior declividade avaliada (20°) foram inferiores ao observado na menor declividade desse experimento (0°).

Beutling (2009), afirma que a declividade não é o único fator determinante no comportamento do fogo, mas também a carga de material combustível disponível. O mesmo autor verificou que entre as declividades 0 e 10° a carga de material combustível teve maior influência na velocidade de propagação do fogo do que a declividade. Entre as declividades 0 e 15° ambos os fatores influenciaram no comportamento do fogo. No entanto, o autor constatou que a partir da declividade 15° o fator que determina a velocidade de propagação do fogo é a declividade. Fica evidente que dentre os fatores que influenciam no comportamento do fogo a declividade é uma das mais importantes.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir que:

- Não houve influência da declividade no comprimento das chamas nas inclinações avaliadas.
- A declividade influenciou diretamente na intensidade e na velocidade de propagação do fogo, ocorrendo o aumento dessas variáveis com o aumento da declividade.
- O tempo de propagação do fogo reduziu significativamente conforme ocorreu o aumento da declividade.
- As variáveis avaliadas que caracterizam o comportamento do fogo, com exceção do comprimento da chama, possuem forte associação com a declividade.

## 6. REFERÊNCIAS

- BATISTA, A. C. **Estudos sobre o comportamento do fogo na Universidade Federal do Paraná**. In: Incêndios Florestais no Brasil: o estado da arte. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. cap. 3, p.35-52.
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990. 115 p.
- BATISTA, A. C.; SOARES R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2003. 52 p.
- BATTAGLIN, D. **Combate a incêndio florestal: influência da inclinação do terreno na propagação do incêndio em condições de laboratório**. 2012. 64 f. Monografia (Curso de formação de Oficiais do Corpo de Bombeiro Militar) – Centro de Ensino Bombeiro Militar, Academia Bombeiro Militar, Santa Catarina.
- BEUTLING, A. **Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- 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**, Seropédica, RJ, v. 18, n. 2, p. 153–159, 2011.
- BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. 2. ed. New York: McGraw Hill Book, 1973.
- 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.
- DAVIS, K. P. **Forest Fire: control and Use**. McGraw-Hill. New York, 1959. 584p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FREIRE, S.; CARRÃO, H.; CAETANO, M.R. **Produção de cartografia de risco de incêndio florestal com recurso a imagens de satélite e dados auxiliares**. Lisboa: Instituto Geográfico Português, 2004.
- GAYLOR, H. P. **Wildfires: prevention and control**. Bowie: Prentice-Hall, 1974.

GILLON, D.; GOMENDY, V.; HOUSSARD, C.; MARÉCHAL, J.; VALETTE, J. C. Combustion and nutrient losses during laboratory burns. **The International Journal of Wildland Fire**, v. 5, n. 1, p. 1-12. 1995.

HALTENHOFF, H. Silvicultura Preventiva. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal, 33 p., 1998 (**Manual Técnico, n. 18**). 1998.

INCAPER. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a região produtora do morangueiro do Município de Muniz Freire – ES. **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura** – Vitória, ES, 2008.

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**, Curitiba, v.34, n.2, p.127-130, 2004.

MARTINS, S.R. 2010. **Incêndios Florestais: Comportamento, Segurança e Extinção**. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra.

MOTTA, D. S. **Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais**. 2008. 32f. Monografia (Graduação em Engenharia Floresta) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. Curitiba, 2005 150p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, D. dos S. de. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no Norte de Santa Catarina**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 1990. 124 p.

RIBEIRO, G. A.; BONFIM, V. R. Incêndios florestais x queima controlada. **Revista Ação Ambiental**. Viçosa/MG: Folha de Viçosa Ltda., n. 12, p. 8-10, jun./jul., 2000.

RIBEIRO, G. A. **Estudo do comportamento do fogo e de alguns efeitos da queima controlada em povoados de *Eucalyptus viminalis* LABILL em Três Barras, Santa Catarina**. 1997. 151f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.



RIGOLOT, E. **Combustíveis**. Tras-os-Montes, Universidade de Trás - os - Montes e Alto Douro 1990.

SANT'ANNA, C. M.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J. **Controle de incêndios florestais**. Alegre, ES, Editora Suprema, 2007. 152 p.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93 - 100, 2006.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. **Fire weather**. USDA Forest Service, Agriculture Handbook 360, 1970. 229p.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J e CALIL, F. N. Caderno Didático CFL 506 - **Proteção Florestal**. Ministério da Educação e Cultura Universidade Federal de Santa Maria - Centro 43 de Ciências Rurais - Departamento de Ciências Florestais: Santa Maria, 2005.

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 Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo**. Curitiba: FUPEF, 213 p, 1985.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta** – Edição especial- FUPEF, v.30 (1/2) p. 11-21. 2000.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais Floresta, **Revista Floresta**. Curitiba, v.22, n.1/2, p.39-53, 1992.

SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Curitiba: FUPEF, 1984. 160 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: 2007. 250 p.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 32, n. 2, p. 219-225, 2002.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v.7, n.18, p.162-171, 2006.

VIEGAS, D. X. "Parametric study of eruptive fire behaviour model". **International Journal of Wildland Fire**, 15(2), 2006.

WHITE, B. L. A. et as. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n. 3, p. 699-706, 2014.

## **APÊNDICES**

**Apêndice A:** Análise de regressão para tempo de propagação do fogo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>tc</b>	<b>Pr &gt;   t  </b>
$\beta_0$	539,850	13,413	40,248	< 0,0001
$\beta_1$	-12,450	0,744	-16,733	< 0,0001
<b>R<sup>2</sup> = 95,66 %</b>				

Em que: tc = t calculado; Pr = probabilidade.

**Apêndice B:** Análise de regressão para a velocidade de propagação do fogo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>tc</b>	<b>Pr &gt;   t  </b>
$\beta_0$	0,061348	0,002101	29,198	< 0,0001
$\beta_1$	-0,000739	0,000299	-2,473	0,0258
$\beta_2$	0,000086	0,000009	9,150	< 0,0001
<b>R<sup>2</sup> = 99,09 %</b>				

Em que: tc = t calculado; Pr = probabilidade.

**Apêndice C:** Análise de regressão para a intensidade do fogo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>tc</b>	<b>Pr &gt;   t  </b>
$\beta_0$	5,886058	0,201563	29,202	< 0,0001
$\beta_1$	-0,070755	0,028648	-2,470	0,0260
$\beta_2$	0,008266	0,000903	9,147	< 0,0001
<b>R<sup>2</sup> = 99,09 %</b>				

Em que: tc = t calculado; Pr = probabilidade.