

RELAÇÕES ENTRE COMPORTAMENTO DO FOGO E DANOS CAUSADOS A UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* *

DANIEL SIMIONATO TOZZINI

Aerodata – Engenharia e Aerolevantamentos

RONALDO VIANA SOARES

Curso de Engenharia Florestal – UFPR

SUMMARY

This study intends to evaluate the damages caused to a *Pinus taeda* stand by forest fires occurred on September 9, 10 and 11, 1981. The stand was located in Palmeira county, State of Paraná, Brazil, and the ages of the trees ranged from 8 to 10 years. Four levels of fire intensity were visually defined: I) Surface burning, without lethal crown scorch; II) Surface burning, with partial lethal crown scorch; III) Partial consumption of the crowns by the flames, and IV) Total consumption of the crowns by the flames. The estimated fire behavior parameters were flame height, Byram's fire intensity, and lethal scorch height. The average fire intensities were 44.3 kcal/m-s for level I; 293.0 kcal/m-s for level II; 1,680.6 kcal/m-s for level III; and 12,345.6 kcal/m-s for level IV. Average lethal scorch height were 1.4 and 9.7 m for levels I and II respectively, surpassing the trees height for levels III and IV. In the areas where fire intensity reached levels III and IV all the trees were killed by the fire. On level II damage was partial and the trees recovered well. On level I fire intensity was too low to cause any kind of damage to the trees.

1. INTRODUÇÃO

As perdas de madeira causadas pelo fogo têm sido registradas de maneira generalizada em todo o mundo. No Brasil, apesar da carência de dados estatísticos, sabe-se que os incêndios florestais queimam milhares de hectares de florestas todos os anos, com enormes prejuízos tanto para o setor privado como para o público.

No caso dos incêndios florestais, saber apenas que eles ocorrem não é suficiente. Para se estabelecer uma política eficiente de prevenção e combate a esses incêndios é necessário saber onde,

quando, porquê e quanto eles queimam. Para se conhecer os três primeiros aspectos, isto é, localização, época de maior ocorrência e principais causas, basta iniciar e manter um trabalho de coleta, arquivo e tabulação dos dados. A última parte porém, a quantificação dos danos, é mais técnica e exige a aplicação de uma metodologia adequada às condições brasileiras.

O objetivo deste trabalho é testar uma metodologia para quantificar e avaliar os danos produzidos por incêndios florestais em povoamento de *Pinus taeda*, utilizando alguns parâmetros do comportamento do fogo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo NOSTE & DAVIS⁵, a avaliação dos danos causados pelo fogo é um trabalho muito complexo. McARTHUR⁴ por sua vez diz que os danos causados à floresta pelos incêndios dependem da espécie atingida e da intensidade do fogo. Para uma intensidade baixa, semelhante a uma queima controlada, o fogo não afeta significativamente a floresta. Quando a intensidade é moderada pode ocorrer ataque de fungos e insetos devido à redução da resistência das árvores. Intensidades altas, quando não resultam na morte das árvores, causam severos danos à mesmas, reduzindo significativamente o incremento e conseqüentemente o volume final de madeira da floresta.

A fim de testar os efeitos dos incêndios sobre um povoamento de *Pinus ponderosa* no Arizona, DIETERICH² usou uma intensidade média de fogo de 739 kcal/m-s e observou que 24% das árvores morreram logo após o incêndio, 8% morreram de um a dois anos depois e 4% dois a três anos após o fogo, o que resultou numa mortalidade total de 48% das árvores ao final do período de observação. O autor observou ainda que as árvores

* Trabalho apresentado no 5º. Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Recife, de 23 a 28 de novembro de 1986.

cujo crestamento letal da copa não ultrapassou 90% da mesma sobreviveram.

VAN WAGNER⁹ estudando a influência da intensidade do fogo e da altura de crestamento letal das copas de coníferas adultas no Canadá, verificou que intensidades relativamente baixas não causam danos às árvores. Intensidades menores do que 100 kcal/m-s e altura de crestamento letal de 8,0 m praticamente não afetaram as árvores; intensidades médias acima de 200 kcal/m-s e altura de crestamento letal de 13 m causaram pequenos danos; entretanto, intensidades médias de 1.000 kcal/m-s e altura de crestamento letal de 40 m causaram severos danos às árvores.

HERMAN³ analisando os danos provocados pelo fogo em *Pinus ponderosa*, no sudoeste dos EUA, afirma que árvores com 60% ou mais de crestamento letal de copa apresentam baixo potencial de sobrevivência, cerca de 3%, enquanto que 86% das árvores suportam alturas de crestamento letal inferiores a 60% da copa.

SOARES⁸, em trabalho com queima controlada em plantios de *Pinus caribaea hondurensis* e *P. oocarpa* com 7 anos de idade, no triângulo mineiro, verificou que não houve mortalidade de árvores em nenhuma das duas espécies, quando submetidas a intensidades médias de fogo de 121,0 e 128,5 kcal/m-s, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Rio do Salto, de propriedade da Slaviero Florestal, localizada no município de Palmeira, Estado do Paraná. A área está situada entre os paralelos 25°22' e 25°27' de latitude sul e os meridianos 49°51' e 49°56' de longitude oeste. A altitude varia de 830 a 960 m, apresentando declive suave. O clima local pertence ao tipo Cfb da classificação de Koppen, caracterizado como sub-tropical úmido, com verões frescos, sem estação seca e geadas freqüentes. A precipitação média anual situa-se entre 1.400 e 1.500 mm.

A fazenda foi reflorestada com *Pinus taeda* entre os anos de 1970 e 1973. O espaçamento utilizado foi 2,50 x 1,60 m, totalizando 2.500 árvores por hectare.

3.2. Ocorrência do incêndio

O incêndio florestal analisado ocorreu durante os dias 9, 10 e 11 de setembro de 1981, atingindo uma área de aproximadamente 900 ha. A idade

dos povoamentos variava de 8 a 10 anos quando ocorreu o incêndio e alguns talhões já haviam sido submetidos ao primeiro desbaste.

As condições climáticas estavam bastante adversas quando ocorreu o incêndio. Durante os três dias de queima a temperatura média situou-se em torno de 22°C e a máxima próximo dos 32°C; a umidade relativa média do ar variou de 25 a 40% e a velocidade do vento oscilou entre 1 a 6 m/s. A última precipitação, de 11,9 mm, havia sido registrada 5 dias antes, após longo período de estiagem.

3.3. Observações de campo

O trabalho de campo foi realizado com o propósito de caracterizar os níveis de queima e relacioná-los com alguns importantes parâmetros do comportamento do fogo. Observando-se a área queimada foi possível estabelecer quatro níveis de queima:

- I) Queima superficial sem crestamento letal das copas;
- II) Queima superficial com crestamento letal parcial das copas;
- III) Consumo parcial das copas pelas chamas;
- IV) Consumo total das copas pelas chamas.

Cada nível de queima no povoamento foi considerado um estrato e por isto se fez uma amostragem estratificada para as medições de campo. Cada amostra tinha 5 x 16 m, englobando 2 x 10 filas de árvores, totalizando 80 m². As medições foram realizadas em março e abril de 1982, isto é, 6 meses após a ocorrência do incêndio.

3.3.1. Número de amostras

O único parâmetro medido diretamente nas parcelas foi a altura das chamas. Por isto, inicialmente se fez uma amostragem preliminar para se obter a variância deste parâmetro em cada estrato.

O número necessário de amostras foi então calculado de acordo com a metodologia de amostragem sequencial, com um limite de erro de 10% a um nível de probabilidade de 95%:

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{E^2}$$

sendo:

- n = número de unidades de amostra por estrato;
s² = variância estimada;

t = valor tabelado;
E = erro admissível (10% da média preliminar).

3.3.2. Altura das chamas

A altura das chamas ficou marcada nas árvores pela carbonização de suas cascas. Esta altura, que variou de acordo com a intensidade de queima, foi medida com uma vara graduada ou com o hipsômetro de Blume-Leiss, onde a vara não alcançava.

A altura das chamas, medida em cada árvore das unidades de amostra, foi posteriormente, através do cálculo das médias, estimada para cada estrato ou nível de queima.

3.3.3. Intensidade do fogo

A intensidade do fogo foi estimada em função da altura média das chamas de cada nível de queima, através da equação de Byram modificada por ROTHERMEL & DEEMING⁶:

$$I = 63,05 h_c^{2/17}$$

sendo:

I = intensidade de fogo em kcal/m-s;
h_c = altura das chamas em metros.

Na verdade a equação de Byram utiliza o comprimento das chamas. No entanto, devido à dificuldade de medição, a altura pode ser usada como uma boa aproximação do comprimento das chamas.

3.3.4. Altura de crestamento letal

Crestamento é a secagem letal da folhagem das árvores, causada pelos gases quentes que se despreendem da zona de combustão. As folhas crestadas não são consumidas pelo fogo, isto é, permanecem intactas porém secas e mortas, com coloração marrom.

A estimativa da altura de crestamento da copa das árvores, parâmetro importante na avaliação dos danos causados pelo fogo, foi feita através da equação desenvolvida por VAN WAGNER⁹:

$$h_s = \frac{3,94 I^{7/6}}{(0,107 I + V^3)^{1/2} (60 - T)}$$

sendo:

h_s = altura de crestamento letal, em metros;
I = intensidade do fogo em kcal/m-s;
V = velocidade do vento em m/s;
T = temperatura do ar em °C.

A velocidade do vento e a temperatura do ar foram obtidos da Estação Meteorológica do Parque Estadual de Vila Velha, situada a 20 km da área onde ocorreu o incêndio. Os valores médios, correspondentes aos dias em que ocorreu o incêndio, foram 21,9°C para a temperatura e 3,22 m/s para a velocidade do vento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os números de amostras necessários para atender à precisão desejada, em cada nível de queima, estão discriminados na Tabela 1.

TABELA 1. NÚMERO DE AMOSTRAS MEDIDAS EM CADA NÍVEL DE QUEIMA

Nível de Queima	Nº. Preliminar	Nº. Necessário	Nº. Medido
I	6	5	6
II	6	8	10
III	6	7	8
IV	6	9	10

Através das alturas médias das chamas foram estimados os demais parâmetros do comportamento do fogo, respectivamente intensidade do fogo e altura de crestamento letal. A análise dos valores

desses parâmetros, apresentados na Tabela 2, permite uma boa avaliação dos danos causados pelos diversos níveis de queima às árvores do povoamento.

TABELA 2. PARÂMETROS DO COMPORTAMENTO DO FOGO RELACIONADOS COM OS RESPECTIVOS NÍVEIS DE QUEIMA

Parâmetros do Fogo	Níveis de Queima			
	I	II	III	IV
Altura de queima (m)	0,85	2,03	4,54	11,38
Porcentagem de queima em relação à altura da árvore (%)	7	18	40	100
Intensidade do fogo (kcal/m-s)	44,3	293,0	1680,7	12345,6
Altura de crestamento (m)	1,4	9,7	41,0	167,0
Porcentagem de crestamento em relação à altura da árvore (%)	12	85	> 100	> 100

Os quatro níveis de queima são também mostrados na Figura 1, onde se observa que no nível IV houve queima total das árvores e no III, queima parcial. Em ambos os casos a altura de crestamento letal ultrapassou a altura total das árvores, matando toda a folhagem das mesmas. Nos níveis I e II o fogo não chegou a atingir a folhagem das árvores, havendo apenas um crestamento parcial das copas no nível II.

No nível de queima I a altura média das chamas foi de apenas cerca de 7% da altura total das árvores. A intensidade do fogo foi baixa, cerca de 44 kcal/m-s e a altura de crestamento chegou apenas a 12% da altura total das árvores, não provocando nenhum crestamento da copa. Conseqüentemente, neste nível de queima não houve nenhum dano às árvores. Segundo NOSTE & DAVIS⁵ e SOARES⁷, fogo com esta intensidade, quando aplicado sob forma de queima controlada, pode inclusive ser benéfico ao povoamento sob diversos aspectos.

No nível II a intensidade média do fogo chegou a 293 kcal/m.s, excedendo o limite de 132 kcal/m.s, o qual segundo BROWN & DAVIS¹ é o máximo que um povoamento de coníferas pode suportar sem sofrer danos. De fato, nesse nível de queima as árvores tiveram a copa parcialmente crestada e sofreram pequenos danos devido ao fogo. Entretanto a recuperação das árvores foi muito boa e praticamente não houve mortalidade. As árvores chegaram a apresentar altura de crestamento letal correspondente a 84% das suas alturas médias. Porém, segundo observado por DIETRICH², as coníferas podem resistir e sobreviver ao crestamento letal de até 90% da sua altura média total.

No nível III o fogo chegou a atingir e queimar até uma altura correspondente a 40% da altura média das árvores. A altura de crestamento letal foi inclusive superior à altura das árvores. Conse-

qüentemente não restou nenhuma porção viva da copa, ocorrendo mortalidade total das árvores.

No nível IV houve a queima total das árvores, com ocorrência de incêndio de copa e uma intensidade de cerca de 12.345 kcal/m.s, extremamente alta e com grande poder de destruição. Nenhuma árvore consegue sobreviver a esta intensidade de fogo e portanto, nesse nível, a mortalidade foi também total.

A metodologia aqui apresentada para a estimativa dos parâmetros do comportamento do fogo mostrou-se totalmente adequada para determinação dos danos causados pelo fogo a povoamentos de *Pinus taeda*. Isto é de grande importância para se avaliar os danos provocados pelo fogo a povoamentos desta espécie, imediatamente após a ocorrência dos incêndios.

5. CONCLUSÕES

i) A altura média das chamas, obtida através da altura de carbonização das cascas das árvores, foi um bom parâmetro para a estimativa da intensidade do fogo.

ii) A altura de crestamento letal estimada através da intensidade do fogo e de parâmetros meteorológicos, correspondeu, com precisão, ao observado no campo.

iii) O conhecimento dos parâmetros intensidade do fogo e altura de crestamento letal permitiram avaliar corretamente os danos provocados pelo fogo ao povoamento.

iv) Através dos parâmetros do comportamento do fogo pode-se mapear a área, estabelecendo os locais onde a floresta tem chance de se recuperar e aqueles onde a mortalidade foi total.

v) A metodologia usada mostrou-se adequada para avaliar os danos provocados pelos incêndios em povoamentos de *Pinus taeda* na região estudada.

6. RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na Fazenda Rio do Salto, da Slaviero Florestal, situada no município de Palmeira, Estado do Paraná, em um povoamento de *Pinus taeda* atingido por um incêndio florestal que queimou durante os dias 09, 10 e 11 de setembro de 1981. A idade das árvores variava de 8 a 10 anos quando ocorreu o incêndio. Quatro níveis de intensidade de fogo foram identificados visualmente: I) queima superficial sem crestamento letal das copas; II) queima superficial com crestamento letal parcial das copas; III) consumo parcial das copas pelas chamas e IV) consumo total das copas pelas chamas. Os parâmetros de comportamento do fogo estimados foram altura das chamas, intensidade do fogo e altura de crestamento letal. As intensidades médias de fogo estimadas foram 44,3 kcal/m³ para o nível I; 293,0 para o II; 1.680,7 para o III e 12.345,6 para o IV. As alturas de crestamento médias foram de 1,4 e 9,7 m para os níveis I e II respectivamente, ultrapassando a altura das árvores nos outros dois níveis de queima. Os níveis de queima III e IV causaram a mortalidade de todas as árvores atingidas pelo fogo; no nível II os danos foram parciais, com boa recuperação das árvores; no nível de queima I, onde o fogo

foi de baixa intensidade, não se observaram danos às árvores.

7. LITERATURA CITADA

1. BROWN, A. A. & DAVIS, K. P. *Forest fire: control and use*. New York, McGraw-Hill, 1973. 685 p.
2. DIETRICH, J. H. *Recovery potential of fire damaged Southwestern ponderosa*. California, USDA, Forest Service Research, 1979. 8 p.
3. HERMAN, F. R. A guide for marking fire-damage Ponderosa pine in the Southwest. *USDA For. Serv. Res. Note RM-13*, 1954. 4 p.
4. McARTHUR, A. G. *Fire behavior in eucalypt forest*. Canberra, Department of Development, Forestry and Timber Bureau, 1967. 36 p.
5. NOSTE, N. V. & DAVIS, J. B. A critical look at fire damage appraisal. *Can. J. For.*, 73(11): 10-15, 1975.
6. ROTHERMEL, R. C. & DEEMING, J. E. Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects. *USDA For. Serv. Tech. Report INT-93*, 1980. 4 p.
7. SOARES, R. V. *Prevenção e controle de incêndios florestais*. Curitiba, FUPEF, 1982. 72 p.
8. ———. Queima controlada em plantações de *Pinus* spp na região de Sacramento, MG. *Floresta*, 10(2): 33-40, 1979.
9. VAN WAGNER, C. E. Height of crown scorch in forest fire. *Can. J. For.*, 3 (3): 373-378, 1973.

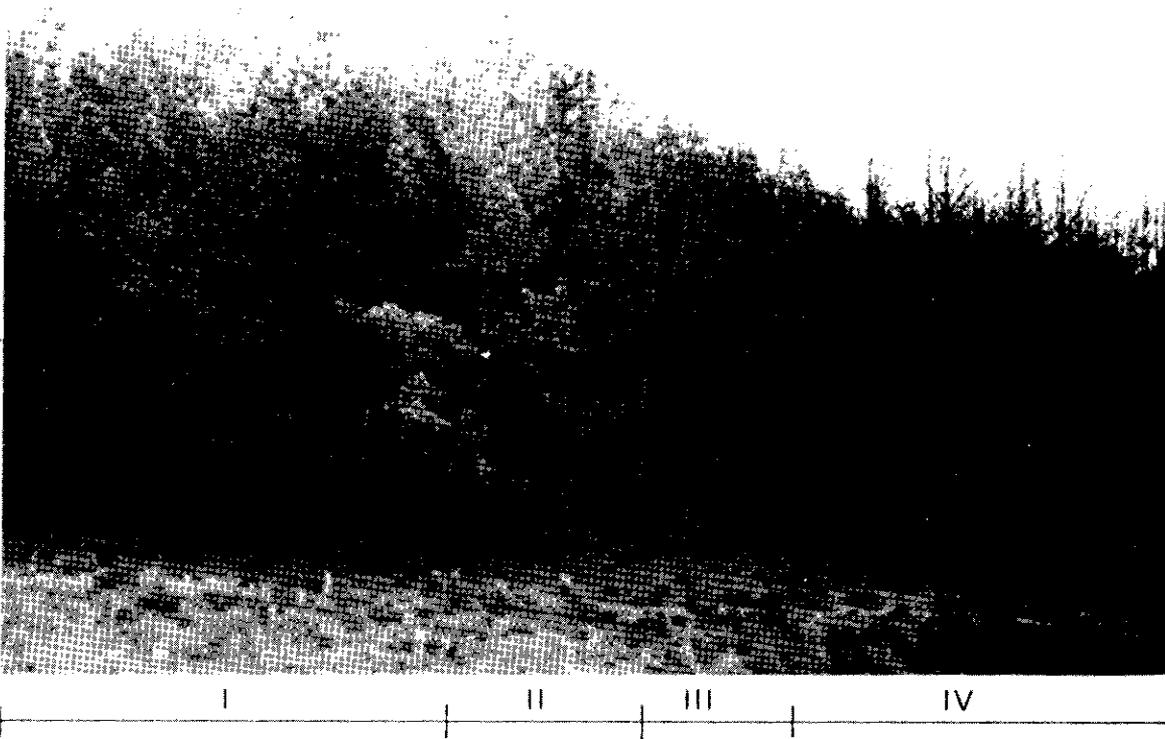


FIGURA 1. Os quatro níveis de queima observados no incêndio.