

USO DEL FUEGO PRESCRITO EN LA GESTIÓN FORESTAL EN BRASIL

Ronaldo Viana Soares

Escola de Florestas. Universidade Federal do Paraná. CURITIBA, PR - Brasil. e-mail:rvsoares@cce.ufpr.br

RESUMEN

El fuego ha sido usado ampliamente en Brasil para quema de desechos y preparación del suelo en agricultura y reforestación. Por otro lado, el uso del fuego en manejo forestal, especialmente para reducción de combustibles todavía se encuentra en fase experimental. Además de la oposición de las organizaciones ambientalistas, los administradores de las empresas forestales, públicas y privadas, han demostrado recelo en usar el fuego debido a los daños que los incendios causan a los bosques y otros componentes de los ecosistemas. En este trabajo se presentan tres experimentos de uso del fuego prescrito. El primero, en plantaciones de pinos tropicales (*Pinus oocarpa* var. *hondurensis*), el segundo en *Pinus taeda* y el tercero en *Eucalyptus viminalis*. En todos los casos la quema prescrita ha mostrado ser una buena herramienta en el manejo de las plantaciones, principalmente para reducir los combustibles finos y evitar la propagación de incendios. Los resultados de los experimentos demostraron que la reducción de los combustibles fue eficiente y no hubo ningún daño al suelo.

Palabras clave: quema prescrita, combustible, fuego, reforestación, protección forestal.

SUMMARY

Fire has been widely used in Brazil for residue disposal and site preparation in agriculture and forest practices. However, the use of fire in forest management, especially

for fuel reduction is still in experimental phase. Besides the opposition of environmental organizations, the forest managers of public and private companies have been reluctant on the use of fire due to the damage that wildfires usually cause to the forestry plantations and the ecosystems. In this paper three experiments of prescribed burning in forestry plantations are described. The first one in tropical pines (*Pinus oocarpa* and *P. caribaea* var. *hondurensis*), the second one in loblolly pine (*Pinus taeda*), and the third one in *Eucalyptus viminalis*. In every case fire demonstrated that could be a useful tool in the management of the forests, especially for fuel reduction to avoid propagation of wildfires. Results of the experiments showed that fuel reduction was successfully attained and there was no harmful effects to the soil.

Key words: prescribed fire, fuel reduction, fire, forestry plantation, forest protection.

INTRODUCCIÓN

El fuego siempre se ha considerado como un elemento importante en el manejo de la tierra, a través de la quema de residuos y de la preparación del suelo para plantación, tanto para fines agrícolas como forestales. Con relación a los bosques, el fuego puede también constituir una herramienta importante en su gestión, ya sea reduciendo la cantidad de combustible disponible, ayudando a combatir plagas y enfermedades, como facilitando el acceso para actividades de extracción de madera o mejorando

el hábitat para la fauna silvestre.

En Brasil el fuego ha sido usado intensiva y extensivamente en la preparación del suelo para la repoblación de nuevos bosques, de manera más restrictiva en la quema de vegetación herbácea y arbustiva en la periferia de áreas forestales para evitar que el fuego se propague en dirección a las mismas y apenas con carácter experimental en la reducción del combustible en el interior de los bosques.

Existe actualmente una gran reacción en contra del uso del fuego en el medio rural por parte de entidades ambientales no gubernamentales que alegan que su utilización provoca un impacto perjudicial sobre el suelo y otros componentes del ecosistema, olvidándose del hecho de que el fuego fue desde siempre un elemento natural en la mayoría de los ecosistemas terrestres. A pesar de ello el Gobierno brasileño, recientemente, a través del Decreto Presidencial nº 1 2.661 del 8 de julio de 1998, reglamentó el uso de las quemadas controladas con fines agrícolas, de pastoreo y forestales.

Otro factor limitante a la hora de usar el fuego como herramienta selvícola, principalmente para la reducción de combustible en el interior de las zonas arboladas, es el recelo a producir daños a los árboles. A pesar de que la quema controlada en el interior de las zonas forestales tiene un riesgo semejante al uso de insecticidas o herbicidas, muchos administradores recelan del uso del fuego debido a su alto potencial destructivo en forma de incendios incontrolados. Sin embargo, existe una enorme diferencia entre un incendio y una quema controlada, y el fuego, usado con cuidado y siguiendo unos criterios adecuados, puede ser un aliado óptimo en la gestión forestal.

El objetivo de este trabajo es relatar algunas experiencias de uso de la quema prescrita en Brasil, principalmente en plantaciones de *Pinus* spp y *Eucalyptus viminalis*.

QUEMA CONTROLADA EN PINOS TROPICALES

El objetivo principal de esta quema era reducir el combustible en el interior de

masas de *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* y *Pinus oocarpa*, ambos con siete años de edad (SOARES, 1979a; SOARES, 1979b; PINHEIRO, 1980). Como complemento de esa investigación se analizó también el efecto del fuego sobre las características químicas del suelo (SOARES, 1990; GOMES NETO, 1994; GOMES NETO & SOARES, 1995).

Metodología

Este trabajo se desarrolló en el municipio de Sacramento, Estado de Minas Gerais, situado aproximadamente a 20° de latitud sur, 47° de longitud oeste y a 1200 m de altitud. La temperatura media anual es de 19,2°C y la precipitación total anual media es aproximadamente 1800 mm. Según la clasificación de Köppen el clima local es Cwa, subtropical con invierno seco y verano caluroso.

Las parcelas quemadas medían 150x125m y se aislaron del resto de la zona arbolada por postes de aproximadamente 2.5 m de alto. Las alturas medias del arbolado eran 9,87 y 8,17 m para *Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa*, respectivamente. La cantidad total de material combustible en el suelo de las mencionadas plantaciones era de aproximadamente 7,9 t.ha⁻¹ en *Pinus caribaea* y 8,5 t.ha⁻¹ en *Pinus oocarpa*, respectivamente.

La prescripción de la quema preveía una velocidad mínima del viento de 3,8 km.h⁻¹, humedad relativa del aire mínima de 60%, temperatura máxima de 20°C y una velocidad de propagación del fuego entre 1,7 y 1,8 m.min⁻¹, para asegurar una intensidad máxima de 80 kcal.m⁻¹.s⁻¹ y una altura de chamuscado de 5,0 m. La técnica de quema recomendada fue contra viento.

La velocidad de avance del fuego fue cronometrada, la intensidad estimada a través de la ecuación de Byram (BROWN & DAVIS, 1973) y la altura de chamuscado a través de la ecuación propuesta por VAN WAGNER (1973).

Resultados

El día de la quema, a las 9:00h, la tempe-

ratura del aire era de 20°C, la humedad relativa del aire, 42% y la velocidad del viento cero. A pesar de que las condiciones no correspondían con las propuestas en la simulación, la quema se inició, en el bosque de *Pinus caribaea*, a las 10:00 h. Al no haber viento, se aprovechó la pendiente del terreno para favorecer el avance del fuego. Debido a las condiciones meteorológicas desfavorables, la velocidad de propagación fue de aproximadamente 2,0 m.min⁻¹, la intensidad media del frente de llamas, 121 kcal.m⁻¹.s⁻¹ y la altura de chamuscado letal 7,8 m, valores superiores a los previstos en la simulación. La cantidad de combustible remanente fue de 0,707 t.ha⁻¹, con una reducción aproximada del 91% con respecto al valor inicial.

La quema en el bosque de *Pinus oocarpa* se inició a las 16:00h y aunque no contamos con los datos meteorológicos, las condiciones ambientales eran diferentes de las previstas en la simulación previa a la quema. La velocidad media de propagación fue de 2,5 m.min⁻¹, la intensidad lineal, 128,5 kcal.m⁻¹.s⁻¹ y la altura de chamuscado de copas 8,0 m. La cantidad de combustible residual fue de 0,832 t.ha⁻¹, correspondiendo a una reducción de aproximadamente el 90%.

A pesar de las condiciones adversas, con intensidades de fuego por encima de los valores previstos, no se produjeron daños de forma significativa en el arbolado. Apenas algunos árboles dominados, con diámetro normal ≤5,0 cm murieron debido a la quema. Hubo sofamado de algunas copas por encima de lo esperado, principalmente en *Pinus caribaea*, cuyos árboles no habían sido podados, lo que produjo una excesiva caída de acículas algunos días después de la quema.

Los efectos producidos sobre el suelo fueron semejantes a los observados en la literatura especializada. Hubo un ligero aumento, no significativo estadísticamente, en el pH (de 4,21 a 4,33 en *P. caribaea* y de 3,98 a 4,13 en *P. oocarpa*) inmediatamente después de la quema, en el estrato de 0 a 2,5 cm de profundidad. En los demás estratos y mediciones, hasta 14 meses después de la quema, no se encontró ninguna diferencia

estadística en los parámetros estudiados. Se produjo una reducción en la concentración de N y P totales y un aumento en la concentración de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B en la superficie del suelo. Las cantidades totales de N, P, K, Ca, y Mg se redujeron significativamente (excepto Mg) después de quemar. Por otro lado, las cantidades de Ca, Mg, P, y K cambiables en el estrato superficial del suelo, aumentaron significativamente después de la quema, volviendo a los valores pre-fuego siete meses después.

QUEMA CONTROLADA EN *Pinus taeda*

El *Pinus taeda* se ha adaptado tan bien a las condiciones edafo-climáticas del sur de Brasil que actualmente es la conífera más plantada del país. Con un crecimiento volumétrico óptimo, prácticamente libre de plagas o enfermedades, la mayor amenaza para las plantaciones de esa especie es el fuego. Por este motivo, la reducción del material combustible acumulado en el interior de esas plantaciones, a través de quemas controladas, parece ser una buena alternativa para proteger esas formaciones forestales de los incendios forestales.

El objetivo principal de la investigación descrita a continuación era reducir el material combustible en el interior de una plantación de *Pinus taeda* y al mismo tiempo determinar la mejor técnica y el intervalo ideal entre las quemas. Se analizó además el efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo y sobre el crecimiento del arbolado (BATISTA, 1995; BATISTA & SOARES, 1996).

Metodología

El experimento se realizó en el municipio de Sengés, Estado de Paraná, situado aproximadamente a 24°10' de latitud sur, 49°35' de longitud oeste y a 960 m de altitud. El clima local, según la clasificación de Koppen es Cfa, es decir, subtropical, con veranos calurosos y sin estación seca.

El arbolado escogido para el experimento tenía, en el momento de realización de la

Tabla 1. Reducción media del material combustible en los cuatro años de quema

AÑO	MATERIAL COMBUSTIBLE (g.m ⁻²)			
	Antes de Quemar		Consumido por la quema	
	Total	Fino (≤2.5cm)	Total	%
1991	1253,60	1143,53	423,83	37,41a
1992	977,43	863,39	132,52	22,91b
1993	1881,48	1711,12	700,29	45,19a
1994	1612,76	1459,91	284,27	21,03b
Media	1456,99	1320,76	423,82	35,01

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test SNK a 5%.

primera quema, 13 años de edad, no había sufrido ningún aclareo de la masa y los árboles tenían un diámetro normal medio de 19,5 cm y una altura media de 15,5 m.

El diseño estadístico utilizado fue de bloques al azar, con 4 repeticiones, cada uno conteniendo 7 parcelas de 1000 m² (20x50), con los siguientes tratamientos: quema anual contra viento, quema bienal contra viento, quema trienal contra viento, quema anual a favor de viento, quema bienal a favor de viento, quema trienal a favor de viento y control. Se realizaron anualmente inventarios del material combustible, antes y después de cada quema, usando parcelas de 1,0 m². Se estimaron también algunas variables de comportamiento del fuego.

Para evaluar los efectos sobre el suelo se establecieron 5 puntos de muestreo en una parcela previamente seleccionada. Durante el período de estudio se realizó un seguimiento del crecimiento del arbolado, a través de mediciones anuales de diámetros y alturas de los árboles de las 28 parcelas.

Resultados

La cantidad media de material combustible (peso seco en estufa) existente antes de la primera quema era de 1253,6 g.m⁻², siendo 78.5% de acículas y el restante, material leñoso.

Las quemas deberían haber sido realizadas al inicio de la época de incendios, es

decir, a finales de junio o al inicio de julio (invierno). Sin embargo, esto sólo fue posible en 1992 y 1994. En los demás años (1991 y 1993) sólo hubo condiciones meteorológicas favorables en noviembre, o sea, en primavera.

La reducción media del combustible, media de todos los tratamientos, en los cuatro años de quema, varió de 22.91 a 45.19% del material fino (Tabla 1). Las quemas realizadas en 1993 presentaron valores de reducción mayores que los demás años, a pesar de no haber diferido estadísticamente de 1991.

Las quemas realizadas al final de la primavera consumieron más combustible con respecto a las realizadas al principio del invierno. No se detectaron diferencias significativas entre las técnicas utilizadas, excepto en las quemas de 1993 donde, estadísticamente, la quema a favor de viento (52,79%) consumió más en relación a la quema contra viento (37,73%). Por otro lado, matemáticamente, en todos los demás años la quema contra viento consumió más combustible. No se apreciaron tampoco diferencias en la reducción de combustible en las distintas periodicidades de quema (anual, bienal y trienal).

Los porcentajes medios de humedad del combustible de 1 hora de retardo y del estrato superior de acículas fue de 12,21% en 1991, 13,50% en 1992, 11,66% en 1993 y 12,67% en 1994.

Tabla 2. Intensidades lineales medias por año y por técnica de quema

AÑO	INTENSIDAD DE FUEGO (kcal.m ⁻¹ .s ⁻¹)		
	Por Año de Quema	Por Tipo de Quema	TIPO DE QUEMA
1991	11,54a	9,73	Contra
		14,04	Favor
1992	2,88a	2,47	Contra
		3,30	Favor
1993	25,22b	11,63*	Contra
		38,82*	Favor
1994	7,21a	4,90	Contra
		9,23	Favor
Media	13,00	8,14*	Contra
		18,21*	Favor

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test SNK a 5%.
Pares de medias seguidas de * difieren estadísticamente entre sí por el test T a 5%.

Al no haber viento en el interior de la plantación ninguno de los días de quema, la pendiente del terreno ($\pm 20\%$) se usó para dirigir el fuego y controlar su propagación. La velocidad media de propagación del fuego en todas las quemas fue de $0,0049 \text{ m.s}^{-1}$ en las quemas contra viento y de $0,0093 \text{ m.s}^{-1}$ en las quemas a favor de viento, estadísticamente diferentes por el test T al nivel de 5%. La velocidad más alta fue de $0,0100 \text{ m.s}^{-1}$ en la quema a favor de 1993 y la menor $0,0034 \text{ m.s}^{-1}$ en la quema en contra de 1994.

Las intensidades lineales del fuego, calculadas a través de la ecuación de Byram (BROWN & DAVIS, 1973) y usando valores de calor específico determinados por SOARES & HAKKILA, 1984 para *Pinus taeda*, fueron muy bajas (Tabla 2).

Las intensidades de fuego más altas, ocurridas en 1993, fueron consecuencia de unas condiciones meteorológicas favorables, esto es, temperatura más alta y humedad relativa más baja y también debido a que el material combustible fino estaba más seco; todo ello resultó en una mayor tasa de propagación del fuego. Como media general, las intensidades de fuego en las quemas a favor

Tabla 3. Medias de las temperaturas máximas observadas sobre el suelo mineral y a 1,0 m de altura

AÑO	TEMPERATURA (°C)	
	Sobre el suelo mineral	1,0 m de altura
1991	519,8ab	90,0b
1992	371,9b	53,6b
1993	594,9a	174,3a

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test SNK al 5%.

de viento fueron significativamente más altas que en las quemas contra viento, lo que era de esperar por ser la intensidad directamente proporcional a la velocidad de propagación del fuego.

Las temperaturas medias máximas medidas sobre el suelo mineral y a 1,0 m de altura fueron mayores en las quemas de 1993, como muestra la Tabla 3. Esto se debe ciertamente a la mayor intensidad del fuego observada aquel año. No se detectaron influencias de la técnica de quema en las temperaturas excepto en 1991, en el que la temperatura media de la

Tabla 4. Correlaciones entre la altura media de chamuscado de la corteza del arbolado (H_{CB}) y las variables de comportamiento del fuego

ALTURA DE CHAMUSCADO	VARIABLES DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO		
	I	r	H_s
H_{CB} Quema contra	0,93*	0,98*	0,89*
H_{CB} Quema a favor	0,59*	0,88*	0,71*
H_{CB} General	0,79*	0,66	0,81*

* Significativo al nivel de 5% de probabilidad.

quema contra viento, sobre el suelo mineral, fue significativamente mayor que en la quema a favor de viento. Las temperaturas no pudieron ser medidas en las quemas de 1994 debido a problemas técnicos.

Ahondando en el estudio de los parámetros de comportamiento del fuego, se observó una fuerte correlación entre la altura de chamuscado de la corteza del arbolado y algunas variables importantes, como la intensidad lineal, la velocidad de propagación y la altura de chamuscado de la copa (Tabla 4).

La altura de chamuscado se correlacionó significativamente con las tres variables de comportamiento del fuego estudiadas, intensidad (I), velocidad de propagación (r) y altura de chamuscado de copas (H_s), encontrándose los mayores coeficientes en las quemas contra viento. Esto indica que la altura de chamuscado, variable fácil de ser medida, puede ser un buen indicador para estimar las demás variables, mucho más difíciles de obtener.

No se detectaron diferencias significativas entre los contenidos totales de nutrientes entre las parcelas quemadas y control en la cubierta orgánica (serapilheira). Se observaron, apenas, matemáticamente, porcentajes mayores de Ca y Mg y menores de N y K en las parcelas quemadas. El pH del estrato de 0 a 5 cm de profundidad del suelo en el área quemada fue ligeramente superior al del área control (3,86 contra 3,81) aunque esta diferencia no fue significativa al nivel de 5%.

La quema tampoco provocó alteraciones

significativas en los porcentajes medios de materia orgánica, capacidad de cambio catiónico, saturación de aluminio o saturación de bases del suelo en las profundidades analizadas (0 a 20 cm). Aunque los porcentajes de Ca, Mg, K y P en el estrato de 0 a 5 cm de profundidad fueron ligeramente mayores en las áreas quemadas, las diferencias no fueron significativas.

No se detectaron tampoco diferencias significativas al nivel de 5% entre las parcelas quemadas y control en lo relativo al crecimiento del arbolado. Sin embargo, los resultados sugieren un mayor crecimiento en las parcelas quemadas. El crecimiento periódico (1991 a 1994) medio del diámetro de los árboles fue de 0,52 cm frente a 0,49 cm y el de altura 0,87 cm frente a 0,48 cm en las parcelas quemadas y sin quemar, respectivamente.

QUEMA CONTROLADA EN *Eucalyptus viminalis*

La quema controlada en plantaciones de eucalipto no es tan común ni recomendada como en el caso de las coníferas. En Brasil el fuego ha sido usado en algunas ocasiones para facilitar el acceso de equipos de corta en plantaciones de eucalipto cuya madera es utilizada para fabricar carbón vegetal y por este motivo no existe demasiada preocupación del daño que se puede producir a los árboles.

Las industrias de celulosa, que cortan el

Tabla 5. Cantidades medias de material combustible, por tratamiento, antes y después de quemar

TRATAMIENTO	MATERIAL COMBUSTIBLE (g.m ⁻²)	
	Antes	Después
Control/primavera	2425,7	2425,7
A favor/primavera	2974,8*	1264,2*
Contra/primavera	2453,0*	1110,9*
Control/otoño	2755,3	2755,3
A favor/otoño	2996,1*	1274,6*
Contra/otoño	2570,6*	1144,7*

Medias, en la misma línea, seguidas de * difieren estadísticamente entre sí por el test T a 10%

eucalipto con cerca de siete años de edad, no admiten que la corteza de los árboles esté carbonizada porque esto perjudica el proceso de producción industrial. Por este motivo, no existen posibilidades de hacer quemas controladas en ese tipo de plantaciones.

Este trabajo se desarrolló en una plantación de *Eucalyptus viminalis*, cuya madera iba a ser usada para la producción de energía, en una empresa de celulosa. Como esa especie presenta una copa estrecha, la entrada de luz en el interior de las plantaciones favorece el desarrollo de un sotobosque arbustivo cerrado, dificultando la circulación de los equipos de corta y recogida de madera. Por este motivo, el objetivo principal de esta investigación era la limpieza del sotobosque por medio de la quema controlada. Fueron analizadas también algunas variables de comportamiento del fuego y el efecto de la quema en la reducción del combustible y sobre las características edáficas (RIBEIRO & SOARES, 1996; RIBEIRO, 1997).

Metodología

Este trabajo fue realizado en el municipio de Três Barras, Santa Catarina, localizado aproximadamente a 26°15' de latitud sur, 50°48' de longitud oeste y a 780 m de altitud. El clima de la región, según la clasificación de Köppen es Cfb, sub-tropical, con veranos frescos y sin estación seca. La temperatura media anual es algo inferior a 17°C y la precipitación está cerca de los 1500 mm. La

plantación donde se instaló el sitio experimental tenía 9 años de edad y los árboles presentaban, como media, 19,06 m de altura y 16,37 cm de diámetro normal.

El diseño estadístico empleado fue de bloques al azar, con 4 réplicas. Cada bloque estaba compuesto por 5 parcelas correspondiendo a los siguientes tratamientos: quema de otoño en fajas a favor de viento, quema de otoño contra viento, quema de primavera a favor de viento, quema de primavera en fajas contra viento y control. El combustible fue inventariado en cada parcela, antes y después de las quemas, a través del método de parcelas de 1,0 m². El poder calorífico de cada componente del combustible se determinó en el Laboratorio de Energía y Paneles de Madera de la Universidad Federal de Viçosa.

Se midió además el volumen de madera de cada parcela así como el tiempo empleado para la corta y arraste a fin de determinar el efecto de la quema sobre los procesos de extracción de madera. Para el análisis de los elementos del suelo se recolectaron 10 muestras por parcela, antes y hasta 6 meses después de quemar.

Resultados

Las cantidades medias de material combustible determinadas a través de los inventarios previos fueron de aproximadamente 26,17 e 27,74 t.ha⁻¹, para las parcelas

Tabla 6. Medias del tiempo de quema, velocidad de propagación e intensidad del fuego en los tratamientos de primavera y otoño

TRATAMIENTO	TIEMPO (min)	VELOCIDAD (m.s ⁻¹)	INTENSIDAD (kcal.m ⁻¹ .s ⁻¹)
A favor/primavera	22,8	0,0438b	193,31b
Contra/primavera	86,5	0,0116a	40,96a
A favor/otoño	27,3	0,0366b	160,15b
Contra/otoño	77,8	0,0128a	44,61a

Medias en cada columna, seguidas de la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí por el test SNK a 10%.

quemadas en primavera y en otoño, respectivamente (Tabla 5).

La media general de reducción de material combustible, considerando las dos épocas de quema, fue aproximadamente 56,5%. En las quemas en fajas a favor de viento la reducción fue de aproximadamente 57,5% en las dos épocas de quema mientras que en las quemas contra viento las reducciones fueron de 54,7 y 55,5% en primavera y otoño, respectivamente. Esto significa que las quemas a favor de viento consumieron, más de 3,7 t.ha⁻¹ en primavera y 2,9 t.ha⁻¹ en otoño, comparándolas con las quemas contra viento. Se encontraron diferencias significativas entre las cantidades de combustible existentes antes y después de las quemas pero no se detectaron diferencias entre épocas o técnicas de quema (Tabla 5).

Los valores medios del poder calorífico efectivo de los diferentes componentes del material combustible fueron 4.636 kcal.kg⁻¹, para el material fino ($\leq 0,6$ cm de diámetro) muerto, 4.446 kcal.kg⁻¹ para el material fino vivo, 3.978 kcal.kg⁻¹ para el material en decomposición y 4.358 kcal.kg⁻¹ para el material medio (de 0,6 a 2,5cm), vivo o muerto, compuesto principalmente por palos de eucalipto.

La velocidad de propagación del fuego en la quema a favor de viento fue 3,8 veces superior a la de la quema contra viento en primavera y 2,9 veces mayor que la del otoño, siendo ambas estadísticamente diferentes (Tabla 6).

Se encontraron diferencias significativas en las intensidades del fuego, tanto en la media general como en las estaciones de quema, entre las técnicas a favor y contra viento. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas entre las épocas de quema para una misma técnica. Las intensidades medias del fuego fueron de aproximadamente 42,8 e 176,7 kcal.m⁻¹.s⁻¹. para las quemas contra y a favor de viento, respectivamente (Tabla 6).

El tiempo empleado en derribar los árboles de las parcelas control fue ligeramente superior al empleado en las parcelas quemadas. Aún así no se detectaron diferencias significativas entre las parcelas quemadas y no quemadas tanto para los tiempos de corta como para los volúmenes de madera extraídos por unidad de tiempo (Tabla 7). Por tanto, la limpieza obtenida por la quema no tuvo un efecto sobre el rendimiento de corta de los "harvesters". Tal vez el efecto hubiese sido significativo si el derribo se hubiera hecho con moto-sierras ya que en ese caso la limpieza favorecería los movimientos de los operarios.

No se pudieron constatar efectos significativos o tendencias constantes entre los contenidos de los distintos componentes del suelo analizados, tanto para las épocas como para las técnicas de quema. Las pequeñas variaciones observadas fueron probablemente causadas más por problemas técnicos de análisis que por el efecto de los tratamientos.

El porcentaje de tocones brotados y la altura de esos brotes, medidos siete meses

Tabla 7. Medias del tiempo de corta, volumen, relación volumen/tiempo y número de árboles por parcela para las quemas de primavera y otoño

TRATAMIENTO	TIEMPO (min)	VOLUMEN (m ³)	VOL./TIEMPO (m ³ /min)	Nº DE ÁRBOLES
Control/primavera	85,28	47,73	0,56	217
A favor/primavera	82,16	41,02	0,50	232
Contra/primavera	78,45	42,19	0,54	224
Control/otoño	84,05	46,29	0,55	222
A favor/otoño	83,40	52,13	0,63	231
Contra/otoño	81,00	47,18	0,58	232

después de la quema tampoco fueron afectados de forma significativa por el fuego. La altura media de los brotes fue mayor en las quemas realizadas en primavera (167,0 cm) mientras que la cantidad de tocones brotados fue mayor en otoño (60,9%), mostrando que tal vez el clima haya ejercido un efecto mayor al de los tratamientos.

OTROS USOS DEL FUEGO EN LA GESTIÓN FORESTAL

El fuego ha sido usado frecuentemente con éxito en la reducción de residuos para facilitar la preparación del suelo. Esto viene siendo realizado por varias empresas forestales, que utilizan dos técnicas, dependiendo de las circunstancias: el apilamiento de los restos seguido de quema y la quema de restos esparcidos.

El fuego ha sido usado también para la reducción de combustible en áreas de vegetación herbácea o arbustiva, limítrofes de plantaciones forestales, para formar fajas de protección al lado o alrededor de las mismas. Esto impide que eventuales incendios originados fuera alcancen dichas plantaciones.

La vegetación de los márgenes de las vías de tren, lugares con alto riesgo de incendios, ha sido también reducida a través de quemas controladas para evitar el inicio de incendios. Lo mismo se ha realizado en los márgenes de las carreteras próximas a áreas forestales.

CONCLUSIONES

Las investigaciones desarrolladas hasta ahora y la experiencia con el empleo del fuego en la gestión forestal en Brasil permiten concluir lo siguiente:

1. El fuego, usado de forma controlada, es una útil e importante herramienta para la quema de residuos en la preparación del suelo para la repoblación.
2. El uso de la quema controlada en vegetación inflamable en la periferia de plantaciones forestales y en los márgenes de vías de tren o carreteras reduce el material combustible y evita que posibles incendios penetren en las áreas forestales.
3. La quema controlada en plantaciones de *Pinus spp* es una buena alternativa para la reducción de combustible en el suelo forestal, evitando así incendios de alta intensidad.
4. La quema controlada es también viable en plantaciones de *Eucalyptus viminalis* para la reducción de combustible y limpieza del sotobosque a fin de facilitar las operaciones de extracción de la madera.
5. Las quemas controladas realizadas no alteran los suelos, no dañan el arbolado de pino y eucalipto, ni perjudican a los brotes de los tocones de eucalipto después de cortar los árboles.
6. Para la obtención de resultados óptimos

y que no haya problemas de alta o muy baja intensidad del fuego las quemadas deben realizarse cuando se dan las condiciones adecuadas de humedad de combustible, viento y temperatura y humedad relativa del aire.

BIBLIOGRAFÍA

- BATISTA, A.C.; 1995. *Avaliação da queima controlada em povoamentos de Pinus taeda no norte do Paraná*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado. 108 p.
- BATISTA, A.C. & SOARES, R.V.; 1996. Redução do material combustível em povoamentos de *Pinus taeda* através de queima controlada. *Curitiba, Agrárias* 15(2): 85-95.
- BROWN, A.A. & DAVIS, K.P.; 1973. *Forest fire: control and use*. New York, McGraw-Hill, 2nd ed., 686 p.
- GOMES NETO, J.; 1994. *Influência da queima controlada na concentração de elementos químicos do solo em povoamentos de Pinus spp na região de Sacramento*, MG. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 94 p.
- GOMES NETO, J. & SOARES, R.V.; 1995. Influência da queima controlada no pH do solo em povoamentos de *Pinus* spp na região de Sacramento, MG. *Ciências florestais* 5(1): 87-101.
- PINHEIRO, G.S.; 1980. *Estimativa do peso de copas de Pinus caribaea variedade hondurensis e Pinus oocarpa através de parâmetros dendrométricos*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Dissertação de Mestrado, 105 p.
- RIBEIRO, G.A.; 1997. *Estudo do comportamento do fogo e de alguns efeitos da queima controlada em povoamentos de Eucalyptus viminalis em Três Barras, Santa Catarina*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado. 145 p.
- RIBEIRO, G.A. & SOARES, R.V.; 1996. *Comportamento da queima controlada em povoamentos de Eucalyptus viminalis*. Curitiba, Anais da IV Reunião Técnica Conjunta FUPEF/SIF/IPEF e II Curso de Atualização em Controle de Incêndios Florestais: 83-91.
- SOARES, R.V.; 1979. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus* spp na região de Sacramento, MG. *Revista Floresta* 10(1): 48-62.
- SOARES, R.V.; 1979. Queima controlada em plantações de *Pinus* spp na região de Sacramento, MG. *Revista Floresta* 10(2):33-40.
- SOARES, R.V.; 1990. *Effects of a pine plantation prescribed burning on soil chemical properties in the savanna region of Minas Gerais state, Brazil*. Coimbra, Proceedings of the International Conference of Forest Fire Research: C.06/1 - C.06/9.
- SOARES, R.V. & HAKKILA, P.; 1984. Potencial energético dos resíduos de desbastes em plantações de *Pinus taeda* no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Floresta* 15(1-2):73-94.
- VAN WAGNER C.E.; 1973. Height of crown scorch in forest fires. *Canadian Journal of Forest Research* 3(1): 373-378.