

Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais

Marcelo Brilhante de Medeiros^{1,3} e Heloísa Sinátora Miranda²

Recebido em 28/05/2004. Aceito em 05/12/2004

RESUMO – (Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais). O fogo é um dos principais agentes de modificação da estrutura e composição das comunidades vegetais em ecossistemas savânicos. Neste estudo, foram avaliados os efeitos do fogo sobre as taxas de mortalidade de indivíduos, mortalidade da parte aérea, considerando os indivíduos que apresentaram destruição do caule, com rebrotas basais e/ou subterrâneas, e número de caules destruídos dos indivíduos de plantas lenhosas, incluindo a soma dos indivíduos que sofreram mortalidade da parte aérea e os indivíduos mortos; estes últimos não apresentaram nenhum tipo de rebrota, sendo eliminados da área. Não foi considerado o recrutamento de indivíduos. Foram realizadas queimadas prescritas anuais, nos anos de 1998, 1999 e 2000, em campo sujo, na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. Em área de 2.500 m², foram inventariadas todas as plantas do estrato arbustivo-arbóreo, com diâmetro igual ou superior a 2 cm a 30 cm do nível do solo. Os dados foram analisados com o teste χ^2 ($p < 0,05$). O inventário totalizou 39 espécies, com total de 636 indivíduos. As taxas de mortalidade para as queimadas anuais foram de 22,5, 7,9 e 11,5%, após as queimadas de 1998, 1999 e 2000, totalizando redução de cerca de 37% no número de indivíduos vivos. A mortalidade afetou principalmente os indivíduos de menor porte, entre 1 e 2 m alt. e entre 2 e 3 cm diâm. Após as três queimadas, os indivíduos mortos adicionados aos que sofreram morte da parte aérea representaram cerca de 73% do total.

Palavras-chave: efeitos do fogo, Cerrado, plantas lenhosas, mortalidade de plantas, campo sujo

ABSTRACT – (Mortality of woody species in a *campo sujo* after three prescribed annual fires). Fire is one of the agents with most significant effect on the structure and composition of plant communities in savanna ecosystems. This study evaluated the effects of fire on the mortality rates of individual plants, individuals with aerial mortality and basal or underground sprouts (top kill), and the number of destroyed stems which include aerial mortality and dead individuals. The annual prescribed fires were performed in 1998, 1999 and 2000, in a *campo sujo* area at the Reserva Ecológica do IBGE (Brasília, DF, Brazil). In a 2,500 m² area all plants of woody layer with diameter equal or greater than 2 cm at 30 cm from soil level were surveyed. The data were evaluated with chi-square test ($p < 0,05$). The survey counted 39 species and 636 individuals. The mortality rates for annual fires were 22.5% (1998), 7.9% (1999) and 11.5% (2000), reducing by 37% the number of live individuals in the area. Mortality impacted mainly the small individuals - height between 1 and 2 m high, and 2 and 3 cm diam. After the three burnings, the dead individuals and those with aerial mortality represented 73% of total individuals.

Key words: fire effects, *Cerrado*, woody plants, plant mortality, savanna

Introdução

A ocorrência de queimadas e incêndios, característica dos ecossistemas savânicos, provoca mudanças na florística e na estrutura da vegetação. Pode também ocorrer diminuição de densidade de árvores e arbustos, favorecendo o estabelecimento de certas espécies e provocando eliminação de espécies sensíveis (Frost & Robertson 1987; Agee 1993; Medina & Huber 1994). Também ocorrem mudanças nas taxas de crescimento, sucesso reprodutivo (Frost & Robertson 1987; Hoffmann 1999) e no estabelecimento

de plântulas (Bond & Wilgen 1996; Franco *et al.* 1996). O fogo pode reduzir a biomassa vegetal e a serapilheira, alterando os fluxos de energia, nutrientes e água (Frost & Robertson 1987; Medina & Silva 1990). A sobrevivência de organismos ao fogo é determinada por suas características anatômicas, fisiológicas e comportamentais, além das características ambientais pós-fogo. As modificações em populações e comunidades dependerão fundamentalmente destas características individuais (Bond & Wilgen 1996).

A vegetação do Cerrado apresenta características que reforçam a idéia de estratégias adaptativas da

¹ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Parque Estação Biológica, W3 Norte s/n, C. Postal 02372, CEP 70770-900, Brasília, DF, Brasil

² Universidade de Brasília, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Asa Norte, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil

³ Autor para correspondência: medeiros@cenargen.embrapa.br

vegetação ao fogo, como forte suberização do tronco e dos galhos, permitindo certo grau de isolamento térmico dos tecidos internos, mesmo em temperaturas elevadas (Coutinho 1990; Rocha e Silva & Miranda 1996), ocorrência de frutos com capacidade de proteção das sementes (Landim & Hay 1995), proteção de gemas apicais de algumas espécies por meio de catáfilos (Coutinho 1990) e elevada capacidade de rebrota da copa, de rizomas, caule, raiz e outras estruturas subterrâneas (Souza & Soares 1983; Coutinho 1990).

Entre os efeitos adversos de queimadas frequentes para a flora lenhosa, já foi observada a diminuição da densidade arbórea (Souza & Soares 1983; Sato *et al.* 1998), sendo que Silva *et al.* (1996) e Sato *et al.* (1998) verificaram elevadas taxas de mortalidade em campo sujo e cerrado *sensu stricto* após queimadas prescritas. O fogo pode ser fator de mortalidade importante para plântulas no primeiro ano de vida (Franco *et al.* 1996; Hoffmann 1998) e limitar o crescimento populacional das espécies devido ao impacto no esforço reprodutivo em consequência da mortalidade da parte aérea, também conhecida como “top kill” (Hoffmann & Solbrig 2003).

Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do fogo sobre as taxas de mortalidade dos indivíduos lenhosos e a consequente alteração na estrutura da vegetação, após três queimadas anuais prescritas em uma área de campo sujo que se encontrava protegida do fogo por 23 anos.

Material e métodos

Área de estudo – O trabalho foi desenvolvido na Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, situada a 35 km ao sul de Brasília, DF, Brasil. A área caracteriza-se como campo sujo, o qual é definido como uma forma savânica mais rala do Cerrado, tendo o estrato lenhoso cobertura maior do que zero e menor de 10%; os indivíduos desta camada podem distribuir-se individualmente ou em grupos (Eiten 1994). A área de 1 ha do projeto esteve protegida do fogo por 23 anos, e em 1998 teve demarcada no seu centro uma parcela de 2.500 m² para a realização dos inventários antes e após as queimadas prescritas. As queimadas foram realizadas nos anos de 1998, 1999 e 2000, na primeira quinzena do mês de agosto, estação seca, quando ocorre a maioria dos incêndios em áreas de Cerrado (Coutinho 1990). As queimadas foram realizadas sempre a favor do vento e com o auxílio da brigada de combate aos incêndios do IBGE.

Inventário da vegetação – Em 1998, antes da primeira queimada, foram inventariados, na área de 2.500 m², todos os indivíduos do estrato arbustivo-arbóreo, com diâmetro igual ou superior a 2 cm, a 30 cm do nível do solo. Esses indivíduos foram marcados e a sua altura, diâmetro e espécie foram determinados. Por convenção, foi amostrado o número de caules para cada indivíduo e, quando distantes em mais de 30 cm, foram considerados indivíduos diferentes. Esta consideração deve-se à extensão de estruturas subterrâneas em plantas do Cerrado, as quais podem ligar caules próximos ou distantes de um mesmo indivíduo (Rawitscher *et al.* 1943). Quando não foi possível a mensuração do diâmetro a 30 cm, caso os caules se separassem em uma altura inferior a esta medida, era considerada a altura de 25 cm, ou menos, caso necessário, em reduções contínuas de 5 cm. Nos meses de junho e julho, ou seja, antes das queimadas, nos anos de 1999, 2000 e 2001, o inventário foi repetido nos mesmos indivíduos amostrados em 1998, sendo o inventário inicial da vegetação a amostra controle do estudo. Neste estudo não foi considerado o recrutamento de indivíduos. Nos inventários de junho e julho, antes das queimadas, além dos indivíduos mortos, também foram contados os indivíduos que apresentaram morte total da parte aérea.

Os indivíduos considerados mortos, com destruição total do caule, diferentemente dos indivíduos com mortalidade aérea, não apresentavam nenhum tipo de rebrota, sendo totalmente eliminados na área.

Dessa forma, o cálculo da taxa de mortalidade de indivíduos (Mt) não considerou os indivíduos com mortalidade aérea, uma vez que estes indivíduos sobreviveram às queimadas, e foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$Mt = \frac{M}{V} \cdot 100\% \quad (1)$$

onde M é o número de indivíduos mortos e V é o número de indivíduos vivos, sem considerar o recrutamento de novos indivíduos.

A porcentagem de caules destruídos (CD) foi calculada de acordo com a equação descrita por A.E. Ramos (dados não publicados) e modificada por E.P. Rocha e Silva (dados não publicados):

$$CD = \frac{Tk + M}{V} \cdot 100\% \quad (2)$$

onde Tk é o número de indivíduos com mortalidade aérea, M é o número de indivíduos mortos e V é o número de indivíduos vivos antes da queima, sem

considerar recrutamento. Os indivíduos considerados com mortalidade aérea foram analisados de acordo com o conceito de Whelan (1995) para “top kill”. Estes indivíduos apresentavam, após as queimadas, o caule totalmente destruído, com rebrota basal e/ou subterrânea.

As comparações entre os dados de estrutura da vegetação e mortalidade foram analisadas com o teste de χ^2 ($p < 0,05$) (Sokal & Rohlf 1997), utilizando-se o programa Statistica (2000).

Resultados e discussão

Estrutura da vegetação antes da queimada – O número de indivíduos e a frequência relativa das espécies lenhosas encontradas na área de estudo antes da primeira queimada prescrita em 1998 são apresentados na Tab. 1. Este inventário totalizou 39 espécies do total de 636 indivíduos. Dentre estas espécies, 13 apresentaram mais de 10 indivíduos: *Acosmium dasycarpum*, *Byrsonima verbascifolia*, *Connarus fulvus*, *Davilla elliptica*, *Dimorphandra mollis*, *Eremanthus goyazensis*, *Erythroxylum suberosum*, *Kielmeyera coriacea*, *Ouratea hexasperma*, *Roupala montana*, *Rourea induta*, *Styrax ferrugineus* e *Vellozia flavicans*. Estas espécies representaram 87% dos indivíduos inventariados. Destacaram-se, pelo elevado número de indivíduos, *Davilla elliptica* e *Roupala montana*, com 92 e 123 indivíduos, respectivamente, representando 34% do total de indivíduos inventariados. Nove espécies apresentaram apenas um indivíduo.

Os indivíduos inventariados apresentaram altura entre 0,3 e 7,0 m. Os indivíduos com menos de 1 m representaram 19,8% do total (126 indivíduos) e os com altura entre 1,0 e 2,0 m, 71,9% do total de indivíduos (457). Nenhum indivíduo ultrapassou 7,0 m (Fig. 1A). O diâmetro dos indivíduos inventariados variou de 2 a 14 cm. Cerca de 42,9% dos indivíduos inventariados (273) apresentaram diâmetro entre 2 e 3 cm (Fig. 1B) e 540 indivíduos apresentaram até 5 cm diâm. (84,8%). Em áreas de campo sujo, Ottmar *et al.* (2001) observaram que os indivíduos com diâmetro entre 2 e 5 cm representam entre 71,7% e 89,4% do total de indivíduos inventariados. O número de indivíduos inventariados neste trabalho foi cerca de 50% superior ao apresentado por E.P. Rocha e Silva (dados não publicados) para uma área de 4 ha de campo sujo, o qual considerou apenas os indivíduos com diâmetro igual ou maior a 5 cm.

Impacto das queimadas – Entre os 192 indivíduos que sofreram mortalidade aérea após a primeira queimada, 171 permaneceram neste estado após a segunda queimada e 21 morreram (12%) (Tab. 2). Como consequência da terceira queimada, morreram cerca de 20% dos 171 indivíduos que permaneciam com mortalidade aérea após as duas queimadas. A importância deste tipo de dano pode ser avaliada se se considera que, após a segunda queimada, 39 indivíduos morreram, sendo que 57% destes haviam sofrido

Tabela 1. Lista de espécies, número de indivíduos e frequência relativa (Fr) do inventário realizado em 1998, em área de campo sujo, protegida de queimada por 23 anos, na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil.

Espécie	N. de indivíduos	Fr
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	54	8,5
<i>Andira paniculata</i> Benth.	4	0,6
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	1	0,2
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	2	0,3
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth.	7	1,1
<i>Byrsonima crassa</i> Ndz.	5	0,8
<i>Byrsonima</i> sp.	1	0,2
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) Rich.	28	4,4
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	2	0,3
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,2
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	14	2,2
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	1	0,2
<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil.	92	14,5
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	12	1,9
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr.	5	0,8
<i>Eremanthus goyazensis</i> (Gard.) Sch. Bip.	37	5,8
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	1	0,2
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	8	1,3
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	22	3,5
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	2	0,3
<i>Hancornia speciosa</i> Gomez	1	0,2
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	2	0,3
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart	37	5,8
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	1	0,2
<i>Neea theifera</i> Oerst.	6	0,9
<i>Ouratea hexasperma</i> Baill.	38	6,0
<i>Palicourea rigida</i> H.B.K.	7	1,1
<i>Piptadenia</i> sp.	1	0,2
<i>Psidium pohlianum</i> Berg.	1	0,2
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	9	1,4
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	3	0,5
<i>Roupala montana</i> Aubl.	123	19,3
<i>Rourea induta</i> Planch.	20	3,1
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Seem.) D.C. Frodin	4	0,7
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	4	0,6
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	42	6,7
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A. DC.	4	0,6
<i>Vellozia flavicans</i> Mart. ex Schult.	34	5,3
Total	636	100,0

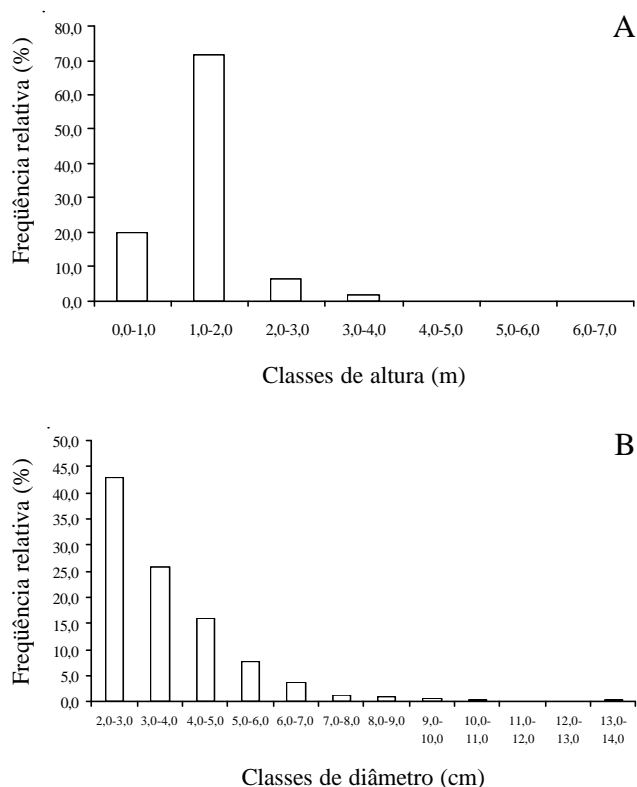


Figura 1. Frequência relativa de altura (A) e diâmetro (B) dos indivíduos inventariados em área de campo sujo, em agosto/1998 (23 anos sem queima) na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil. (N=636).

mortalidade aérea na queimada anterior e que dos 52 indivíduos mortos na terceira queimada, 73% haviam sofrido mortalidade aérea ainda na queimada de 1998. Hoffmann & Solbrig (2003) verificaram que fração considerável de indivíduos nas menores classes de diâmetro de algumas espécies lenhosas do Cerrado que sofrem mortalidade da parte aérea recuperou o tamanho pré-fogo dentro de um ano após a queima. Entretanto, para indivíduos maiores, esse tipo de dano representa perda considerável da parte vegetativa, a qual não é rapidamente recuperada. Nesse estudo, acima de 10% dos indivíduos com diâmetro superior a 5 cm sofreram mortalidade da parte aérea, nas três

Tabela 2. Número de indivíduos vivos, mortos e com mortalidade aérea em área de campo sujo, após três queimadas prescritas consecutivas, na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil.

N. de indivíduos	Primeira queimada	Segunda queimada	Terceira queimada
Vivos	636	493	454
Mortos	143	39	52
Mortalidade aérea	192	171	136

queimadas. Mesmo indivíduos de maior porte podem sofrer este tipo de dano (Williams *et al.* 1999), tornando-os vulneráveis às queimadas frequentes.

As taxas de mortalidade calculadas para as queimadas anuais (Equação 1), considerando o número de mortos na Tab. 2, foram de 22,5, 7,9 e 11,5%, após as queimadas de 1998, 1999 e 2000 respectivamente, causando redução de cerca de 37% no número de indivíduos vivos. Os dados, principalmente da primeira queimada, são superiores aos apresentados por Sato *et al.* (1998) e E.P. Rocha e Silva (dados não publicados) para queimadas de cerrado *sensu stricto* e campo sujo. A elevada mortalidade calculada para a queimada de 1998 pode ser também consequência da inclusão no inventário de indivíduos com diâmetros menores que os considerados por outros autores. E.P. Rocha e Silva (dados não publicados) encontrou, para campo sujo, valores entre 5,2 a 9,8% em regime biennial de fogo e, entre 9,7 e 12,3% em um regime quadrienal, considerando, para o inventário, diâmetros superiores a 5 cm. Sato *et al.* (1998) observaram taxas de mortalidade entre 6,4 e 13,0% em áreas de cerrado *sensu stricto*, para indivíduos com diâmetro a partir de 5 cm no inventário.

O maior número de indivíduos mortos ocorreu na classe de altura entre 1 e 2 m, sendo que os valores atingiram 98 indivíduos (frequência relativa de 68,5%), 33 indivíduos (frequência relativa de 84,6%) e 41 indivíduos (frequência relativa de 78,7%), após as queimadas de 1998, 1999 e 2000, respectivamente (Tab. 3). Não houve diferenças significativas entre as queimadas ($\chi^2=4,82$, $p>0,05$) quanto à proporção de indivíduos nas classes de altura. Apenas quatro indivíduos, nas classes de altura entre 2 m e 3 m, morreram como consequência das três queimadas. Estes dados são similares aos encontrados por Sato *et al.* (1998) e E.P. Rocha e Silva (dados não publicados). De forma geral, durante queimadas, a mortalidade é maior em indivíduos de menor porte (Whelan 1995) por apresentarem cascas menos espessas e, em áreas com vegetação predominantemente gramínea, por estarem expostos à zona de maior temperatura durante a queimada (Frost & Robertson 1987; Miranda *et al.* 1993; Miranda *et al.* 1996).

Houve maior percentagem de mortalidade nas classes de diâmetro menores, entre 2 e 3 cm, com 84 indivíduos (frequência relativa de 58,7%), 20 indivíduos (frequência relativa de 51,3%) e 23 indivíduos (frequência relativa de 44,2%), após as queimadas de 1998, 1999 e 2000, respectivamente (Tab. 4). A classe

Tabela 3. Número de indivíduos e frequência relativa (Fr.) por classes de altura que sofreram mortalidade após três queimadas prescritas consecutivas, em área de campo sujo, na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil.

Classes de altura (m)	Primeira queimada		Segunda queimada		Terceira queimada		Total N. indivíduos
	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	
0-1,0	42	29,4	6	15,4	10	19,8	58
1,0-2,0	98	68,5	33	84,6	41	78,7	172
2,0-3,0	3	2,1	-	-	1	1,5	4
Total	143	100	39	100	52	100	234

de diâmetro entre 3 e 4 cm também concentrou grande número de indivíduos mortos, representando 34 indivíduos (frequência relativa de 23,8%), 9 indivíduos (frequência relativa de 23,1%) e 18 indivíduos (frequência relativa de 34,6%) do total, após as queimadas de 1998, 1999 e 2000, respectivamente. Não houve diferenças significativas entre as queimadas ($\chi^2=32,81$, $p>0,05$) quanto às proporções nas classes de diâmetro. E.P. Rocha & Silva (dados não publicados) verificou maior mortalidade de indivíduos nas classes de diâmetro entre 5,0 e 5,5 cm, após queimadas bienais e quadrienais em áreas de campo sujo e, em áreas de cerrado *sensu stricto*, Sato *et al.* (1998) observou resultados similares.

Os dados encontrados neste estudo mostram que o diâmetro dos indivíduos é fator determinante para a sobrevivência. Assim, mesmo plantas não muito altas podem sobreviver, caso o diâmetro do caule atinja um limite mínimo. Os dados obtidos também mostram que acima de 90% da mortalidade concentrou-se nas classes de diâmetro menores do que 5 cm, tornando subestimados os valores apresentados na literatura que consideram este o diâmetro mínimo para inclusão em inventários para avaliação de impactos de queimadas na vegetação lenhosa do cerrado.

Ao se considerar apenas os indivíduos mortos que apresentavam diâmetro maior ou igual a 5 cm, a mortalidade acumulada nas três queimadas anuais foi de 20,2%, taxa semelhante à obtida por E.P. Rocha e Silva (dados não publicados) após três queimadas bienais (20,9%) e duas quadrienais (20,8%) em áreas de campo sujo, evidenciando que os indivíduos com diâmetro superior a 5 cm podem apresentar maior possibilidade de sobrevivência.

O elevado número de indivíduos com mortalidade da parte aérea pode ser consequência do curto intervalo de tempo entre as queimadas, que não seria suficiente para o espessamento da casca nas rebrotas ou para o seu crescimento além da zona de chamuscas. A maior proporção destes indivíduos concentrou-se na classe de altura entre 1,0 e 1,5 m, com 119 indivíduos (frequência relativa de 61,3%), 33 indivíduos (frequência relativa de 50,0%) e 48 indivíduos (frequência relativa de 48,4%) após as queimadas de 1998, 1999 e 2000, respectivamente (Tab. 5). Não houve diferenças significativas entre as queimadas ($\chi^2=14,29$, $p>0,05$) quanto às proporções de indivíduos nas classes de altura. Dados semelhantes foram encontrados por E.P. Rocha e Silva (dados não publicados) para campo sujo e por Norton-Griffiths

Tabela 4. Número de indivíduos e frequência relativa (Fr.) por classes de diâmetro que sofreram mortalidade após três queimadas prescritas consecutivas, em área de campo sujo, na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil.

Classes de diâmetro (cm)	Primeira queimada		Segunda queimada		Terceira queimada		Total N. indivíduos
	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	
2,0-3,0	84	58,7	20	51,3	23	45,2	127
3,0-4,0	34	23,8	9	23,1	18	34,6	61
4,0-5,0	17	11,9	7	17,9	5	10,5	29
5,0-6,0	7	4,9	1	2,6	3	5,0	11
6,0-7,0	-	0	2	5,1	2	3,2	4
7,0-8,0	-	0	-	-	1	1,5	1
8,0-9,0	1	0,7	-	-	-	-	1
Total	143	100	39	100	52	100	234

(1984), que registrou, em savanas africanas, maior porcentagem de mortalidade da parte aérea para indivíduos com menos de 1 m alt.

Os dados mostraram que os indivíduos nas classes menores de diâmetro, até 5 cm, foram mais afetados com mortalidade aérea, com 181 indivíduos (frequência relativa de 86,6%), 62 indivíduos (frequência relativa de 93,9%) e 94 indivíduos (frequência relativa de 95,5%) após as queimadas de 1998, 1999 e 2000, respectivamente (Tab. 6). Não houve diferenças significativas entre as queimadas ($\chi^2=4,48$, $p>0,05$) quanto às proporções de indivíduos nas classes de diâmetro. A elevada proporção de mortalidade aérea nestas classes de diâmetro reflete a predominância de indivíduos nestas classes no inventário inicial, assim como sua baixa tolerância à ocorrência de queimadas. E.P. Rocha e Silva (dados não publicados) não encontrou relação entre mortalidade aérea e diâmetro. Porém, Hoffmann & Solbrig (2003) verificaram elevada incidência de mortalidade aérea em indivíduos com menores diâmetros.

A redução na parte vegetativa dessas plantas devido à elevada incidência de mortalidade aérea deve

impactar de modo significativo o crescimento das populações, como observado em outros estudos (Hoffmann 1998; 1999). Entretanto, a elevada incidência de mortalidade da parte aérea deve impactar em maior extensão as espécies arbóreas do que arbustos e sub-arbustos, considerando que estes necessitam de tempo menor para alcançar a maturidade sexual (Hoffmann & Solbrig 2003). Assim, várias espécies de arbustos e sub-arbustos no Cerrado são mais favorecidas por queimadas frequentes, em comparação com as espécies de árvores (Moreira 2000).

As três queimadas anuais resultaram na morte de cerca de 36% dos indivíduos, indicando alteração significativa na fisionomia da área. Além disso, os caules destruídos incluíram 73% dos indivíduos, reforçando a importância deste tipo de dano para a estrutura e funcionamento do sistema. Hoffmann (1999) considera que, apesar do impacto reduzido em indivíduos estabelecidos, o fogo deve ter impacto negativo forte no crescimento populacional de várias espécies lenhosas do Cerrado.

Com os dados obtidos neste estudo, são reforçadas as considerações de forte impacto negativo na estrutura

Tabela 5. Número de indivíduos e frequência relativa (Fr.) em diferentes classes de altura que sofreram mortalidade da parte aérea ao longo de três queimadas prescritas anuais, em área de campo sujo, na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil.

Classes de altura (m)	Primeira queimada		Segunda queimada		Terceira queimada		Total N. indivíduos
	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	
0-0,5	-	-	1	1,5	-	-	1
0,5-1,0	36	18,6	22	33,3	32	32,6	90
1,0-1,5	119	61,3	33	50,0	48	48,6	200
1,5-2,0	34	17,5	9	13,7	15	14,8	58
2,0-2,5	5	2,6	1	1,5	4	4,0	10
Total	194	100	66	100	99	100	359

Tabela 6. Número de indivíduos em diferentes classes de diâmetro que sofreram mortalidade da parte aérea ao longo de três queimadas prescritas anuais, em área de campo sujo, na Reserva Ecológica do IBGE, DF, Brasil.

Classes de diâmetro (cm)	Primeira queimada		Segunda queimada		Terceira queimada		Total N. indivíduos
	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	N. indivíduos	Fr.	
2,0-3,0	111	57,2	41	62,1	56	56,9	208
3,0-4,0	57	29,5	16	24,2	33	33,5	106
4,0-5,0	13	6,7	5	7,6	5	5,1	23
5,0-6,0	7	3,6	4	6,1	3	3,4	17
6,0-7,0	3	1,5	-	-	1	0,7	4
7,0-8,0	-	-	-	-	-	-	-
8,0-9,0	2	1	-	-	-	-	3
9,0-10,0	1	0,5	-	-	1	0,4	2
Total	194	100	66	100	99	100	363

da comunidade de lenhosas de campo sujo em queimadas anuais, as quais simulam o atual regime de fogo com elevada frequência para o Cerrado. Os resultados encontrados, com taxas de mortalidade elevadas, também demonstram maior amplitude destes danos, em comparação com estudos anteriores.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Drs. Manoel Cláudio Silva Júnior, John DuVall Hay, Helena Castanheira de Moraes, Bráulio Souza Dias, William Hoffmann, Mundayatan Haridassan e José Felipe Ribeiro, pelas sugestões e comentários apresentados durante o trabalho; aos colegas e funcionários do Laboratório de Ecologia da Universidade de Brasília Pedro Olavo, Antônio Gumiero e Naomi Sato, pelo auxílio nos trabalhos de campo; à Maria Iracema Gonzáles, Chefe da Divisão de Estudos Ambientais do Cerrado da Reserva Ecológica do IBGE, pela licença de pesquisa na área; ao técnico Diassis Alvarenga e à Brigada de Combate a Incêndios do IBGE, pelo apoio no campo e ao Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA/FS); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

- Agee, J.K. 1993. **Fire Ecology of Pacific Northwest Forests**. New York, Island Press.
- Bond, W.J. & Wilgen, B.W. 1996. **Fire and Plants**. New York, Chapman & Hall.
- Coutinho, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. Pp. 82-105. In: J.G. Goldammer (ed.). **Fire in the Tropical Biota**. Berlin, Springer-Verlag.
- Eiten, G. 1994. Vegetação do Cerrado. Pp. 17-74. In: M.N. Pinto (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Editora Universidade de Brasília.
- Franco, A.C.; Souza, M.P. & Nardoto, G.B. 1996. Estabelecimento e crescimento de *Dalbergia miscolobium* em áreas de campo sujo e cerrado no DF. Pp. 84-92. In: H.S. Miranda; B.F.S. Dias & C.H. Saito (orgs.). **Impacto de Queimadas em Área de Cerrado e Restinga**. Brasília, ECL/Universidade de Brasília.
- Frost, P.G.H. & Robertson, F. 1987. The ecological effects of fire in savannas. Pp. 93-140. In: B.H. Walker (ed.). **Determinants of Tropical Savannas**. Oxford, IRL Press.
- Hoffmann, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology** 35: 422-433.
- Hoffmann, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology** 80: 1354-1369.
- Hoffmann, W.A. & Solbrig, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management** 180: 273-286.
- Landim, M.F. & Hay, J.D. 1995. Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Revista Brasileira de Biologia** 56(1): 127-134.
- Medina, E. & Silva, J.F. 1990. Savannas of northern South America: a steady state regulated by water-fire interactions on a background of low nutrient availability. **Journal of Biogeography** 17: 403-413.
- Medina, E. & Huber, O. 1994. The role of biodiversity in the functioning of savanna ecosystems. In: O.T. Solbrig; H.M. Emden & P.G.W.J. Oordt (eds.). **Biodiversity and Global Change**. IUBS. Chicago, CAB International.
- Miranda, A.C.; Miranda, H.S.; Dias, I.F.O. & Dias, B.F.S. 1993. Soil and air temperatures during prescribed Cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 9: 313-320.
- Miranda, H.S.; Rocha e Silva, E.P. & Miranda, A.C. 1996. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. Pp. 1-10. In: H.S. Miranda; B.F.S. Dias & C.H. Saito (orgs.). **Impacto de Queimadas em Área de Cerrado e Restinga**. Brasília, ECL/Universidade de Brasília.
- Moreira, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. **Journal of Biogeography** 27: 1021-1029.
- Norton-Griffiths, M. 1984. The influence of grazing, browsing and fire on the vegetation dynamics of the Serengeti. Pp. 310-352. In: A.R.E. Sinclair & M. Norton-Griffiths (eds.). **Serengeti - Dynamics of an Ecosystem**. Chicago, University of Chicago.
- Ottmar, R.D.; Vihnanek, R.E.; Miranda, H.S.; Sato, M.N. & Andrade, S.M.A. 2001. **Séries de estéreo-fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do cerrado do Brasil Central**. v.I. USDA. General Technical Report. PNW GTR 5191.
- Rawitscher, F.K.; Ferri, M.G. & Rachid, M. 1943. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 4: 267-294.
- Rocha e Silva, E.P. & Miranda, H.S. 1996. Temperatura do câmbio de espécies lenhosas do cerrado durante queimadas prescritas. Pp. 253-257. In: R.C. Pereira & L.C.B. Nasser (eds.). **Anais do VII Simpósio sobre o Cerrado**. Brasília, EMBRAPA-CPAC.
- Sato, M.N.; Garda, A.A. & Miranda, H.S. 1998. Fire effects in the mortality rate of woody vegetation in Central Brazil. Pp. 1777-1784. In: D.X. Viegas (ed.). **Proceedings of the 3rd International Conference on Forest Fires Research**. Coimbra.
- Silva, G.T.; Sato, M.N. & Miranda, H.S. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas em um campo sujo de cerrado submetido a queimadas prescritas. Pp. 93-101. In: H.S. Miranda; B.F.S. Dias & C.H. Saito (orgs.). **Impacto de Queimadas em Área de Cerrado e Restinga**. Brasília, ECL/Universidade de Brasília.

- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1987. **Biometry - the principles and practice of statistics in biological research**. New York, W.H. Freeman & Company.
- Souza, M.H.A.O. & Soares, J.J. 1983. Brotamento de espécies arbustivas e arbóreas posteriormente a uma queimada, num cerradão. Pp. 263-275. In: **Anais do III Seminário Regional de Ecologia**. São Carlos.
- Statistica. 2000. **Computer Software**. Tulsa, Statsoft, Inc.
- Whelan, R.J. 1995. **The Ecology of Fire**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Williams, R.J.; Cook, G.D.; Gill, A.M. & Moore, P.H.R. 1999. Fire regime, fire intensity and tree survival in a tropical savanna in northern Australia. **Australian Journal of Ecology** 24: 50-59.