



Biomassa Combustível em Campo Sujo no Entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil

Abel Augusto Conceição^{1,2} & Vânia Regina Pivello²

Recebido em 15/4/2011 – Aceito em 22/8/2011

RESUMO – A Chapada Diamantina é uma região montanhosa de interesse especial para conservação, pois possui elevada biodiversidade e é sujeita a incêndios frequentes, cujos efeitos ainda não estão bem avaliados. O presente estudo objetivou quantificar a biomassa vegetal aérea em campo sujo, dois anos após um incêndio, e avaliar se esse período permite acúmulo suficiente de biomassa para a queima dessa vegetação, e em caso positivo, estimar a proporção de biomassa consumida pelo fogo. Visou também caracterizar a composição de famílias de plantas vasculares e a distribuição vertical do combustível. O campo sujo situa-se na Área de Proteção Ambiental Marimbus-Iraquara, circundante ao Parque Nacional da Chapada Diamantina, representando um enclave de fitofisionomias de cerrado *sensu lato* dentro do bioma Caatinga. A amostragem no campo sujo foi estratificada em áreas de campo sem arbustos e árvores (C), em manchas de arbustos e arvoretas (AA) e em áreas sem arbustos e árvores, mas com subarbustos (S), utilizando-se 20 parcelas de 1m x 1m, nas quais foram determinadas as porcentagens de cobertura e alturas das morfoespécies, discernidas em famílias de plantas. A biomassa vegetal aérea foi coletada em 10 parcelas, separando-se entre fina (até 0,3cm de diâmetro) e grossa (mais de 0,3cm de diâmetro). Após isso, foram realizadas duas queimadas experimentais, coletando-se a biomassa aérea restante nas outras 10 parcelas. Análises de variância foram utilizadas para as comparações. A biomassa em C foi 491,6g m⁻², em S 530g m⁻² e em AA 1.395,3g m⁻². A biomassa fina é contínua e essencialmente constituída de plantas da família Poaceae, sendo em grande parte consumida pelas queimadas (95 a 97%), enquanto que a maior parte do combustível grosso não foi consumida, constituído principalmente de plantas da família Fabaceae nas manchas de arbustos e arvoretas, mais altas e heterogêneas. A alta inflamabilidade do campo sujo estudado e a curta distância deste ao Parque Nacional Chapada Diamantina demonstram a necessidade de inclusão das áreas campestres circundantes nas ações de combate e prevenção de incêndios nessa região.

Palavras-chave: cerrado; fogo; resíduo vegetal; vegetação campestre

ABSTRACT – Chapada Diamantina is a mountainous region of special interest to conservation, due to its high biodiversity. Wildfires are frequent in the region, and their effects are not well understood yet. This study aimed to quantify the aerial plant biomass in an open savanna two years after a wildfire, to assess if this time is sufficient to allow a new wildfire in the vegetation, and in the positive case, to estimate the biomass consumed by the fire. This study also aimed to characterize the family composition of vascular plants and the fuel vertical distribution. The studied open savanna is located in the APA Marimbus-Iraquara, in the surroundings of Chapada Diamantina National Park and represents enclaves of cerrado *sensu lato* physiognomies in the Caatinga biome. A stratified sampling was carried out in areas of open savanna without shrubs and trees (C), shrub-tree spots (AA), and open savanna with sub-shrubs (S), in 20 plots of 1m x 1m,

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana/ UEFS, Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório Flora e Vegetação. Av. Transnordestina s/n. Bairro Novo Horizonte, Feira de Santana-BA, Brasil, 44036-900. E-mail: abel18@gmail.com

² Universidade de São Paulo/ USP, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, Laboratório da Paisagem e Conservação/ LEPAC. Rua do Matão, trav. 14, n° 321, Cidade Universitária, São Paulo-SP, Brasil, 05508-090. E-mail: vrpivel@ib.usp.br

where the percentage of cover and species height distinguished by plant families were determined. The aerial plant biomass was collected in 10 plots classified as fine (until 0.3cm diameter) and thick (more than 0.3cm diameter) fuel. After that, two areas were burned and the residual unburned biomass was collected in the other 10 plots. Analyses of variance were used for comparisons. The biomass in C was 491.6g m⁻², in the S, 530g m⁻², and in the AA, 1,395.3g m⁻². The fine biomass was continuous, comprised mainly Poaceae species and was consumed by fire (95 to 97%), while the thick fuel, mainly formed by Fabaceae species, was not consumed, in the higher and heterogeneous shrub-tree spots. This study showed the need to include the grasslands surrounding Chapada Diamantina National Park in actions of wildfire combat and prevention, since their high flammability poses wildfire risk to the Park.

Keywords: cerrado, fire; grasslands vegetation; plant remainings.

Introdução

O combustível de incêndios naturais é essencialmente formado por carboidratos derivados da biomassa das plantas, em grande parte por material vegetativo. Entretanto, como não há combustão total de estruturas espessadas, como ramos, troncos, rizomas e colmos, não é a totalidade da biomassa vegetal que se constitui em material combustível. A possibilidade de ocorrência de incêndios é, em grande parte, dependente da quantidade de combustível fino, umidade e continuidade do combustível, que interferem nas características do fogo (Blydenstein 1968, Wright & Bailey 1982, Whelan 1995, Pyne *et al.* 1996, Bilbao *et al.* 2009, Cochrane & Ryan 2009, Miranda *et al.* 2009).

Na região da Chapada Diamantina o fogo é frequente e atravessa grandes extensões das formações campestres do Cerrado (*sensu* Ribeiro & Walter 2008), alcançando os campos rupestres das áreas montanhosas, onde há elevado número de espécies endêmicas, e atingindo também trechos de Mata Atlântica em nascentes que abastecem rios importantes, como Rio de Contas e São Francisco (Harley 1995, Harley *et al.* 2005, Conceição & Costa 2009, Neves & Conceição 2010, Mesquita *et al.*, neste número). A vegetação campestre, que é considerada uma das mais inflamáveis devido à grande quantidade de combustível fino (Castro & Kauffman 1988, Kauffman *et al.* 1994, Bond *et al.* 2005, Pivello 2006, Miranda *et al.* 2009), ocorre em 76,8% do Parque Nacional da Chapada Diamantina, assim como nas formações campestres de Cerrado no entorno do Parque Nacional (Funch *et al.* 2009). No campo sujo, que possui estrato herbáceo quase contínuo interrompido por indivíduos arbustivos e/ou arbóreos isolados, o fogo pode interferir na proporção entre árvores e ervas da vegetação, por favorecer o incremento de espécies graminóides e interferir negativamente no crescimento e estabelecimento de novos indivíduos arbóreos, mantendo a fisionomia da vegetação aberta (Castro & Kauffman 1988, Coutinho 1990, Kauffman *et al.* 1994, Hoffmann 1996, Henriques & Hay 2002, Hoffmann & Moreira 2002, Gardner 2006, Pivello 2006, França *et al.* 2007, Miranda *et al.* 2009).

Uma série de fatores rege a dinâmica das populações acometidas por incêndios, tais como as espécies de plantas afetadas, o tipo de fitofisionomia, a estação do ano em que ocorre o incêndio, as condições ambientais antes e depois da queima, a herbivoria, a frequência e o tempo desde a última queimada (Silva *et al.* 1991, Kauffman *et al.* 1994, Whelan 1995, Baruch & Bilbao 1999, Henriques & Hay 2002, Hoffmann & Moreira 2002, Gardner 2006, Pyne *et al.* 1996, Pivello 2006, França *et al.* 2007, Bilbao *et al.* 2009, Cianciaruso *et al.* 2010). Todos esses fatores exercem influência na quantidade de biomassa vegetal acumulada. Por exemplo, se no(s) ano(s) anterior(es) ao incêndio ocorrer um ano com chuvas acima da média, haverá grande acúmulo de biomassa, que se somará àquela já existente, sendo que parte dessa biomassa estará seca devido à senescência natural de muitos indivíduos graminóides nos meses de baixa pluviosidade (San José *et al.* 1985, Canales & Silva 1987, Menaut & Cesar 1979, Sarmiento 1992, Baruch & Bilbao 1999, França *et al.* 2007, Bilbao *et al.* 2009, Pivello 2011). Isso acarretará acúmulo gradativo de combustível ao longo do tempo, que exercerá grande influência nas características do fogo do próximo incêndio e na sobrevivência das plantas às elevadas temperaturas (Wright & Bailey

1982, Whelan 1995, Pyne *et al.* 1996, Baker 2009). O combustível disponível para queima e a relação entre biomassa viva e morta são variáveis que determinam a ocorrência do fogo (Bilbao *et al.* 2009, Cochrane & Ryan 2009). Em savanas de altitude na Venezuela, o fogo não ocorre em intervalos menores de dois anos (Bilbao *et al.* 2009), enquanto que no Brasil, são reportados incêndios com frequência até mesmo anual (Cardoso *et al.* 2000, Medeiros & Miranda 2005, Cianciaruso *et al.* 2010). No entanto, seis meses foram insuficientes para realização de queimada experimental em um mês com baixa precipitação durante a estação chuvosa (março de 2009), em área de vegetação campestre na Chapada Diamantina (Costa 2010).

O presente estudo objetiva contribuir com informações qualitativas e quantitativas sobre o combustível disponível para a ocorrência de incêndios em vegetação na área circundante ao Parque Nacional da Chapada Diamantina e que podem ser úteis ao manejo da vegetação na região. Especificamente, visa quantificar a biomassa vegetal aérea em campo sujo dois anos após um incêndio e avaliar se esse período é suficiente para ocorrer a queima dessa vegetação e, em caso positivo, estimar a proporção de biomassa consumida pelo fogo. Visa, também, caracterizar a composição de famílias de plantas vasculares e a distribuição vertical do combustível, além de fornecer informações ambientais e sobre o comportamento do fogo em queimadas experimentais nessas áreas.

Materiais e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em área de campo sujo em Cerrado (*sensu* Ribeiro & Walter 2008), no Vale do Cercado (Sítio Calumbi: 12°26' Sul e 41°27' Oeste, 750m s.n.m.), situada na Área de Proteção Ambiental (APA) Marimbus-Iraquara, Serra do Sincorá, no município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, vizinha ao Parque Nacional da Chapada Diamantina.

A Chapada Diamantina é uma porção da Cadeia do Espinhaço, sendo caracterizada pelo conjunto de serras que atingem mais de 1.000m s.n.m., com extremo de 2.033m no Pico do Barbado, na Serra do Tombador (Harley 1995). Nas áreas mais elevadas há predomínio da vegetação de campo rupestre sobre sedimentos arenosos ou diretamente sobre os substratos rochosos de arenito e quartzito, circundadas por áreas de cerrado *sensu lato* nas porções contíguas abaixo, ocorrendo também florestas mais úmidas em algumas encostas das serras e margens de rios (Harley 1995, Conceição & Giulietti 2002, Conceição & Pirani 2005, Harley *et al.* 2005, Juncá *et al.* 2005, Grillo 2008, Funch *et al.* 2009).

O clima no local de estudo é sub-quente, com verão úmido e quatro a cinco meses secos concentrados de agosto a novembro, geralmente com chuvas de dezembro a abril (Jesus *et al.* 1983, Nimer 1989). As temperaturas e umidades relativas do ar, a radiação fotossinteticamente ativa e a precipitação de chuvas foram monitoradas pela estação meteorológica (Hobo 021-001) do Orquidário do Pai Inácio, a 1km do local de estudo, com registros a intervalos de cinco minutos, desde outubro de 2008 a setembro de 2010 (24 meses).

A formação geológica predominante onde ocorrem as fitofisionomias campestres de Cerrado no Vale do Cercado é a Paraguaçu e o solo possui textura médio-arenosa, sendo fortemente ácido, com baixo teor de matéria orgânica, baixas concentrações de nutrientes e altas concentrações de alumínio trocável (Grillo 2000, 2008). A área de estudo possui o gradiente típico de fitofisionomias do cerrado *sensu lato*, indo do cerradão ao campo limpo (*sensu* Ribeiro & Walter 2008). As áreas mais baixas e planas entre os grandes morros, onde os solos são mais senis e profundos, possuem vegetação semelhante à do Planalto Central, com árvores tortuosas de folhas coriáceas e cascas espessas, com estrato herbáceo composto basicamente por Poaceae e Cyperaceae. Nas áreas mais altas predominam as fitofisionomias campestres do Cerrado, tendo cerrado rupestre nas encostas com solos litólicos, representando uma vegetação ecotonal entre o campo rupestre e o cerrado *sensu stricto* (Grillo 2000, 2008, Costa *et al.* 2009, Costa 2010).

Delimitação amostral e amostragem estratificada no campo sujo

A quantificação da biomassa aérea vegetal foi realizada a partir do material vegetal coletado em 20 parcelas de 1m x 1m, alocadas em duas áreas de campo sujo, onde os dois últimos eventos de incêndio ocorreram em 2001 e novembro de 2007 (24 meses antes do presente estudo). Oito parcelas foram alocadas em uma área de 1.005,8m² (47m x 21,4m) e 12 numa área de 551,025m² (23,25m x 23,70m) aproveitando duas áreas contíguas que foram experimentalmente queimadas no mesmo dia (detalhes no final da metodologia). Devido às diferenças espaciais na quantidade de combustível fino e grosso no campo sujo (Castro & Kauffman 1988, Kauffman *et al.* 1994), optou-se por estratificar sua amostragem para que fossem representadas as duas situações usuais, que são trechos mais extensos de vegetação campestre graminóide entremeada por poucos subarbustos e trechos mais restritos ocupados também por vegetação graminóide, porém com árvores e arbustos pontuais. Tais trechos foram mapeados para o sorteio estratificado de parcelas de 1m² em vegetação de campo sujo sem arbustos e árvores (C) e em manchas de arbustos e arvoretas (AA). Duas parcelas em campo sem arbustos e árvores incluíram uma espécie subarbusciva de Malpighiaceae (*Stigmaphyllon paralias* A. Juss.) em grande abundância e foram tratadas separadamente como áreas de campo sem arbustos e árvores, mas com subarbustos (S), para a quantificação da biomassa.

Combustível acumulado e combustível consumido nas queimadas

Metade da biomassa foi coletada antes das queimadas experimentais (10 parcelas, sendo quatro em uma área e seis na outra) e a outra metade depois (10 parcelas, sendo quatro em uma área e seis na outra), com a finalidade de quantificar, tanto o combustível acumulado em dois anos, quanto o consumido pelas queimadas, esse último calculado pela diferença entre a biomassa que não foi totalmente consumida pelo fogo e a biomassa anterior à queimada. A eficiência da queimada foi medida pela razão entre o combustível consumido e a biomassa anterior à queimada. Os totais da biomassa aérea vegetal em C e em S foram considerados como combustível suscetível à queima (*fuel load*), já que são predominantemente ervas e subarbustos. A eficiência da queima em AA não foi calculada, pois o combustível grosso passível de queima, ou seja, aquele mais próximo à superfície, não foi separado do material menos suscetível à queima, que fica acima das chamas, geralmente com altura superior a 2m (Kauffman *et al.* 1994). Devido ao combustível fino ser suscetível à queima em todas as parcelas, o cálculo de eficiência da queima também foi feito com base nos totais de biomassa fina antes e depois da queimada, conforme calculado em savana de altitude na Venezuela (Bilbao *et al.* 2009), considerando o combustível fino nas 20 parcelas, ou seja, nos três estratos estudados.

Coberturas das famílias de plantas e medições das alturas realizadas antes das queimadas

Antes das queimadas e da coleta da biomassa, as porcentagens de cobertura das famílias de plantas foram visualmente estimadas nas 20 parcelas de 1m² (Brower *et al.* 1998), discernindo-se entre biomassa fina e grossa. Foram medidas as alturas máximas de cada morfoespécie, utilizadas nos cálculos das alturas médias por parcela. As famílias botânicas foram classificadas segundo APG III (2009).

Coleta e pesagem da biomassa

Todas as partes aéreas das plantas foram removidas com tesoura de poda e facão, sendo separadas entre biomassa fina (graminóides e demais ervas e subarbustos com ramos até 0,3cm) e grossa (arbustos e árvores com ramos maiores de 0,3cm). A serapilheira foi considerada material

morto fino, sendo os ramos maiores de 0,3cm e troncos mortos de incêndio(s) anterior(es) considerados material morto grosso. No caso das plantas graminóides, há uma parte da biomassa que senesce e desseca, mas continua presa na planta (necromassa), sendo denominada localmente de “bacero”. O bacero foi separado da parte viva apenas em quatro parcelas, para cálculo da razão entre material vivo e morto (duas parcelas em C, uma em AA e uma em S).

O material coletado foi pesado em campo (peso úmido) utilizando-se uma balança digital com precisão de 2g e posteriormente deixado por cerca de três dias em estufa a 60°C, até secagem completa, para nova pesagem (peso seco), em balança analítica com precisão de 0,01g (Brower *et al.* 1998). O material residual depois da queimada não teve seu peso úmido medido.

Análise dos dados

Diferenças entre as alturas e as porcentagens de cobertura das famílias Poaceae, Fabaceae e Cyperaceae foram comparadas entre C e AA, assim como as biomassas finas e grossas, que também foram comparadas entre antes e depois das queimadas experimentais. Nos casos das variáveis possuírem distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e homocedasticidade (Levene, $p > 0,05$) foram realizadas as comparações pela análise de variância (One way ANOVA). Caso contrário, as comparações foram realizadas por teste não paramétrico de variância (Man-Whitney U) (Sokal & Rohlf 1995).

Queimadas experimentais

As queimadas experimentais foram realizadas sob monitoramento da brigada voluntária de Palmeiras e analistas do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) Parque Nacional Chapada Diamantina, além de alunos de graduação e pós-graduação da Universidade Estadual de Feira de Santana. Antes de se proceder à queima, a vegetação no entorno das duas áreas que seriam queimadas foi removida (aceiro), para diminuir os riscos de escape do fogo das queimadas controladas. O tempo que o fogo levou para percorrer uma distância de 10m foi cronometrado para o cálculo da razão de propagação do fogo (Cochrane & Ryan 2009). A velocidade do vento foi medida por uma estação meteorológica manual (Kestrel 2500), com medidas tomadas a cada minuto para o cálculo da velocidade média, anotando-se também as velocidades máximas e mínimas registradas ao longo de todo período da queimada.

Resultados

Dados ambientais e comportamento do fogo

A precipitação de chuvas em 2009 totalizou 1.210,6mm, com temperatura média de 21,8°C (Figura 1). Os meses de maio a julho foram os com menor radiação fotossinteticamente ativa. O total de precipitação nos dois meses anteriores ao estudo foi de 283,8mm, sendo 253,8mm em outubro de 2009 e 30mm em novembro. Nos 30 dias que antecederam as queimadas experimentais (mês de novembro), a umidade relativa média do ar foi 39%, com mínima de 22,4%, sendo a temperatura média de 22,1°C, com máxima de 32,8°C.

Nas duas áreas queimadas no dia 29 de novembro de 2009, o fogo alastrou-se numa queimada de superfície, atingindo a vegetação graminóide, bem como o componente arbustivo-arbóreo espaçado (Figura 2). A ignição na primeira área ocorreu às 11h40min, propagando-se a uma taxa de 4,4m min⁻¹. A outra queimada foi iniciada às 12h03min, propagando-se em uma razão de 4,3m min⁻¹. A velocidade do vento durante as queimadas variou de 1,2 a 21,8km h⁻¹, sendo em média 4,5 ± 1,3km h⁻¹ na primeira queimada e 4,9 ± 2,3km h⁻¹ na segunda.

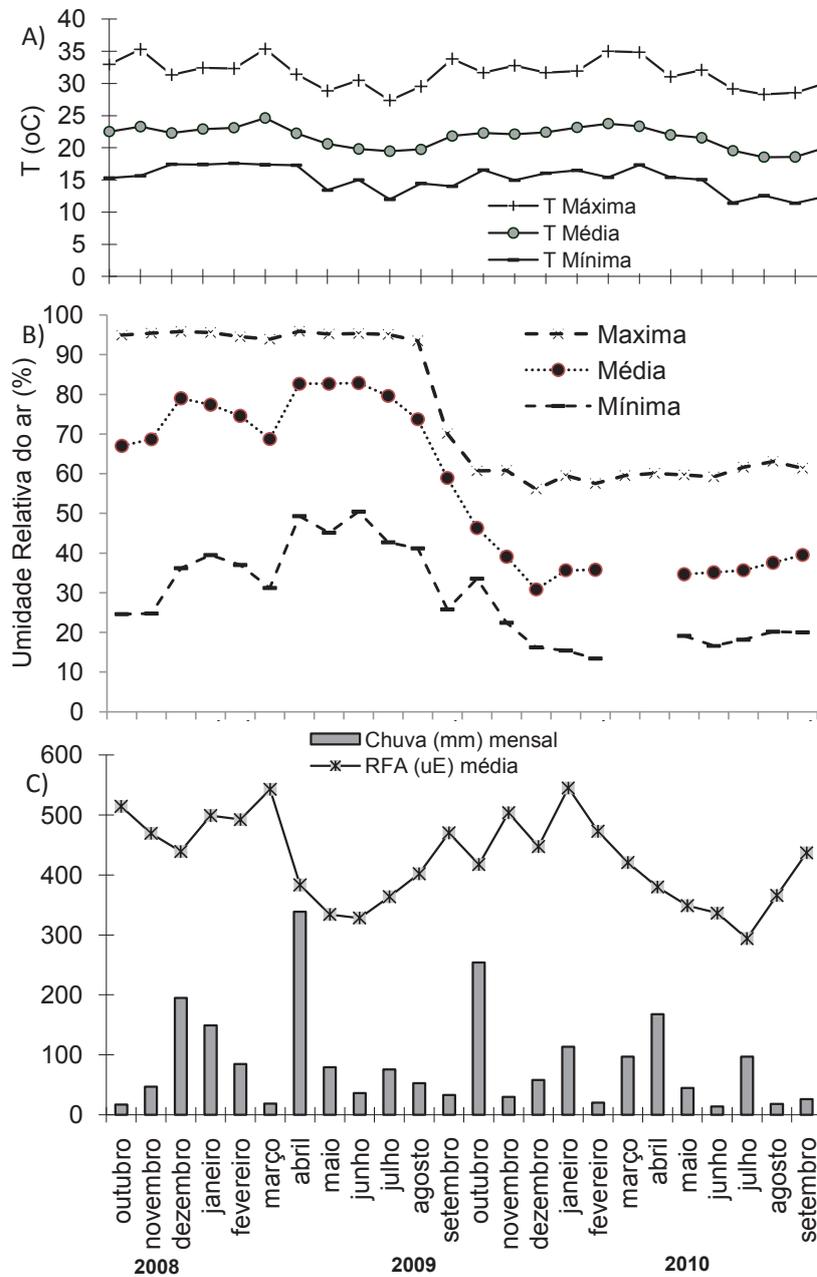


Figura 1 – A: temperatura (T) do ar. B: umidade relativa do ar. C: precipitação pluvial e radiação fotossinteticamente ativa (RFA). (Dados obtidos na Estação Meteorológica do Orquidário Pai Inácio, no Vale do Cercado, município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil).

Figure 1 – A: air temperature (T). B: air relative humidity. C: rainfall and photosynthetically active radiation (RFA). (Data from Pai Inácio Meteorological Weather Station in Cercado Valley, municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil)



Figura 2 – Vegetação de campo sujo e queimada experimental de 29 de novembro de 2009, no Sítio Calumbi, Vale do Cercado, município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. A: plantas da família Poaceae, dominantes na composição de combustível fino. Nota-se uma coloração amarelada a castanho-avermelhada da porção morta de plantas graminóides (“bacero”). B: queimada de superfície atravessando o campo sem arbusto e arvoreta (C) interrompido pelas manchas de arbustos e/ou arvoretas (AA) dominadas por barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*, Fabaceae). C-D: trecho de campo sujo afetado pelo fogo, notando-se arbustos e árvores com folhas ainda verdes e a fumaça. E: área de 1.005,8m² queimada e enegrecida, contrastante na paisagem. F: sete dias depois da queimada, com muitos rebrotes de plantas da família Poaceae. As folhas dos arbustos e árvores ficaram castanhas e começaram a cair. G-H: campo com subarbustos (S) (*Stigmaphyllon paralias*) antes (G) e depois (H) do fogo, com muitas folhas de *S. paralias* caídas no solo.

Figure 2 – Open savanna vegetation and experimental burning from 29 November 2009 in Cercado Valley, municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. A: fine fuel mainly comprising Poaceae species. There is a yellowish to reddish color in dead parts of graminoid plants (“bacero”). B: surface burning crossing open savanna without shrubs and trees (C) and spots of shrubs and trees (AA) dominated by ‘barbatimão’ (*Stryphnodendron rotundifolium*, Fabaceae). C-D: open savanna affected by fire and the smoke, the shrub-tree still with green leaves. E: 1.005,8m² burned area, highlighting the black color in the landscape. F: seven days after the burning, with many resprouts of Poaceae family. The leaves of shrubs and trees became yellowish and started to fall. G-H: open savanna without shrubs and trees, but with sub-shrubs (S) (*Stigmaphyllon paralias*) before (G) and after (H) fire, with many leaves from *S. paralias* on the ground.

Biomassa acumulada em dois anos, umidade do combustível e proporção de biomassa viva

Antes das queimadas experimentais, a biomassa quantificada nas parcelas em C totalizou 491,6g m⁻², sendo 97,4% biomassa fina e 2,6% biomassa grossa. Em AA, a biomassa total foi de 1.395,3g m⁻², sendo 70,2% grossa e 29,8% fina e, em S, foram quantificados 530g m⁻² de biomassa, sendo 84% fina e 16% grossa (Tabela 1). A biomassa fina foi significativamente maior em C ($F_{(1,7)} = 6,679$; $p = 0,036$) e a biomassa grossa maior em AA ($\chi^2 = 6,05$; $p = 0,014$; $gl = 1$).

A média de umidade no combustível vivo variou de 171,5 a 125,4% no fino (Tabela 2). A umidade no conjunto de combustível fino misturado com material vivo e morto foi de 50,0% (Tabela 2). A razão entre biomassa viva e morta oscilou entre 0,6 e 1,0 (0,9 ± 0,2).

Tabela 1 – Biomassa vegetal aérea amostrada em 20 parcelas de 1m x 1m sorteadas de modo estratificado no campo sujo, tanto em áreas de vegetação campestre sem arbustos e árvores (C), como em manchas de arbustos e/ou arvoretas no campo (AA) e em áreas de campo de subarbusto (S). Em metade das parcelas as plantas foram coletadas antes da queimada experimental e a outra metade um dia depois (resíduos sem cinzas). (Cerrado na APA Marimbus-Iraquara, Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil).

Table 1 – Aerial plant biomass sampled in 20 random plots of 1m x 1m stratified in an open savanna including areas without shrub and tree (C), spot of shrub-tree (AA), and areas with sub-shrub (S). The plants were collected in 10 plots before the experimental burning and in other 10 plots one day after the burning (residual without ash). (Savanna in the APA Marimbus-Iraquara, municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil).

Biomassa vegetal aérea (g m ⁻²)	24 meses do último incêndio			1 dia depois da queimada		
	C	AA	S	C	AA	S
Fina viva e morta	478,6 ± 22,0	416,3 ± 48,7	445,0	14,5 ± 7,0	21,8 ± 6,2	20,0
Grossa viva e morta	13,0 ± 11,1	979 ± 913,4	85,0	10,3 ± 17,9	1224,2 ± 1053,3	83,0
Total	491,6 ± 24,75	1395,3 ± 946,2	530,0	24,8 ± 13,0	1246,0 ± 1054,2	103,0

Tabela 2 – Porcentagem de umidade da biomassa vegetal aérea, calculada pela relação entre umidade (peso úmido do combustível – peso seco do combustível) e o peso seco da biomassa de plantas. Biomassa fina corresponde a graminóides, folhas de dicotiledôneas e gravetos com até 0,3cm de diâmetros, enquanto os maiores de 0,3cm compõem o material grosso. N = número de réplicas (Cerrado na APA Marimbus-Iraquara, Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil).

Table 2 – Humidity of aerial plant biomass determined by the difference between biomass wet weight and dry weight related to biomass dry weight. Fine biomass includes graminoid species, dicotyledonous leaves and twigs up to 0.3cm diameter. N = number of replica (Savanna in the APA Marimbus-Iraquara, municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil).

Umidade da biomassa vegetal aérea (%)	Média	N
Fina viva	125,4 ± 11,2	3
Grossa viva	171,5 ± 21,1	7
Fina viva e morta + serapilheira	50,0 ± 6,2	6

Biomassa consumida

Os resíduos de material vegetal depois das queimadas totalizaram 24,8g m⁻² no C, sendo 58,6% de biomassa fina e 41,4% de biomassa grossa. Em AA, o resíduo foi de 1.246,0g m⁻², sendo

1,7% biomassa fina e 98,3% grossa (Tabela 1). A biomassa fina foi maior antes da queimada ($x^2 = 12,816$; $p = 0,000$; $gl = 1$), enquanto que a grossa não diferiu ($x^2 = 0,096$; $p = 0,757$; $gl = 1$). Tendo como referência a biomassa fina antes e depois das queimadas, a eficiência da queima de combustível fino em C foi de 97%, em S foi de 95,5% e em AA de 94,8%. Considerando a eficiência da queima em toda a biomassa vegetal aérea, viu-se que cerca de 95% dela foi consumida em C e 80,6% em S.

Coberturas de biomassa fina e grossa, família botânica e altura das plantas

Em C, 99,2% da cobertura do material vegetal aéreo foram classificados em biomassa fina, com a família Poaceae predominando nessa fração e representando 83,5 a 100% do total por parcela. A família Cyperaceae foi representada por 0 a 3,9% da cobertura fina em C, exceto numa parcela, onde representou 9,2%. Em AA, a família Poaceae representou de 39,4 a 97,5% da cobertura de combustível fino, enquanto Cyperaceae representou de 0 a 6,6%. A cobertura vegetal classificada em biomassa grossa em AA representou 35,5% do total, com os 64,5% restantes representados por biomassa fina. Do total de biomassa grossa, 77,5% foi representado pela família Fabaceae e 7,5% por Apocynaceae. Em S, 3,9% da cobertura vegetal foi de biomassa grossa, com 92,9% representado pela família Asteraceae. A Figura 3 representa as porcentagens de cobertura das morfoespécies somadas por família (Fabaceae, Poaceae e Cyperaceae), havendo diferença significativa apenas no caso de Fabaceae, que teve maior porcentagem em AA ($x^2 = 8,742$; $p = 0,003$; $gl = 1$).

As alturas médias das plantas de biomassa fina nas parcelas variaram de $33,6 \pm 12,7$ cm a $39,1 \pm 11,9$ cm em C, de $39,5 \pm 18,4$ cm a $47,6 \pm 13,8$ cm em S e de $32,8 \pm 6,3$ cm a $49,1 \pm 14,7$ cm em AA. As alturas médias das plantas de biomassa grossa nas parcelas variaram de 0 a 35cm em C (apenas um indivíduo em cinco das nove parcelas), 40 a 60cm em S (um indivíduo em cada parcela) e de $59,4 \pm 45,2$ cm a $215,0 \pm 49,3$ cm em AA. O indivíduo amostrado de maior altura foi da espécie *Stryphnodendron rotundifolium* Mart., com 270cm, seguido de *Byrsonima* sp. e *Himatanthus articulatus* (Vahl) Woodson, com 260cm cada. A figura 4 representa graficamente os valores médios das alturas médias e máximas das espécies de combustível fino e grosso em C e AA, sendo que apenas no caso do combustível grosso houve diferenças significativas: altura máxima ($x^2 = 12,936$; $p = 0,000$; $gl = 1$) e altura média ($x^2 = 12,923$; $p = 0,000$; $gl = 1$), maiores em AA.

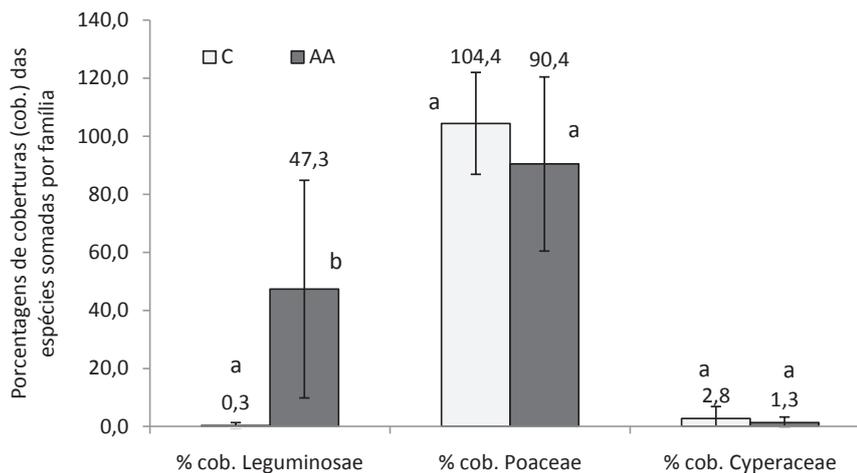


Figura 3 – Alturas (Alt.) média e máxima (máx.) das espécies de plantas, separadas entre combustível (comb.) fino e grosso, em campo sujo sem arbustos e árvores (C) e em manchas de arbustos e/ou arvoretas (AA). (Cerrado na APA Marimbus-Iraquara, Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil).

Figure 3 – Mean (Alt.) and maximum (máx.) heights of plant species, classified as fine and thick fuel (comb.) in an open savanna without shrubs and trees (C) and spots of shrubs and trees (AA). (Cerrado in Marimbus-Iraquara APA, municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil).

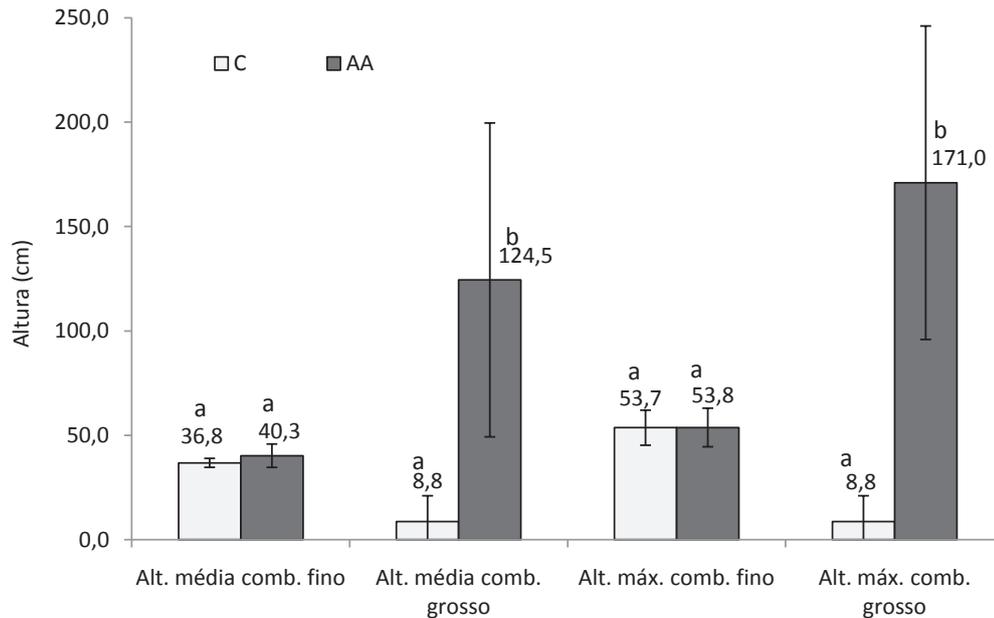


Figura 4 – Porcentagens de coberturas (cob.) das espécies de plantas agrupadas por famílias dominantes (Poaceae e Fabaceae) e Cyperaceae, em campo sujo sem arbustos e árvores (C) e em mancha de arbusto-arvoreta (AA). (Campo sujo na APA Marimbus-Iraquara, Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil).

Figure 4 – Cover (cob.) percentages of plant species summed by the dominant families (Poaceae and Fabaceae), and Cyperaceae, in an open savanna without shrubs and trees (C) and spots of shrubs and trees (AA). (Cerrado in Marimbus-Iraquara APA, municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil).

Discussão

A alta inflamabilidade da vegetação campestre (Castro & Kauffman 1988, Kauffman *et al.* 1994, Bond *et al.* 2005) foi confirmada no campo sujo estudado, pois a queimada consumiu quase todo combustível fino, tanto em C, como em S e AA. A cobertura de combustível fino em C e S é contínua e queima em elevada proporção, com o fogo atravessando as manchas de arbusto-arvoreta mais altas e heterogêneas em relação ao estrato herbáceo dominado por espécies da família Poaceae.

A biomassa aérea vegetal em C (492g m^{-2}) não é muito distinta dos valores de 433g m^{-2} em campo limpo dominado por *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase depois de um ano do fogo (Ottmar *et al.* 2001, citado em Miranda *et al.* 2009), dos 481g m^{-2} da vegetação campestre no Mato Grosso do Sul com pelo menos dois anos sem fogo (Cardoso *et al.* 2000), de 524g m^{-2} do estrato herbáceo em campo cerrado de Brasília, dois anos após ter sido queimado (458g m^{-2} de combustível fino) (Cianciaruso *et al.* 2010), nem da biomassa de 423 a 482g m^{-2} em savana de *Trachypogon* em Calabozo na Venezuela (San José *et al.* 1985) e de algumas fitofisionomias campestres em savana africana (420 a 520g m^{-2}) (Menaut & Cesar 1979). Porém, é mais elevada em relação aos 280g m^{-2} quantificados depois de duas queimadas anuais em campo de caronal no Mato Grosso do Sul (Cardoso *et al.* 2000) e bem abaixo dos 712 a 713g m^{-2} , em campo limpo e campo sujo de Brasília (Kauffman *et al.* 1994). A variação nos valores de combustível pode resultar de diferenças metodológicas, como, por exemplo, quanto aos critérios de inclusão da biomassa coletada e/ou às condições ambientais anteriores à coleta, tais como umidade e temperatura do ar, mas provavelmente também é devida à grande complexidade dos incêndios e de suas implicações

na biota dos ecossistemas (Whelan 1995, Pyne *et al.* 1996, Baker 2009). Além disso, as biomassas aéreas de plantas em áreas de savana campestre se alternam ao longo do tempo, influenciadas por diversos fatores além do fogo, como sazonalidade e precipitação (Menaut & Cesar 1979, Lamotte 1983, Sarmiento 1992, Bilbao *et al.* 2009).

A proporção de biomassa queimada, considerando as áreas em S e C (95,5% e 97%, respectivamente), está nas faixas referidas para campos limpos de Brasília, com valores de 92% (Castro & Kauffman 1998) a 100% (Kauffman *et al.* 1994). A porcentagem de biomassa fina consumida é elevada mesmo nas fitofisionomias mais densas de cerrado *sensu lato*, como campo cerrado e cerrado *sensu stricto* (98 a 100%) (Kauffman *et al.* 1994). Manchas de arbustos e/ou arvoretas (AA) dominadas pela família Fabaceae são heterogêneas em biomassa e altura, perceptíveis pelos valores do desvio padrão aqui obtidos, sendo fontes de variação espacial importante no campo sujo estudado. As plantas dominantes resistentes aos incêndios em AA mantiveram, após o fogo, a mesma distribuição espacial, com a maior parte da biomassa aérea no mesmo local. Essa heterogeneidade é um padrão comum nas savanas (Menaut & Cesar 1979, Coutinho 1990, Gardner 2006, Pivello 2006) e, mesmo considerando apenas áreas campestres livres de árvores, é notada grande variação de cenários quanto ao comportamento do fogo e sucessão pós-fogo (Bilbao *et al.* 2009).

Apesar de a área de estudo ter sofrido um grande incêndio em 2007, a biomassa acumulada nos 24 meses subsequentes foi suficiente para o elevado consumo de combustível, resultando em queimadas eficientes (Cochrane & Ryan 2009). Mesmo localizada na região semiárida, a precipitação de chuvas na área de estudo se enquadra na faixa usual do bioma Cerrado (Miranda *et al.* 2009), o que viabiliza o aporte de água suficiente para o crescimento da vegetação. O período com poucas chuvas que se deu 30 dias antes das queimadas experimentais deve ter favorecido a combustão do material, já que atuou na desidratação da biomassa vegetal. As porcentagens de umidade nas biomassas fina e grossa encontradas no presente estudo correspondem, segundo Cochrane & Ryan (2009), a estágios maduros da planta, cujo crescimento se deu por completo e comparável à umidade de folhagem perene antiga. A umidade de material fino vivo juntamente com material morto (graminóides com bacero + serapilheira) resultou em 50%, demonstrando, de modo indireto, uma grande proporção de biomassa morta no material misturado, uma vez que o material morto em geral tem umidade abaixo de 30% (Kauffman *et al.* 1994, Cochrane & Ryan 2009), enquanto que a umidade do material vivo foi entre 125 e 172%.

Não só a umidade, mas também a quantidade de material fino morto é importante para o desencadeamento de incêndios (Bilbao *et al.* 2009, Cochrane & Ryan 2009). A razão de 0,9 entre a biomassa viva e morta é compatível com a ocorrência da queimada, já que os incêndios tendem a ocorrer quando essa razão é menor que um (Bilbao *et al.* 2009), ou seja, quando a quantidade de biomassa morta é maior do que a viva. Numa savana de altitude na Venezuela, a razão 0,9 correspondeu aproximadamente à vegetação campestre depois de três a quatro anos da última queimada (Bilbao *et al.* 2009) e, na Chapada Diamantina, esse período foi de dois anos. Essa diferença pode ser interpretada como consequência do acúmulo mais lento de biomassa na savana de altitude da Venezuela, já que necessita de dois anos para que a queimada ocorra com uma quantidade mínima de 64g m⁻² de combustível fino (Bilbao *et al.* 2009), enquanto que, no Brasil, a biomassa acumulada em um ano pode ser suficiente para possibilitar a ocorrência de incêndios, como em Brasília (Medeiros & Miranda 2005, Cianciaruso *et al.* 2010) e no Mato Grosso do Sul (Cardoso *et al.* 2000). Em vegetação campestre no Texas (EUA) estima-se que seja necessário entre 67 e 112g m⁻² de combustível fino para a realização de queimadas prescritas (Wink & Wright 1973 e Beardall & Sylvester 1976, citados em Wright & Bailey 1982).

O fogo é um fenômeno de grande influência sobre a biodiversidade da região da Chapada Diamantina e que precisa ser investigado. Grandes extensões de campos rupestres e outras formações campestres interligadas nessa região caracterizam uma situação propícia à ocorrência de grandes incêndios, que podem impactar severamente a biota local, como acontece em outras áreas da Cadeia do Espinhaço (Kolbek & Alves 2008) e nas Montanhas Rochosas (Baker 2009), onde o

combustível é contínuo e os períodos secos são comuns, além da ação do vento ser pronunciada (Kolbek & Alves 2008). Os estudos realizados na Chapada Diamantina têm constatado que o fogo consome a maior parte da cobertura vegetal, no entanto, o rebrotamento depois das queimadas ocorre de modo relativamente rápido, com a maior parte da cobertura retornando a partir de órgãos perenes subterrâneos e/ou aéreos resistentes ao fogo, com poucas espécies anuais estabelecidas nas áreas recém-abertas, apesar de causar morte de indivíduos de espécies endêmicas (Conceição & Costa 2009, Costa 2010, Neves & Conceição 2010, Brito 2011, Souza 2011).

As elevadas frequências de incêndios nas savanas podem afetar negativamente o crescimento de plântulas de árvores e arbustos, assim como o incremento de biomassa, além de favorecer espécies invasoras (Baruch & Bilbao 1999, Cardoso *et al.* 2000, Henriques & Hay 2002, Hoffmann & Moreira 2002, Cianciaruso *et al.* 2010). No entanto, estudos nas savanas demonstram que o fogo tem importante papel ecológico nos processos de ciclagem de nutrientes, sucessão pós-fogo, assim como na manutenção de espécies e ecossistemas (Chapin 1983, Lamotte 1983, Coutinho 1990, Silva *et al.* 1991, Pivello & Coutinho 1992, Canales *et al.* 1994, Henriques & Hay 2002, Bond *et al.* 2005).

O homem alterou a frequência das queimadas nas últimas décadas e está pondo em perigo as fitofisionomias abertas do Cerrado (Salgado-Labouriau 2005, Pivello 2011). A carência de informações sobre os efeitos do fogo nas comunidades vegetais do Brasil e, em especial, nas comunidades campestres, salienta a necessidade de intensificação dos estudos (Henriques & Hay 2002, Miranda *et al.* 2009). A amostragem estratificada aqui realizada, separando-se as manchas de arbustos e/ou arvoretas da porção totalmente herbácea viabiliza uma quantificação mais precisa do combustível disponível para os incêndios, já que elimina a grande variação resultante dos elementos lenhosos pontuais no campo.

Conclusão

A alta inflamabilidade do campo sujo estudado e a curta distância deste ao Parque Nacional da Chapada Diamantina demonstram a necessidade da inclusão das áreas campestres circundantes ao Parque nas ações de combate e prevenção de incêndios. Os efeitos do fogo no campo rupestre também devem ser estudados, já que espécies graminóides dominam as áreas campestres contínuas do campo rupestre dentro e no entorno do Parque Nacional (Conceição & Giulietti 2002, Conceição & Pirani 2005), representando uma condição de combustível propensa aos numerosos incêndios relatados no Parque Nacional da Chapada Diamantina.

Agradecimentos

Agradecemos aos analistas ambientais e brigadistas do ICMBio - Parque Nacional Chapada Diamantina, assim como aos brigadistas voluntários de Palmeiras pela colaboração nas queimadas experimentais realizadas; aos alunos de graduação e pós-graduação que participaram dos preparativos e medida de dados em campo; ao Instituto do Meio Ambiente (IMA) pela licença de pesquisa na APA Marimbus-Iraquara, aos revisores e editores do manuscrito, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Pesquisa pelos financiamentos de projetos e bolsas de pós-doutorado.

Referências bibliográficas

- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 161: 105-121.
- Baker, W.L. 2009. **Fire ecology in Rocky Mountain landscapes**. Island, Washington, EUA. 605p.

- Baruch, Z. & Bilbao, B. 1999. Effects of fire and defoliation on the life history of native and invader C_4 grasses in a Neotropical savanna. **Oecologia**, 119: 510-520.
- Bilbao, B.; Leal, A.; Méndez, C. & Delgado-Cartay, M.D. 2009. The role of fire in the vegetation dynamics of upland savannas of the Venezuelan Guayana. Pp. 451-480. In: Cochrane, M.A. (ed.). **Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics**. Springer-Praxis, Chichester, UK. 645p.
- Blydenstein, J. 1968. Burning and Tropical American Savannas. Pp. 1-14. In: Komarek, R. (ed.). **Proceedings Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference**, Tallahassee, Florida. 285p.
- Bond, W.J.; Woodward, F.I. & Midgley, G.F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, 165: 525-538.
- Brito, J.C. 2011. **Efeitos do fogo sobre a vegetação em duas áreas de campo rupestre na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Brower, J.E.; Zar, J.H. & Ende von, C.N. 1998. **Field and laboratory methods for general ecology**. MacGraw-Hill, New York. 273p.
- Canales, M.J. & Silva, J.F. 1987. Efecto de una quema sobre el crecimiento y demografía de vástagos en *Sporobolus cubensis*. **Acta Oecologica**, 8(3): 391-401.
- Canales, J.; Trevisan, M.C.; Silva, J.F. & Caswell, H. 1994. A demographic study of an annual grass (*Andropogon brevifolius* Schwarz) in burnt and unburnt savanna. **Acta Oecologica**, 15(3): 261-273.
- Cardoso, E.L.; Crispim, S.M.A.; Rodrigues, C.A.G. & Baroni Jr, W. 2000. Biomassa aérea e produção primária do estrato herbáceo em campo de *Elyonurus muticus* submetido à queima anual, no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(8): 1501-1507.
- Castro, E.A. & Kauffman, J.B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of above-ground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, 14: 263-283.
- Chapin, F.S. 1983. Patterns of nutrient absorption and use by plants from natural and man-modified environments. Pp. 175-187. In: Mooney, H.A. & Godron, M. (eds.). **Disturbance and ecosystems, components of response**. Springer-Verlag, Berlin. 292p.
- Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A. & Batalha, M.A. 2010. Aboveground biomass of functional groups in the ground layer of savannas under different fire frequencies. **Australian Journal of Botany**, 58: 169-174.
- Cochrane, M.A. & Ryan, K.C. 2009. Fire and fire ecology: concepts and principles. Pp. 25-62. In: Cochrane, M.A. (ed.) **Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics**. Springer-Praxis, Chichester, UK. 645p.
- Conceição, A.A. & Giuliatti, A.M. 2002. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, 29(1): 37-48.
- Conceição, A.A. & Pirani, J.R. 2005. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, 23(1): 85-111.
- Conceição, A.A. & Costa, G.M. 2009. Efeitos do fogo na vegetação de campos rupestres da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Pp. 1466-1472. In: Moura, C.W.N.; Silva, T.R.S.; Giuliatti-Harley, A.M. & Santos, F.A.R. (orgs.). **Anais 60º Congresso Nacional de Botânica. Botânica brasileira: futuro e compromissos**. Feira de Santana, Bahia. EDUNEB, Salvador. 1485p.
- Costa, G.M.C.; Funch, L.S.; Conceição, A.A. & Moraes, A.C.S. 2009. Composição florística e estrutura de cerrado sentido restrito na Chapada Diamantina, Palmeiras, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, 9(4): 245-254.
- Costa, G.M.C. 2010. **Regeneração da vegetação campestre sob distúrbio de fogo na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana.

- Coutinho, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. Pp.82-105. In: Goldammer, J.G. (ed.) **Fire in the tropical biota: ecosystem, processes and global challenges**. Springer-Verlag, Berlin. 497p.
- França, H.; Ramos-Neto, M.B. & Setzer, A. 2007. **O fogo no Parque Nacional das Emas**. Série Biodiversidade 27. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. 140p.
- Funch, R.R.; Harley, R.M. & Funch, L.S. 2009. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. **Biota Neotropica**, 9(2): 21-30.
- Gardner, T.A. 2006. Tree-grass coexistence in the Brazilian cerrado: demographic consequences of environmental instability. **Journal of Biogeography**, 33: 448-463.
- Grillo, A.S. 2000. **Aspectos pedológicos, ecológicos e florísticos de uma área de cerrado no município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia**. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Grillo, A.S. 2008. Cerrado: áreas do Cercado e do Morro do Camelo. Pp. 87-101. In: Funch, L.S.; Funch, R.R. & Queiroz, L.P. (eds.). **Serra do Sincorá: Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Radami, Feira de Santana. 251p.
- Harley, R.M. 1995. Introduction. Pp. 1-42. In: Stannard, B.L. (ed.). **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Harley, R.M., Giuletta, A.M., Grillo, A.S., Silva, T.R.S., Funch, L., Funch, R.R., Queiros, L.P., França, F., Melo, E., Gonçalves, C.N. & Nascimento, F.H.F. 2005. Cerrado. Pp. 153-180. In: Juncá, F.A., Funch, L. & Rocha, W. (org.). **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 435p.
- Henriques, R.P.B. & Hay, J.D. 2002. Patterns and dynamics of plant populations. Pp.140-158. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University, New York. 398p.
- Hoffmann, W. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Tropical Ecology**, 84(3): 383-393.
- Hoffmann, W.A. & Moreira, A.G. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. Pp.159-177. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University, New York. 398p.
- Jesus, E.F. Reis de; Falk, F.H. & Marques, T.M. 1983. **Caracterização geográfica e aspectos geológicos da Chapada Diamantina, Bahia**. Centro editorial e didático da Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Juncá, F.A.; Funch, L. & Rocha, W. 2005. **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 435p.
- Kauffman, J.B; Cummings, D.L. & Ward, D.E. 1994. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, 82(3): 519-531
- Kolbek, J. & Alves, R.J.V. 2008. Impacts of Cattle, Fire and Wind in Rocky Savannas, Southeastern Brazil. **Acta Universitatis Carolinae Environmentalica**, 22: 111-130.
- Krebs, C.J. 1989. **Ecological methodology**. Harper & Row, New York. 654p.
- Lamotte, M. 1983. Research on the characteristics of energy flows within natural and man-altered ecosystems. Pp. 48-70. In: Mooney, H.A. & Godron, M. (eds.). **Disturbance and ecosystems, components of response**. Springer-Verlag, Berlin. 292p.
- Medeiros, M.B. & Miranda, H.S. 2005. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, 19(3): 493-500.
- Menaut & Cesar 1979. Structure and primary productivity of Lomto Savannas, Ivory Coast. **Ecology**, 60(6): 1197-1210.

- Miranda, H.S.; Sato, M.N.; Nascimento-Neto, R. & Aires, F.S. 2009. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. Pp. 427-450. *In*: Cochrane, M.A. (ed.). **Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics**. Springer-Praxis, Chichester, UK. 645p.
- Neves, S.P.S. & Conceição, A.A. 2010. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botanica Brasilica**, 24: 697-707.
- Nimer, N. 1989. **Climatologia do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro. 421p.
- Pivello, V.R. 2006. Fire management for biological conservation in the Brazilian cerrado. Pp.129-154. *In*: J. Mistry & A. Berardi (Org.). **Savannas and Dry Forests - Linking People with Nature**. Hants, Ashgate. 274p.
- Pivello, V.R. 2011. The use of fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, 7: 24-39.
- Pivello, V.R. & Coutinho, L.M. 1992. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, 8(4): 487-497.
- Pyne, S.J.; Andrews, P.L. & Laven, R.D. 1996. **Introduction to wildland fire**. 2a. ed. John Wiley & Sons, New York. 769p.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 151-212. *In*: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora. Vol.1**. Embrapa, Brasília. 406p.
- Salgado-Labouriau, M.L. 2005. Alguns aspectos sobre a paleoecologia dos cerrados. Pp. 108-118. *In*: Scariot, A.; Sousa-Filho, J.C. & Felfili, J.M. (eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. MMA, Brasília. 439p.
- San José, J.J.; Montes, R.; García-Miragaya, J. & Orihuela, B.E. 1985. Bio-production of *Trachypogon* savannas in a latitudinal cross-section of the Orinoco Llanos, Venezuela. **Acta Oecologica**, 6(1): 25-43.
- Sarmiento, G. 1992. Adaptive strategies of perennial grasses in South American savannas. **Journal of Vegetation Science**, 325-336.
- Silva, J.F.; Raventos, J.; Caswell, H. & Trevisan, M.C. 1991. Population responses to fire in a tropical savanna grass, *Andropogon semiberbis*: a matrix model approach. **Journal of Ecology**, 79: 345-356.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. **Biometry. The principles and practice of statistics in biological research**. Freeman and Company, New York. 887p.
- Souza, J.M. 2011. **Efeitos do fogo na fenologia reprodutiva de angiospermas em vegetações campestres na Chapada Diamantina, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Whelan, R.J. 1995. **The ecology of fire**. Cambridge studies in ecology, New York. 346p.
- Wright, H.A. & Bailey, A.W. 1982. **Fire ecology. United States and Southern Canada**. John Wiley & Sons, New York. 501p.