

Revisão sobre os Efeitos do Fogo em Eriocaulaceae como Subsídio para a sua Conservação

Ana Carolina de Oliveira Neves¹, Lúcio Cadaval Bedê² & Rogério Parentoni Martins³

Recebido em 14/4/2011 – Aceito em 1/8/2011

RESUMO – Eriocaulaceae é uma das famílias mais numerosas e ricas em endemismos do Cerrado. A beleza das suas inflorescências faz com que espécies conhecidas como sempre-vivas (plantas de diversas famílias que tem suas inflorescências pouco alteradas após serem colhidas e desidratadas), sejam cobiçadas pelo mercado nacional e internacional de plantas ornamentais secas. O declínio das populações de várias eriocauláceas tem sido atribuído a um aparente aumento da frequência de queimadas realizadas no Cerrado para renovar pastagens, preparar o solo para a agricultura e devido ao manejo extrativista. Neste trabalho, revisamos a literatura científica que trata da ação do fogo em sete espécies de Eriocaulaceae que ocorrem no Cerrado. O fogo promoveu o aumento do número de indivíduos reprodutivos nas três espécies estudadas quanto a esse aspecto (*Actinocephalus polyanthus*, *Comanthera elegantula* e *Syngonanthus nitens*), de inflorescências por indivíduo em duas entre quatro espécies (*Comanthera elegantula* e *Leiothrix crassifolia*) e de sementes por capítulo na única espécie estudada nesse aspecto (*S. nitens*). O fogo estimulou ainda o recrutamento por plântulas devido à eliminação da vegetação competidora em três das quatro espécies estudadas (*A. polyanthus*, *C. elegantula* e *Leiothrix arrecta*, e por brotamentos em *S. nitens*). Em espécies policárpicas, o aumento do esforço reprodutivo pode impactar negativamente a produção de inflorescências nos anos seguintes à primeira estação reprodutiva após a queima (ex. *C. elegantula* e *S. nitens*), além do crescimento e sobrevivência de indivíduos em idade reprodutiva (ex. *C. elegantula*). Entretanto, a mortalidade e a redução do crescimento podem ser atenuados pela coleta de escapos antes que as sementes sejam produzidas, como foi observado em *C. elegantula*. Queimadas frequentes podem levar populações ao declínio através da exaustão do banco de sementes, mortalidade (principalmente de plântulas) e estímulo à reprodução e morte precoce em espécies monocárpicas. Por outro lado, a exclusão de queimadas por longos períodos pode levar as populações ao envelhecimento e ao declínio devido à redução no recrutamento e aumento da mortalidade, causadas pelo aumento da vegetação competidora. Considerações sobre o manejo de espécies de Eriocaulaceae são feitas, considerando diferenças em suas histórias de vida.

Palavras-chave: cerrado; demografia; história de vida; queimadas; sempre-vivas.

ABSTRACT – Eriocaulaceae is one of the largest and most speciose botanical families of the Cerrado. Because of their beauty, species known as ‘starflowers’, ‘dry flowers’ or ‘everlasting flowers’ (plants of several families whose inflorescences maintain the living appearance after being extracted and dried) are coveted by the national and international markets for dried ornamental plants. The decline observed in populations of several Eriocaulaceae species has been attributed to an apparent increase in the frequency of fires, set with the aim to renovate pastures, to prepare the ground for the cultivation of crops and also as an extractive management practice. In this study, we reviewed scientific literature about the effects of fire on seven Eriocaulaceae species that occur in Cerrado. Fire promoted an increase in the number of reproductive individuals in all the studied species (*Actinocephalus polyanthus*, *Comanthera elegantula* and

¹ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia e Conservação – Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP 31270-901 / Instituto Biotrópicos. E-mail: ananeves@gmail.com

² Conservação Internacional (CI Brasil) – Av. Getúlio Vargas, 1300, 7º andar, Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP 30112-021. E-mail: l.bede@conservacao.org

³ Universidade Federal do Ceará (UFCE), Centro de Ciências, Departamento de Biologia – Av. da Universidade, 2853, Fortaleza, CE, Brasil. CEP 60020-181. E-mail: wasp@icb.ufmg.br

Syngonanthus nitens), inflorescence number per individual in half of the studied species (*C. elegantula* and *Leiothrix crassifolia*) and seeds per chapter in the single studied species (*S. nitens*). Fire stimulated recruitment of seedlings in three out of four species (*A. polyanthus*, *C. elegantula* and *Leiothrix arrecta*) and via rhizome sprouts in *S. nitens* due to the elimination of competing vegetation. In polycarpic species, the increased reproductive effort may negatively impact growth, survival (eg. *C. elegantula*) and the production of inflorescences in years following the first breeding season after burning (eg. *C. elegantula* and *S. nitens*). However, mortality and reduced growth could be mitigated by the harvesting of inflorescences before seeds are produced, as in *C. elegantula*. Frequent fires can lead to population decline through the exhaustion of seed bank and mortality (mainly seedlings), and stimulate reproduction and early death of adult individuals in monocarpic species. On the other hand, the exclusion of fire for long periods can lead to the aging and decline of populations due to reduced recruitment and competition with herbaceous vegetation. Considerations regarding the management of Eriocaulaceae species are made, considering differences in their life stories.

Key words: cerrado; demography; life history; star-flowers; wildfires.

RESUMEN – Eriocaulaceae es una de las familias más ricas en endemismos en el Cerrado. La belleza de sus inflorescencias hace con que especies conocidas como siempre vivas (plantas de diversas familias que tienen sus inflorescencias poco cambiadas tras su recolecta y deshidratación) las hacen codiciadas por el mercado nacional y internacional de plantas secas para fines ornamentales. El declinio poblacional de varias eriocauláceas viene siendo atribuido al supuesto incremento en la frecuencia de fuegos establecidos em el Cerrado, con el objetivo de revonar pastizales, preparar el suelo para la instalación de plántíos y por el manejo de extracción. En ese trabajo, revisamos la literatura científica sobre los efectos de la acción del fuego en sete especies de esa familia. El fuego causó el incremento del número de individuos reproductivos en las tres especies estudiadas (*Actinocephalus polyanthus*, *Comanthera elegantula* y *Syngonanthus nitens*), de inflorescencias por individuo em mitad de las especies (*Comanthera elegantula* y *Leiothrix crassifolia*) y de semillas por capítulo en la única especie estudiada (*S. nitens*). El fuego esmituló aún el recrutamento por plântulas devido a la eliminación de la vegetación competidora en tres de las cuatro especies estudiadas (*A. polyanthus*, *C. elegantula* e *Leiothrix arrecta*) y por brotamientos en *S. nitens*. En especies policárpicas, el aumento del esfuerzo reproductivo puede impactar negativamente la producción de inflorescencias en los años que siguen la primera estación reproductiva tras la quema (e.g. *C. elegantula* y *S. nitens*), además del crecimiento y supervivencia de individuos en edad reproductiva (e.g. *C. elegantula*). Sin embargo, la mortalidad y la reducción del crecimiento puede ser minorado por la recolección de ramas antes que se produzcan las semillas, como observado en *C. elegantula*. Fuegos frecuentes conllevan al declinio poblacional por agotar en banco de semillas, mortalidad (principalmente de plântulas) y muerte precoz en especies monocárpicas. Sin embargo, la exclusión de los incendios por largos períodos puede llevar las poblaciones al envejecimiento y declinio debido a la reducción del recrutamento y muerte de los individuos a través del aumento de la vegetación competidora. Consideraciones sobre el manejo de las especies de Eriocaulaceae se hacen, considerando diferencias en sus historias de vida.

Palabras clave: cerrado; demografía; fuegos; historia de vida; siempre vivas.

A família Eriocaulaceae

Eriocaulaceae engloba cerca de 1200 espécies distribuídas principalmente nos trópicos, com maior número nas montanhas da América do Sul (Giulietti & Hensold 1990, Giulietti *et al.* 2005). No Brasil, essas plantas são comuns no Cerrado, principalmente nos campos rupestres, que ocorrem nesse bioma em altitudes acima de 900 m. Das 548 espécies brasileiras, 380 ocorrem nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (estados de Minas Gerais e Bahia), onde Eriocaulaceae é uma das famílias com maior número de espécies (Giulietti *et al.* 1987, Giulietti *et al.* 2005). Cerca de 96% das eriocauláceas são endêmicas, muitas delas encontradas apenas em uma única localidade ou alto de serra (Costa *et al.* 2008). Em consequência desta distribuição restrita, 13,6% das espécies brasileiras são consideradas raras (Giulietti *et al.* 2009).

Sob a denominação de ‘sempre-vivas’ estão espécies de plantas dos campos e cerrados pertencentes às famílias Cyperaceae, Eriocaulaceae, Poaceae, Rapateaceae e Xyridaceae, cujas inflorescências permanecem inalteradas em sua forma e coloração após serem colhidas e secas (Instituto Terra Brasilis 1999, Scatena *et al.* 2004, Parra *et al.* 2010). Embora todas as espécies

com as características descritas acima sejam consideradas sempre-vivas, apenas algumas são de interesse comercial, sendo as Eriocauláceas, principalmente do gênero *Comanthera*, as sempre-vivas mais visadas pelo mercado nacional e internacional de plantas ornamentais secas (Parra *et al.* 2010). Seus escapos e capítulos são usados na decoração de ambientes, confecção de objetos de uso doméstico e coroas funerárias (obs. pess.). Atualmente, *Syngonanthus nitens*, conhecida como capim-dourado, tem sido muito visada pelo mercado. Essa espécie possui escapos florais dourados e maleáveis, utilizados na confecção de *souplats*, chapéus, bolsas e bijuterias (Schmidt *et al.* 2007, neste número). Recentemente constatou-se o uso das partes vegetativas de espécies do gênero *Leiothrix*, que produzem brotamentos nos capítulos e formam emaranhados devido ao crescimento exuberante dos escapos florais. Tais brotamentos são utilizados para decorar ambientes e a biomassa de escapos é utilizada para preenchimento de coroas funerárias (obs. pess.).

As queimadas no Cerrado

A biota do Cerrado não apenas evoluiu na presença de queimadas naturais e antropogênicas, recorrentes ou esporádicas, como depende delas para manter seus processos ecológicos em diversos níveis (Hardesty *et al.* 2005, Pivello 2011). O fogo é indicado como o principal responsável pela diversificação das espécies vegetais endêmicas do Cerrado, tendo suas linhagens se originado *in situ*, através da seleção de caracteres que lhes conferiam vantagens adaptativas frente às queimadas, e não pela dispersão de linhagens já adaptadas ao fogo (Simon *et al.* 2009). As espécies endêmicas começaram a surgir há cerca de 10 milhões de anos, a maioria há até 4 milhões de anos - período que coincide com a expansão das savanas e gramíneas C4 em todo o mundo (Simon *et al.* 2009). Essas formam uma cobertura de baixa umidade, aerada e altamente inflamável. A dominância de gramíneas, principalmente nas formações campestres, resulta no rápido acúmulo de biomassa e na alta razão entre biomassa morta/viva. Estas, somadas à ocorrência de uma estação seca prolongada, aumentam as chances de deflagração de queimadas (Kauffman *et al.* 1994).

Registros fósseis de pólen e carvão indicam que incêndios foram comuns no Cerrado antes da chegada do homem à América do Sul, há cerca de 12.000 anos, e foram intensificados no período pré-colonial, devido às práticas de manejo agro-florestal utilizadas pelos indígenas. Com a redução da densidade de suas populações após a chegada dos Europeus, a incidência de queimadas foi reduzida, mas parece estar aumentando desde 1750 (veja Pivello 2011). A partir do final da década de 1950, com a criação da atual capital brasileira, Brasília, a região do Cerrado entrou num intenso processo de desenvolvimento econômico e conversão de habitats e, a partir da década de 1980, entrou definitivamente para o cenário do *agro-business* com a produção de carne bovina para exportação e o cultivo de lavouras de algodão, pastagens e soja (Pivello 2006).

Nas savanas úmidas, a frequência estimada de ocorrência natural de incêndios é de um a cada 3 ou 5 anos (Bond & van Wilgen 1996 citado em Miranda 2002, Frost & Robertson 1987). Ramos-Neto & Pivello (2000) observaram que, num período de 4 anos, 53,4% do Parque Nacional das Emas (cuja área total é de 132,133 ha) não queimou, 38,1% queimou uma vez, 8,4% duas vezes e apenas 0,1% três vezes, sendo que 98% dos incêndios foram deflagrados naturalmente. No Cerrado, raios no início da estação chuvosa são a principal fonte de ignição, mas as queimadas por eles produzidas são muitas vezes controladas rapidamente pelas chuvas e por isso atingem pequenas extensões (Ramos-Neto & Pivello 2000). Atualmente, entretanto, a maioria das queimadas no Cerrado tem origem antrópica, sendo o fogo atado acidentalmente, criminosamente ou para promover a renovação dos pastos, eliminar a vegetação nativa para o plantio de lavouras ou queimar resíduos de cultivares (Pivello 2011). As queimadas ocorrem geralmente no auge da estação seca, quando a biomassa vegetal e o ar estão extremamente secos, os ventos são fortes e as chuvas ausentes (Menezes & Giuliatti 2000, Ramos-Neto & Pivello 2000, Miranda 2002).

Em algumas regiões, queimadas realizadas por agricultores e pecuaristas correspondem aproximadamente à frequência estimada de queimadas por causas naturais no Cerrado. No

Distrito Federal, por exemplo, a maioria dos proprietários de terras realiza queimadas anualmente, com rotação de áreas, e outros o fazem em intervalos de 2-4 anos (Mistry 1998). Na Serra do Roncador (MT), em áreas de ocupação Xavante, o intervalo mínimo de queima era de 3-5 anos (Eiten 1972). Entretanto, algumas áreas do Cerrado vêm sendo muito freqüentemente queimadas. Nas regiões onde há exploração de sempre-vivas, por exemplo, os campos são queimados após as primeiras chuvas (final de setembro a outubro), para estimular a floração em massa. Segundo Schmidt *et al.* (2007), no Jalapão (Tocantins), onde o fogo é usado para manejar populações de capim-dourado e para renovar pastagens, é raro encontrar áreas que não foram queimadas há mais de 3 anos. Nos campos rupestres da Serra do Cipó, porção sul da cadeia do Espinhaço, as taxas de acúmulo de biomassa podem sustentar queimadas a cada dois anos (Miranda 2002). Atualmente, a facilidade de deflagração de incêndios antrópicos no Cerrado é grande devido à crescente população humana (o número de habitantes aumentou mais de 10 vezes em 50 anos, chegando a 18 milhões em 2000), à grande área sob influência antrópica (55% da sua extensão original), à malha viária, que possibilita o acesso a regiões ermas, e à ampla difusão de fontes de ignição portáteis (Klink & Moreira 2002, Machado *et al.* 2004). Assim, é provável que os campos e cerrados venham sendo queimados com uma freqüência superior à natural, e o fator limitante à sua ocorrência não seria mais a ignição, mas o acúmulo de biomassa (Miranda 2002).

Já nas unidades de conservação (UCs), a situação oposta é observada. As queimadas são vistas como uma ameaça a ser combatida intensivamente, ainda que essa medida careça de fundamentação científica. Conseqüentemente, mesmo as queimadas naturais, que há milhares de anos são responsáveis pela ciclagem de nutrientes, estímulo à reprodução, rebrota e estruturação das comunidades biológicas, são eliminadas. Além disso, o acúmulo de biomassa faz com que o risco de incêndios devastadores seja aumentado (Ramos-Neto & Pivello 2000). A única exceção é dada pelo Parque Nacional das Emas, que desde 1995 permite que incêndios de origem natural se propaguem sob o controle de uma malha de 314 km de asseiros ao redor e dentro da UC, impedindo que o fogo se alastre para áreas maiores (Ramos-Neto & Pivello 2000). Uma apreciação do impacto da exclusão do fogo nesse ecossistema pode ser feita através da constatação de que, num período de apenas 4 anos, 40 incêndios de origem natural foram deflagrados (Ramos-Neto & Pivello 2000). O Parque Nacional das Emas, com sua elevada freqüência de queimadas naturais, representa uma situação peculiar no Cerrado, que deve ocorrer apenas em algumas áreas desse bioma com mais de 2 milhões de km². Entretanto, seu caso ilustra a importância de realizarem-se estudos científicos para embasar a tomada de decisões acerca do manejo do fogo de acordo as peculiaridades de cada região.

Declínio das populações de eriocauláceas

Nos últimos 40 anos, há indícios de que populações de sempre-vivas endêmicas declinaram e de que a área de distribuição de várias espécies diminuiu (Saturnino *et al.* 1977, Giuliatti *et al.* 1988, Instituto Terra Brasilis 1999). Em 2000, entre as várias espécies adicionadas à *Lista Oficial de Espécies Ameaçadas do Estado de Minas Gerais*, havia um número expressivo de Eriocaulaceae, uma das famílias mais ameaçadas dos campos rupestres. Naquela época, 16 eriocauláceas foram consideradas provavelmente extintas. Das 15 espécies que tiveram seu status definido como 'criticamente em perigo', todas tiveram a coleta predatória relacionada como uma das causas ou o único motivo da sua ameaça. Cerca de dez anos depois, apenas nove espécies foram consideradas extintas, mas 54 foram enquadradas em algum nível de ameaça (Fundação Biodiversitas 2007). Na Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção, publicada em 2008, 14 espécies de eriocauláceas se enquadravam em alguma categoria de ameaça e esta foi considerada a sétima família mais ameaçada de extinção.

Duas causas são relacionadas ao declínio das populações de sempre-vivas: a sobre-coleta e a queima indiscriminada (Saturnino *et al.* 1977, Giuliatti *et al.* 1988). A primeira refere-se à coleta de grandes quantidades de escapos e capítulos antes mesmo que as sementes sejam dispersadas,

o que comprometeria o recrutamento, a dispersão e mataria indivíduos adultos por desenraizá-los ao terem os escapos florais arrancados (Instituto Terra Brasilis 1999). A segunda causa refere-se à queima dos campos, empregada no manejo extrativista para estimular a floração. Oitenta e cinco por cento dos coletores de sempre-vivas do município de Diamantina (Minas Gerais) afirmaram que utilizam o fogo com esse propósito (Instituto Terra Brasilis 1999). Os coletores de capim-dourado de Jalapão acreditam que um maior número de escapos é produzido quando a queima é feita em anos intercalados (Schmidt *et al.* 2007, neste número).

Entretanto, a coleta de sempre-vivas diminuiu progressivamente entre o seu auge, no final da década de 1970, até 1997, como mostram os valores relativos à exportação de 'flores secas para ornamentação', já que o principal destino da produção nesse período era o mercado exterior (Estados Unidos, Itália, Países Baixos, Alemanha e outros, Instituto Terra Brasilis 1999). Porém, a redução do volume exportado foi acompanhada pelo aumento do valor do produto, indicando que a redução no comércio não se deu pela diminuição da procura, mas sim da oferta (veja Instituto Terra Brasilis 1999). Se por um lado isso aponta para o declínio das populações nativas, por outro, com a contínua redução do comércio, a coleta de sempre-vivas atualmente deve representar uma fração do que foi nas últimas décadas. Assim, a pressão da sobre-coleta e das queimadas visando o manejo dessas plantas teriam diminuído, podendo ser a queima dos campos e cerrados para a renovação de pastagens para o gado bovino – que em muitos locais ocorre em todos os anos – uma ameaça mais relevante atualmente. A exceção é dada pelo capim dourado, cuja exploração vem crescendo desde o final da década de 1990 com o aumento do turismo e a propaganda do governo sobre o artesanato típico de Tocantins feito com escapos florais (Schmidt *et al.* 2007).

Pesquisadores e conservacionistas assumem que queimadas ameaçam as Eriocauláceas (Saturnino *et al.* 1977, Giulietti *et al.* 1988, Menezes & Giulietti 2000, Costa *et al.* 2008), ainda que estudos experimentais apontem para um cenário diferente, tanto no Cerrado (Figueira 1998, Bedê 2006, Figueiredo 2007, Neves, resultados não publicados), quanto em outro bioma (Watson *et al.* 1994). A idéia de que todo fogo é ruim e destrói a biodiversidade, mesmo quando ocorre em ambientes que evoluíram na presença do fogo, está presente em todo o mundo. Nos Estados Unidos essa crença surgiu em consequência dos grandes incêndios que assolaram o oeste do país no final do século XIX/início do século XX e culminaram com a adoção de uma política de total exclusão do fogo. Essa mentalidade foi divulgada, por exemplo, através do personagem Bambi de Walt Disney e do ícone Smokey Bear do U. S. Forest Service, que alcançaram enorme popularidade e contribuíram para a formação de opinião em vários países (Dellasala *et al.* 2004, Dombeck *et al.* 2004). Essa visão está presente também no Brasil, mesmo entre pesquisadores que atuam no Cerrado.

Ao rever a literatura científica sobre aspectos da história de vida de eriocauláceas e estudos experimentais sobre os efeitos do fogo em sete espécies, destacamos seus efeitos sobre a polinização, investimento reprodutivo, germinação/recrutamento, mortalidade e morfologia. Detalhes sobre os estudos e espécies abordados nessa revisão podem ser vistos na Tabela 1. O objetivo último é o de fornecer subsídios para a conservação e manejo adequados das espécies de eriocauláceas do Cerrado.

Influência do fogo sobre a biologia de Eriocaulaceae

As eriocauláceas ocorrem majoritariamente em formações campestres que, dentre as fitofisionomias do Cerrado, têm maior inflamabilidade e são sujeitas aos efeitos mais extremos das queimadas, já que cerca de 91-94% da sua biomassa epigéia é de gramíneas, em comparação com 27% em campos cerrados e cerrados *sensu stricto* (Kauffman *et al.* 1994). Geralmente a queima é rápida, mas a linha de fogo tem grande intensidade e elevado percentual de combustão, consumindo quase a totalidade da biomassa epigéia campestre e causando maiores perdas de nutrientes com baixas temperaturas de volatilização (nitrogênio e carbono) e enxofre do que em qualquer outra fitofisionomia savânica (Kauffman *et al.* 1994, figura 1a).

Tabela 1 – Estudos experimentais sobre os efeitos do fogo em populações de Eriocaulaceae utilizados nesta revisão.

Table 1 – Experimental studies on the effects of fire in Eriocaulaceae populations used in this revision.

Espécie	História de vida e habitat	Estudo
<i>Actinocephalus polyanthus</i>	Monocárpica. Rosetas caulescentes com até 90 cm de altura. Ocorre no sul e sudeste do Brasil, em campos, cerrados e restingas.	Figueira (1998) estudou os efeitos do fogo na reprodução e demografia em populações queimadas e não queimadas em campos rupestres na Serra do Cipó, MG. Aproveitaram-se queimadas que ocorreram na região, de origem natural ou antrópica.
<i>Comanthera elegantula</i>	Policárpica. Rosetas basais com ~ 3 cm de altura, geralmente isoladas, eventualmente conectadas por rizomas. Ocorre na Cadeia do Espinhaço (MG), Serra do Cabral e algumas serras mais ao sul, em campos rupestres e regiões de transição entre cerrado e campos rupestres.	Bedê (2006) estudou os efeitos na demografia e alometria, em oito combinações de tratamentos envolvendo queima, coleta de capítulos, ausência de queima e ausência de coleta, durante dois anos, no planalto de Diamantina, MG. O fogo foi ateado em parcelas experimentais no final de setembro/início de outubro.
<i>Leiothrix crassifolia</i>	Policárpica. Rosetas basais de ~ 3-6 cm de diâmetro, muitas vezes conectadas a outras por rizomas. Ocorre nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (MG).	Neves (dados não publicados) investigou os efeitos do fogo na produção de escapos florais e capítulos nas três espécies, em áreas adjacentes queimadas e não queimadas. A queima foi feita em agosto.
<i>Leiothrix curvifolia</i>	Policárpica. Rosetas basais de ~ 3 cm de diâmetro, geralmente conectadas por rizomas. Ocorre na Cadeia do Espinhaço (MG), de Ouro Preto a Diamantina.	
<i>Leiothrix spiralis</i>	Policárpica. Rosetas basais de ~ 3-6 cm de diâmetro, podendo formar touceiras de rametes conectados por rizomas. Ocorre na Serra do Cipó, MG (sul da Cadeia do Espinhaço).	
<i>Leiothrix arrecta</i>	Policárpica. Rosetas basais de ~1-3 cm de diâmetro. Forma clones com centenas de rametes que brotam nos capítulos. Ocorre nas serras de Minas Gerais, de Datas à Serra do Caraça.	Neves (dados não publicados) investigou os efeitos do fogo na demografia de populações com intervalos entre queimas de: >10 anos, ~1 ano, ~2,5 anos e ~1+ 2,5 anos.
<i>Syngonanthus nitens</i>	Policárpica. Rosetas basais com ~ 4 cm de diâmetro, podendo formar clones conectados pro rizomas. Ocorre em campos com umidade média a alta no bioma Cerrado.	Figueiredo (2007) estudou os efeitos do corte da vegetação herbácea, ausência de queima e queima em intervalos de 2 e 3 anos, sobre a demografia e reprodução em campos úmidos no Jalapão, TO. O fogo foi ateado em setembro.



Figura 1 – A) Queimada experimental em uma área de campo-rupestre (Cerrado) feita com o apoio da brigada contra incêndios do Parque Nacional da Serra do Cipó, para investigar os efeitos do fogo em populações de Eriocaulaceae. B) População de *Comanthera elegantula* (Eriocaulaceae) há cerca de 5 anos sem queimar. C) Touceira queimada de *Comanthera elegantula*. D) Espécies de Eriocaulaceae respondem de formas diferentes ao fogo. Toda a área fotografada era coberta por uma população de *Leiothrix arrecta*, que foi parcialmente eliminada pelo fogo, restando apenas o aglomerado à direita, onde podem-se ver escapos, capítulos e rosetas suspensas entremeadas a gramíneas. As rosetas de *Leiothrix spiralis* (à esquerda) resistiram à passagem do fogo, mantendo a área central das rosetas verdes.

Figure 1 – A) Experimental burning in an rupestrian grassland (Cerrado) area set with support of the fire brigade of the National Park of Serra do Cipó to investigate the effects of fire on populations of Eriocaulaceae. B) A population of *Comanthera elegantula* (Eriocaulaceae) not burned for more than 5 years. C) A burned clump of *Comanthera elegantula*. D) Eriocaulaceae species respond differently to fire. The photographed area was completely covered by a population of *Leiothrix arrecta*, which was partially eliminated by fire, leaving only the cluster at right with scapes, flower-heads and suspended rosettes intertwined with grasses. *Leiothrix spiralis* rosettes (left) resisted to fire. Note green leaves in the middle of rosettes.



Adaptações ao fogo, história de vida e demografia de eriocauláceas

Polinização

Embora não se tenha registro da influência direta do fogo sobre a polinização de eriocauláceas, seus efeitos indiretos, por meio da morte que ocasionam aos polinizadores, devem ser considerados.

Rosa & Scatena (2007) demonstraram que as eriocauláceas da sub-família Paepalanthoideae, que inclui oito dos dez gêneros de Eriocaulaceae, têm pistilódios nectaríferos nas flores estaminadas e apêndices nectaríferos entremeados com os estigmas nas flores pistiladas. Estas estruturas estariam relacionadas à atração de polinizadores, o que foi confirmado em observações de campo (Ramos *et al.* 2005, Bedê 2006, Oriani *et al.* 2009, Neves, resultados não publicados). Na sub-família Eriocauloideae, as flores pistiladas não apresentam apêndices nectaríferos, mas, em ambos os sexos, as pétalas possuem glândulas secretoras de néctar (Rosa & Scatena 2003). *Eriocaulon parkeri* é a única espécie desse grupo cujo sistema reprodutivo foi estudado e apresenta a auto-polinização como principal forma de reprodução (Sawyer *et al.* 2005). Entretanto, não é possível fazer extrapolações para a sub-família a partir deste único estudo, já que a espécie habita estuários na costa leste dos Estados Unidos e teve as inflorescências freqüentemente submersas e recobertas por uma camada de perífiton, o que reduziu o acesso dos polinizadores às flores (Sawyer *et al.* 2005).

As espécies do Cerrado estudadas até o momento, todas pertencentes a Paepalanthoideae (*Comanthera mucugensis*, *Comanthera curralensis*, *Comanthera elegantula* e *Syngonanthus elegans*) são polinizadas por pequenos insetos generalistas de Diptera, Hymenoptera e Coleoptera, residentes nas adjacências das flores e incapazes de realizar longos deslocamentos (Ramos *et al.* 2005, Bedê 2006, Oriani *et al.* 2009). É possível que durante grandes incêndios tais insetos sejam eliminados e a recolonização após as queimadas seja lenta, o que poderia levar à diminuição da formação de sementes durante os meses seguintes. Para a melhor compreensão dos efeitos do fogo na polinização de Eriocaulaceae seria interessante comparar a riqueza e densidade de polinizadores, assim como a formação de sementes, em áreas naturais antes e após a queima. Os estudos deveriam ser preferencialmente realizados em áreas que tiveram grandes extensões queimadas, e não apenas em pequenas parcelas queimadas experimentalmente, onde a recolonização a partir de áreas vizinhas pode ser rápida.

Investimento reprodutivo

O fogo pode afetar a reprodução sexuada e vegetativa devido às alterações que provoca sobre a estrutura e densidade da vegetação, características do solo e fluxos de energia, nutrientes e água (Frost & Robertson 1987). Além disso, pode afetar as demandas conflitantes (*trade offs*) a que estão sujeitas as plantas, quanto à energia a ser investida em crescimento, sobrevivência e reprodução (Stearns 1989, Ohara *et al.* 2001, Obeso 2002).

Actinocephalus polyanthus é uma das eriocauláceas de maior porte, com rosetas caulescentes de até 90 cm de altura (Figueira 1998), que possibilitam sua ocorrência em campos com vegetação alta. Após a queima, o meristema apical dessa espécie monocárpica se diferencia em uma inflorescência e em seguida o indivíduo morre, um exemplo paradigmático de demanda conflitante provocado pela ação do fogo. Segundo Figueira (1998), a taxa de floração na ausência de queimadas estimada para uma população com muitos adultos é de 2%. Após a ocorrência do fogo, 100% dos adultos florescem. Isso significa que, na ausência do fogo, 98% dos indivíduos podem morrer sem sequer ter reproduzido durante seu período de vida, que pode durar até cerca de 30 anos. Por outro lado, regimes de fogo freqüentes têm efeitos negativos por estimular a reprodução e morte de indivíduos jovens, que produzem cerca de 25 vezes menos sementes que os mais velhos. Num período de 23 anos (1984-2007), a Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira (APA Morro da Pedreira), onde Figueira (1998) realizou sua pesquisa, não teve nenhuma área queimada mais que 10 vezes, 22,8% queimou entre 2 e 9 vezes, 25,7% queimou uma vez

e 51,5% da APA não queimou (França & Ribeiro 2008). Ainda que esses valores resultem da ocorrência de incêndios de origem natural e antrópica, e da política de combate ao fogo na UC, eles mostram que a paisagem é um mosaico onde algumas áreas devem queimar com frequência superior a 30 anos, poucas queimam em períodos menores que 4 anos (~1%) e a maioria queima com frequência intermediária.

Em espécies policárpicas o fogo também pode promover o aumento do investimento reprodutivo. Em um estudo experimental, parcelas de *Comanthera elegantula* produziram 14,3% mais inflorescências sob queimada bianual do que nas parcelas controle, onde não incidia queima nem coleta há pelo menos 5 anos (Bedê 2006, figuras 1b,c). Em populações de *S. nitens* sujeitas à queima houve um aumento do número de indivíduos reprodutivos e de sementes por capítulo na estação reprodutiva seguinte à aplicação do tratamento, sendo esse aumento maior em parcelas queimadas em intervalos de dois, três e quatro anos, em ordem decrescente. Porém, o número de indivíduos produzindo capítulos nos anos subseqüentes se comportou de forma inversa, ou seja, foi menor nas populações sujeitas a tratamentos que resultaram em maior investimento reprodutivo após a queima (Figueiredo 2007). Também foram observados indícios da ocorrência de demanda conflitante em *C. elegantula*, devido ao aumento do esforço reprodutivo. O crescimento das touceiras (relacionado ao aumento do número de rametes) foi reduzido em 43% e 21-53% no primeiro e segundo anos após a queima. A redução do crescimento foi menor (~10%) nos tratamentos em que houve coleta de capítulos na floração seguinte à queima, antes que sementes fossem produzidas. Neste caso, a coleta subseqüente ao fogo pode contribuir para equilibrar as demandas energéticas relacionadas ao crescimento vegetativo e a produção de inflorescências (Bedê 2006). Por isso a coleta de inflorescências e queima ao longo de dois anos foi a modalidade de manejo que se mostrou mais eficiente, provocando um incremento de 304% na produção de capítulos (Bedê 2006). Esse autor não encontrou diferenças na relação entre altura e peso das inflorescências decorrente dos tratamentos de queima, assim como no seu peso médio.

A.C.O. Neves (resultados não publicados) observou variação nas respostas de três espécies de *Leiothrix* relativas à produção de escapos florais e capítulos, em áreas queimadas e não queimadas. *Leiothrix crassifolia* produziu maior número de inflorescências na área queimada, embora essas tivessem escapos com menor comprimento e capítulos com tamanhos semelhantes aos da área não queimada. Já *Leiothrix curvifolia* produziu escapos florais mais longos em área queimada, mas na mesma quantidade e com capítulos do mesmo tamanho que na área não queimada. *Leiothrix spiralis* não apresentou diferenças entre tratamentos com relação à produção de escapos e capítulos.

O corte da cobertura vegetal rente ao solo produziu os mesmos efeitos que a queima em *S. nitens*, porém em menor intensidade, indicando que a ação do fogo vai além da eliminação de competidores (Figueiredo 2007).

Germinação e recrutamento

Quase todas as informações sobre a influência do fogo no recrutamento de eriocauláceas referem-se a seus efeitos ecológicos facilitadores devido à eliminação da cobertura vegetal competitiva (Bedê 2006, A.C.O. Neves, resultados não publicados). É sabido que em outras espécies esses efeitos podem ser devidos, ainda, à promoção de alterações na temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes, intensidade e espectro de luz ao nível do solo, além do fogo eliminar barreiras para dispersão e destruir inibidores de germinação presentes no solo (Roy & Sonié 1992, Hawkes & Menges 1995).

Após a floração e morte de *A. polyanthus*, surgem sob os indivíduos parentais centenas de plântulas originadas dos capítulos da própria planta-mãe, cujos frutos não têm mecanismos de dispersão (Figueira 1998). O recrutamento é provavelmente favorecido pela eliminação da densa camada de gramíneas competidoras, e se relaciona à manutenção da prole em locais adequados à germinação e crescimento (Figueira 1998).

Embora seja policárpica, *Leiothrix arrecta* se comporta de forma semelhante a *A. polyanthus* com relação à germinação. *Leiothrix arrecta* forma touceiras densas em consequência do crescimento dos escapos florais e produção de várias gerações de rametes suspensos, que se formam a partir de células meristemáticas nos capítulos (Monteiro-Scanavaca *et al.* 1976). Ao contrário de *A. polyanthus*, que forma rosetas altas e robustas, os rametes de *L. arrecta* têm de um a três centímetros de diâmetro, mas estes se apóiam na vegetação competitiva à medida que se multiplicam. Isso possibilita sua ocorrência em locais onde a cobertura vegetal é mais densa que onde suas congêneres ocorrem, ao custo de não haver locais propícios para a germinação (Coelho *et al.* 2007, 2008). Quando maior a densidade demográfica, maior é o acúmulo de biomassa seca e altamente inflamável e maior é o percentual de queima. Em populações muito densas, o fogo elimina todos os indivíduos (figura 1d), mas estes são substituídos por plântulas que germinam abundantemente nos meses seguintes (A.C.O. Neves, resultados não publicados). A germinação foi maior em uma área queimada após um intervalo de mais de dez anos, seguida por áreas que queimaram após intervalos de cerca de dois anos e meio e um ano sem queima. O menor número de recrutas foi observado numa área que queimou nestes dois períodos (há aproximadamente dois anos e meio e há um ano). Esses resultados indicam que queimadas repetidas podem exaurir o banco de sementes que, na população estudada, estimamos que leve aproximadamente sete anos para ser recomposto após um evento de germinação em massa (Neves, resultados não publicados). Queimadas recorrentes em curtos intervalos de tempo podem extinguir as populações, pela eliminação de indivíduos reprodutivos e exaustão do estoque de sementes. Embora a frequência de ocorrência natural de queimadas na área onde esse estudo foi desenvolvido seja desconhecida (APA Morro da Pedreira), apenas 12% da UC queimou com frequência superior a 7 anos nas últimas duas décadas (França & Ribeiro 2007).

Bedê (2006) também observou que a queima estimula a germinação de *C. elegantula*. Entretanto, sob queimadas frequentes ocorre a redução da produção de capítulos ao longo dos anos, já que a intensidade do esforço reprodutivo num dado momento é função inversa do valor reprodutivo residual, alcançado ao longo do período de vida restante do indivíduo (Williams 1966). Além disso, com o estímulo ao recrutamento pela eliminação da vegetação competitiva, poderia haver exaustão do banco de sementes. Como as queimadas eliminam plântulas e reduzem suas chances de transição para outras classes de tamanho (Bedê 2006), após repetidos eventos de germinação e morte de plântulas, as populações tenderiam a envelhecer e declinar. Efeito oposto foi observado em *S. nitens*, pois houve redução no recrutamento por sementes em áreas queimadas em intervalos de dois e três anos em uma das populações estudadas, em relação ao tratamento controle (Figueiredo 2007). Por outro lado, em duas das três populações estudadas o brotamento de rametes a partir de rizomas foi menor no tratamento com intervalo de queima de três anos, com relação ao controle e queima com intervalo de dois anos (Figueiredo 2007).

Pouco se sabe sobre a influência do fogo na fisiologia das sementes de eriocauláceas. Estudos realizados em espécies de *Comanthera* e *Syngonanthus* mostraram que estas independem do fogo para germinar, pois apresentaram germinação elevada (61 a 98%) em tratamentos com água, luz e temperaturas entre 15 e 35°C (Garcia & Oliveira 2007, Schmidt *et al.* 2008). Tampouco se sabe se, para estas espécies, o fogo é prejudicial.

As sementes de eriocauláceas são diminutas, variando de 0,36 mm de comprimento e 0,21 mm de largura em *C. elegantula* a 0,87 mm e 0,32 mm em *S. elegans* (Garcia & Oliveira 2007, Schmidt *et al.* 2008). É possível que sejam revolvidas junto com o solo superficial por enxurradas, sendo esporadicamente enterradas e desenterradas. As espécies estudadas até o momento são primariamente fotoblásticas positivas (*C. elegantula*, *C. elegans*, *L. crassifolia*, *L. spiralis*, *S. venustus* e *S. nitens*). Apenas *C. elegans* e *S. venustus* apresentaram germinação no escuro de 11,5% e 21%, respectivamente (Garcia & Oliveira 2007, Schmidt *et al.* 2008, Neves, resultados não publicados). Esses fatores contribuiriam para a formação de bancos de sementes persistentes, como foi observado para *C. elegantula*, *C. elegans* e *S. venustus* (Garcia & Oliveira 2007). Nessas espécies, a germinação após as sementes serem enterradas por 2 anos, variou de 10% a 40% do

potencial de germinação observado imediatamente após a coleta (Garcia & Oliveira 2007). Não é possível determinar se o fogo estimula a germinação das sementes, se estas são expostas a altas temperaturas ou se resistem à passagem do fogo enterradas e isoladas termicamente pelo solo, ou se os recrutas são originados de sementes produzidas após a queima (Valette *et al.* 1994).

Mortalidade

Em *A. polyanthus*, uma espécie monocárpica, os juvenis toleram o fogo sem se reproduzir, mas a totalidade de indivíduos maiores floresce e morre (Figueira 1998). Embora *L. arrecta* seja policárpica, essa espécie apresenta uma resposta demográfica ao fogo parecida com *A. polyanthus*. Suas populações são formadas por poucas coortes, e quanto mais antigas, maiores são os indivíduos, que podem sustentar mais de 200 rametes entrelaçados entre si e com a vegetação herbácea. Como a mortalidade causada pelo fogo é maior em populações com biomassa elevada, os indivíduos maiores são mais propensos à queima e à morte (Neves, resultados não publicados, figura 1d).

Na maioria das espécies de eriocauláceas, entretanto, a mortalidade deve ser maior entre os indivíduos pertencentes às menores classes de tamanho, devido à sua menor proporção superfície/volume, à ausência de órgãos subterrâneos que possibilitam a rebrota e à ausência de rosetas circundantes originadas por brotamentos de rizomas, que podem prover alguma proteção (Bedê 2006). Em *C. elegantula*, a mortalidade de rosetas observada após a queima foi de 42% da população. Entre as rosetas menores, a mortalidade pós-fogo foi 710% maior que na ausência de queima, e entre rosetas isoladas, foi 100% maior que em rosetas situadas em touceiras (Bedê 2006). A mortalidade é tanto maior quanto mais freqüentes são os episódios de queima, e como as plântulas são desproporcionalmente eliminadas, as populações envelhecem e declinam (Bedê 2006).

Morfologia

Warming (1973) foi quem primeiro chamou a atenção para a presença de órgãos subterrâneos em plantas do Cerrado, relacionando-os aos episódios freqüentes de queimadas que acometem esta vegetação. Os rizomas armazenam recursos nutritivos, protegem os meristemas contra a ação de queimadas, herbívoros, congelamento, seca e danos mecânicos (Smith 1913, Chapman & Crow 1981, Grace 1993). Segundo estes autores, uma estratégia adaptativa para sobreviver ao fogo deve incluir fatores como tendência à rebrota, profundidade dos meristemas e tendência para a germinação de sementes enterradas.

Em Eriocaulaceae, diferentes tipos de caule ocorrem dispersos entre os gêneros e subfamílias, incluindo várias espécies com rizomas bem desenvolvidos (Giulietti 1984, Lazzari 2000, Scatena *et al.* 2005) e com meristemas protegidos sob o solo, que podem contribuir para a rebrota pós-fogo. A fraca correlação entre as características anatômicas dos caules e grupos taxonômicos de eriocauláceas indica que estão sob forte pressão seletiva de fatores ambientais (Scatena *et al.* 2005). Um desses fatores é provavelmente o fogo.

Síntese

Não foi possível fazer uma análise quantitativa geral dos efeitos do fogo em Eriocaulaceae devido ao pequeno número de estudos experimentais existentes, ao fato destes investigarem questões distintas, com abordagens diversas, e de envolverem queimadas em épocas diferentes. Apesar disso e da complexidade das interações entre as variáveis de influência (e.g. filogenia, regimes de fogo, fisiografia), alguns padrões podem ser notados (Tabela 2).

O fogo provocou o aumento do número de indivíduos reprodutivos nas três espécies estudadas (*A. polyanthus*, *C. elegantula* e *S. nitens*), do número de inflorescências por indivíduo em metade das espécies estudadas (*C. elegantula* e *L. crassifolia*) e de sementes por capítulo na

única espécie estudada (*S. nitens*). O fogo estimulou ainda o recrutamento por plântulas, devido à eliminação da vegetação competidora em três das quatro espécies estudadas (*A. polyanthus*, *C. elegantula* e *L. arrecta*), exceto em *S. nitens*. Porém, o recrutamento por brotamentos nessa espécie aumentou em áreas queimadas.

Tabela 2 – Efeitos da queima em populações de espécies de Eriocaulaceae com ocorrência no Cerrado.

Table 2 – Effects of fire in populations of Eriocaulaceae species that occur in Cerrado.

Espécie	Estação reprodutiva após a queima						Anos subsequentes	
	Número de indivíduos reprodutivos	Número de capítulos	Diâmetro dos capítulos	Tamanho dos escapos florais	Recrutamento	Mortalidade	Crescimento	Investimento reprodutivo
<i>Actinocephalus polyanthus</i>	Aumenta	-	-	-	Aumenta	Aumenta	-	-
<i>Comanthera elegantula</i>	Aumenta	Aumenta	-	Peso médio e relação altura x peso não variam	Aumenta	Aumenta	Diminui	Diminui*
<i>Leiothrix crassifolia</i>	-	Aumenta	Não varia	Comprimento diminui	-	-	-	-
<i>Leiothrix curvifolia</i>	-	Não varia	Não varia	Comprimento aumenta	-	-	-	-
<i>Leiothrix spiralis</i>	-	Não varia	Não varia	Comprimento não varia	-	-	-	-
<i>Leiothrix arrecta</i>	-	-	-	-	Aumenta	-	-	-
<i>Syngonanthus nitens</i>	Aumenta	-	Aumenta o número de sementes por capítulo	-	Diminui recrutamento por sementes, aumenta por brotamentos	-	-	Diminui**

* Referente a número de capítulos por touceira.

** Referente a número de indivíduos reprodutivos.

Se por um lado o fogo estimulou aspectos relacionados com a reprodução, por outro, queimadas recorrentes podem levar as populações ao declínio pela exaustão do banco de sementes, devido à contínua germinação e morte das plântulas pelo fogo, como foi observado em *C. elegantula* e *L. arrecta*. Além disso, na única espécie monocárpica estudada (*A. polyanthus*) a queima estimulou a reprodução de indivíduos jovens, que produzem menos capítulos e menos sementes que os indivíduos mais velhos, morrendo em seguida. Em espécies policárpicas o aumento do esforço reprodutivo impactou negativamente a produção de inflorescências nos anos seguintes à primeira estação reprodutiva após a queima (*C. elegantula* e *S. nitens*), além do crescimento e sobrevivência de indivíduos em idade reprodutiva (*C. elegantula*). Por outro lado, a exclusão do fogo por longos períodos possibilita que gramíneas e outras espécies competidoras se desenvolvam, comprometendo o recrutamento por plântulas (*A. polyanthus*, *C. elegantula* e *L. arrecta*) ou por brotamentos (*S. nitens*). Esse fator associado à diminuição do investimento reprodutivo, poderia levar as populações ao declínio.

Proposta de manejo do fogo visando à conservação de Eriocaulaceae

Eriocaulaceae é uma família botânica numerosa, com espécies que ocorrem em diversos tipos de habitat do Cerrado, nas quais o fogo pode ter efeitos diversos (figura 1d). Algumas devem experimentar baixas freqüências de queima natural, como espécies aquáticas ou de terrenos arenosos ou cascalhentos, com vegetação muito rala para sustentar incêndios. Outras devem queimar com freqüência superior, como as que ocorrem em formações campestres com vegetação

densa. O fogo parece ter um importante papel na manutenção das populações da maior parte das espécies aqui citadas. Isso contraria o senso comum de que todas as queimadas no Cerrado são prejudiciais para a biodiversidade, e que a queima por si só seria responsável pelo declínio das populações de eriocauláceas. Os resultados dessa revisão indicam que esse efeito pode ser esperado em áreas com elevada frequência de queimadas, mas a exclusão do fogo por longos períodos também pode ser prejudicial a essas plantas.

Planos de manejo para Eriocaulaceae devem incluir a aplicação de queimadas periódicas, contemplando a diversidade de histórias de vida encontradas na família. Uma estratégia mais conservadora seria simular a ocorrência natural de incêndios em sua área de ocorrência. Outra seria elaborar um planejamento baseado em estudos experimentais sobre os efeitos do fogo em populações de cada espécie ou grupos de espécies.

Para algumas das espécies aqui citadas, propostas de manejo podem ser sugeridas. Para *C. elegantula* e *S. nitens* a queima poderia ser aplicada em intervalos regulares a cada dois ou três anos (Bedê 2006, Figueiredo 2007). Para espécies que apresentam mortalidade em massa induzida pelo fogo, sejam elas policarpicas (*L. arrecta*) ou monocarpicas (*A. polyanthus*), o manejo deveria prever a queima de algumas áreas em intervalos mais longos, superiores a dez anos, e manter outras áreas livres do fogo por longos períodos (~30 anos). Deste modo populações com indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento poderiam ser mantidas (Figueira 1998). Essa frequência corresponde aproximadamente àquela observada na APA Morro da Pedreira (ainda que não represente a frequência natural de incêndios), onde os estudos sobre as duas espécies citadas foram feitos (França & Ribeiro 2008). A época da queima deve corresponder à dos incêndios naturais causados por raios, ou seja, ao final da estação seca, com a chegada das primeiras chuvas (geralmente entre setembro e novembro). Nesse período, devido à maior umidade, o aumento de temperatura provocado pelo fogo na vegetação e no solo é moderado, e as queimadas são mais facilmente controladas (Valette *et al.* 1994). Além disso, deve-se considerar o contexto social, econômico e cultural das populações que vivem em cada região e sua necessidade de explorar os recursos naturais, além do contexto ecológico em que as populações vegetais se encontram, para que outras espécies não sejam prejudicadas.

Para a manutenção da vegetação do Cerrado, autores sugerem intervalos de queima conforme a fitofisionomia. Eiten & Goodland (1979 citado em Mistry 1998) estimaram que a queima a cada 3 anos possibilita a manutenção do cerrado *sensu stricto*. Coutinho (2000) recomenda a aplicação de queimadas em intervalos de 3 a 4 anos. Sato (2003 citado em Figueiredo 2007) sugere a queima da vegetação a cada dois anos. Com relação aos campos sujos, Miranda (2002 citado em Figueiredo 2007) afirma que queimadas bianuais reduzem a diversidade de espécies, sendo que intervalos de quatro ou mais anos mantêm a diversidade igual à de áreas com 28 anos sem queimadas. De acordo com essa previsão, o manejo sugerido para *C. elegantula* e *S. nitens*, com queimadas a cada 2-3 anos poderia ser prejudicial para a comunidade vegetal como um todo. O mesmo não aconteceria com a comunidade sob o manejo sugerido para *A. polyanthus* e *L. arrecta*, com queimadas em mosaico a cada 7-30 anos.

A ocorrência de fogo é um fenômeno natural extremamente variável, de múltiplas causas e comportamentos, relativos à sua intensidade, duração, frequência e área atingida. Por isso, requer soluções ecológicas que considerem escalas espaciais e os contextos ecológico e social locais e regionais. Assim, cada tipo de vegetação está sujeito a diferentes regimes de fogo e deve ser manejado de forma específica (Dellasala *et al.* 2004, Bond & Keeley 2005). Como não é possível favorecer todos os grupos biológicos ao adotar-se uma estratégia de manejo de fogo, deve-se optar por conservar determinadas espécies raras, ameaçadas ou de interesse, considerando uma escala espacial restrita. Porém, em escalas mais abrangentes, deve-se adotar um mosaico de medidas de manejo que contemplem a totalidade ou a maior parte dos organismos e ecossistemas. Para isso, é necessário um planejamento consistente, que deve recorrer aos conhecimentos das populações tradicionais, mas deve ser embasado na ciência (Pivello 2011). Todavia, as decisões sobre o manejo do fogo em quaisquer regiões geográficas são tomadas, na

maioria das vezes, sem o devido embasamento científico, calcadas em percepções influenciadas cultural e historicamente. Os resultados são o estabelecimento de prioridades e tratamentos inadequados à resolução do problema (Dellasala *et al.* 2004).

Esperamos com esse trabalho contribuir para uma mudança na percepção do fogo como um elemento destruidor da biodiversidade do Cerrado e, sobretudo, de Eriocaulaceae. Se por um lado a alta frequência de queima pode ser prejudicial a estas populações, o mesmo efeito pode decorrer da sua total eliminação, como ocorre em várias UCs. Dessa forma, o manejo do fogo deve ser adotado em áreas onde pretende-se conservar populações de eriocauláceas. Esperamos ainda alertar para a importância de se conhecer os efeitos do fogo nessa família botânica de forma contextualizada, sendo para isso necessários mais estudos experimentais que enfoquem diferentes espécies, ecossistemas, épocas e frequências de queima.

Agradecimentos

Agradecemos a: dois revisores anônimos pelas sugestões para a melhoria do manuscrito; Fernando Brina e Luciana de Assis pela ajuda em campo; Kátia Torres Ribeiro e Edward Elias Jr. pelo apoio na Serra do Cipó; Rafael Loyola pela versão em espanhol do resumo; Ana Maria Giulietti e Lívia Eschternacht pela identificação das plantas; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto “Efeitos do fogo em espécies de *Leiothrix* (Eriocaulaceae) com diferentes estratégias de propagação, na Serra do Cipó, MG”; CNPq e CAPES pelas bolsas de doutorado e REUNI concedidas à primeira autora; e Instituto Chico Mendes de conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelas licenças de coleta concedidas.

Referências bibliográficas

- Bedê, L.C. 2006. **Alternativas para o uso sustentado de sempre-vivas: efeitos do manejo extrativista sobre *Syngonanthus elegantulus* Ruhland (Eriocaulaceae)**. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais. 184p.
- Bond, W.J. & Keeley, J.E. 2005. Fire as a global ‘herbivore’: the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution** 20 (7): 387-394.
- Chapman, R.R. & Crow, G.E. 1981. Application of Raunkiaer’s life form system to plant species survival after fire. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** 108 (4): 472-478.
- Coelho, F.F.; Capelo, C.; Ribeiro, L.C. & Figueira, J.E.C. 2007. Reproductive modes in *Leiothrix* (Eriocaulaceae) in South-eastern Brazil: the role of microenvironmental heterogeneity. **Annals of Botany** 1-8.
- Coelho, F.F.; Capelo, C.D. & Figueira, J.E.C. 2008. Seedlings and ramets recruitment in two rhizomatous species of Rupestrian grasslands: *Leiothrix curvifolia* var. lanuginosa and *Leiothrix crassifolia* (Eriocaulaceae). **Flora** 203(2): 152-161.
- Costa, F.N.; Trovo, M. & Sano, P.T. 2008. Eriocaulaceae na Cadeia do Espinhaço: riqueza, endemismo e ameaças. **Megadiversidade** 4 (12): 89-97.
- Coutinho, L.M. 2000. **Cerrado**. <<http://eco.ib.usp.br/cerrado/>>. (Acesso em 30/03/2011).
- Dellasala, D.A.; Williams, J.E.; Williams, C.D. & Franklin, J.F. 2004. Beyond smoke and mirrors: a synthesis of fire policy and fire. **Conservation Biology** 18 (4): 976-986.
- Dombeck, M.P.; Williams, J.E. & Wood, C.A. 2004. Wildfire policy and public lands: integrating scientific understanding with social concerns across landscapes. **Conservation Biology** 18(4): 883-889.
- Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** 38 (2): 201-341.
- Figueira, J.E.C. 1998. Dinâmica de populações de *Paepalanthus polyanthus* (Eriocaulaceae) na Serra do Cipó, MG. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas. 112p.

- Figueiredo, I.B. 2007. **Efeito do fogo em populações de capim dourado (*Syngonanthus nitens*, *Eriocaulaceae*) no Jalapão, TO**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília. 72p.
- França, H. & Ribeiro, K.T. 2008. **Mapeamento de queimadas no parque Nacional da Serra do Cipó e na Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, MG: 1984-2007**. Relatório Técnico. 75p.
- Frost, P.G.H. & Robertson, F. 1987. The ecological effects of fire in savannas, p. 93-140. In Walker, B.H. (ed.) **Determinants of tropical savannas**. IRL Press.
- Fundação Biodiversitas. 2007. **Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais**. Relatório Técnico. 104p.
- Garcia, Q.S. & Oliveira, P.G. 2007. Germination patterns and seed longevity of monocotyledons from the Brazilian Campos Rupestres. **Seed Science and Biotechnology** 1(2): 35-41.
- Giulietti, A.M. & Hensold, N. 1990. Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. **Acta Botanica Brasilica** 4 (1): 133-159.
- Giulietti, A.M. 1984. **Os gêneros *Eriocaulon* L. e *Leiothrix* Ruhl. (Eriocaulaceae) na Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil**. Tese (Livre-docência). Universidade de São Paulo. 269p.
- Giulietti, A.M.; Menezes, N.L.; Pirani, J.R.; Meguro, M. & Wanderley, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** 9: 1- 151.
- Giulietti, N.; Giulietti, A.; Pirani, J. R. & Menezes, N.L. 1988. Estudos em sempre-vivas: importância econômica do extrativismo em Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 1(2): 179-193.
- Giulietti, A.M.; Harley, R.M.; Queiroz, L.P.; Wanderley, M.G.L. & Van den Berg, C. 2005. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade** 1 (1): 52-61.
- Giulietti, A.M.; Rapini, A.; Andrade, M.J.G.; Queiroz, J.P. & Silva, L.M.C. 2009. **Plantas Raras do Brasil**. Conservação Internacional. 495p.
- Grace, J.B. 1993. The adaptative significance of clonal reproduction in angiosperms: an aquatic perspective. **Aquatic Botany** 44: 159-180.
- Hardesty, J.; Myers, R. & Fulks, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum** 22: 78-87.
- Hawkes, C.V. & Menges, E.S. 1995. Density and seed production of a Florida Endemic, *Polygonella basiramia*, in relation to time since fire and open sand **American Midland Naturalist** 133 (1): 138-148.
- Instituto Terra Brasilis. 1999. **Projeto sempre-vivas: subsídios para seu uso sustentado**. Relatório Técnico. 123p.
- 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. **The Journal of Ecology** 82 (3): 519-531.
- Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current human occupation and land-use, p. 69-88. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (org.). **The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press. 424 p.
- Lazzari, L.R.P. 2000. **Redelimitação e revisão de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) Ruhland – Eriocaulaceae**. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade de São Paulo. 201p.
- Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.G.P.; Caldas, E.F.; Golçalves, D.A.; Santos, N.S.; Tabor, K. & Steininger, M. 2004. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório Técnico. 23p.
- Menezes, N.L. & Giulietti, A.M. 2000. Campos rupestres, p. 65-73. In: Mendonça, M.P. & Lins, L.V. (orgs.) **Lista Vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas/Fundação Zoobotânica. 157p.
- Miranda, C.A. 2002. **Dinâmica de combustível vegetal na Serra do Cipó: *Paepalanthus polyanthus* como bioindicadora**. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais. 110p.

- Mistry, J. 1998. Decision-making for fire use among farmers in savannas: an exploratory study in the Distrito Federal, central Brazil. **Journal of Environmental Management** 54: 321–334.
- Monteiro-Scanavacca, W. R.; Mazzoni, S. C. & Giuliatti, A. M. 1976. Reprodução vegetativa a partir da inflorescência em Eriocaulaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** 4: 61-72.
- Obeso, J.R. 2002. The costs of reproduction in plants. **New Phytologist** 155: 321–348.
- Ohara, M.; Takada, T. & Kawano, S. 2001. Demography and reproductive strategies of a polycarpic perennial, *Trillium apetalon* (Trilliaceae). **Plant Species Biology** 16: 209–217.
- Oriani, A.; Sano, P.T. & Scatena, V.L. 2009. Pollination biology of *Syngonanthus elegans*. **Australian Journal of Botany** 57, 94–105.
- Parra, L.R.; Giuliatti, A.M.; Andrade, M.J.G. & Berg, C. 2010. Reestablishment and new circumscription of *Comanthera* (Eriocaulaceae). **Taxon** 59 (4): 1135–1146.
- Pivello, V.R. 2006. Fire management for biological conservation in the Brazilian Cerrado. In: J. Mistry; A. Berardi. (Org.). **Savannas and Dry Forests - Linking People with Nature**. 1 ed. Hants: Ashgate, v. 1, p. 129-154.
- Pivello, V. 2011. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology** 7 (1): 24-39.
- Ramos, C.O.C.; Borba, E. & Funch, L. 2005. Pollination in Brazilian *Syngonanthus* species. **Annals of Botany** 96: 387–397.
- Ramos-Neto, M.B. & Pivello, V.R. 2000. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. **Environmental Management** 26: 675-684.
- Rosa, M.M. & Scatena, V.L. 2003. Floral anatomy of *Eriocaulon elichrysoides* and *Syngonanthus caulescens* (Eriocaulaceae). **Flora** 198: 188–199.
- Rosa, M.M. & Scatena, V.L. 2007. Floral anatomy of Paepalanthoideae (Eriocaulaceae, Poales) and their nectariferous structures. **Annals of Botany** 99: 131–139.
- Roy, J. & Sonié, L. 1992. Germination and population dynamics of *Cistus* species in relation to fire. **The Journal of Applied Ecology** 29 (3): 647-655.
- Saturnino, H.M.; Saturnino, M.A.C. & Brandão, M. 1977. Algumas considerações sobre exportação e importação de plantas ornamentais em Minas Gerais. In: XXIII Congresso Nacional de Botânica. **Anais da Sociedade de Botânica do Brasil**. Pp. 213-217.
- Sawyer, N.W.; Mertins, D.S. & Schuster, L.A. 2005. Pollination biology of *Eriocaulon parkeri* in Connecticut. **Aquatic Botany** 82:113–120.
- Scatena, V.L.; Vich, D.V. & Parra, L.R. 2004. Anatomia de escapos, folhas e brácteas de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) Ruhland (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** 18(4): 825-837.
- Scatena, V.L.; Giuliatti, A.M.; Borba, E.L. & van den Berg, C. 2005. Anatomy of Brazilian Eriocaulaceae: correlation with taxonomy and habitat using multivariate analyses. **Plant Systematics and Evolution** 253: 1–22.
- Schmidt, I.B.; Figueiredo, I.B. & Scariot, A. 2007. Ethnobotany and effects of harvesting on the population ecology of *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae), a NTFP from Jalapão Region, Central Brazil. **Economic Botany** 61(1): 73–85.
- Schmidt, I.B.; Figueiredo, I.B., Borghetti, F. & Scariot, A. 2008. Produção e germinação de sementes de “capim dourado”, *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae): implicações para o manejo. **Acta Botanica Brasilica** 22(1): 37-42.
- Simon, M.F.; Grether, R.; Queiroz, L.P.; Skema, C.; Pennington, R.T. & Hughes, C.E. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **PNAS** 106 (48): 20359–20364.



- Smith, W.G. 1913. Raunkiaer's "life-forms" and statistical methods. **The Journal of Ecology** 1 (1): 16-26.
- Stearns, S.C. 1989. Trade-offs in life history evolution. **Functional Ecology** 3: 259-268.
- Valette, J.C.; Gomendy, V.; Marechal, J.; Houssard, C. & Gillon, D. 1994. Heat-transfer in the soil during very low-intensity experimental fires - the role of duff and soil-moisture content **International Journal of Wildland Fire** 4(4): 225 – 237.
- Warming, E. 1973. Lagoa Santa. Pp 9-284. In: Warming, E. & Ferri, M.G. **Lagoa Santa e Vegetação dos Cerrados Brasileiros**. Ed. Itatiaia. 362p.
- Watson, L.E.; Uno, G.E.; McCarty, N.A. & Kornkven, A.B. 1994. Conservation biology of a rare plant species, *Eriocaulon kornickianum* (Eriocaulaceae). **American Journal of Botany** 81 (8): 980-986.
- Williams, G.C. 1966. Natural selection, the costs of reproduction, and the refinement of Lack's principle. **American Naturalist** 100: 687–690.