



Implementação do Programa Piloto de Manejo Integrado do Fogo em três Unidades de Conservação do Cerrado

Isabel Belloni Schmidt¹, Clara Baringo Fonseca¹, Maxmiller Cardoso Ferreira¹ & Margarete Naomi Sato¹

Recebido em 03/07/2015 – Aceito em 31/10/2016

RESUMO – Pela primeira vez no Brasil, queimadas prescritas de baixa intensidade no começo da estação seca foram implementadas em Unidades de Conservação (UC) do Cerrado como estratégia de manejo. Os objetivos destas queimadas são proteger áreas de vegetação sensíveis ao fogo, como mata ciliar; fragmentar e reduzir o combustível criando mosaicos de vegetação com diferentes estágios de regeneração pós-fogo; e mudar o atual regime do fogo, caracterizado pela ocorrência de grandes incêndios ao final da estação seca (agosto-outubro). Essas queimas prescritas fazem parte de um Programa Piloto de Manejo Integrado de Fogo (MIF) que foi implementado em 2014 em três UC do Cerrado: o Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM), Parque Estadual do Jalapão (PEJ) e Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (EESGT). Durante a implementação do programa, foram acompanhadas e realizadas medições de parâmetros ecológicos que são apresentadas neste artigo. Adicionalmente, descrevemos o desenho experimental que inclui o estabelecimento de parcelas permanentes para o acompanhamento de longo prazo dos efeitos das queimas precoces prescritas em comparação com áreas queimadas no final da estação seca (simulação de incêndios) e áreas não queimadas, estabelecidas nestas três UC em 2015. Resultados em 2014 indicam que as queimas prescritas foram de baixa intensidade devido à época e a hora de início das queimas, com baixa velocidade de propagação e consumo de combustível que variou entre 46 e 84%. A partir desta experiência, apresentamos questões de manejo e pesquisa que devem ser consideradas para o planejamento e implementação de MIF em UCs como as razões de uso do fogo e percepções das comunidades locais sobre os efeitos dos diferentes tipos de fogo.

Palavras-chave: Intensidade de queima; parcelas permanentes; monitoramento da vegetação.

ABSTRACT – For the first time in Brazil, low intensity prescribed fires at the beginning of the dry season were implemented in Cerrado protected areas as a management strategy. The objectives of these burns are to protect fire-sensitive vegetation such as riparian forests; to reduce and fragment fuel loads creating vegetation mosaics with different stages of post-fire regeneration; and to change the current fire regime, characterized by large wildfires during late dry season (August-October). These prescribed burns are part of an Integrated Fire Management (IFM) Pilot Program, which was implemented in 2014 in three protected areas of Cerrado: Chapada das Mesas National Park (CMNP), the Jalapão State Park (JSP) and the Serra Geral do Tocantins Ecological Station (SGTES). During the program implementation, several ecological parameters were measured and are reported in this article. In addition, we describe the experimental design for establishing permanent plots for long-term monitoring of the effects of early dry season prescribed burning in comparison to late burning and unburned areas, which we established in the three protected areas in 2015. Results from 2014 show that prescribed burns were of low intensity due to the season and the start time of burning with low fire line spread rates and fuel consumption ranging between 46 and 84%. From this

Afiliação

¹ Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro. Brasília, DF CEP 70.910-900.

E-mails

isabels@unb.br

experience, management and research issues that should be considered for planning and implementing other IFM programs are presented including the reasons for the use of fire and the perceptions of local communities about the effects of the different types of fire.

Keywords: fire intensity; permanent plots; vegetation monitoring.

RESUMEN – Por primera vez en Brasil, quemas prescritas de baja intensidad durante el comienzo de la estación seca fueron implementadas en áreas protegidas del Cerrado como estrategia de manejo. Los objetivos de estas quemas son proteger áreas sensibles al fuego; como la vegetación de ribera; fragmentar y reducir el combustible creando mosaicos de vegetación con diferentes estadios de regeneración post-fuego; y mudar el actual régimen del fuego, caracterizado por grandes incendios en el final de la estación seca (agosto-octubre). Estas quemas prescritas forman parte de un Programa Piloto de Manejo Integrado del Fuego (MIF) que fue implementado en 2014 en tres áreas protegidas del Cerrado: el Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM), el Parque Estadual do Jalapão (PEJ) y la Estación Ecológica Serra Geral do Tocantins (EESGT). Durante la ejecución del programa se acompañaron y se midieron diversos parámetros ecológicos que se presentan en este artículo. Además, se describe el diseño experimental que incluye el establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo a largo plazo de los efectos de las quemas prescritas tempranas en comparación con áreas quemadas incendiadas y áreas sin quemar establecidas en las tres áreas protegidas en 2015. Resultados de 2014 indican que las quemas fueron de baja intensidad debido a la época y hora de inicio, con una velocidad de propagación baja y un consumo de combustible que osciló entre el 46 y 84%. A partir de esta experiencia, se presentan cuestiones de manejo y de investigación que deben ser consideradas para la planificación y ejecución de otros programas de MIF en áreas protegidas como las razones del uso del fuego y las percepciones de las comunidades locales sobre los efectos de los diferentes tipos de fuego.

Palabras clave: Intensidad y comportamiento del fuego; parcelas permanentes; monitoreo de la vegetación.

Introdução

Registros de partículas de carvão obtidos em uma vereda no estado de Goiás indicam que o fogo está presente nesta e possivelmente outras regiões do Brasil Central há pelo menos 32.400 anos (Salgado-Labouriau & Ferraz-Vicentini 1994). Estudos filogenéticos mostram que o surgimento e a expansão do bioma Cerrado, bem como a diversificação de suas espécies vegetais, foram associados à ocorrência natural de fogo (Simon *et al.* 2009), sendo que inúmeras de suas espécies têm claras adaptações que levam à resistência ao fogo (Hoffmann 1999, Miranda *et al.* 2009). Ao longo destes milhares de anos, o fogo, juntamente com o solo pobre em nutrientes e a sazonalidade das chuvas, são fatores determinantes e mantenedores das diferentes fisionomias nesta vegetação (Warming 1908, Myers 1936, Cole 1960, Solbrig *et al.* 1996, Furley 1999).

Além de ser um distúrbio natural, o fogo é também a principal e mais antiga ferramenta de manejo usada por comunidades humanas em regiões savânicas (Whelan 1995, Bond *et al.* 2005, Furley *et al.* 2008). Queimadas são usadas para “limpar” e/ou aumentar a disponibilidade imediata de nutrientes em áreas de agricultura, estimular a rebrota de gramíneas para pastejo pelo gado, para o manejo e coleta de produtos florestais não-madeireiros (Anderson 1996, Mistry 1998, Bedê 2006, Varghese & Ticktin 2008, Schmidt *et al.* 2011); para caçar, afastar animais peçonhentos das casas, especialmente cobras e aranhas, melhorar o acesso a áreas e recursos (McGregor *et al.* 2010, Melo & Saito 2011, Mistry 1998, Yibarbuk *et al.* 2001), entre outros objetivos.

Apesar disto, até recentemente, o Cerrado era uma das poucas savanas tropicais em que o fogo não era ativamente usado no manejo da maior parte das áreas protegidas (Pivello & Norton 1996, Ramos-Neto & Pivello 2000). O manejo do fogo envolve o uso de queimadas prescritas e/ou o não combate a queimadas naturais com objetivos de conservação da biodiversidade e manutenção de ecossistemas adaptados ao fogo em áreas protegidas na África do Sul (Wilgen *et al.* 2007), Austrália (Andersen *et al.* 1998), Estados Unidos (Schullery 1989), Zâmbia (Shea *et al.* 1996), Burkina Faso (Savadoغو *et al.* 2007), entre outros países. No Brasil, inclusive no Cerrado, a política predominante é a de exclusão de fogo em Unidades de Conservação (UCs). Para isto,

o uso do fogo no interior das UC é vedado, com exceção da confecção de aceiros negros¹ que são feitos no início da estação seca no entorno e algumas vezes interior de algumas UC. Além disto, moradores do interior destas áreas, quando existentes, são oficialmente proibidos de usar o fogo para o manejo da paisagem, criando dificuldades para a gestão destas UC, uma vez que os problemas relativos à regularização fundiária persistem e o fogo costuma ser ferramenta primordial de manejo e produção para populações rurais.

A exclusão de fogo em áreas em que o fogo ocorre com frequência, especialmente em vegetações pirofíticas, pode levar a consequências ecológicas como a mudança na estrutura e composição da vegetação (Bond & Midgley 1995, Cochrane 2009, Keeley *et al.* 2011, Dantas & Pausas 2013, Duff *et al.* 2013). Outra consequência da exclusão do fogo em áreas de vegetação pirofítica, é a ocorrência de extensas áreas não queimadas e relativamente homogêneas, com grande quantidade de material vegetal seco, que pode atuar como combustível para incêndios de grandes extensões em períodos de seca. Tais incêndios já foram registrados em diversas partes do mundo (Graetz *et al.* 1992, Russell-Smith *et al.* 1997, Van Wilgen *et al.* 2004), inclusive no Brasil (Barreto 1999, Silveira *et al.* 1999, Ramos-Neto *et al.* 2000, Medeiros & Fielder 2004, França & Setzer 2007, França 2010).

Esta política do 'Fogo Zero' não é condizente com a ecologia e a história evolutiva do Cerrado. Mais importante, no entanto, é que esta tentativa de exclusão do fogo de áreas protegidas é raramente efetiva por muitos anos e incêndios são recorrentes (França *et al.* 2007). Tais incêndios ocorrem geralmente no final da estação seca, atingem grandes extensões e frequentemente afetam vegetações que são sensíveis ao fogo, como matas de galeria (França 2010, Pereira *et al.* 2014), cujas espécies não têm adaptações para sobreviver a eventos frequentes de queima. Mesmo para vegetações resistentes ao fogo, como fitofisionomias campestres e savânicas, queimas no final da estação seca provocam maiores taxas de mortalidade e reduzem a capacidade reprodutiva de diversas espécies (Miranda *et al.* 2010). As grandes extensões destes incêndios, os riscos que estes trazem à saúde humana, animal e para infraestrutura geram uma necessidade de resposta institucional que gera gastos muito elevados e de baixa eficiência. Adicionalmente, incêndios tardios tendem a gerar maiores emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Kaufmann *et al.* 2004, Wells & McShane 2004, Rego *et al.* 2010).

Diante desse cenário, foi implementado, em 2014, e pela primeira vez no Brasil, o Programa Piloto de Manejo Integrado do Fogo (doravante Programa piloto do MIF) no Cerrado, em três UC de proteção integral: Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM) no Maranhão, Parque Estadual do Jalapão (PEJ) e Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (EESGT), ambos no Tocantins e com grande proporção de área atingida por incêndios tardios todos os anos. Este programa inclui a realização de queimas precoces (início da estação seca) como estratégia para mudar o atual regime do fogo, caracterizado por frequentes incêndios de grande extensões no final da estação seca (agosto-outubro), proteger de incêndios vegetações sensíveis ao fogo como matas ciliares e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Tais queimadas precoces tendem a ser de baixa intensidade, e assim maximizam a segurança, pois tendem a se propagar de forma relativamente lenta, a não consumir todo o material vegetal disponível e a se extinguir durante a noite devido às condições meteorológicas favoráveis em que são iniciadas. Ao mesmo tempo possibilitam fragmentar e reduzir a quantidade de material vegetal combustível em grandes áreas contínuas ou próximas a vegetações sensíveis ao fogo produzindo mosaicos de áreas com diferentes estágios de regeneração pós-fogo (ver esperados benefícios ecológicos em Schmidt *et al.* neste

¹ Faixas estreitas (20-200m) e cumpridas (podendo chegar a centenas de quilômetros) queimadas de forma prescrita com o objetivo de consumir biomassa fina de forma a interromper a continuidade de combustível, impedindo assim a propagação do fogo por estas áreas.

volume). Desta foram, as queimadas precoces são de especial interesse para o manejo de fogo em áreas protegidas, pois a segurança para a realização de queimadas prescritas é requisito básico para que ações de manejo do fogo sejam de fato implementadas e aceitas, tanto institucionalmente quanto pela sociedade (Christensen 2005). E certamente esta é uma condição necessária para a implementação inicial do MIF no Cerrado.

Um aspecto ecológico relacionado à ocorrência de queimadas de baixa intensidade é que estas são caracterizadas por baixas velocidades de propagação da frente de fogo. Baixas taxas de propagação da frente de fogo geralmente são associadas a grandes períodos de residência de altas temperaturas, que podem ser mais prejudiciais para plantas e causar maiores taxas de mortalidade do que queimas rápidas (Kayll 1968), de alta intensidade, em que os picos de altas temperaturas duram apenas alguns segundos (Miranda *et al.* 1993). Temperaturas acima de 60°C são consideradas letais para tecidos vivos, e muitas plantas de ambientes pirofíticos apresentam adaptações morfológicas que protegem tecidos essenciais (gemas apicais, tecidos vasculares) de tais temperaturas, como cascas grossas e frutos lenhosos que agem como isolantes térmicos (Guedes 1993, Cirne & Miranda 2008); além disso, o solo também é excelente isolante térmico, o que permite a sobrevivência de tecidos subterrâneos em eventos de queima (Coutinho 1990, Miranda *et al.* 1993, Cirne *et al.* 2008). No entanto, caso a permanência das chamas em um mesmo local seja longa (alguns minutos) é possível que haja transmissão de calor através destes tecidos protetores e mesmo do solo, permitindo que altas temperaturas atinjam e danifiquem o tecido vegetal, aumentando a mortalidade de plantas após a passagem do fogo. Poucas são as informações sobre efeitos de queimas de baixa intensidade na vegetação do Cerrado, visto que maioria das queimas experimentais feitas nas fitofisionomias deste bioma foi de alta intensidade.

O Programa piloto do MIF implementado em três UCs do Cerrado, inserido no Projeto “Prevenção, controle e monitoramento de queimadas irregulares e incêndios florestais no Cerrado” (Projeto Cerrado-Jalapão²), por sua vez um projeto de Cooperação bilateral entre Brasil e Alemanha, contou com a participação das equipes das UCs envolvidas, profissionais das diversas instituições parceiras do Projeto Cerrado-Jalapão, consultores nacionais e internacionais, bem como pesquisadores e membros das comunidades locais do interior e entorno das UCs.

A implementação das ações foi feita a partir de ações de planejamento participativo e manejo adaptativo, com etapas de planejamento, implementação e avaliação. A partir das ações e resultados de cada etapa, foi possível planejar e realizar as próximas atividades, a partir de contribuições de atores locais e de forma condizente com cada realidade. A identificação das áreas em que seriam realizadas as queimadas prescritas no âmbito do MIF foi feita com base nos mapas de cicatrizes de queima dos anos anteriores, mapas de acúmulo de combustível, elaborados por sensoriamento remoto, considerando também a experiência das equipes gestoras, brigadas e moradores do interior e entorno de cada UC. Maiores detalhes sobre cada etapa das ações estão descritos em relatórios do Projeto Cerrado-Jalapão (ex. Beaty 2014, Franke, 2014, Moura 2014).

Neste artigo apresentamos as características ecológicas de queimas prescritas realizadas no âmbito deste programa piloto do MIF no Parque Nacional da Chapada das Mesas, Parque Estadual do Jalapão, Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins em 2014. Adicionalmente, apresentamos o desenho experimental que inclui o estabelecimento de parcelas permanentes para acompanhamentos de longo prazo dos efeitos das queimas precoces prescritas, em comparação com áreas de queimas prescritas no final da estação seca (semelhantes a áreas incendiadas) e áreas não queimadas, instaladas nestas três UCs em 2015.

² <http://cerradojalapao.mma.gov.br/cerrado>

Material e métodos

Áreas de estudo

O Programa piloto de MIF foi implementado em 2014 em três UCs do Cerrado: Parque Nacional da Chapada das Mesas (criado em 2005 com 159.951,62ha) no estado do Maranhão e duas UC na região do Jalapão no Estado do Tocantins, o Parque Estadual do Jalapão (criado em 2001 com 158.885ha) e a Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (criada em 2001 com 708.212,00ha). As três UCs são caracterizadas pela predominância de solos arenosos, vegetações predominantemente campestres e savânicas e a sazonalidade climática típica do bioma Cerrado, com 90% das chuvas ocorrendo entre outubro e abril, pluviosidade anual média entre 1.500 e 1.700mm. Maiores informações sobre cada UC podem ser encontradas nos Planos de Manejo do PEJ (Seplan 2003), da EESGT (ICMBio 2014) e no Plano de Proteção do PNCM (ICMBio 2012).

Apesar de serem UC de proteção integral, as três contam com população residente há várias décadas, sendo pequena (<10%) a área de cada UC em que já ocorreu regularização fundiária. A maior parte das atividades produtivas dos moradores está associada à agricultura não mecanizada e à criação extensiva de gado. Nas três UC existem áreas com pastagens exóticas consolidadas em pequena escala (algumas chegando a 30ha.), sendo menores nas UC do Jalapão, onde têm aumentado em tamanho e quantidade recentemente. Na região do Jalapão (PEJ e EESGT), o turismo e, especialmente, a produção e venda de artesanato de capim-dourado e buriti, também contribuem significativamente para a geração de renda para as famílias locais (Schmidt *et al.* 2011). A caça de subsistência é recorrente em ambas as regiões, inclusive com relatos de caça comercial no passado no PNCM e atualmente na área da EESGT (relatos coincidentes de moradores, gestores e brigadistas). Todas as atividades produtivas, comerciais ou de subsistência, com exceção do turismo, envolvem diretamente o uso do fogo pelos moradores do interior e entorno destas três UC.

A ocorrência de incêndios tardios é frequente nestas três UC, em especial no PEJ (Pereira *et al.* 2014) e EESGT, sendo esta última a UC federal com maior área atingida por incêndios anualmente (Garda *et al.* 2014). A EESGT estabeleceu, em 2012, um termo de compromisso com uma associação local de residentes e usuários da UC, que visa regular o uso dos recursos naturais e do fogo numa área de cerca de 278.000ha. O PEJ está, desde 2014, em processo de elaboração de um termo de compromisso com moradores das principais comunidades residentes da UC, com os mesmos objetivos. O PNCM iniciou diálogos desde 2009 com os moradores locais para caracterizar as práticas e objetivos de uso do fogo para suas atividades produtivas, entre outros aspectos sobre o uso de recursos naturais da área. Desta forma, nas três UC, apesar do histórico oficial e predominante de proibição do uso do fogo, havia antes da implementação do Programa piloto de MIF, um diálogo, ainda que incipiente, das equipes gestores com os moradores sobre o tema fogo.

Medidas de comportamento e intensidade de fogo

As queimadas prescritas no âmbito do Programa piloto de MIF nas três UC foram realizadas entre 6 de maio e 5 de julho de 2014, início da estação seca. Dentre as queimadas realizadas pelas equipes gestoras, 14 foram acompanhadas e caracterizadas quanto a parâmetros de intensidade e comportamento do fogo. Dentre estes 14 locais, 12 áreas não queimavam há dois anos (última queima em 2012) e apenas duas haviam sido queimadas no ano anterior (2013). As áreas manejadas com queimadas prescritas foram as da fitofisionomia predominante em cada UC, ou seja, cerrado ralo no PNCM e campo sujo no PEJ e EESGT.

Para caracterizar as queimas foram feitas medições dos seguintes parâmetros de ecologia do fogo:

Combustível: a composição, a continuidade e a quantidade do combustível são determinadas pela fitofisionomia, composição de espécies e tempo desde a última queima. Estas características influenciam o comportamento do fogo (Miranda *et al.* 2010). Porém, o consumo do material combustível se limita à biomassa que está disponível para queima sendo, geralmente para as savanas, todo o material vivo ou morto com diâmetro $\leq 6\text{mm}$ (Luke & McArthur 1978) localizado no estrato rasteiro ou as folhas das árvores e arbustos até 3m de altura, que é, a altura média das chamas durante queimadas de Cerrado (Castro & Kauffman 1998).

Dessa forma, antes de cada queima, em todas as UCs, foram coletadas, ao acaso, em cinco parcelas (0,5 x 0,5m), o combustível fino do estrato rasteiro (combustível pré-fogo). Em cada parcela, toda a biomassa com diâmetro $\leq 6\text{mm}$ foi cortada rente ao solo e coletada (Cardoso *et al.* 2000). Imediatamente após a queima, foram feitas novas coletas, com o mesmo número de amostras e procedimento (combustível pós-fogo). O material coletado foi seco em estufa a 70°C por 3 dias e depois pesado. Para calcular o combustível consumido foi utilizada a seguinte equação: combustível consumido = combustível pré-fogo – combustível pós-fogo. A eficiência da queima da carga de combustível foi calculada a partir da seguinte equação $E = [(\text{combustível pré-fogo} - \text{combustível pós-fogo}) / \text{combustível pré-fogo}] * 100$.

Velocidade de propagação da frente de fogo: foi calculada a partir do tempo em que a base da chama da frente do fogo levou para passar entre dois elementos locais bem definidos (árvores, pedras, estacas) previamente identificados e marcados. O tempo de deslocamento da frente de fogo foi cronometrado e a distância entre os dois elementos definidos medida com trena logo após a passagem do fogo;

Altura da chama: foi estimada com o auxílio de elementos locais bem definidos (árvores, pedras, estacas), que foram marcados em quatro pontos verticalmente distribuídos. Estes pontos permitiram estimar a altura máxima e mínima da chama. Estes registros foram realizados durante as medições da velocidade de propagação da frente de fogo;

Temperatura do ar: durante a passagem do fogo, a temperatura do ar e o tempo de residência de altas temperaturas foram mensuradas utilizando cinco sensores de temperatura (termopares tipo K, Cromel/Alumel) fixados a 1cm e 50cm acima do solo em meio a vegetação. Cada sensor foi conectado a um datalogger (Logbox-AA, Novus modelo IP65) com registro de temperatura a cada 1 segundo. As duas alturas usadas para estas medidas visavam medir a temperatura do ar rente ao solo durante a passagem de fogo e a temperatura do ar na altura média do estrato herbáceo;

Intensidade do fogo: a intensidade do fogo é uma variável mensurável que foi calculada a partir do combustível consumido (c em kg/m^2), velocidade de propagação da frente do fogo (r em m/s) e calor efetivo de combustão do material combustível (h em kJ/kg) (Rothermel 1972). Para o calor efetivo de combustão foi utilizado o valor de 15.500kJ/kg, como em outros trabalhos realizados para queimadas em savanas (Griffin & Friedel 1984) e Cerrado (Miranda *et al.* 2010, Gorgone-Barbosa *et al.* 2015). A equação utilizada para a intensidade da frente do fogo foi a equação de Byram (1959):

$$I = h.c.r$$

Durante as queimadas, as condições meteorológicas (umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura do ar) foram medidas com uma estação meteorológica portátil (anemômetro marca Lutron EM-9000).

Finalmente, os dados coletados nas três UC foram agrupados em um único conjunto para analisar as informações obtidas por meio de regressão linear simples, em que a variável dependente, intensidade da frente de fogo, foi relacionada com o combustível, umidade relativa

do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, velocidade da frente de fogo e altura das chamas, todas medidas em campo. Para a elaboração dos gráficos e tabelas foi utilizado o programa da Microsoft Office, o Windows Excel 2007, e para análise estatística ($p=0,05$) foi utilizado o software BioEstat 5.0 (Instituto Mamirauá, Tefé, AM). Estas análises buscam identificar possíveis variáveis ambientais, bióticas ou abióticas que mais determinam o comportamento do fogo e portanto possam ser usadas para prever as características e o comportamento do fogo nas atividades de manejo.

Efeitos de queimadas precoces e um incêndio tardio na sobrevivência de árvores

Para aumentar as informações sobre efeitos destas queimas sobre a vegetação do Cerrado, em maio-junho de 2014, imediatamente antes das queimas prescritas no PNCM, foram marcadas ao acaso 156 indivíduos lenhosos vivos com diâmetro ≥ 5 cm a 30 cm do solo, de 22 espécies nas áreas que seriam submetidas às queimas. Estes indivíduos foram identificados recebendo uma placa numerada e medidos quanto ao diâmetro (diâmetro a 30cm do solo) e a altura.

A sobrevivência destes 156 indivíduos arbóreos submetidos a queimadas precoces foi comparada à sobrevivência de 337 árvores de tamanhos semelhantes (>5 cm de diâmetro), de 26 espécies, marcadas em uma outra área que foi acidentalmente atingida por um incêndio em setembro de 2014 no PNCM. A medição inicial de todas estas árvores foi realizada entre maio e junho de 2014 e a segunda medição, na qual foi possível atestar a sobrevivência ou não dos indivíduos após o fogo, feita após uma estação chuvosa, em junho de 2015.

Resultados e discussão

Comportamento e intensidade de fogo

A quantidade de combustível existente nas áreas que foram manejadas com queimas prescritas variou entre 0,46 a 0,96kg/m², com valor médio ($\pm DP$) de $0,60 \pm 0,14$ kg/m², que estão entre os valores reportados para formas abertas de Cerrado na literatura, que variam entre 0,6kg/m² a 1,2kg/m² (Kauffman *et al.* 1994, Miranda *et al.* 1996, 2002, 2010, Castro & Kauffman 1998). A eficiência da queima do combustível variou entre 49% e 86%, também no intervalo reportado para cerrado ralo (72%) e para cerrado sentido restrito (84%), porém inferior ao reportado para campos ou formas abertas de Cerrado (94 a 97%) (Kauffman *et al.* 1994, Miranda *et al.* 2010, Munhoz & Amaral 2010). Os baixos valores de eficiência de queima observados para as queimadas prescritas nas UC eram esperados e mesmo desejáveis pelos gestores, e são resultado da época e horário das queimas uma vez que foram realizadas no início da estação seca, majoritariamente no final da tarde e início da noite. Nesta época do ano há menor quantidade de combustível morto ou seco e, as condições de temperatura e umidade dos horários em que ocorreram as queimas são relativamente amenas, o que contribui para a redução do consumo de combustível pelo fogo.

A velocidade mínima da frente de fogo registrada durante as queimas prescritas foi de 0,02m/s e a máxima de 0,74m/s (2,7 km/h), com uma velocidade média de $0,23 \pm 0,19$ m/s ($0,8 \pm 0,7$ km/h). Os valores encontrados para o Cerrado variam de 0,1 e 1,4m/s (0,36 e 50,4km/h), dependendo da época do ano, velocidade do vento, período sem chuva, quantidade e qualidade do combustível (Kauffman *et al.* 1994, Miranda *et al.* 1996, 2010, Castro & Kauffman 1998). Os valores mais baixos da velocidade de propagação da frente de fogo provavelmente estão relacionados com as queimas realizadas à noite, com umidade relativa do ar mais alta que durante o dia e que podem se propagar contra o vento dependendo de como são iniciadas.

A primeira queimada prescrita, realizada em 6 de maio às 19 horas, apresentou a menor intensidade, 114kWm⁻¹. No início da queima, a umidade relativa era de 61% e a temperatura do ar 27,3°C. Já a queima que apresentou a maior intensidade (4.052kWm⁻¹) foi a única realizada às 12 horas, quando a umidade relativa (UR) era de 38% e temperatura de 35,5°C, evidenciando a

importância do horário e das condições climáticas no momento da queima. Em dezenas queimas experimentais realizadas em diferentes épocas da estação seca nas áreas experimentais do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do Roncador no DF, entre 14 e 16h, a intensidade da frente de fogo (I) variou entre 1.250 e 19.900kWm⁻¹ nas fisionomias abertas de Cerrado. Já para as fisionomias mais densas, I variou entre 2.437 e 3.455kWm⁻¹ (Kauffman *et al.* 1994, Sato & Miranda 1996, Castro & Kauffman 1998, Miranda *et al.* 2010, Seger *et al.* 2013). Para queimas realizadas em campo sujo no início da estação seca (julho) por Gorgone-Barbosa *et al.* (2015) em áreas de campos sujos em Goiás, a intensidade média foi 731kWm⁻¹, inferior ao valor médio obtido para as 14 queimas realizadas nas UC (1.349±1.039kWm⁻¹).

Em relação às variáveis climáticas registradas durante as queimas do MIF, a temperatura do ar (Tar) variou entre o valor mínimo de 24,6°C e máximo de 35,5°C, com valor médio de 30,9±3,6°C, estando no intervalo de valores típicos para esta época do ano. A umidade relativa (UR) variou entre 35% e 71%, com média de 47±12%, também sendo típica para o início da estação seca. Os valores máximos registrados para UR, 71% e 65%, foram obtidos ao anoitecer e os menores entre as 12 e 16 horas. De acordo com os resultados obtidos, caso as queimadas se mantenham apenas no início da estação seca, dificilmente serão registradas grandes variações em Tar e UR que permitam estabelecer relações com a intensidade da frente de fogo.

Para a velocidade do vento (U), o mínimo (Umin) registrado foi de 0m/s e o máximo (Umax) de 3,5m/s (12,6km/h), com mediana diária (Umd) variando de 0,2 e 2,8m/s (0,7 e 10,0km/h). A velocidade do vento foi a variável climática com maior dificuldade de mensuração, uma vez que o equipamento utilizado registra apenas o mínimo e o máximo para o período observado. Desta forma, é possível que por isto, não houve relação significativa entre velocidade do vento e a intensidade da frente de fogo (Figura 1). Geralmente, a intensidade da frente de fogo apresenta forte relação com a velocidade do vento, uma vez que este acelera a secagem do combustível e inclina as chamas, o que favorece o pré-aquecimento do combustível, facilitando o processo de combustão e, conseqüentemente, aumentando a velocidade de propagação da frente de fogo (Cheney & Sullivan 2008, Miranda *et al.* 2010).

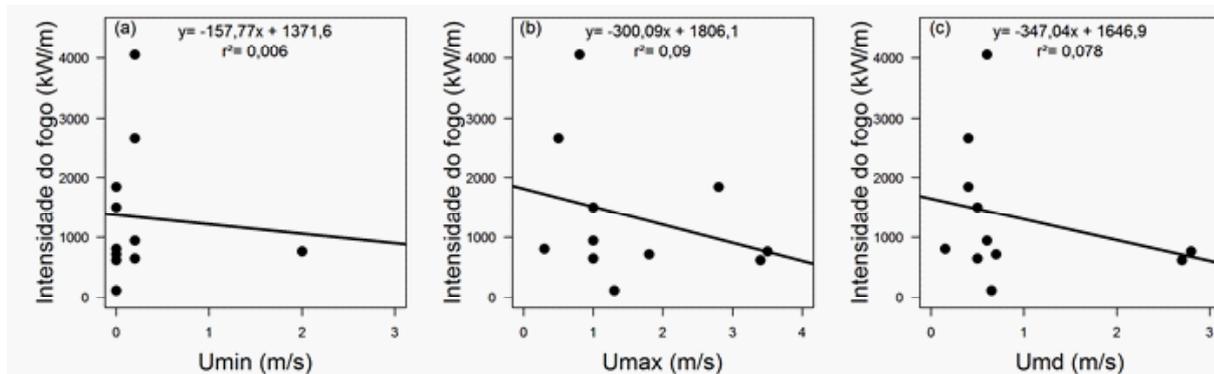


Figura 1 – Relação entre a intensidade da frente de fogo e a velocidade do vento mínima (Umin), máxima (Umax) e mediana (Umd) para queimadas prescritas realizadas no Parque Nacional das Chapadas das Mesas (a), Parque Estadual do Jalapão (b) e Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins (c) entre maio e julho, no início da estação seca de 2014. As relações não foram significativas a $p=0,05$. Optou-se por apresentar as regressões separadas por UC devido às diferenças locais e especialmente na forma de realização das queimas de manejo em cada UC.

As regressões entre a intensidade da frente de fogo e as variáveis mensuradas foram significativas apenas para a quantidade inicial de combustível e a velocidade de propagação da frente do fogo (Tabela 1, Figura 2 a, b). Este resultado está de acordo com o esperado, uma vez

que a velocidade de propagação e a quantidade de combustível influenciam proporcionalmente a intensidade da frente de fogo (Kauffman *et al.* 1994, Miranda *et al.* 1996, 2010, Castro & Kauffman 1998).

Foi possível medir as temperaturas do ar durante a queima em oito das 14 queimas prescritas acompanhadas. Em duas queimadas as temperaturas do ar no início da queima foram medidas, mas não foi possível coletar os dados para os cálculos de intensidade. Durante estas oito queimadas, as temperaturas mais altas foram atingidas a 1cm do solo (máxima de 793oC, na queimada realizada no dia 5 de julho às 18h30, em campo sujo, na EESGT) e nenhum termômetro alocado a 50cm do solo marcou temperatura superior a 400oC (Tabela 2). Em uma das queimas, o termômetro alocado a 50cm do solo registrou temperatura máxima de 61oC, com tempo de permanência de temperaturas acima de 50oC de 50 segundos. Estes registros caracterizam as queimas contra o vento, em baixa velocidade e durante as quais a altura das chamas pode ficar abaixo dos 50cm, que resultam no consumo parcial do material combustível. Nesta queima, o termômetro a 1cm do solo e próximo ao termômetro que estava a 50cm registrou uma temperatura máxima de 397oC, corroborando a heterogeneidade das queimas, característica das queimadas prescritas realizadas. Dentre as temperaturas registradas (desconsiderando-se este termômetro a 50cm que não foi atingido diretamente pelas chamas), a média de tempo de permanência de temperaturas acima de 60oC (considerada letal para tecidos vegetais) foi de 2 minutos e 11 segundos. O tempo mínimo de permanência de temperaturas consideradas letais para tecidos vivos foi de 10 segundos, registrado em uma queimada no PNCM, iniciada às 14h e o máximo, foi de 10 minutos e 10 segundos, registrado em uma queimada no PEJ, iniciada às 18h.

Tabela 1 – Relação da intensidade do fogo com as variáveis velocidade do vento mediana (Umd), mínima (Umin) e máxima (Umax), umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar (Tar), combustível inicial (Wi), combustível consumido (Wc), velocidade de propagação da frente do fogo (r) e altura média da chama (Lmed) para queimadas prescritas realizadas no Parque Nacional das Chapadas das Mesas (MA), Parque Estadual do Jalapão (TO) e Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins (TO) entre maio e julho de 2014.

Variável	Equação	R	r ²	P	F (regressão)	Graus de liberdade
Umd(m/s)	$I = 347,0 \times Umd + 1647$	0,2804	0,0786	0,5925	0,7680	9
Umin (m/s)	$I = -157,8 \times Umin + 1372$	0,0811	0,0066	0,8069	0,0596	9
Umax (m/s)	$I = -300,1 \times Umax + 1806$	0,3000	0,0900	0,6273	0,8903	9
UR (%)	$I = -33,0 \times UR + 2916$	0,3717	0,1382	0,2093	1,7634	11
Tar (°C)	$I = 124,0 \times Tar - 2477$	0,4343	0,1886	0,1179	2,7889	12
wi (kg/m ²)	$I = 4360,8 \times wi - 1246$	0,5801	0,3366	0,0283*	6,0875	12
wc (kg/m ²)	$I = 2083,0 \times wc + 212$	0,4138	0,1712	0,1386	2,4789	12
r (m/s)	$I = 3907,9 \times r + 439$	0,7306	0,5338	0,0032*	13,7380	12
Lmed (m)	$I = 311,5 \times Lmed + 431$	0,3132	0,0981	0,3227	1,0878	10

* significativo a p = 0,05

As características de comportamento do fogo e da intensidade de queimadas prescritas no âmbito do MIF em implementação nestas UCs, especialmente quanto à menor quantidade de combustível consumido, menor velocidade de propagação da frente de fogo e baixas intensidades quando comparadas a dados disponíveis na literatura, são esperadas. Isto porque um dos principais objetivos das queimas prescritas no âmbito do MIF é fragmentar o combustível em escala de paisagem, de forma a evitar a propagação muito rápida de possíveis incêndios no final da estação seca.

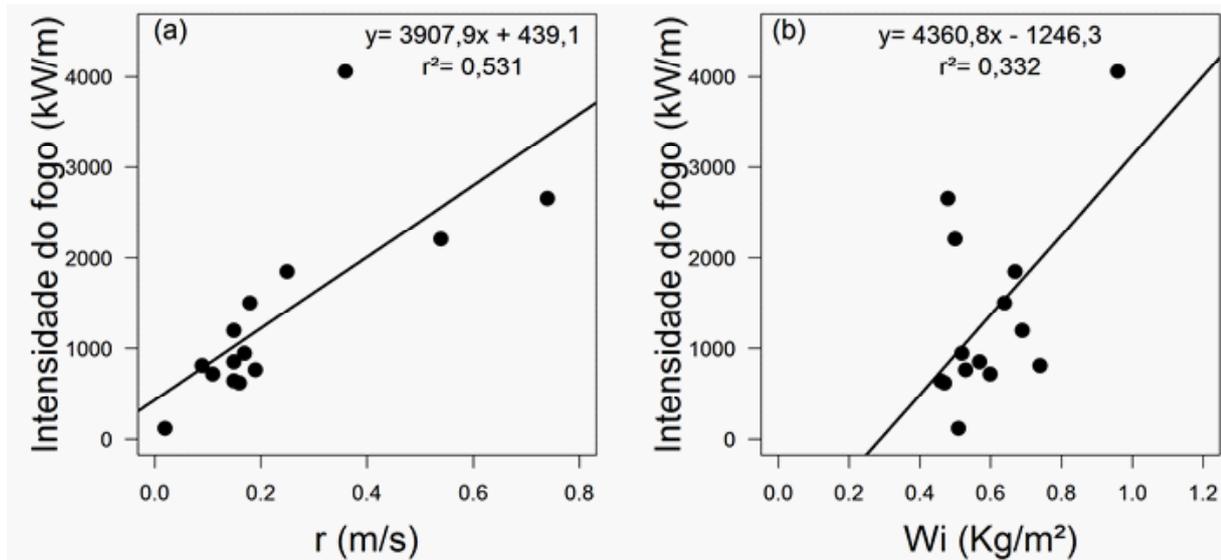


Figura 2 – Interação entre a intensidade do fogo e a velocidade de propagação do fogo (r) e combustível inicial (w_i) para queimadas prescritas realizadas no Parque Nacional das Chapadas das Mesas (MA), Parque Estadual do Jalapão (TO) e Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins (TO) entre maio e julho de 2014.

Tabela 2 – Dados de temperaturas do ar registradas durante queimadas prescritas de manejo realizadas no Parque Nacional das Chapadas das Mesas (PNCM - MA), Parque Estadual do Jalapão (PEJ - TO) e Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins (EESGT - TO) em 2014. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar representam os valores médios registrados durante as queimas.

Unidade de Conservação	Data	Horário início	Altura termômetro (cm)	Temperatura máxima (oC)	Temperaturas >60oC (s)	Última queima	Umidade relativa (%)	Temperatura do ar (oC)	Intensidade (kW/m)
PNCM	06/06/2014	18h00	1	334	132	2013	54,8	29,2	643
PNCM	06/06/2014	18h00	50	390	191	2013	54,8	29,2	643
PEJ	13/06/2014	18h30	1	362	211	2012	40,5	33,1	1.845
PEJ	13/06/2014	18h30	50	203	122	2012	40,5	33,1	1.845
PEJ	14/06/2014	10h00	1	517	83	2012	38,0	35,5	4.053
PNCM	19/06/2014	14h00	1	185	10	2012	30,0	26,8	1.191
PNCM	19/06/2014	14h00	50	394	91	2012	30,0	26,8	1.191
PEJ	25/06/2014	18h30	1	169	176	2012	33,0	33,6	não medido
PEJ	25/06/2014	18h30	50	244	163	2012	33,0	33,6	não medido
PEJ	27/06/2014	16h00	1	668	111	2012	36,5	33,0	não medido
PEJ	27/06/2014	16h00	50	93	221	2012	36,5	33,0	não medido
EESGT	02/07/2014	16h00	1	397	79	2012	35,2	30,4	713
EESGT	02/07/2014	16h00	50	61	1	2012	35,2	30,4	713
EESGT	05/07/2014	18h30	1	793	159	2012	37,2	30,0	2.654
EESGT	05/07/2014	18h30	50	202	240	2012	37,2	30,0	2.654

As queimas prescritas no âmbito do projeto piloto de implementação de MIF foram feitas em condições ambientais relativamente amenas de temperatura e umidade do ar, com o intuito de que o fogo se extinguisse naturalmente, sem necessidade de combate e sem que áreas de vegetações sensíveis ao fogo (ex. matas de galeria) fossem atingidas. Isto contrasta radicalmente com as condições e objetivos em que a maioria das queimadas experimentais realizadas e caracterizadas anteriormente no Cerrado foram feitas, com o intuito de verificar efeitos de queimadas de alta intensidade na vegetação e realizadas em horários quentes (14 às 16h), inclusive durante períodos bastante secos (umidade relativa <30%) (Miranda 2010).

Efeitos de queimas precoces e um incêndio tardio na sobrevivência de árvores

As medidas realizadas em junho 2015 indicaram que apenas quatro dos 156 indivíduos arbóreos submetidos a queimadas precoces (2,5%) morreram. Enquanto que dentre as 337 árvores marcadas na área que foi incendiada acidentalmente em setembro de 2014 a mortalidade foi de 21% (71 indivíduos).

Estes são resultados muito preliminares e pretende-se obter mais informações, com réplicas e que sejam mais representativas e úteis para o manejo das UC, a partir das informações a serem coletadas em parcelas permanentes de pesquisas instaladas nestas três áreas. Em 2015, foram estabelecidas 90 parcelas permanentes com 50 x 50m, em que todos os indivíduos arbóreos (diâmetro ≥ 5 cm a 30cm de altura) foram marcados e medidos quanto a altura e ao diâmetro a 30cm do solo, sendo 48 no PNCM, 18 no PEJ e 24 na EESGT. Dentro de cada parcela permanente, uma sub-parcela com 15 x 15m foi estabelecida para inventariar os indivíduos regenerantes (diâmetro entre 1 e 5cm) que foram medidos quanto ao número de rebrotas e quanto ao diâmetro na base e a altura. Isto permitirá o acompanhamento da resposta ao fogo de aproximadamente 4.800 indivíduos, distribuídos em cerca de 50 espécies. As parcelas experimentais foram submetidas a diferentes tratamentos: queimadas prescritas, no início da estação seca (queimas de manejo); (ii) queimadas no final da estação seca (simulando incêndios) e (iii) proteção contra o fogo, por meio de aceiros negros feitos ao redor das parcelas. A produção de biomassa combustível também será acompanhada nestas diferentes condições nas três UCs.

Estas informações serão úteis para a avaliação e planejamento das próximas etapas de implementação de MIF nestas e em outras UCs do Cerrado. Após as etapas iniciais de implementação do MIF, é importante lembrar que não há orientações e/ou definições de práticas de manejo de fogo para se garantir a conservação da biodiversidade do Cerrado. Devido à alta diversidade de espécies, manter a diversidade de regimes e tipos de fogo parece ser a melhor maneira de conservar os ecossistemas do Cerrado. Finalmente, a integração entre pesquisa aplicada e o manejo, possibilitando a criação de ambientes de troca e aprendizagem entre gestores e pesquisadores pode contribuir significativamente para o avanço e a implementação de programas efetivos de manejo.

Uso do fogo por moradores e suas primeiras impressões sobre o MIF

Outro aspecto importante que deve ser considerado para as próximas etapas de planejamento e implementação de MIF em UC do Cerrado são as razões de uso do fogo e percepções das comunidades locais sobre os efeitos dos diferentes tipos de fogo. Por exemplo, relatos de moradores locais da região do PEJ indicaram que estes perceberam as queimas de baixa intensidade como 'fracas' e, portanto, ineficientes para promover a rebrota da vegetação nativa para o pastejo do gado. Observações de campo indicam que as áreas que foram manejadas com queimas de baixa intensidade foram usadas para pastejo pelo gado. No entanto, não foi feita nenhuma quantificação quanto à quantidade de rebrota da vegetação e/ou recursos disponíveis para o gado.

Alguns moradores colocaram em questão também a eficiência de áreas queimadas desta maneira como aceiros que impeçam a propagação de incêndios no final da estação seca. Isto porque as áreas manejadas com queimas prescritas de baixa intensidade no início da estação seca não consomem todo o combustível, deixando ‘falhas’. Alguns moradores temem que este combustível não consumido seja suficiente para permitir a propagação do fogo. Com análises de imagens de satélite pode-se verificar a eficiência destas queimas em impedir a propagação de eventuais incêndios.

Adicionalmente, foi possível perceber diferenças de entendimento sobre termos e áreas/tipos de vegetação entre moradores e gestores/consultores. Embora toda a área de buritizal e campo úmido seja tratada genericamente como ‘vereda’ (Schmidt *et al.* 2011), pelas equipes gestoras das UC e pelos moradores, as diferentes visões sobre o uso do fogo nestas áreas não é tão evidente e pode causar conflito entre os gestores e os moradores. Por exemplo, para o pastejo do gado, não é interessante queimar áreas de campos úmidos no início da estação seca, pois a rebrota da vegetação nestas áreas pode atrair o gado para áreas de solo muito úmidos, onde os animais atolam. Por outro lado, a queima dos campos úmidos no início da estação seca é uma forma eficiente de proteger os buritizais ou matas de galeria inundáveis associadas a estas vegetações de campos úmidos. Quando a diferenciação entre as diferentes partes da vereda (campo úmido e buritizal) não é feita de forma adequada e clara para todos os interlocutores, há um aparente entendimento e concordância sobre os locais, épocas e formas de uso do fogo. No entanto, o que pode haver de fato é uma total dissonância de usos, objetivos e épocas para o uso do fogo. Estes tipos de desentendimentos conceituais são comuns e podem ocorrer em diversas UC regiões, sobre temas bastante diversos.

Para melhorar o entendimento entre moradores e equipe de gestores, e reduzir conflitos associados ao manejo do fogo, recomenda-se que áreas queimadas no âmbito do MIF sejam acompanhadas para medição dos parâmetros de interesse de manejo das UC e dos moradores. Neste exemplo específico das áreas de vereda, a rebrota da vegetação dos campos úmidos que serve de alimento para o gado é um dos principais interesses dos moradores, enquanto que estas áreas também são estratégicas para a proteção de vegetações sensíveis ao fogo (buritizais), assim um melhor diálogo e planejamento conjuntos parecem ser essenciais para que se atinja interesses comuns e reduza-se conflitos.

É importantíssimo que questões como estas, sobre as formas de uso do fogo bem como as percepções dos moradores locais sobre as queimadas prescritas, sejam consideradas e tratadas. Se a percepção dos moradores é de que as queimadas planejadas e executadas pelas equipes das UC com vistas ao manejo de fogo não atendem às suas necessidades e os seus anseios e desconsideram seus conhecimentos e práticas, os moradores continuarão queimando de forma independente e não negociada com as UC o que pode resultar em novos conflitos e incêndios.

Finalmente, esta experiência piloto resultou na troca de experiências entre equipes gestoras e comunidades locais. O uso de diferentes ferramentas de manejo do fogo – como mapas de acúmulo de biomassa, pinga-fogos e abafadores – interessou os moradores. Fica evidente, após esta experiência piloto, que as ações institucionais de manejo de fogo realizadas com intuito de conservação e prevenção de incêndios, bem como para as diferentes atividades produtivas de moradores das UC podem se assemelhar às formas de manejo tradicional e/ou ser rapidamente assimiladas pelas comunidades locais, o que aliás é um dos preceitos do Manejo Integrado do Fogo. A troca de experiências entre os diferentes atores e especialmente o fornecimento de ferramentas de manejo (especialmente abafadores) aos comunitários são essenciais para o avanço da implementação de MIF no interior e entorno das UC do Cerrado de forma a reduzir incêndios descontrolados e contribuir para os objetivos de conservação das UC.

Agradecimentos

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto 'Prevenção, controle e monitoramento de queimadas irregulares e incêndios no Cerrado' (Projeto Cerrado-Jalapão). O Projeto é uma realização do governo brasileiro, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção do Clima (IKI) do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Construção e Segurança Nuclear (BMUB) da Alemanha. O projeto conta com apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e apoio financeiro do Banco Alemão para o Desenvolvimento (KfW). Agradecemos a todos os participantes das etapas de planejamento, implementação e avaliação do MIF em 2014, que incluem consultores e servidores das instituições parceiras do projeto Cerrado-Jalapão e as comunidades do interior e entorno do PNCM, PEJ e EESGT pela troca de experiências e conhecimento além da hospitalidade.

Referências bibliográficas

- Andersen, A.N.; Cook, G.D.; Corbett, L.K.; Douglas, M.M.; Eager, R.W.; Russell-Smith, J.; Setterfield, S.A., Williams, R.J. & Woinarski, J.C.Z. 2005. Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. **Austral Ecology**, 30: 155-167.
- Anderson, M.K. 1996. The ethnobotany of deergrass, *Muhlenbergia rigens* (Poaceae): its uses and fire management by California Indian Tribes. **Economic Botany**, 50: 409-422.
- Barreto, C.B. 1999. **Contribuição ao manejo e à restauração da Zona de Recuperação no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), com referência especial aos incêndios, por meio de geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, 72p.
- Beaty R. 2014. **Pilot integrated fire management program – planning and implementation report**. 15p.
- Bede, 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 de 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: 387-394
- Byram, G.M. 1959. Combustion of forest fuels. In: K.P. Davies (ed.). **Forest fires: control and use**. New York: McGraw Hill. p. 61-89.
- Cardoso, E.L.; Crispim S.M.A.; Crispim A.; Rodrigues C.A.G. & Barioni-Júnior, 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: 1501-1507.
- Castro, E.A. & Kauffman, J.B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado : a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Biology**, 14: 263-283.
- Cheney, N.P. & Sullivan, A. 2008. **Grassfires: fuel, weather and fire behaviour**. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Christensen, N.L. 2005. **Fire in the parks: a case study for change management**. The George Wright Forum, 22: 12-31.
- Cirne, P. & Miranda H.S. 2008. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 20: 197-204.
- Cole, M.M. 1960. Cerrado, Caatinga and Pantanal: The Distribution and Origin of the Savanna Vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**, 126(2): 168-179.

- Coutinho, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. p. 82-105. In: J.G. Goldammer (ed.). **Fire in the tropical biota – ecosystem processes and global challenges**. Ecological Studies Vol. 8A. Springer Verlag Berlin, 497p.
- Ferraz-Vicentini, K.R.F. 1993. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia-GO**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 136p.
- França, H. 2010. **Os incêndios de 2010 nos parques nacionais do cerrado**. Technical report. Universidade Federal do ABC. 16p.
- França, H.; Ramos-Neto, M.B. & Setzer, A. 2007. **O fogo no Parque Nacional das Emas**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brazil. Série Biodiversidade 27. 140p.
- Franke, J. 2014. Documentation of the remote sensing activities in support of the fire experiments and the integrated fire management in the Parque Estadual do Jalapão, ESEC Serra Geral do Tocantins and Parque Nacional Chapada das Mesas, Brazil. Brasília-DF Furley, P.; Rees, R.M.; Ryan, C.M. & Saiz, G. 2008. **Savanna burning and the assessment of long-term fire experiments with particular reference to Zimbabwe**. Progress in Physical Geography, 32: 611-634.
- Garda, A.B.; Morita, J.P.; Malanski, L.S. & Berlink, C.N. 2014. **Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação Federais em 2013. Avaliação e recomendações**. ICMBio.
- Gorgone-Barbosa, E.; Pivello, V.R.; Bautista, S.; Zupo, T.; Rissi, M.N. & Fidelis, A. 2015. How can an invasive grass affect fire behavior in a tropical savanna? A community and individual plant level approach. **Biological Invasions**, 17: 423-431.
- Graetz R.D.; Fisher R.P. & Wilson M.A. 1992. **Looking back: the changing face of the Australian Continent**. CSIRO Publishing. 159p.
- Griffin, G.F. & Friedel, M.H. 1984. Effects of fire in Central Australia rangelands. I - Fire and fuel characteristics and change in herbage and nutrients. **Australian Journal of Ecology**, 9: 381-393.
- Guedes, D.M. 1993. **Resistência das árvores do Cerrado ao fogo: papel da casca como isolante térmico**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. 99p.
- Hoffmann, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: Matrix model projections. **Ecology**, 80: 1354-1369.
- ICMBio. 2012. **Plano de proteção anual do Parque Nacional da Chapada das Mesas**. 64p.
- ICMBio. 2014. **Plano de manejo da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins**. 529p.
- Kauffman, J.B. 2004. Death rides the forest: perceptions of fire, land use, and ecological restoration of Western Forests. **Conservation Biology**, 18: 878-882.
- 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: 519-531.
- Kayll, A.J. 1968. Heat tolerance of tree seedlings. Proceedings of the Tall Timbers. **Fire Ecology Conference**, 8: 9-15.
- Luke, R.H. & McArthur, A.G. 1978. **Bushfires in Australia**. Australian Government Publishing Service, Canberra, Austrália.
- Medeiros, M.B. & Fiedler, N.C. 2004. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, 14: 157-168.
- Melo, M.M. de & C.H. Saito. 2012. The practice of burning savannas for hunting by the Xavante indians based on the stars and constellations. **Society & Natural Resources**, 26: 478-487.
- Mcgregor, S.; Lawson, V.; Christophersen, P.; Kennett, R.; Boyden, J.; Bayliss, P.; Liedloff, A.; McKaige, B. & Andersen, A.N. 2010. Indigenous wetland burning: conserving natural and cultural resources in Australia's world. **Human Ecology**, 38: 721-729.
- Miranda, A.C.; Miranda, H.S.; Dias, I.F.O & Dias, B.F.S. 1993. Soil and air temperatures during prescribed fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 9: 313-320.



- Miranda, H.S.; Bustamante, M.M.C. & Miranda, A.C. 2002. **The Fire Factor**. p. 51-68. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna**. Columbia University Press, 424p.
- Miranda, H.S.; Neto, W.N. & Neves, B.M.C. 2010. Caracterização das queimadas de Cerrado. p. 23-34. In: H.S. Miranda (ed.) **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: resultados do Projeto Fogo**. IBAMA/MMA.
- Miranda, H.S.; Rocha-Silva, E.P. & Miranda, A.C. 1996. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. Pp. 1-10. In: H.S. Miranda; C.H. Saito & B.F.S. Dias (eds). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. ECL/UnB.
- Miranda, H.S.; Sato, M.N.; Neto, W.N. & Aires, F.S. 2009. Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. p. 427-450. In: M.A. Cochrane (Ed.). **Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics**. Springer-Praxis, Heidelberg, Germany.
- Mistry, J. 1998. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography**, 22: 425-448.
- Moura, L.C. 2014. **Relatório técnico das atividades realizadas durante o Programa Piloto de MIF 2014**. Brasília, DF.
- Munhoz, C.B.R. & Amaral, A.G. 2010. Efeito do fogo no estrato herbáceo-subarbusivo do Cerrado. p. 93-103 In: H.S. Miranda, (ed.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. IBAMA/MMA.
- Myers, J.G. 1936. Savannah and forest vegetation of the interior Guiana plateau. **Journal of Ecology**, 24: 162-84
- Myers, R. 2006. **Living with fire—sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management**. The Nature Conservancy. 36p.
- Pereira Junior, A.C.; Oliveira, S.L.J.; Pereira, J.M.C. & Turkman, M.A.A. 2014. Modelling fire frequency in a cerrado savanna protected area. **PLoS ONE** 9(7): e102380.
- Ramos-Neto, M.B. & Pivello, V.R. 2000. Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, 26 (6): 675-684.
- Rego, F.; Rigolot, E.; Fernandes, P.; Montiel, C. & Silva, S.S. 2010. **Towards integrated fire management**. European Forest Institute Reports, 244p.
- Rothermel, R.C. 1972. **A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels**. USDA Forest Service Research Paper INT USA:48.
- Rothermel, R.C. 1983. **How to predict the spread and intensity of forest and range fires**. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 161p.
- Russell-Smith, J.; Ryan P.G. & Durieu R. 1997. A LANDSAT MSS-derived fire history of Kakadu National Park, monsoonal Australia, 1980–94: seasonal effect, frequency and patchiness. **Journal of Applied Ecology**, 34: 748-66.
- Salgado-Labouriau, M.L. & Ferraz-Vicentini, K.R. 1994. Fire in the Cerrado 32.000 years ago. **Current Research in the Pleistocene**, 11: 85-87
- Sato, M.N. & Miranda, H.S. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado sensu stricto submetidas a diferentes regimes de queima. p. 102-111. In: H.S. Miranda; C.H. Saito & B.F.S. Dias (eds.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. ECL/UNB.
- Sato, M.N.; Miranda, H.S. & Maia, J.M.F. 2010. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e longo prazo. p. 77–91. In: H.S. Miranda (ed.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do Projeto Fogo**. IBAMA/MMA.
- Savado, P.; Zida, D.; Sawadogo, L.; Tiveau, D.; Tigabu, M. & Odén, P.C. 2007. Fuel and fire characteristics in savanna–woodland of West Africa in relation to grazing and dominant grass type. **International Journal of Wildland Fire**, 16: 531-539.

- Schmidt, I.B.; Sampaio, M.B.; Figueiredo, I.B. & Ticktin, T. 2011. Fogo e artesanato de capim-dourado no Jalapão - Usos tradicionais e consequências ecológicas. **Biodiversidade Brasileira**, 1: 67-85.
- Schullery, P. 1989. The fires and fire policy. **BioScience**, 39: 686-694.
- Seger, C.D.; Batista, A.C.; Tetto, A.F. & Soares, R.V. 2013. Comportamento do fogo em queimas controladas de vegetação de estepe no município de Palmeira, Paraná, Brasil. **Floresta**, 43: 547-558.
- Seplam. 2003. **Plano de manejo do Parque Estadual do Jalapão**. 131p.
- Shea, R.W.; Barbara, W.S.; Kauffman, J.B.; Ward, D.E.; Haskins, C.I. & Scholes, M.C. 1996. Fuel biomass and combustion factors associated with fires in savanna ecosystems of South Africa and Zambia. **Journal of Geophysical Research**, 101: 551-568.
- Silveira, L.; Rodrigues, F.H.G.; Jácomo, A.T. & Diniz-Filho, J.A. 1999. Impacts of wildfires on the megafauna on Emas National Park, central Brazil. **Oryx**, 33(2): 108-115.
- Simon, M.F.; Grether, R.; Queiroz, L.P. de; Skema, C.R.; Pennington, 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: 20359-20364.
- Solbrig, O.T.; Medina, E. & Silva, J.F. 1996. Determinants of tropical savannas. Biodiversity and savanna ecosystem processes. **Ecological Studies**, 121: 31-41.
- Van Wilgen, B.W.; Govender, N. & Biggs, H. 2007. The contribution of fire research to fire management: a critical review of a long-term experiment in the Kruger National Park, South. Africa. **International Journal of Wildland Fire**, 16: 519-530.
- Varghese, A. & Ticktin, T. 2008. Regional variation in non-timber forest product harvest strategies, trade, and ecological impacts: the case of Black Dammar (*Canarium strictum* Roxb.) use and conservation in the Nilgiri Biosphere Reserve, India. **Ecology and Society**, 13: 11.
- Warming, E. 1908. **Lagoa Santa – contribuição para a geografia phytobiológica**. Belo Horizonte, MG. Tradução A. Loefgren.
- Wells, M.P. & Mcshane, T.O. 2004. Integrating protected area management with local needs and aspirations. **Ambio**, 33: 513-519.
- Whelan, R.J. 1995. **The ecology of fire**. Cambridge University Press. 349p.
- Yibarbuk, D.; Whitehead, P.J.; Russell-Smith, J.; Jackson, D.; Godjuwa, C.; Fisher, A.; Cooke, P.; Choquenot, D. & Bowman, D.M.J. S. 2001. Fire ecology and aboriginal land management in Central Arnhem Land, Northern Australia: a tradition of ecosystem management. **Journal of Biogeography**, 28: 325-343.

Revista Biodiversidade Brasileira – BioBrasil. 2016, n. 2.

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/issue/view/44>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886