



CAROLINA COSTA RODRIGUES

**MANEJO DO FOGO EM ÁREAS NATURAIS:
CONHECIMENTO TRADICIONAL, CONFLITOS E SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS ASSOCIADOS**

**LAVRAS – MG
2022**

CAROLINA COSTA RODRIGUES

**MANEJO DO FOGO EM ÁREAS NATURAIS: CONHECIMENTO TRADICIONAL,
CONFLITOS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS ASSOCIADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Marco Aurélio Leite Fontes
Orientador

Prof. Dr. Wanderley Jorge da Silveira Junior
Coorientador

**LAVRAS – MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Rodrigues, Carolina Costa.

Manejo do fogo em áreas naturais: conhecimento tradicional,
conflitos e serviços ecossistêmicos associados / Carolina Costa
Rodrigues. - 2022.

94 p. : il.

Orientador(a): Marco Aurélio Leite Fontes.

Coorientador(a): Wanderley Jorge da Silveira Junior.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Manejo do fogo. 2. Conhecimento tradicional sobre o fogo.
3. Conflitos da conservação. I. Fontes, Marco Aurélio Leite. II.
Silveira Junior, Wanderley Jorge da. III. Título.

CAROLINA COSTA RODRIGUES

**MANEJO DO FOGO EM ÁREAS NATURAIS: CONHECIMENTO TRADICIONAL,
CONFLITOS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS ASSOCIADOS**

**FIRE MANAGEMENT IN NATURAL AREAS: TRADITIONAL KNOWLEDGE,
CONFLICTS AND ASSOCIATED ECOSYSTEM SERVICES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 29 de agosto de 2022.

Dr. Marco Aurélio Leite Fontes UFLA

Dr. Vinícius do Couto Carvalho INSTITUTO ALTO MONTANA DA SERRA FINA

Dra. Livia Carvalho Moura ISPN

Dra. Rosângela Alves Tristão Borém UFLA

Dra. Patrícia Vieira Pompeu UEMS

Prof. Dr. Marco Aurélio Leite Fontes
Orientador

Prof. Dr. Wanderley Jorge da Silveira Junior
Coorientador

**LAVRAS – MG
2022**

*À minha ancestralidade,
às mulheres da família, às mulheres da conservação,
às mães pesquisadoras, à minha mãe e à Ana Júlia filha amada. Dedico!*

AGRADECIMENTOS

Esta tese é fruto de vivências, reflexões pessoais e de muitos momentos de conversas, cafés, reflexões e análises conjuntas desenvolvidas no laboratório de Manejo e Conservação de Áreas Naturais, que durante a pandemia Covid-19 mesmo diante de tantos desafios e da distância física, permanecemos construindo conhecimento e fazendo ciência. Agradeço aos trabalhadores e cientistas da saúde pelo incansável trabalho durante a pandemia e garantir que a vacina chegasse a todos. Agradeço aos povos originários e povos tradicionais por lutarem por todos os seres pela proteção da mãe Natureza! Agradeço a valiosa e generosa colaboração do Wanderley, Ravi e Cléber, coautores dos artigos e amigos queridos. Aos meus orientadores Marco Aurélio e Wanderley, pelo incentivo e apoio tanto na tese, como na vida profissional, pelos conhecimentos compartilhados e confiança nas ideias. Ao Ravi e Leandro pela confecção dos mapas com todo capricho e zelo de atender as ideias do trabalho. Aos colegas da disciplina de Etnoconservação pelos momentos de troca de conhecimentos e a coleta de dados.

Agradeço aos amigos que fiz no laboratório de Ecologia Florestal e na UFLA, professores e estudantes, pelas prosas na cozinha, as disciplinas e etapas que cumprimos juntos, e todos momentos compartilhados. Ao projeto “Yoga na Capela” e a família construída ali, Atman, Viviane, professores voluntários e alunos queridos, pela troca, inspiração, aprendizados e oportunidade de praticar e dar aulas de Yoga. Sempre brinco que o Yoga me salvou! Ao gurudev Swami Satchidananda por ser luz, sabedoria e presença iluminada em minha vida. Às irmãs que Lavras me deu, Mara e Luciana, que compartilham comigo as bênçãos e os conflitos da maternidade. À Maria, amiga querida, por todo apoio com a Ana Júlia e o incentivo.

À UFLA e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal pelo acolhimento e todo apoio nessa etapa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. À CAPES, pelo apoio financeiro e todo incentivo à ciência.

Em especial, agradeço à minha família amada, meus pais Suzana e Alberto, minha irmã Sílvia, Juju filha amada, meu sobrinho Arthur, minhas tias, Tia Zezé e vovó Vininha, que sempre me incentivaram, acreditaram em mim, sonharam comigo e estiveram presentes em todos os momentos. Juju você me inspira todos os dias, com seu olhar sensível à natureza. Minha mãe que tornou tudo possível.

Nada foi possível sozinha, ter uma rede de apoio foi fundamental para essa conquista. Tantas pessoas queridas me acompanharam nessa caminhada e fazem parte dessa conquista, compartilhando momentos especiais e principalmente sendo apoio com minha filha. Foram

inúmeros desafios, renúncias e momentos de ansiedade, mas tudo valeu a pena! Fomos muito felizes nessa caminhada! Gratidão a Deus, fonte de sabedoria e força suprema em todos os momentos!!

“ As bases culturais e ecológicas que permitiram que a civilização chegasse ao estágio atual vêm sendo dilaceradas, gerando um perigoso aumento da vulnerabilidade das modernas sociedades. Reconstruir essas bases é uma condição urgente para a superação da crise de civilização que ameaça o futuro da espécie. ” (Paulo Petersen)

“ Uma inteligência incapaz de considerar o contexto e o complexo planetário fica cega, inconsciente e irresponsável. ” (Edgar Morin)

RESUMO GERAL

O manejo do fogo é uma importante ferramenta de conservação de áreas naturais, para obtenção de serviços ecossistêmicos, como a regulação da flora e fauna de ecossistemas dependentes do fogo, a proteção contra os incêndios, a manutenção das práticas tradicionais e o provimento de produtos da natureza. O Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK) das populações locais/tradicionais pode ser um aliado na gestão do fogo, favorecendo ainda mais a manutenção desses serviços. Todavia, ainda há controvérsias e mal entendimento sobre o uso do fogo na conservação. No contexto das áreas protegidas (APs), o uso do fogo por populações locais constitui um dos principais Conflitos da Conservação (CCs), que muitas vezes refletem a incompatibilidade entre os requisitos da política ambiental e as ações de gestão local. Apesar dos avanços da mudança de paradigma, da política de “Fogo Zero” para o “Manejo Integrado do Fogo” (MIF), ainda são grandes os desafios em conciliar as realidades socioculturais com a viabilidade ecológica dos ecossistemas e perceber as comunidades e seus TFK como parte da gestão, reduzindo os conflitos e desenvolvendo tecnologias mais eficazes. Nesse contexto, o objetivo desta tese foi analisar o manejo do fogo em áreas naturais e APs e suas relações com o TFK, por meio de duas pesquisas. A primeira consiste em um estudo de caso envolvendo APs do estado de Minas Gerais, onde investigou-se os CCs associados ao fogo, uso do fogo por populações locais e gestão das APs, e a importância do TFK na aplicação do MIF e dos conflitos. Para tal, utilizamos informações coletadas a partir da visão dos gestores de 29 APs. Encontrou-se que é alta a relevância dos CCs relacionados ao fogo, e que os processos de MIF ainda são incipientes ou inexistentes. Dois cenários foram encontrados: o cenário atual de gestão do fogo e dos conflitos que indica que as estratégias estão voltadas principalmente para a ótica da exclusão do fogo; e o cenário de transição para o MIF, que considera as contribuições do TFK das populações locais na gestão. A segunda pesquisa objetivou-se analisar os efeitos e os serviços ecossistêmicos do manejo do fogo, e como a presença/ ausência do TFK influencia nesses efeitos/serviços. Realizou-se um levantamento bibliográfico de pesquisas realizadas em todo mundo, publicadas em periódicos científicos. Verificou-se que o manejo do fogo tem sido uma ferramenta útil no fornecimento de serviços ecossistêmicos de regulação, provisão e culturais, a partir de queimas prescritas realizadas por gestores ou processos que envolvem os TFK. A maioria das citações corresponderam aos efeitos positivos, com destaque aos serviços de Regulação, e a categoria “Proteção contra os incêndios”. Os efeitos negativos diminuíram consideravelmente com a presença de TFK. Assim, as pesquisas demonstraram as contribuições do TFK na gestão do fogo, representando um caminho importante para apoiar a governança intercultural como forma de reduzir os conflitos, e apoiar a conservação da sociobiodiversidade, bem como, na manutenção de serviços ecossistêmicos associados ao manejo do fogo, pois possibilita maior integração dos conhecimentos, das tecnologias, da ecologia e cultura do fogo.

Palavras-chave: Gestão do Fogo. Manejo Integrado do Fogo. Conhecimento Tradicional sobre o Fogo. Conflitos da Conservação. Queima Prescrita. Áreas protegidas.

GENERAL ABSTRACT

Fire management is an important tool for the conservation of natural areas in order to obtain ecosystem services such as the regulation of the flora and fauna of fire-dependent ecosystems, the protection against wildfires, the maintenance of traditional practices and the provision of products from nature. The Traditional Fire Knowledge (TFK) may be an ally in fire management, further favoring the maintenance of those services. However, controversies and misunderstandings regarding the use of fire in conservation still remain. In the context of protected areas (PAs), the use of fire by local populations is one of the main Conservation Conflicts (CCs), which often reflects the incompatibility between the requirements of environmental policies and the local management actions. Despite advances towards the paradigm shift, from the 'Zero Fire' policy to the 'Integrated Fire Management' (IFM), there are still considerable challenges in reconciling the sociocultural realities with the ecological viability of ecosystems, as well as in understanding communities and their TFK as a part of management, and, therefore, reducing the conflicts and developing more effective technologies. In this context, the goal of this thesis was to investigate fire management in natural areas and PAs and its relation with the TFK by means of two research projects. The first one consists of a case study involving PAs in the state of Minas Gerais, in which the CCs associated with fire, the use of fire by local populations and the management of the PAs, the importance of the TFK in the application of the IFM and conflicts were investigated. To this end, information from the perception of managers from twenty-nine PAs was used. It was found that the relevance of fire-related CCs is high and that IFM processes are still incipient or non-existent. Two scenarios were found: the current scenario of fire and conflict management indicating that the strategies are mainly focused on the fire exclusion perspective; and the scenario of transition to IFM, which takes into consideration the TFK contributions of local populations in management. The second research aimed at studying the effects of fire management and its ecosystem services and how the presence / absence of the TFK influences such effects / services. A bibliographical inventory of researches from all over the world, published in scientific journals was carried out. Fire management has been found as a useful tool in providing regulatory, provision and cultural ecosystem services from prescribed fires conducted by managers or even processes that involve the TFK. Most quotes were related to the positive effects, pointing out the regulatory services and the category 'Protection against fires'. The negative effects decreased considerably with the presence of the TFK. Thus, the research has demonstrated the contributions of TFK in fire management, representing an important way to support the intercultural governance as an alternative to reduce conflicts and support the sociobiodiversity conservation, as well as, in the maintenance of ecosystem services associated with fire management, by making it possible a greater integration of knowledge, technologies, ecology and the culture of fire.

Keywords: Fire Management. Integrated Fire Management. Traditional Fire Knowledge. Conservation Conflicts. Prescribed Burning. Protected Areas.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 O papel do fogo nos ecossistemas	16
2.2 O manejo do fogo em áreas naturais e áreas protegidas	19
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	24
REFERÊNCIAS	25
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	32
ARTIGO 1 – Conflicts and fire management in protected areas and the contributions of Traditional Fire Knowledge: a case study in Brazil	33
Abstract.....	33
1. Introduction	34
2. Method	37
2.1 Study region	37
2.2 Data collection	37
2.3 Data analysis	39
3. Results	40
3.1 General conflict occurrence patterns	40
3.2 Integrated Fire Management in PAs	42
4. Discussion	45
5. Conclusion	48
References.....	49
Supplementary material.....	56
ARTIGO 2 – O Conhecimento Tradicional influencia os efeitos do manejo do fogo e os serviços ecossistêmicos associados	63
RESUMO	63
ABSTRACT	64
1 INTRODUÇÃO	65
2 MATERIAL E MÉTODOS	67
2.1 Coleta de dados	67
2.2 Análise de dados	68
3 RESULTADOS	72
4 DISCUSSÃO	77
5 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A	90

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O fogo tem se tornado um tema cada vez mais discutido na área de conservação e seu uso no manejo da paisagem uma ferramenta importante na manutenção de ecossistemas dependentes e/ou adaptados ao fogo para manter suas espécies nativas, habitats e paisagens; na proteção contra os incêndios em ecossistemas sensíveis ao fogo, ou onde o fogo está ocorrendo com maior frequência e sob condições adversas, como seca intensa e altas temperaturas; bem como, nas interações com muitas populações tradicionais que necessitam do fogo para a manutenção de suas práticas sociais e espirituais, para a conservação dos recursos naturais e o provimento de produtos da natureza.

O manejo do fogo compreende o conjunto de decisões técnicas e ações disponíveis para evitar, preservar, controlar ou utilizar o fogo em uma paisagem específica (MYERS, 2006), seja no contexto das áreas protegidas¹ (APs) ou no uso pelas populações locais. No entanto, o manejo do fogo baseado na predominante visão do século XX (Paradigma do Fogo Zero) dificilmente solucionará os problemas dos incêndios destrutivos e nem será eficaz em resgatar os regimes de fogo sustentáveis em ecossistemas que as queimadas são necessárias. Conforme, Myers (2006) no trabalho de referência “Convivendo com o Fogo— Manutenção dos Ecossistemas & Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo” realizado pela organização *The Nature Conservancy*, nas decisões sobre o manejo do fogo é fundamental que haja a integração de realidades socioculturais e as necessidades ecológicas dos ecossistemas com os aspectos tecnológicos do fogo. Assim, sob a luz deste paradigma contemporâneo da gestão do fogo, o Manejo Integrado do Fogo (MIF) é nosso ponto de partida. A partir de suas premissas (técnicas de manejo, ecologia e cultura do fogo), esta tese tem como objetivo geral compreender o manejo do fogo em áreas naturais e APs e suas relações com o Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK) – importância, conflitos relacionados e as contribuições para a gestão intercultural e participativa, bem como os serviços ecossistêmicos associados, de forma a contribuir com a conservação de áreas naturais e trazer subsídios para gestores, tomadores de decisões políticas e pesquisadores.

Essa tese é um processo de amadurecimento e construção do conhecimento desenvolvido no laboratório de Manejo e Conservação de Áreas Naturais, do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), que começou em 2014, quando ocorreram incêndios de grande proporção e severidade no município de

¹ o termo “áreas protegidas” nesta tese é colocado como similar a Unidades de Conservação, se referindo a definição utilizada internacionalmente.

Carrancas – MG, juntamente com o anseio pessoal de construir um projeto de dissertação na época sobre os conhecimentos ecológicos tradicionais daquela região. Assim, a recorrência e aumento de incêndios intensos e sem controle nas áreas naturais, que historicamente foram queimadas tanto de forma natural pelos raios como para o manejo tradicional da paisagem pelas populações antigas, nos levaram a questionar sobre as mudanças ambientais, culturais e do uso da terra que influenciavam o pior cenário de fogo para os campos rupestres de Carrancas. Desse questionamento, construímos minha dissertação de mestrado “Perspectiva etnoecológica do fogo na conservação de ecossistemas naturais”, defendida em 2016. Na qual, sistematizamos como era o Manejo Tradicional do Fogo e seus conhecimentos associados, bem como verificamos sua importância na conservação e proteção dos ecossistemas locais. Também, como fruto desse trabalho e acompanhamento dos incêndios subsequentes na região, em 2022 publicamos o artigo “Histórico de Incêndios em Campos Rupestres Disjuntos: um Estudo de Caso em Carrancas, Minas Gerais” na revista Biodiversidade Brasileira. Informamos que regimes de fogo caracterizados predominantemente por incêndios têm sido recorrentes em campos rupestres, principalmente pelo aumento de ocorrências na estação seca tardia. Também, revelamos os riscos à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos, compreendendo que é urgente assegurar regimes de fogo sustentáveis na região, reconhecendo o papel ecológico e sociocultural do fogo. Para isso, incentivamos o manejo tradicional do fogo como prática conservacionista, a partir de uma política pública de MIF, para além das Unidades de Conservação (UCs) (áreas protegidas brasileiras) (RODRIGUES, 2016; RODRIGUES et al., 2022).

Nessa trajetória de adentrar no universo da ciência do fogo e sobretudo nas contribuições do MIF para as áreas naturais, desenvolvemos um projeto de doutorado junto ao gestor do Parque Nacional do Itatiaia, que vinha dando os primeiros passos com a implementação do Plano de Manejo Integrado do Fogo (PMIF) (ICMBIO, 2017) no domínio da Mata Atlântica. Na qual, em uma ação corajosa (e ainda controversa entre alguns setores), o PMIF do parque tem como um de seus objetivos realizar queimadas prescritas de baixa intensidade no início da estação seca nos campos de altitude, buscando proteger as fisionomias florestais sensíveis ao fogo, sua biodiversidade, e seu elevado número de espécies endêmicas e ameaçadas, e manter os processos ecossistêmicos, como a regulação do ciclo hidrológico (AXIMOFF; RODRIGUES, 2011; MARTINELLI, 1996). Nosso projeto buscou analisar aspectos ecológicos relacionados ao fogo nos fragmentos florestais dos campos de altitude e aspectos culturais do fogo nas comunidades humanas do entorno do Parque e nas ações do PMIF, para proposição de recomendações e protocolos de aprimoramento. No entanto, a pandemia do

Covid-19 impossibilitou a coleta de dados, que estava prevista para o ano de 2020. Neste período, o parque ficou fechado por meses e como havia a necessidade de percorrer as comunidades locais, foi avaliado junto ao gestor os riscos envolvidos, principalmente de propagação do vírus e até o momento não havia vacina disponível.

Diante do exposto, replanejamos a construção desta tese a partir de outras pesquisas que paralelamente nosso grupo de estudo relacionado à temática da Etnoconservação vinha desenvolvendo no laboratório. Realizamos duas pesquisas, que compõe esta tese, orientados pela busca de compreender as contribuições do TFK na gestão do fogo, uma vez que é um grande desafio a participação das comunidades na gestão dos territórios e a valorização dos conhecimentos tradicionais como ferramenta de conservação. A primeira pesquisa foi criada a partir da pesquisa de doutorado “*Conservation Conflicts and Their Causes in Protected Areas: a Case Study in Brazil*”, do professor Wanderley Jorge Silveira Junior, desenvolvida no laboratório. Este estudo analisou os Conflitos da Conservação (CCs) em APs, que encontrou que os diferentes níveis de restrição de UCs estão associados a diferentes padrões de ocorrência dos conflitos, assim como a diferentes causas (SILVEIRA-JUNIOR et al., 2021). As queimadas foram um dos principais conflitos encontrados, causados principalmente por problemas associados a regularização fundiária e à presença de agricultura em áreas adjacentes.

A partir desse achado, delimitamos a primeira pesquisa com as UCs que tiveram conflitos associados ao fogo e estabelecemos algumas questões norteadoras: Como as APs lidam com os conflitos associados ao fogo? Quais estratégias são adotadas de gestão do fogo e gestão dos conflitos relacionados? Quais grupos sociais estão envolvidos? Quais as contribuições dos TFK das populações locais para a gestão do fogo? O MIF é aplicado na AP? Qual a percepção dos gestores sobre o MIF? Assim, utilizamos informações coletadas a partir da visão dos gestores de 29 UCs do estado de Minas Gerais, o que resultou no primeiro artigo da tese intitulado: “Conflicts and fire management in protected areas and the contributions of Traditional Fire Knowledge: a case study in Brazil” (versão preliminar para submissão em periódico científico).

A segunda pesquisa iniciou-se durante a disciplina “Etnoconservação e ações participativas em áreas protegidas”, ofertada pelo professor Marco Aurélio, a partir de uma demanda do nosso grupo de estudo. Nessa disciplina delineamos uma questão de estudo para construção de um artigo, que teve o manejo do fogo como tema central. Estabelecemos a questão norteadora: a presença do TFK contribui para gestão/manejo do fogo em áreas naturais, mantendo e potencializando os serviços ecossistêmicos associados? Realizamos o

levantamento bibliográfico de pesquisas realizadas em todo mundo e publicadas em periódicos científicos, para analisar os efeitos e os serviços ecossistêmicos do manejo do fogo, e como a presença/ ausência do TFK influencia nesses efeitos/serviços. Na qual, resultou no segundo artigo desta tese intitulado: “O Conhecimento Tradicional influencia os efeitos do manejo do fogo e os serviços ecossistêmicos associados” (artigo a ser submetido).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O papel do fogo nos ecossistemas

O fogo é um fator importante de longa história de ocorrência em escalas de tempo paleoecológicas, responsável por moldar características bióticas e processos ecossistêmicos (BEERLING; OSBORNE, 2006; BOND; WOODWARD; MIDGLEY, 2005), além de influenciar processos culturais e econômicos por todo o mundo (DURIGAN; RATTER, 2016; LONG; LAKE; GOODE, 2021; SEIJO et al., 2015; SHAFFER, 2010). O fogo é parte integrante e natural de diversos ecossistemas do mundo, cujo regime também pode ser moldado pela ação antrópica (ARCHIBALD, 2003; ARCHIBALD 2016; BOND; BOND; KEELEY 2005; BOND; WOODWARD; MIDGLEY, 2005; BOWMAN et al., 2011; LEHMANN et al., 2011; MYERS 2006; PAUSAS; KEELEY, 2009).

O regime de fogo é a expressão temporal, espacial, comportamental e de consumo do combustível (copa, superfície, subsolo) do fogo para ecossistemas específicos (COCHRANE; RYAN, 2009; HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005), ou seja, quando (sazonalidade, frequência), como (intensidade, altura, velocidade, severidade, extensão), onde (ambiente, fitofisionomia) e por que ocorre (origem, causa e objetivos) (BERLINCK; BATISTA, 2020; FIDELIS, 2020; MYERS, 2006). Assim, esse conjunto de características vai determinar se é um regime de fogo natural ou antrópico, saudável ou degradado, atual ou passado (SHLISKY et al., 2007).

Ao abordarmos o fogo como um tema de conservação é essencial identificar e compreender os diferentes papéis que o fogo exerce nos diferentes ecossistemas. Dessa forma, os ecossistemas podem ser enquadrados em categorias de acordo com sua propensão à queima e em suas respostas ao fogo (MYERS, 2006). De acordo com Hardesty, Myers e Fulks (2005) e Schmidt et al. (2016) eles são classificados em:

- a) independentes do fogo: o fogo raramente ocorre nestes ambientes, pois naturalmente a vegetação não produz combustível suficiente para manter a propagação ou não existem fontes naturais de ignição para apoiar o fogo como uma força evolutiva. Por exemplo, tundra e desertos;
- b) sensíveis ao fogo: nestes ambientes, a maioria das espécies não evoluiu na presença do fogo e não desenvolveram adaptações como respostas ao fogo, por isso a mortalidade é alta mesmo quando a intensidade do fogo é baixa (como a floresta tropical úmida). Nestes casos, a ocorrência de queima é eventual, por exemplo, para a Amazônia, o

intervalo de fogo é de 500 a 1000 anos (COCHRANE, 2009). Portanto, o fogo recorrente causa impactos negativos significativos na diversidade e funcionalidade desses ambientes, pois aumenta a susceptibilidade da vegetação às queimadas e às fontes de ignições, pela alteração das condições ambientais locais (abertura do dossel pela mortalidade de espécies arbóreas, redução da umidade, etc.);

- c) dependentes ou adaptados ao fogo (resistentes ao fogo ou pirofíticos): são aqueles em que a maioria das espécies têm evoluído na presença de fogo, considerando o fogo um processo essencial para a conservação da biodiversidade (por exemplo, em savanas, ecossistemas mediterrâneos, florestas temperadas de coníferas). Muitas espécies desenvolvem adaptações anatômicas e fisiológicas de resistência ao fogo, como cascas suberizadas, frutos lenhosos ou serotinosos, reservas subterrâneas, capacidade de rebrota a partir de estruturas subterrâneas ou aéreas, floração, dispersão ou germinação de sementes impulsionadas após a passagem do fogo. Assim, a vegetação inicia sua recomposição imediatamente pós-fogo. A alteração do regime de queima de tais ambientes, seja pela exclusão do fogo ou sua introdução com uma frequência maior, alta intensidade ou períodos mais secos pode alterar substancialmente a composição e estrutura desses sistemas (SCHMIDT et al., 2016);
- d) influenciados pelo fogo (ecossistemas de transição): esta categoria é apontada principalmente pelos trabalhos que abordam o manejo do fogo em áreas de conservação, onde as múltiplas respostas podem acontecer (MYERS, 2006). Geralmente são vegetações que ficam na transição entre ecossistemas dependentes do fogo e sensíveis ao fogo ou independentes do fogo, como floresta tropical seca, floresta esclerófila, vegetações ripárias ao longo de cursos d'água e “ilhas de vegetação” sensíveis ao fogo em uma matriz de savanas e campos tropicais (SCHMIDT et al., 2016). Ademais pode incluir tipos mais amplos de vegetação, onde as respostas das espécies ao fogo ainda não foram identificadas e o papel do fogo não é conhecido (MYERS, 2006). O fogo comumente é iniciado em uma vegetação adjacente dependente do fogo, mas também ocasionado naturalmente por raios ou associado às práticas agropecuárias. A vegetação é constituída de espécies sensíveis e resistentes ao fogo e, após um evento de fogo, as resistentes geralmente são favorecidas e reestruturam a comunidade (SCHMIDT et al., 2016). Assim, o fogo pode ser importante na criação de certos habitats pela abertura de florestas ou da cobertura vegetal, iniciando os processos de sucessão e a manutenção da vegetação de transição.

É importante considerar que a classificação destaca o papel do fogo de forma ampla, no âmbito do bioma/ecorregião, reconhecendo que dentro das ecorregiões pode existir diferentes fitofisionomias, habitats e ecossistemas com respostas diversas dos efeitos predominantes (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; MYERS, 2006). Dessa forma, nem todos os ecossistemas ou os tipos de vegetação encaixam-se perfeitamente nas categorias, no entanto caracterizá-las permite ilustrar e discutir as ameaças, as necessidades ecológicas, as oportunidades associadas ao fogo nos ambientes e como as ações de manejo e conservação variam entre eles. (MYERS, 2006).

O Cerrado brasileiro, por exemplo, com 2.000.000 km² de extensão (GOMES; MIRANDA; BUSTAMANTE, 2018), é um mosaico de tipos de vegetação, com predominância das savanas, que resultam em alta heterogeneidade ambiental (RIBEIRO; WALTER, 2008) e diferentes regimes de fogo (GOMES; MIRANDA; BUSTAMANTE, 2018). As savanas abertas e as formações de savana são mais inflamáveis e tolerantes ao fogo do que as formações florestais (HOFFMANN et al., 2012).

Ademais, as categorias representam os regimes de fogo como componentes da saúde ambiental dos ecossistemas em questão (SHLISKY et al., 2007), diferentemente das mudanças drásticas no regime do fogo, que é uma das principais ameaças à conservação e à biodiversidade (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; KELLY et al., 2020; SITTERS; DI STEFANO, 2020; SANTOS et al., 2022). O regime de fogo pode ser modificado por atividades humanas, tais como a supressão do fogo, as queimadas excessivas, a conversão do ecossistema, fragmentação da paisagem, má gestão e aquecimento global. O regime de fogo atual pode afetar negativamente a viabilidade dos ecossistemas desejáveis e a sustentabilidade dos produtos e serviços que esses ecossistemas oferecem. (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; SHLISKY et al., 2007).

De acordo com a Millennium Ecosystem Assessment (2005), os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, constituindo serviços de provisão, como alimentos, remédios, madeira e fibras; de regulação que afetam a qualidade da água e do solo, a flora e fauna, o clima, pragas e doenças; serviços culturais que fornecem benefícios ao bem-estar, estéticos, espirituais e da manutenção dos modos de vida; e serviços de apoio, sendo aqueles necessários para a produção dos outros serviços e que também podem estar incluídos nas demais categorias, como exemplo a formação de solo, formação de habitats abertos e ciclagem de nutrientes.

Assim, ao integrar uma visão evolutiva e socioecológica, os regimes naturais e históricos de fogo podem ser entendidos como fornecedores dos inúmeros benefícios à

humanidade e aos ecossistemas, que incluem a mitigação de incêndios florestais, manutenção de ecossistemas dependentes do fogo, limpeza da paisagem etc. (PAUSAS; KELLEY, 2019a). Porém, está evidente que nem todas as ocorrências e nem todos os regimes de fogo são sustentáveis e geram benefícios à humanidade (PAUSAS; KEELEY, 2019b). Visto como os impactos socioambientais negativos e até catastróficos dos incêndios têm ocorrido ao longo do globo (GILL; STEPHENS; CARY, 2013; FIDELIS et al., 2018), constituindo os regimes alterados, degradados de fogo devido aos fatores antropogênicos (SHLISKY, 2007; PAUSAS; KEELEY, 2019b).

No cenário atual de mudanças ambientais em que os incêndios sem controle se tornam cada vez mais frequentes e prejudiciais ao equilíbrio ecológico (FIELD et al., 2007; BRANDO et al., 2019), tem se tornado ainda mais necessário compreender e moldar ativamente os regimes de fogos (PAUSAS; KELLEY, 2019a). Assim, a análise dos *trade-offs* do fogo (benefícios e danos ambientais, sociais e econômicos potenciais) é parte crucial da tomada de decisão na gestão contemporânea do fogo (MYERS, 2006). Na qual, as estratégias de manejo do fogo em áreas naturais têm buscado alcançar múltiplos benefícios ecológicos e socioculturais (serviços ecossistêmicos), como aqueles proporcionados pelas ocorrências naturais de fogo, sobretudo em ambientes dependentes do fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; MYERS, 2006; PAUSAS; KELLEY, 2019a).

2.2 O manejo do fogo em áreas naturais

O manejo do fogo se refere ao conjunto de decisões técnicas e ações disponíveis para evitar, preservar, controlar ou utilizar o fogo em uma determinada paisagem (MYERS, 2006), seja no contexto das UCs ou no uso pelas populações humanas. O uso do fogo permitiu que os seres humanos evoluíssem em diferentes regiões do planeta, possibilitando-lhes adaptar-se a condições de frio intenso, a prática de rituais, caçar, cultivar, abrir acessos e áreas para instalação de acampamentos e cozinhar os alimentos (PAUSAS; KEELEY, 2009a). Para os povos indígenas, o uso do fogo faz parte de sua cultura e de um conjunto de técnicas de manejo da paisagem, da vegetação e dos animais (FALLEIRO, 2011; MELO; SAITO 2011). Muitas das práticas e conhecimentos foram transmitidos aos camponeses ao longo da história (PIVELLO, 2011), sendo uma ferramenta comum de manejo agropecuário diretamente responsável pelo sustento de milhões de pessoas pelo mundo (BOWMAN; O'BRIEN; GOLDAMMER, 2013; MISTRY; BIZERRIL 2011).

No entanto, a história do uso do fogo pelas populações humanas não foi harmônica, desde os tempos coloniais quando as populações começaram a ser impedidas de manter suas práticas tradicionais de uso da terra (MOURA et al., 2019). Conforme o contexto histórico e legal, o controle e a criminalização do uso do fogo foi utilizado como uma estratégia de controle social e econômico de inúmeros territórios ao longo dos séculos passados (PIVELLO, et al., 2021; SEIJO et al., 2015). No manejo de áreas de conservação, a exclusão do fogo e as ações de controle foram priorizadas, em vez da prevenção e gestão (BERLINCK; LIMA, 2021). Assim, o uso do fogo passou a ser um dos principais motivos de conflitos entre a gestão de áreas naturais/ protegidas e comunidades locais (SILVEIRA-JUNIOR et al., 2021).

No século XX, predominava a visão do fogo como uma ameaça à população e aos recursos naturais (MYERS, 2006), na qual, a maioria dos países adotaram políticas de “fogo zero” para as áreas naturais, com intuito de prevenir e controlar o fogo, priorizando-se técnicas de combate e controle dos incêndios (MISTRY et al., 2019). No aspecto social, foram implementados muitos programas de educação ambiental para dissuadir a população, sem distinguir as diferenças entre as faces do fogo (o fogo benéfico – que se beneficia dos seus efeitos como ferramenta útil para manejar a vegetação e a vida selvagem; o fogo maléfico – incêndios sem controle que representam uma ameaça à segurança e subsistências dos povos e à manutenção da biodiversidade) (MYERS, 2006).

Algumas dessas medidas foram tão eficazes e determinantes na supressão do fogo nos ecossistemas, que a sociedade perdeu a noção da utilidade do fogo como ferramenta importante para o processo de modelagem da paisagem, principalmente para aquelas evolutivamente associadas ao fogo (MYERS, 2006; DURIGAN; RATTER, 2016; ELOY et al., 2019). Logo, as mudanças de longo prazo na vegetação sem o manejo apropriado do fogo resultaram em novos regimes de fogo, maior frequência e intensidade, que são estabelecidos pelo acúmulo de material combustível (ARCHIBALD, 2016; BOWMAN et al., 2011; FIDELIS et al., 2018). O resultado global deste cenário são as incidências de incêndios cada vez mais severos à biodiversidade, ao solo e às bacias hidrográficas, que geram um alto custo econômico com a perda de propriedades e com o combate (BOWMAN; O'BRIEN; GOLDAMMER, 2013; MYERS, 2006).

As críticas à ampla política de “fogo zero” enfatizam o papel único do fogo na relação com os ambientes e nas realidades socioculturais em muitas regiões do mundo (MCDANIEL; KENNARD; FUENTES, 2005; MISTRY; BILBAO; BERARDI, 2016; SLETTTO, 2008; SORRENSEN, 2009). Além disso, a ineficácia dessas políticas é demonstrada pela crescente discussão no campo governamental e científico de ações que buscam a mudança de paradigma

na visão ao fogo, e os gestores de APs apontam a necessidade de abordar sobre a recorrência de incêndios florestais, mediante os efeitos emergentes da mudança climática e os conflitos de interesses com as comunidades locais (MISTRY et al., 2019).

Assim, na perspectiva contemporânea de prevenir grandes incêndios, inúmeros pesquisadores de diferentes continentes do mundo expõem uma estrutura denominada Manejo Integrado do Fogo (MIF) (KOJWANG, 2000; MYERS, 2006; REGO et al., 2010). O MIF é a integração da ciência e da sociedade com as tecnologias de manejo do fogo em múltiplos níveis, integrando em uma abordagem holística os aspectos ecológicos, socioculturais, econômicos e políticos do fogo (KAUFMANN; SHLISKY; KENT, 2003). Esse processo pode ser considerado o avanço naquilo que historicamente se faz na gestão do fogo em UCs - prevenção, combate e controle do uso do fogo com outros processos, que respeitem os povos que precisam utilizar o fogo e as características ecológicas dos ecossistemas. Em muitos lugares pode ser considerado aquilo que as comunidades tradicionais já desenvolvem na gestão das paisagens.

Dessa forma, o MIF busca reconhecer o Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK), que compõe o denominado Conhecimento Ecológico Tradicional (TEK), resultado do processo de evolução cultural e adaptativa de grupos humanos em interação com o seu meio, estabelecido nos sistemas socioecológicos, nos quais emergiram técnicas e estratégias de uso dos meios bióticos e abióticos (BERKES, 2004). Atualmente, o TFK é apontado como fundamental para as ações contemporâneas de manejo do fogo, pois possibilita a criação e manutenção dos serviços ecossistêmicos (LONG; LAKE; GOODE, 2021; NIKOLAKIS; ROBERTS, 2021; SEIJO et al., 2015; SHAFFER, 2010). Como exemplo, a proteção contra os impactos negativos dos incêndios florestais, moderando o volume de material combustível; a regulação da biodiversidade, da qualidade do solo e das bacias hidrográficas; no provimento de produtos derivados da natureza; e na manutenção da cultura de populações tradicionais (HUFFMAN, 2013; SEIJO et al. 2015;).

Programas de manejo do fogo em APs vêm sendo implementados há décadas em ecossistemas dependentes e adaptados ao fogo pelo mundo (PRICHARD; STEVENS-RUMANN; HESSBURG, 2017), como nos Estados Unidos (CHRISTENSEN, 2005; SCHULLERY, 1989;), África do Sul (VAN WILGEN; GOVENDER; BIGGS, 2007), Austrália (PARR; WOINARSKI; PIENAAR, 2009), Zâmbia (SHEA; SHEA; KAUFMAN, 1996), Burkina Faso (SAVADOGO et al., 2007), e, mais recentemente, na Venezuela e no Brasil (MISTRY et al., 2019; SCHMIDT et al., 2018). Estes planos e/ou programas são implementados a partir de estratégias diversas que incluem a exclusão e o combate ao fogo, a tolerância a queimadas naturais ou antrópicas dentro de determinados limites, e o uso de

queimadas prescritas pelos gestores. As queimadas prescritas se referem a queima manejada com objetivos pré-definidos, planejamento, período de queima determinado e possivelmente condições bióticas e abióticas monitoradas (FALLEIRO et al., 2021; MYERS, 2006; PIVELLO et al., 2021).

Apesar dos avanços, parques nacionais como da África do Sul e Estados Unidos nem sempre tiveram a abordagem do manejo do fogo com base comunitária disseminada (BOND; ARCHIBALD, 2003; VAN WAGTENDONK, 2007; VAN WILGEN, 2009). A Austrália é o país que se destaca como referência mundial no uso do fogo pelas populações tradicionais, no manejo participativo e na valorização do TFK (MORRISON; COOKE, 2003; RUSSELL-SMITH et al., 2013). Assim, a avaliação dos diferentes caminhos percorridos pelos países favoreceu a implementação do MIF na América do Sul (BERLINCK; LIMA, 2021), como exemplo a Venezuela e no Brasil (SCHMIDT et al., 2018; MISTRY et al., 2019).

Nas savanas da América do Sul, o sucesso dessa iniciativa tem sido medido pela redução dos incêndios florestais e pela abertura de um diálogo sobre o manejo do fogo entre as agências governamentais e as comunidades locais (MISTRY et al., 2019; RODRÍGUEZ et al., 2013a,b). A governança intercultural tem sido colocada em evidência (RODRÍGUEZ et al., 2013a,b) como forma de reduzir conflitos e favorecer a conservação da sociobiodiversidade (MISTRY et al., 2019). No Brasil, os resultados encontram-se principalmente nas UCs federais, como o Parque Nacional da Serra da Canastra (BATISTA et al., 2018), a Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins (BARRADAS et al., 2020), o Parque Nacional dos Campos Amazônicos (BERLINCK; LIMA, 2021) e o Parque Nacional Chapada das Mesas (SCHMIDT et al., 2018). Ademais, o avanço principal é o projeto de lei da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo – PNMIF (BRASIL, 2018), construída por um amplo grupo de trabalho envolvendo segmentos da sociedade civil, como populações locais, analistas ambientais do Ministério do Meio Ambiente, Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo/Ibama) e gestores do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e pesquisadores (CHAVES, 2018).

Apesar dos avanços na mudança de paradigma no cenário federal (BERLINCK; LIMA, 2021), o manejo do fogo ainda é incipiente nos Estados brasileiros (PIVELLO et al., 2021). Por exemplo, nas UCs do Estado de Minas Gerais, até 2020 predominou a política de supressão de fogo, devido à legislação mais restritiva quanto ao uso do fogo para manejar paisagens e a biodiversidade (BATISTA et al., 2018). O que resultou em incêndios de grandes proporções, alta intensidade e severidade na estação seca, afetando a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas. Muitos desses incêndios se originam dos conflitos do uso do

fogo com a gestão das UCs, pois, esses conflitos influenciam na incidência de incêndios acidentais pelas queimadas não autorizadas e mal planejadas, e dos incêndios criminosos como represálias à conservação da biodiversidade. Contudo, o decreto estadual de abril de 2020 aponta um horizonte promissor na gestão do fogo nesse estado, pois permite o manejo do fogo para fins de prevenção aos incêndios no interior e entorno das UCs estaduais, desde que respeite a relação de dependência evolutiva do fogo nos biomas onde será empregado ou atender ao manejo de combustíveis exóticos (MINAS GERAIS, 2020).

Todavia, considerando os diferentes contextos regionais do Brasil ainda são grandes os desafios de conhecer a relação entre o fogo e a conservação da biodiversidade, bem como, de conciliar as realidades socioculturais do uso do fogo com a viabilidade ecológica e a sustentabilidade dos ecossistemas (BERLINCK; LIMA, 2021; MYERS, 2006; PIVELLO et al., 2021). De forma, a perceber as comunidades e seus TFK como parte da solução da gestão do fogo, reduzindo os conflitos, na manutenção de serviços ecossistêmicos e desenvolvendo incentivos e tecnologias mais eficazes (MYERS, 2006; SEIJO et al., 2015).

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nós demonstramos o papel do manejo do fogo como ferramenta útil na conservação de áreas naturais e ilustra as contribuições do TFK na gestão do fogo. Essas contribuições representam um caminho importante para apoiar a governança intercultural, que considera diferentes significados da natureza no processo de formulação das políticas ambientais, como forma de reduzir os conflitos, apoiar o manejo sustentável dos recursos naturais e a conservação da sociobiodiversidade. O TFK favorece a manutenção de serviços ecossistêmicos associados ao manejo do fogo, possibilitando maior integração dos conhecimentos, das tecnologias, da ecologia e cultura do fogo. Buscamos reforçar o entendimento sobre os efeitos do fogo nos ecossistemas naturais e seus serviços, e que são urgentes estudos de casos, cuja questão central seja analisar os efeitos do manejo do fogo nos serviços ecossistêmicos em contextos específicos, considerando as questões sociais, culturais, ecológicas e econômicas, e a inter-relação entre elas.

O estudo de caso no Estado de Minas Gerais evidenciou a alta relevância dos Conflitos da Conservação associados ao fogo em APs, envolvendo as populações locais, residentes no entorno e que tem como finalidade o uso do fogo para o manejo da pastagem nativa e a agricultura. Embora essas APs realizem alguma estratégia de gestão do fogo e de gestão dos conflitos, em muitas delas ainda prevalecem ações de controle e combate ao fogo dentro da ótica da exclusão do fogo sem considerar as particularidades socioecológicas dos ambientes. Assim, demonstrou-se os que os processos de Manejo Integrado do Fogo (MIF) ainda são incipientes ou inexistentes. No entanto, no cenário federal considera-se um horizonte promissor pela criação do Projeto de Lei da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, pelo aumento das pesquisas e divulgações científicas que diferenciem as duas faces do fogo e consolidando o papel do manejo do fogo na conservação.

A pesquisa reforçou que a integração das premissas estabelecida pelo MIF é a chave para a sustentabilidade e o sucesso da gestão do fogo, tendo o TFK como parte fundamental desse processo. O TFK pode contribuir na gestão adaptativa do fogo e no planejamento de tecnologias mais adequadas, gerados pela construção e troca de conhecimentos, enriquecendo ainda mais o conhecimento científico/ técnico associado ao manejo do fogo. E por fim, espera-se que as pesquisas que compõem esta tese possam contribuir enriquecendo a área de estudos sobre o manejo do fogo e o TFK na conservação, fornecendo subsídios para futuras pesquisas sobre o tema e para gestão de áreas naturais e protegidas no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS

- ARCHIBALD, S. Managing the human component of fire regimes: lessons from Africa. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, [s. l.], v. 371, n.20150346, p. 1-11, 2016. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0346>
- AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R.C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n. 1, p 83-92, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050982750>
- BARRADAS, A. C. S. et al. Paradigmas da gestão do fogo em áreas protegidas no mundo e o caso da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. **BioBrasil**, Brasília, v.10, n. 2, p. 71-86, 2020. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i2.1474>
- BATISTA, E. K. L. et al. Past fire practices and new steps towards an effective fire management approach in the Brazilian savannas. In: VIEGAS, D. X. (ed.). **Advances in forest fire research**. Coimbra: University of Coimbra, 2018. p. 598-606. https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_66
- BEERLING, D. J.; OSBORNE, C.P. The origin of the savanna biome. **Global change biology**, Illinois, v. 12, n. 11, p. 2023-2031, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01239.x>
- BERKES, F. Rethinking Community-Based Conservation. **Conservation Biology**, [s.l.], v. 18, n. 3, p. 621-630, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00077.x>
- BERLINCK, C. N.; BATISTA, E. K. L. Good fire, bad fire: it depends on who burns. **Flora**, Freiberg, v. 268, n. 151610, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151610>
- BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A. Implementation of Integrated Fire Management in Brazilian Federal Protected Areas: Results and Perspectives. **BioBrasil**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 128-138, 2021. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1709>
- BOND, W. J.; KEELEY, J. E. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution**, Maryland Heights, v. 20, p. 387-394, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025>
- BOND, W. J.; ARCHIBALD, S. Confronting complexity: fire policy choices in South African savanna parks. **International Journal of Wildland Fire**, Australia, v. 12, n. 4, p. 381-389, 2003. <https://doi.org/10.1071/WF03024>
- BOND, W.J.; WOODWARD, F.I.; MIDGLEY, G.F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New phytologist**, [s. l.], v. 165, n. 2, p.525-538, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>
- BOWMAN, D. M.J.S.; O'BRIEN, J.A.; GOLDAMMER, J.G. Pyrogeography and the global quest for sustainable fire management. **Annual Review of Environment and Resources**, [s. l.], v. 38, p. 57-80, 2013. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082212-134049>

BOWMAN, D.M.J.S. et al. The human dimension of fire regimes on Earth. . **Journal of Biogeography**, [s. l.], v. 38, n. 12, p. 2223–2236, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>

BRANDO, P. M. et al. Droughts, Wildfires, and Forest Carbon Cycling: A Pantropical Synthesis. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**. [s. l.], v. 47, p. 555–581, 2019. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-082517-010235>

BRASIL. Projeto de Lei nº 11.276 de 27 de dezembro de 2018. **Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo**. Brasília, DF: Presidência da República, [2018]. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1703491. Acesso em: 20 mai. 2019.

CHAVES, G. PL que institui política de gestão do fogo é enviado ao Congresso. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 28 dez. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/15369-pl-que-institui-pol%C3%ADtica-de-gest%C3%A3o-do-fogo-%C3%A9-enviado-ao-congresso.html>>. Acesso em: 20 de Mai de 2019.

CHRISTENSEN, N.L. Fire in the Parks: A Case Study for Change Management. **The George Wright Forum**, Hancock, v. 22, p. 12-31, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43597963> . Acesso em: 10 de Mai de 2022.

COCHRANE, M.A. Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics. Chichester: Springer-Praxis, 2009. 696 p.

COCHRANE, M.A.; RYAN, K.C. Fire and fire ecology: Concepts and principles. In: COCHRANE, M.A (Ed). Tropical Fire Ecology. Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics. Chichester: Springer-Praxis, 2009, p. 25–62. 2009.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 53, n. 1, p. 11-15, 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

ELOY, L. et al. From fire suppression to fire management: Advances and resistances to changes in fire policy in the savannas of Brazil and Venezuela. **The Geographical Journal**, v. 185, n. 1, p. 10–22, 2019. <https://doi.org/10.1111/geoj.12245>

FALLEIRO, R. M. (2011). Resgate do manejo tradicional do Cerrado com fogo para a proteção das Terras Indígenas do oeste do Mato Grosso: um estudo de caso. **BioBrasil**, n. 2, p. 86-96. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.114>.

FALLEIRO, R. M. et al. Histórico, Avaliação, Oportunidades e Desafios do Manejo Integrado do Fogo nas Terras Indígenas Brasileiras. **BioBrasil**, Brasília, v. 11, n. 2, p.75-98, 2021. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1742>

FIDELIS, A. Is fire always the “bad guy”? **Flora**, Freiberg, v. 268, n. 151611, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151611>

FIDELIS, A. et al. The year 2017: Megafires and management in the Cerrado. **Fire**, Basel, v.1, n. 3, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.3390/fire1030049>

FIELD, C.B. et al. Feedbacks of terrestrial ecosystems to climate change. **Annual Review of Environment and Resources**, [s. l.], v.32, p. 1-29, 2007. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.053006.141119>

GILL, A. M.; STEPHENS, S. L.; CARY, G. J. The worldwide “wildfire” problem. **Ecological applications**, Washington, v. 23, n. 2, p. 438-454, 2013. <https://doi.org/10.1890/10-2213.1>

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 417, p. 281-290, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.032>

HARDESTY, J.R.L.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, Hancock, v. 22, n. 4, p. 78-87, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43597968> . Acesso em: 10 de Jul de 2022.

HOFFMANN, W. A. et al. Fuels or microclimate? Understanding the drivers of fire feedbacks at savanna–forest boundaries. **Austral Ecology**, Australia, v. 37, n. 6, p. 634-643, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02324.x>

HUFFMAN, M. R. The many elements of traditional fire knowledge: synthesis, classification, and aids to cross-cultural problem solving in fire-dependent systems around the world. **Ecology & Society**, Dedham, v. 18, n. 4, p. 1-36, 2013 <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05843-180403>

ICMBIO. Uma proposta de manejo integrado do fogo para o Parque Nacional do Itatiaia. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2017. 30p. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/parnaitatiaia/images/stories/2020/Protecao/PMIF/PMIF_PARNA_Itatiaia_2017.pdf. Acesso em: 10 de Mai de 2022.

KAUFMANN, M. R.; SHLISKY, A; KENT, B. Integrating scientific knowledge into social and economic decisions for ecologically sound fire and restoration management. In: International Wildland Fire Conference and Exhibition, 3, 2003, Sydney. **Proceedings** [...] Sydney: IWFC, 2003, p. 1-13.

KELLY, L. T. et al. Fire and biodiversity in the Anthropocene. **Science**, v. 370, n. 6519, p. eabb0355, 2020. DOI: [10.1126/science.abb0355](https://doi.org/10.1126/science.abb0355)

KOJWANG, H.O. **Integrated Forest Fire Management (IFFM) in Namibia**. Windhoek, Namibia: Ministry for Environment and Tourism, 2000. 3p. Disponível em: https://www.unisdr.org/2000/campaign/PDF/Articulo_2_Namibia_eng.pdf. Acesso em: 10 de Jul de 2022.

LEHMANN, C. E. et al. Deciphering the distribution of the savanna biome. **New phytologist**, [s. l.], v. 191, n. 1, p. 197-209, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03689.x>

LONG, J. W.; LAKE, F. K.; GOODE, R. W. The importance of Indigenous cultural burning in forested regions of the Pacific West, USA. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 500, n. 3, p.1-18, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119597>

MARTINELLI, G. **Campos de Altitude**: High mountain grasslands. Rio de Janeiro: Editora Index, 1996, 160p.

MCDANIEL, J.; KENNARD, D.; FUENTES, A. Smokey the Tapir: Traditional fire knowledge and fire prevention campaigns in lowland Bolivia? **Society and Natural Resources**, London, v. 18, p. 921–931, 2005. <https://doi.org/10.1080/08941920500248921>

MELO, M.M.; SAITO, C.H. Regime de queima das caçadas com uso do fogo realizadas pelos Xavantes no Cerrado. **BioBrasil**, Brasília, ano 1, n. 2, p. 97-109, 2011. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.110>

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> . Acesso em: 30 de Ago de 2021.

MINAS GERAIS (Estado). Decreto nº 47.919, de 17 de abril de 2020. Regulamenta o uso de fogo para fins de prevenção e de combate a incêndios florestais no interior e no entorno de Unidades de Conservação instituídas pelo Poder Público estadual. **Diário Oficial do Estado [de] Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG: Governo de Minas Gerais, 2020. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=47914&comp=&ano=2020>. Acesso em: 20 de Mai de 2019.

MISTRY, J.; BIZERRIL, M. Por que é importante entender as inter-relções entre pessoas, fogo e áreas protegidas? **BioBrasil**, Brasília, ano 1, n. 2, p. 40-49, 2011. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.137>

MISTRY, J.; BILBAO B.; BERARDI, A. Community owned solutions for fire management in tropical ecosystems: Case studies from indigenous communities of South America. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, [s. l.], v.371, n. 20150174, p. 1-10, 2016. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0174>

MISTRY, J. et al. New perspectives in fire management in South American savannas: The importance of intercultural governance. **Ambio**, Sweden, v. 48, n. 2, p. 172-179, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1054-7>

MORRISON, J. H.; COOKE P. M. Caring for country: Indigenous people managing country using fire with particular emphasis on Northern Australia. In: National Landcare Conference, 2003, Darwin, Australia **Proceedings** [...] Darwin: iwfc, 2003, p. 1-10.

MOURA, L. C. et al. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 232, p. 600-606, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>

MYERS, R. L. **Living with fire** - Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. Global Fire Initiative. Tallahassee: The Nature Conservancy. 2006, 36p.

Disponível em:

https://www.conservationgateway.org/Documents/Integrated_Fire_Management_Myers_2006.pdf . Acesso: 13 Mai 2022.

NIKOLAKIS, W.; ROBERTS, E. Wildfire governance in a changing world: Insights for policy learning and policy transfer. **Risk, Hazards & Crisis in Public Policy**, Netherlands, 2021. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12235>

PARR, C. L.; WOINARSKI, J. C. Z.; PIENAAR, D. J. Cornerstones of biodiversity conservation? Comparing the management effectiveness of Kruger and Kakadu National Parks, two key savanna reserves. **Biodiversity and Conservation**, Winnellie, v. 18, p. 3643–3662, 2009 <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9669-4>

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. Wildfires as an ecosystem service. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v.17, n. 5, p. 289-295, 2019. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. Wildfires misunderstood. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 17, p. 430–431, 2019. <https://doi.org/10.1002/fee.2107>

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. A burning story: the role of fire in the history of life. **BioScience**, Oxford, v. 59, n. 7, p. 593-601, 2009. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>

PIVELLO, V.R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rain forests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 24-39, 2011. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>

PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 233-255, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>

PRICHARD, S. J.; STEVENS-RUMANN, C. S.; HESSBURG, P. F. Tamm Review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 396, p. 217-233, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.035>

REGO, F. et al. **Towards Integrated Fire Management**. Finland: European Forest Institute, 2010.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As Principais Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (Eds) Cerrado: Ecologia e Flora. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008, p.151–199.

RODRIGUES, C. C. Perspectiva etnoecológica do fogo na conservação de ecossistemas naturais. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 156p.

RODRIGUES, C.C. et al. Histórico de Incêndios em Campos Rupestres Disjuntos: um Estudo de Caso em Carrancas, Minas Gerais. **BioBrasil**, Brasília, v. 12, n. 2, 2022.

<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i2.1866>

RODRÍGUEZ, I., B. et al. Speaking of fire: Reflexive governance in landscapes of social change and shifting local identities. **Journal of Environmental Policy and Planning**, Inglaterra, v. 15, p. 1–20, 2013a. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2013.766579>

RODRÍGUEZ, I., B. et al. ‘Opening up’ fire conflicts: Reflexive governance and transformative knowledge networks in culturally fragile indigenous landscapes. STEPS Working Paper 54. Brighton: STEPS Centre, 2013b, 39p. Disponível em: <https://steps-centre.org/publication/fire-conflic/>. Acesso em: 20 de Mai de 2019.

RUSSELL-SMITH, J. et al. Managing fire regimes in north Australian savannas: applying Aboriginal approaches to contemporary global problems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 11, p.55-63, 2013. <https://doi.org/10.1890/120251>

SANTOS, J. L. et al. Beyond inappropriate fire regimes: A synthesis of fire-driven declines of threatened mammals in Australia. **Conservation Letters**, p. e12905, 2022. <https://doi.org/10.1111/conl.12905>

SAVADOGO, P. et al. Fuel and fire characteristics in savanna–woodland of West Africa in relation to grazing and dominant grass type. **International Journal of Wildland Fire**, Australia, v. 16, p. 531-539, 2007. <https://doi.org/10.1071/WF07011>

SCHMIDT, I. B. et al. Experiências internacionais de Manejo Integrado do Fogo em áreas protegidas–recomendações para implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. **BioBrasil**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 41-54, 2016. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.586>

SCHMIDT, I. B. et al. Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 55, n. 5, p. 2094-2101, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>

SCHULLERY, P. The Fires and Fire Policy. **BioScience**, Oxford, v. 39, n. 10, p. 686-694, 1989. <https://doi.org/10.2307/1310999>

SEIJO, F. et al. Forgetting fire: Traditional fire knowledge in two chestnut forest ecosystems of the Iberian Peninsula and its implications for European fire management policy. **Land Use Policy**, Netherlands, v. 47, p. 130-144, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.006>

SHAFFER, L.J. Indigenous Fire Use to Manage Savanna Landscapes in Southern Mozambique. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 6, p. 43–59, 2010. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0602043>

SHEA, R.W.; SHEA, B.W.; KAUFFMAN, J.B. Fuel biomass and combustion factors associated with fires in savanna ecosystems of South Africa and Zambia. **Journal of Geophysical Research**, United States of America, v. 101, p. 23551-23568, 1996. <https://doi.org/10.1029/95JD02047>

- SHLISKY, A. et al. Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation. GFI Technical Report 2007-2. Arlington: The Nature Conservancy, 2007. 28p. Disponível em: https://mrcc.purdue.edu/living_wx/wildfires/fire_ecosystems_and_people.pdf . Acesso em: 10 de Mai de 2019.
- SILVEIRA-JUNIOR, W. J. et al. Conservation conflicts and their drivers in different protected area management groups: a case study in Brazil. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 30, p. 4297–4315, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02308-2>
- SITTERS, H.; DI STEFANO, J. Integrating functional connectivity and fire management for better conservation outcomes. **Conservation Biology**, v. 34, n. 3, p. 550-560, 2020. <https://doi.org/10.1111/cobi.13446>
- SLETTTO, B. The knowledge that counts: Institutional identities, policy science, and the conflict over fire management in the Gran Sabana, Venezuela. **World Development**, [s. l.], v. 36, p. 1938–1955, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.02.008>
- SORRENSEN, C. Potential hazards of land policy: Conservation, rural development and fire use in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, Netherlands, v. 26, p.782–791, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.10.007>
- VAN WAGTENDONK, J. W. The history and evolution of wildland fire use. **Fire Ecology**, v. 3, n. 2, p. 3-17, 2007. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0302003>
- VAN WILGEN, B.W.; GOVENDER, N.; BIGGS, H. C. 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**, Australia, v. 16, n. 5, p. 519-530, 2007. <https://doi.org/10.1071/WF06115>
- VAN WILGEN, B. W. The evolution of fire management practices in savanna protected areas in South Africa. **South African Journal of Science**, v. 105, n. 9, p. 343-349, 2009. <https://doi.org/10.10520/EJC96965>

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 – Conflicts and fire management in protected areas and the contributions of Traditional Fire Knowledge: a case study in Brazil

Carolina Costa Rodrigues, Wanderley Jorge da Silveira-Junior, Cléber Rodrigo de Souza, Ravi Fernandes Mariano, Marco Aurélio Leite Fontes.

Versão preliminar em processo de submissão.

Abstract

The use of fire in managing natural ecosystems is one of the main Conservation Conflicts (CCs) in Protected Areas (PAs), which often reflect the incompatibility between environmental policy requirements and local management actions. The impacts generated by the zero fire policy have driven a paradigm shift; thus, Integrated Fire Management (IFM) enters the agenda for the management of natural areas. However, there are still great challenges in reconciling sociocultural realities with the ecological viability of ecosystems and perceiving communities and their Traditional Fire Knowledge (TFK) as part of ecosystem management, reducing conflicts and developing more effective technologies. In this direction, the objective of the work was to investigate the CCs associated with fire, the use of fire by local populations and PA management, and the importance of TFK in applying IFM and related conflicts. We used information collected from the perception of managers of 29 Brazilian Conservation Units (UCs) in the state of Minas Gerais in order to analyze how they perceive and deal with conflicts. It was found that the relevance of fire-related CCs is high, and that IFM processes are still incipient or non-existent. Two scenarios were found: the current scenario of fire and conflict management, which indicates that strategies are mainly aimed at prevention, suppression and fire-fighting; and the transition scenario for IFM, which considers the TFK contributions of local populations in fire management. This represents an important path to support intercultural governance as a way of reducing conflicts, and supporting the conservation of sociobiodiversity.

Keywords: Conservation Conflicts; Integrated Fire Management; Traditional Ecological Knowledge; Traditional Fire Knowledge; Participative management.

1. Introduction

Fire occurrences and its use in the management of natural ecosystems have been configured as one of the main Conservation Conflicts (CCs) in Protected Areas (PAs), especially in adapted or fire-dependent environments (Silveira-Junior et al., 2021). CCs originate when the impacts caused and their consequent losses are felt and manifested by the affected party (De Pourcq et al., 2017). When related to the use of fire, CCs occur when conservation agents perceive the damage caused by its use by local communities, or when local communities feel the impacts and losses in their livelihoods caused by reactive and centralized fire suppression management (i.e. the primary objective is to eliminate fire from ecosystems).

Such conflicts are intensified by marginalized fire usage, the erroneous view of fire only having negative impacts on biodiversity (Batista et al., 2018) and the absence of policies which consider the ecological role of fire in some ecosystems (Myers, 2006). On the other hand, the indiscriminate use of fire, often influenced by bureaucratic difficulties for rural populations in burning authorization procedures, together with the lack of technical assistance contribute to wildfire incidence (Mistry & Bizerril, 2011, Rodrigues et al., 2022). In addition, fire is also used as a form of retaliation for restrictions imposed by PA management (Allendorf et al., 2006, Ogra, 2009).

The zero fire policy evidenced since the colonial period placed fire as a threat to population and natural resources (Moura et al., 2019), leading most countries to prioritize fire-fighting and control techniques in natural areas (Bond and Archibald, 2003, Mistry et al., 2019, Van Wagendonk, 2007, Van Wilgen, 2009). In the social aspect, many environmental education programs were implemented to dissuade the population, without distinguishing the different effects of fire in the environments. Some of these measures were so effective and decisive in reducing fire in ecosystems that the society lost the notion of the usefulness of fire as an important tool in the landscape modeling process, especially for the fire-dependent or fire-adapted ecosystems (Myers, 2006, Durigan and Ratter, 2016, Eloy et al., 2019). Thus, long-term changes in vegetation without fire management have resulted in new fire regimes, marked by higher frequency and intensity, which have been established by an accumulation of combustible material (Bowman et al., 2011, Archibald, 2016, Fidelis et al., 2018). The global result of this scenario is an incidence of wildfires which are increasingly severe to biodiversity, soil and watersheds, in addition to a high economic cost with the loss of ecosystem services, rural and urban properties, and with its suppression (Myers, 2006, Bowman et al., 2013, Moritz et al., 2014).

Criticisms of the broad zero fire policy emphasize the unique role of fire in relation to environments and sociocultural realities in many regions of the world (McDaniel et al., 2005, Sletto, 2008, Sorrensen, 2009, Mistry et al., 2016). In addition, the ineffectiveness of these policies is demonstrated by the growing discussion in the governmental and scientific field on actions which seek to change the paradigm in the view of fire management (Barradas et al., 2020, Mistry et al., 2019, Pivello et al., 2021). Thus, in a contemporary perspective of preventing large fires, researchers and managers from different continents are increasingly applying an approach called Integrated Fire Management (IFM) (Kojwang, 2000, Myers, 2006, Silva et al., 2010, Schmidt et al., 2016, Castro Rego et al., 2021).

IFM is the integration of science and society with fire management technologies at multiple levels, integrating ecological, sociocultural, economic and political aspects of fire in a holistic approach (Kaufmann et al., 2003). This process can be considered an advance in what has historically been done in fire management in PAs - prevention, combat and control of the use of fire with other strategies, which respect the people who need to use fire and the ecological characteristics of the ecosystems.

Thus, IFM seeks to recognize Traditional Fire Knowledge (TFK), which composes the Traditional Ecological Knowledge (TEK), as the result of the process of cultural and adaptive evolution of human groups in interaction with their environment, established in socio-ecological systems in which techniques and strategies for the use of biotic and abiotic environments emerged (Berkes, 2004). TFK is currently considered fundamental for contemporary fire management actions, as it enables creating and maintaining ecosystem services (Shaffer, 2010, Seijo et al., 2015, Nikolakis and Roberts, 2021, Long et al., 2021), such as protecting the negative impacts of forest fires and moderating the volume of combustible material; regulating biodiversity, soil quality and hydrographic basins; providing products derived from nature; and maintaining the culture of fire-dependent societies (Seijo et al. 2015, Huffman, 2013).

Fire management programs in PAs have been implemented for decades in fire-dependent ecosystems around the world (Prichard et al., 2017, Christensen, 2005, Van Wilgen, et al., 2007, Parr et al., 2009, Shea et al., 1996, Savadogo et al., 2007). Technically, some managers apply prescribed fires which aim to achieve ecological goals, such as reducing fuel to decrease the area burned by wildfires, managing exotic species, keeping fire-adapted ecosystems conserved (Hardesty, 2005). Despite advances, national parks such as South Africa and the United States have not always had a widespread community-based approach to fire management (Bond and Archibald, 2003, Van Wagendonk, 2007, Van Wilgen, 2009).

Australia is a country which stands out as a world reference in the use of fire by traditional populations, in participatory management and in the appreciation of TFK (Morrison and Cooke, 2003, Russell-Smith et al., 2013). Thus, the implementation of IFM in South America was initiated based on these examples (Berlinck and Lima, 2021), for example in Venezuela and Brazil (Schmidt et al., 2018, Mistry et al., 2019).

The success of this initiative in the savannas of South America has been measured by the reduction of forest wildfires and the opening of a dialogue on fire management between government agencies and local communities (Mistry et al., 2019, Rodríguez et al., 2013, Rodríguez et al., 2018). The results in Brazil are mainly found in federal PAs (*Unidades de Conservação – UCs*) (Brazilian PAs), such as the Serra da Canastra National Park (Batista et al., 2018), the Serra Geral do Tocantins Ecological Station (Barradas et al., 2020), the Campos Amazônicos National Park (Berlinck and Lima, 2021) and Chapada das Mesas National Park (Schmidt et al., 2018). In addition, the main advance is the bill of the National Policy for Integrated Fire Management (*Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo - PNMIF*) (Brasil, 2018), built by a broad working group involving segments of civil society such as local populations, environmental agents from the Brazilian Environmental Ministry and Prevfogo/Ibama and managers of the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) and researchers (MMA, 2018). Despite recent advances in the paradigm shift in fire management in Brazil (Berlinck and Lima, 2021), there are still great challenges in reconciling the sociocultural realities of fire use with the ecological feasibility and sustainability of ecosystems (Myers, 2006, Pivello et al., 2021), and perceiving communities and their TFK as part of the solution, reducing conflicts and developing more effective incentives and technologies (Myers, 2006, Seijo et al., 2015).

Given this context, our objective was to investigate the conservation conflicts associated with fire, the use of fire by local populations and the management of PAs, and the importance of TFK in applying IFM in the management of fire and related conflicts. Therefore, in this work we used information collected from 29 Brazilian PAs managers in the state of Minas Gerais, in order to assess: i) the conflict importance value; ii) the fire management and conflict management strategies adopted; iii) the social groups involved; iv) the relationship between fire and the culture of local populations; v) TFK contributions from local populations to fire management; vi) the application of the MIF in the AP; vii) managers' perception of the MIF; and viii) the profile of the groups of strategies in relation to the similarity with IFM. With this, we intend to discuss: the presence of fire in conservation with a case study in the State of Minas Gerais, Brazil; how PA management deals with fire-related conflicts; and also whether the

implementation of IFM (as already done in other regions of the country and the world) can represent an advance in fire management in PAs.

2. Method

2.1 Study region

A case study was used in the state of Minas Gerais, located in southeastern Brazil. The state has climatic, social and nature conservation importance, in addition to its high biological diversity provided by the heterogeneity of its landscapes sheltered by the phytogeographic domains of the Cerrado, Atlantic Forest and Caatinga, which respectively represent 54.1%, 40.4% and 5.5% of its total area (IBGE, 2019). Some regions of the state favor the use of fire and wildfires (Batista et al., 2018), especially those consisting of rural areas and savanna physiognomies of the Cerrado, which have evolved with fire, and are associated with climatic seasonality (dry climate in winter) and the traditional and historical practices of the use of fire in agricultural activities. In addition, the state has gone through several exploitation cycles since the 16th century when European occupation began, presenting a complex scenario of degradation and occupation of the region that consequently reflects on its conservation. Thus, the state is an excellent sample of the country's conservation context due to all of these factors, and, therefore, it was selected for this study.

The evaluated PAs belong to five different categories defined by the Brazilian legislation [Law 9,985/2000, National System of Nature Conservation Units (*Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC*)], mainly distinguished by the degree of restrictiveness, and can be divided into two large groups: sustainable use group, which combine nature conservation with the sustainable use of part of its natural resources; and the full protection group, in which only indirect use of its natural resources is allowed (Brasil, 2000) (Table 1 and Figure 1).

2.2 Data collection

We requested authorization from the government institution responsible for the management of public PAs in the state of Minas Gerais, the State Forest Institute from Minas Gerais (IEF) for data collection. The selected areas to compose the sample of this study are PAs in the state of Minas Gerais which present CC caused by the use of fire and/or by the occurrence of wildfires, verified in Silveira-Junior et al. (2021), who pointed out that 38 of the 76 PAs studied had this CC. We sent a structured questionnaire (Supplementary Material, S2) to 38 managers asking questions related to the research objectives, of which 29 (76.3%) responded

to the questionnaire. From these 29 PAs, 24 of them belong to the full protection group and 5 PAs belong to the sustainable use group, distributed in five management categories (Brasil, 2000) corresponding to the categories listed by the International Union for Conservation of Nature (Pellizzaro et al., 2015) (Table 1). The list of names of the 29 PAs evaluated can be found in the Supplementary Material (S1).

Table 1 - Number of protected areas (PAs) assessed in the state of Minas Gerais (Brazil) and their categories and management regimes (restrictiveness) according to the Brazilian National System of Nature Conservation Units (*SNUC*) (Brasil 2000) and the International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Pellizzaro et al., 2015, Silveira-Junior et al., 2021).

<i>SNUC</i> – Groups	<i>SNUC</i> – Category	<i>IUCN</i> - Category	Total number of PAs
Full Protection Objective - preserve nature, with only the indirect use of its natural resources being allowed	Ecological Station	Ia	3
	Parks	II	14
	Wildlife Refuge	II	3
	Natural Monument	III	4
Sustainable use Objective - match the nature conservation with the sustainable use of part of its natural resources	Environmental Protection Area	V	5

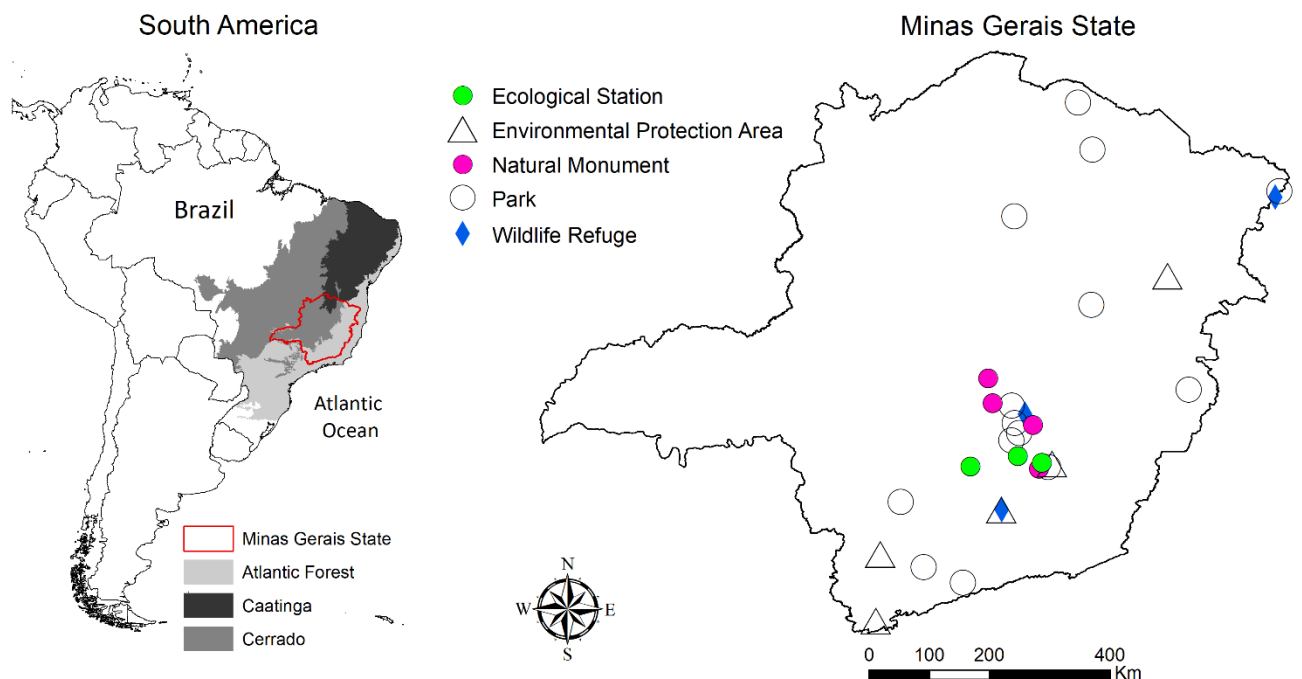


Figure 1. Location of the study area, state of Minas Gerais in South America and Brazil, categories (*SNUC*) and location of protected areas evaluated in the state of Minas Gerais.

2.3 Data analysis

We initially evaluated the general occurrence patterns of conflicts related to the use of fire in PAs, evaluating how they occur, and how PA managers perceive and deal with it. We classified and grouped the PAs based on the conflict importance value as “Strong”, “Medium” or “Weak” from the perception of managers. We evaluated the main fire management and conflicts management strategies adopted by PAs, and the social groups involved. In addition, we evaluated how managers perceive the relationship between fire and the culture of local populations and what contributions the TFK of local populations make to fire management. The free responses provided by the managers underwent content analysis, seeking to group them into categories of strategies within the same theme (Hsieh and Shannon, 2005, Bardin, 2010) (Supplementary Material).

We then explored the managers’ knowledge related to the IFM and its presence in the internal discussions at the PA. We also explored a second content analysis (Supplementary Material) to categorize the strategies of: (a) fire management, (b) conflict management and (c) use of TFK in fire management, according to its similarity to the IFM axes (Figure 2) presented in Myers (2006): axis 1 – Fire management techniques (prevention, suppression and use); axis 2 – Fire ecology (ecological role of fire in ecosystems); axis 3 – Fire culture (socio-economic and cultural needs in relation to fire). From this categorization, we obtained the profile of the strategies (a,b,c), quantifying the proportion (%) of strategies related to each IFM axis in each conflict importance group.

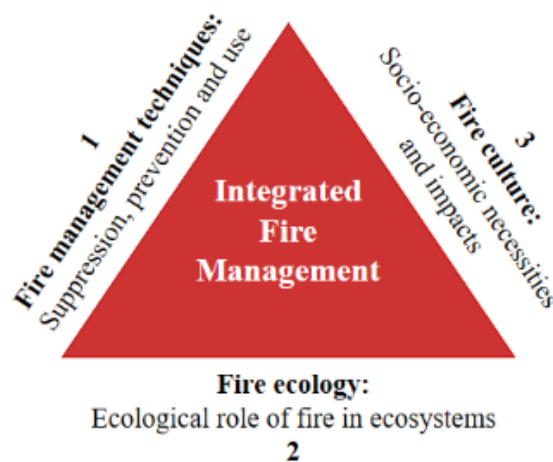


Figure 2. The Integrated Fire Management Triangle, adapted from Myers, 2006, presents a conceptual framework that integrates the following axes: fire management technologies, encompassing the prevention, suppression and use of fire; the cultural aspects of fire that include the perceptions,

knowledge of communities and related socioeconomic needs; and the ecological role of fire, both beneficial and harmful, on the ecosystems in question, involving all aspects of their management (Myers, 2006).

3. Results

3.1 General conflict occurrence patterns

A variation was verified in relation to the conflict importance value, in which it was considered by the managers as medium (31%), weak (31%) and strong (38%). Most PA managers (86%) stated that they had a specific fire management plan or program. However, all of them declared carrying out some of the strategies in this context, with “Social Communication Plan/Education and Awareness”, “Voluntary Fire Brigades”, “Confection of firebreaks”, “Monitoring and evaluation of the fire management plan” and “Hiring fire brigades” being the most common, present in 86% of the PAs (Figure 3). Less common strategies were “Prescribed burnings inside the PA” and “Burning calendar with the community”. About 41.4% of managers presented other fire management strategies, such as “Monitoring and analysis of fire hotspots”, “Maintenance of internal roads and trails” and “Management shared with other institutions in prevention and combat” (Supplementary material). Prevention and combat strategies were used more than those associated with prescribed burning and with greater community involvement.

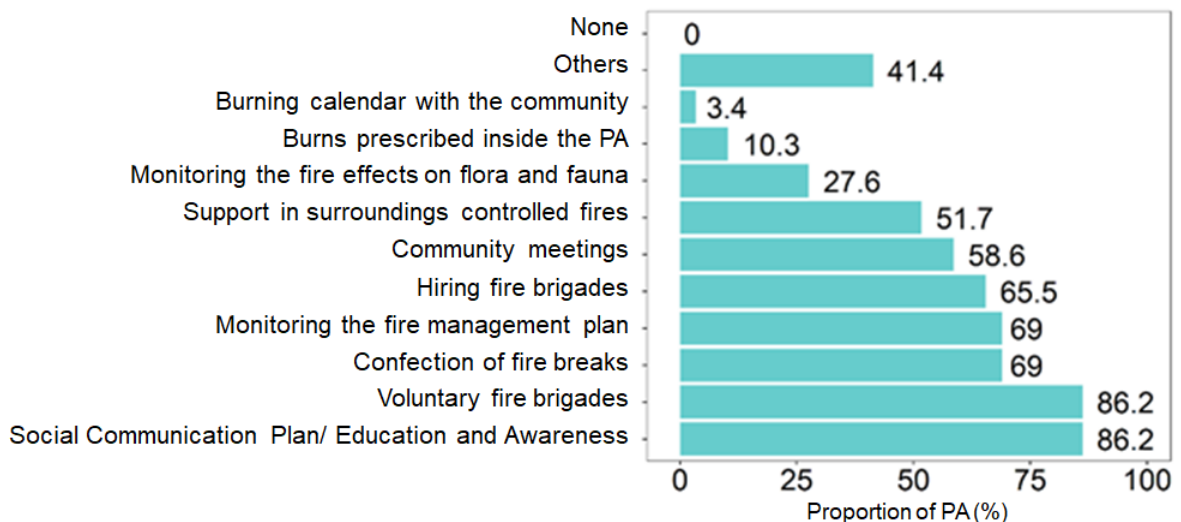


Figure 3. Proportion of PAs (%) which indicated the application of each of the fire management strategies.

According to the managers, non-traditional rural and urban populations were the most associated with conflicts related to the use of fire in more than half of the verified PAs, while traditional indigenous and non-indigenous populations together appeared in only 17.2% of the conflicts (Figure 4a). In addition, populations residing in the PAs were the most related to conflicts when compared to visiting populations (Figure 4b).

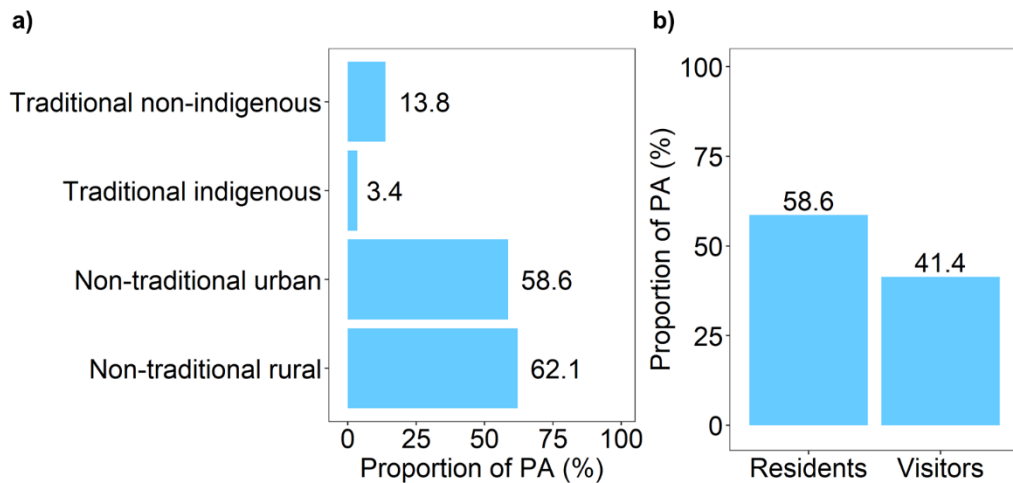


Figure 4. (a) Proportion of PAs that reported conflicts with different categories of populations; and (b) in relation to the origin of these populations.

Managers adopted some management strategy for fire-related conflicts in more than 70% of the PAs. Among them, “Awareness and environmental education” used in 40.9% stood out, followed by “Prevention, control and firefighting” practiced in 20.5% of the PAs (Figure 5a). Other strategies used in just over 10% of the PAs were “Technical follow-up to the community”, “Integration with the community” and “Integrated monitoring and brigade actions” (Figure 5a). Fire management is part of the local culture in 76% of the PAs, mainly for native pasture management (45%) and agriculture (33%). The managers also pointed out the uses of fire to open areas for the irregular occupation, deforestation followed by the opening of exotic pastures, land clearance, burning of residues from old coffee plantations, religious purposes, extraction of *minhocuçu* (*Rhinodrilus alatus*), arson, among others.

More than half of the PA managers (58.6%) considered that TFK from local populations can be useful in fire management in PAs, and the main contributions of TFK are related to the “Integration of Traditional Ecological Knowledge with technical knowledge”, which represented 62.5% of the citations (Figure 5b). “Participatory management”, “Conservation agents” and “Replacement of the fire use/suppression” were also pointed out as strategies, but with less citations (Figure 5b).

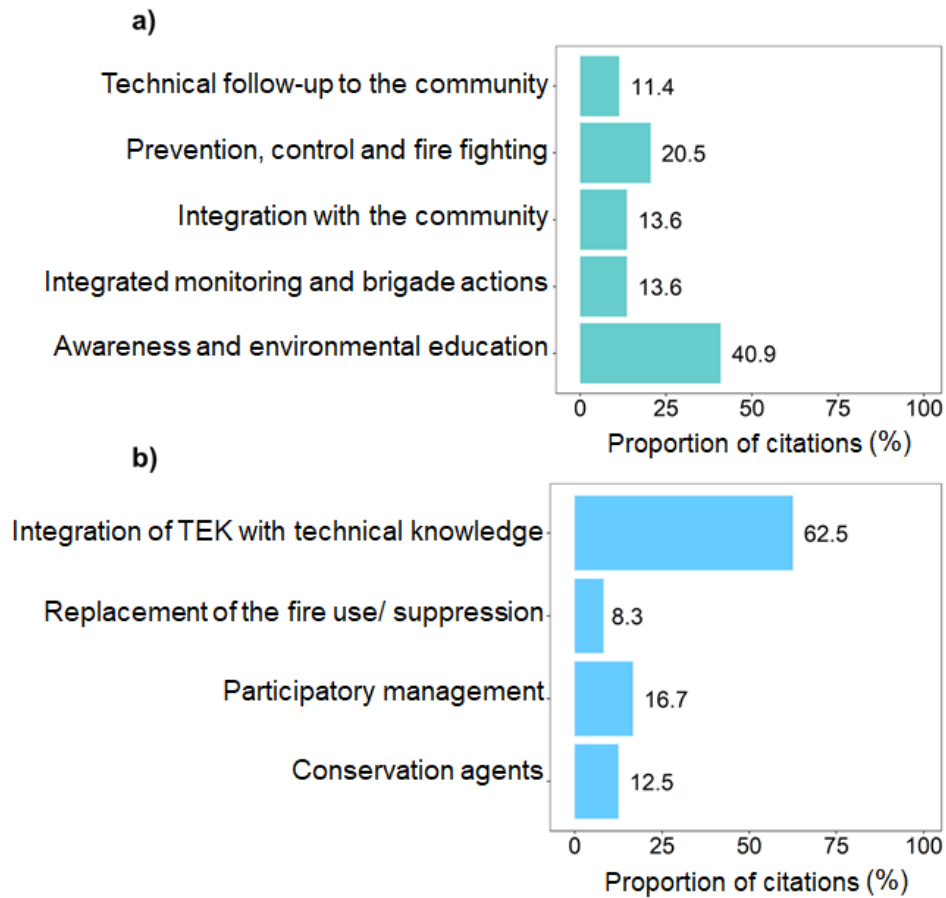


Figure 5. (a) Proportion of citations of groups of strategies pointed out by managers for managing conflicts related to fire; and (b) proportion of citations of ways in which Traditional Fire Knowledge (TFK) contributed by local populations to fire management.

3.2 Integrated Fire Management in PAs

More than half of the managers reported being aware of the Integrated Fire Management implementation process in PAs (59%). However, IFM was not discussed in the PA management board as a fire management strategy in more than half of them, while it was discussed in 45%, and the discussions were in-depth for half of these (24%).

When analyzing the relationship of strategies and their similarities to the IFM axes, we consider that the profiles “fire management” (Figure 6a) and “conflict management” (Figure 6b) represent the current scenario in the PAs; and the “TFK in fire management” profile (Figure 6c) represents the transition scenario for IFM when the TFK starts to be considered.

We found that the strategies aligned with axis 1 “Fire management techniques” in the “fire management” profile in the three conflict importance classes (strong, medium and weak) were most cited in the current scenario, followed by the axis 3 “Fire culture”, and axis 2 “Fire

ecology” (Figure 6a). Thus, PAs with different fire conflict importance values showed a similar adoption pattern of fire management strategies. The strategies aligned with axis 1 were also the most cited in the “conflict management” profile; there was a greater presence of strategies related to axis 3 in the PAs with lower conflict importance value; and furthermore, no mention of axis 2 was found (Figure 6b).

There was a greater alignment with the premises of IFM in the transition scenario to IFM from the “use of the TFK in fire management” (Figure 6c), as the strategies were more evenly distributed in the three axes and in the conflict importance value classes.

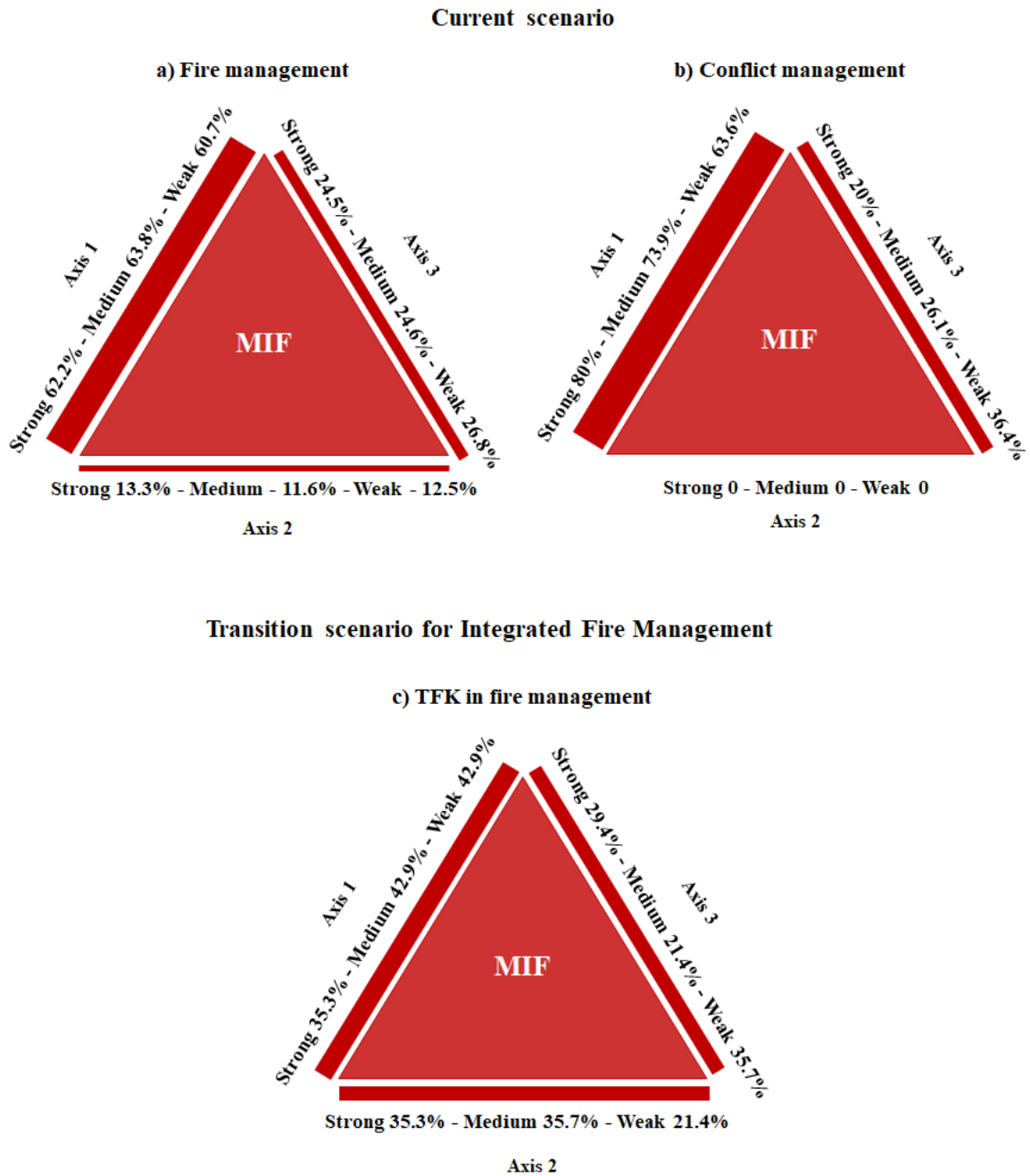


Figure 6. Current and transition scenarios for IFM in the PAs with the profiles of the strategies in relation to the IFM axes (1 – fire management techniques, 2 – fire ecology, 3 – fire culture). Proportion of citations of strategies for: (a) fire management, (b) conflict management and (c) use of Traditional Fire Knowledge (TFK) in fire management, in the conflict importance classes (Strong, Medium, Weak) (%) in relation to the IFM Axes (1, 2 and 3). The thickness of the axes represents the proportion of the set of strategies that were related to each axis.

4. Discussion

Conflicts related to fire involve multiple perceptions about its management and occurrences in ecosystems, which often translate into incompatibility between environmental policy requirements and local management actions (Carmenta et al., 2013). The scenarios generated by the zero fire policy worldwide have driven the paradigm shift to the use of fire, where managers, researchers and communities have come together to seek greater dialogue and participation (Eloy et al., 2019, Bilbao et al., 2019). Thus, the IFM approach enters the agenda of the main forums for the management of natural areas from local to international levels (Batista et al., 2018, Wildfire, 2019, Schmidt and Eloy, 2020).

However, our data showed that this paradigm shift is still incipient and a major challenge, both in terms of the legal issue and in the perception of managers and society in general, influencing the adopted strategies and the way in which the PAs deal with conflicts related to fire use. Our results indicate that there is still a lack of knowledge about the IFM approach, and the current scenario of fire and conflict management indicates that the strategies are mainly aimed at preventing, suppressing and fighting wildfires (axis 1 - IFM), and disregard the ecological role of fire (axis 2 - IFM) and socio-economic and cultural needs in relation to fire use (axis 3 - IFM). However, when the transition scenario to IFM is evaluated with the use of TFK in fire management being considered, the profile of the strategies changes and is less unequal within the IFM premise. Despite the limitation of our study in focusing on the managers' perception and not all the stakeholders involved in the CC were interviewed, we consider it essential to understand and obtain the perception of other parties, such as local populations who could present other strategies and scenarios. We believe that our study makes an important contribution to the management of fire and related conflicts in PAs, helping to reflect on more participatory strategies that respect local specificities in the context of the MIF.

The occurrence pattern of fire-related conflicts from the perception of managers from state PAs in Minas Gerais mostly has a value of “strong” importance, which represents the high relevance of these conflicts in PA management. This is because they mainly involve the rural and urban population residing in the surroundings of these areas whose purpose is the use of fire for managing native pasture and agriculture, which are productive activities directly influenced by the restrictions established by PAs, mainly in those of full protection (Ribeiro and Figueira, 2011, Silveira-Junior et al., 2021). In the case of non-traditional populations (which involved most conflicts), they often base their management practices on historical fire knowledge from past traditional populations which held the TFK, but which has been lost over generations (Huffman, 2013). In other cases, there may be a lack of ecological experience

(knowledge and practice) in the use of fire by non-traditional populations, which may favor the indiscriminate use of fire, at the wrong time and in the wrong way, and consequently increase conflicts. Although conflicts between traditional non-indigenous and indigenous populations still occur to a lesser extent in the results, they tend to affect the very way of life, the environment, subsistence and permanence of these communities (Borges et al., 2016, Moura et al., 2019). The involvement of conflicts with visitors also showed a considerable proportion caused by tourism in natural areas (Silveira-Junior et al., 2021) from the actions which generate ignitions, such as the use of fires for barbecues, and discarding cigarettes, among others.

The conflicts are related to both fire management by the populations, and to the occurrence of forest wildfires in the PAs, as a high proportion of areas under fire management strategies are mainly aimed at preventing, controlling and fighting wildfires (Figure 3). This fact is evidenced by the strategies adopted, such as the Social Communication Plan, which involves raising awareness among visitors and the community, the formation of volunteer fire brigades, confection of firebreaks and hiring fire brigades. This was also expressed in the conflict management strategies adopted. There is consensus that prevention is the best cost-effective approach for unwanted wildfires (Myers, 2006), but it is worth noting that environmental education campaigns and actions are still not adjusted according to specific environments and sociocultural needs. There are a large number of messages promoted in posters, media, lectures, radio, campaigns and social networks that do not distinguish the different effects of fire in ecosystems and the different audiences for understanding. On the other hand, as a result of devastating wildfires in recent years, and especially during the COVID 19 pandemic, researchers and fire managers from Brazil and the world have brought us countless opportunities for reflection and sharing visions, research and perspectives on wise use of fire and wildfires in different ecosystems on social media (Overbeck et al., 2020, Durigan, 2020, Berlinck and Batista, 2020).

It is indisputable that wildfire control and firefighting strategies are fundamental, strengthening the preparation and reaction to fire events (Myers, 2006) that devastate all continents (Gill et al., 2013). However, as our focus is on fire and conflict management, prevention, control and combat strategies are not enough. The path to real progress involves strategies which are more integrated with communities, in fact guaranteeing participation in all stages of the plans from diagnosis, planning to management, monitoring and evaluation actions, in an institutionalized way within an environmental policy of fire management (Martínez-Torres et al., 2018, Eloy et al., 2019, Mistry et al., 2019).

There was an understanding by the vast majority of managers that the use of fire is part of the local culture, mainly as a tool for managing agroecosystems. This understanding reminds us of the inseparability of fire and human culture even with technological changes (Bowman et al., 2013). For example, the population in fire-dependent ecosystems invariably plays an ancient role in the creation, conservation or change of ecosystems (Myers, 2006, Falleiro, 2011); in addition, fires in sensitive and fire-influenced ecosystems associated with slash-and-burn agriculture systems have an equally long history (Myers, 2006, Borges et al., 2016). Many of these landscapes that are currently a priority for conservation objectives were created, shaped and maintained by human fires (Myers, 2006, Barradas et al., 2020). However, our results reflect the challenge of broadening the understanding of how knowledge and practices can be useful for establishing and monitoring fire management plans.

The contributions of TFK in fire management pointed out by managers are in line with experiences implemented and/or consolidated in other PAs, such as the integration of traditional/local ecological knowledge with technical knowledge and participatory management, which can benefit in understanding the ecology of fire, the appropriate fire regime, in proposing a calendar and choosing priority areas for burning, in habitat restoration, scientific research and training of those involved (Martínez-Torres et al., 2018, Bilbao et al., 2019). This and other related knowledge facilitates better planning, monitoring and the achievement of short, medium and long-term conservation goals. Strengthening and training conservation agents, in which stakeholders from the communities act as multipliers of the knowledge built together with the technicians, increase the community and regional cooperation network.

The IFM approach is a way to strengthen these participatory experiences (Falleiro et al., 2021); however, the results showed that it is still unknown in the management instances of some PAs, regardless of the conflict importance level, and the adoption pattern of strategies associated with axis 1 (Fire management techniques) still prevailed. These strategies prioritize wildfire prevention, control and fighting within the perspective of fire exclusion without considering the socio-ecological particularities of the environments. We believe this reflects the lack of balance and/or alignment between the three IFM axes (fire techniques, ecology and culture) in “fire management” and “conflict management”. However, the observed trend of greater presence of axis 3 (Fire culture) in PAs with value conflicts of “weak” importance (Figure 6b, c) reveals the importance of involvement with the community and participatory management to reduce conflicts (Rodríguez et al., 2013, Rodríguez et al., 2018). Studies have shown positive changes when populations are considered in the analysis of needs and questions,

in the identification of management objectives and desirable future conditions (e.g., reduction of late season wildfires, reduction of greenhouse gas emissions, sustainable production) (Falleiro, 2011, Schmidt et al., 2018, Moura et al., 2019), meaning decision-making based on spaces for dialogue and collaboration is what promotes problem solving and conflict mitigation (Barradas et al., 2020).

When managers consider the contributions of TFK to fire management (Figure 6c), we find an ideal scenario in which the indicated strategies are balanced on the premise of IFM, and this proves to be an important path to support intercultural governance (Rodríguez et al., 2013, Rodríguez et al., 2018) and as a way of reducing conflicts, proactively (Nikolakis and Roberts, 2021) supports economies and conserves sociobiodiversity (Mistry et al., 2019, Shaffer, 2010). Thus, TFK plays a key role in this process, as it permeates the three IFM axes and stages, enriching knowledge (technical and scientific) and the practice of adaptive landscape management, in addition to guaranteeing a process contextualized with the socio-ecological reality. Therefore, integration is the key to the sustainability and success of fire management. Finally, we propose that PAs, especially those in which fire-related conflicts are highly relevant, reassess the involvement of local populations in fire management, seeking to understand who the populations involved are and how they are integrated in this process, and the strategies adopted by them within the premise of IFM.

5. Conclusion

It is concluded that the relevance of conservation conflicts related to fire in Brazilian PAs is high, revealed by the importance values raised, and that the IFM processes are still incipient or non-existent. The conflicts mainly involve non-traditional rural and urban populations residing in the surroundings and whose purpose is using fire for the management of native pasture and agriculture. All PAs carry out some fire management strategy and most of them adopt some management strategy for related conflicts, with the adoption pattern of strategies associated with the fire management techniques prevailing, which prioritize prevention, control and fire-fighting within the perspective of fire exclusion without considering the socio-ecological particularities of the environments. On the other hand, it was concluded that most of the PA managers consider the TFK of local populations useful in fire management, representing an ideal scenario with a distribution balance of strategies in the IFM axes, meaning a more participatory process.

Thus, we encourage the formulation/redesign of fire management plans within an integrated and adaptive approach, such as IFM in PAs where fire-related conflicts threaten

conservation objectives. This can enable sustainability, and mainly guarantee the involvement and participation of the populations in and around the PAs, valuing and validating TFK as a tool for preserving natural areas. In addition, we recommend the development of research in the three IFM axes (fire management techniques, ecology and culture of fire), with the involvement of different stakeholders, and the environmental interpretation of the effects in ecosystems that use fire management for different purposes can be worked in these environments, giving the visitor the opportunity to reflect on the benefits of fire management.

References

- Allendorf, T., Swe, K.K., Oo, T., Htut, Y., Aung, M., Allendorf, K., Hayek, L., Leimgruber, P., & Wemmer, C. (2006). Community attitudes toward three protected areas in Upper Myanmar (Burma). *Environ. Conserv.*, 33(4), 344–352. doi:10.1017/S0376892906003389.
- Archibald, S. (2016). Managing the human component of fire regimes: lessons from Africa. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 371, Article 20150346. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0346>.
- Bardin, L. 2010. *Análise de conteúdo* (4 th ed.). Lisboa: Edições 70.
- Barradas, A. C. S., Borges, M. A., Costa, M. M., & Ribeiro, K. T. (2020). Paradigmas da gestão do fogo em áreas protegidas no mundo e o caso da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. *BioBrasil*, 2, 71-86. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i2.1474>.
- Batista, E. K. L., Russell-Smith, J., Eugênio, J., Figueira, C., & Soares Filho, B. (2018). Past fire practices and new steps towards an effective fire management approach in the Brazilian savannas. In D. X. Viegas (Ed.), *Advances in forest fire research* (pp. 598-606). University of Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_66.
- Berkes, F. (2004). Rethinking Community-Based Conservation. *Conserv. Biol.*, 18(3), 621-630. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00077.x>.
- Berlinck, C. N., & Batista, E. K. L. (2020). Good fire, bad fire: it depends on who burns. *Flora*, 268, Article 151610. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151610>.
- Berlinck, C. N., & Lima, L. H. A. (2021). Implementation of Integrated Fire Management in Brazilian Federal Protected Areas: Results and Perspectives. *BioBrasil*, 11(2), 128-138. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1709>.
- Bilbao, B., Mistry, J., Millán, A., & Berardi, A. (2019). Sharing Multiple Perspectives on Burning: Towards a Participatory and Intercultural Fire Management Policy in Venezuela, Brazil, and Guyana. *Fire*, 2(3), 39. <https://doi.org/10.3390/fire2030039>.
- Bond, W. J., & Archibald, S. (2003). Confronting complexity: fire policy choices in South African savanna parks. *International Journal of Wildland Fire*, 12(4), 381-389. <https://doi.org/10.1071/WF03024>

Borges, S. L., Eloy, L., Schmidt, I. B., Barradas, A. C. S., Santos, I. A. (2016). Manejo do fogo em veredas: novas perspectivas a partir dos sistemas agrícolas tradicionais no Jalapão. *Ambient. Soc.*, 19(3), 275-300. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20150020R1V1932016>.

Bowman D. M. J. S., O'Brien, J. A., & Goldammer, J. G. (2013). Pyrogeography and the global quest for sustainable fire management. *Rev. Environ. Resourc.*, 38, 57-80. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082212-134049>.

Bowman, D. M. J. S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R., Johnston F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Mack, M., Moritz, M. A., Pyne, S., Roos, C. I., Scott, A. C., Sodhi, N. S., & Swetnam, T. W. (2011). The human dimension of fire regimes on Earth. *J. Biogeogr.*, 38, 2223–2236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>.

Brasil. (2000). Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000— regulates the article 225, § 1o, items I, II, III e VII from federal Constitution, found the National System of Nature Conservation Units and gives other measures. Retrieved from http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Accessed October 10, 2019.

Brasil. (2018). Projeto de Lei da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Brasília, 2018. Retrieved from https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1703491. Accessed May 20, 2019.

Carmenta, R., Vermeylen, S., Parry, L., Barlow, J. (2013). Shifting Cultivation and Fire Policy: Insights from the Brazilian Amazon. *Hum Ecol*, 41, 603–614. <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9600-1>.

Castro Rego, F., Morgan, P., Fernandes, P., & Hoffman, C. (2021). Integrated Fire Management. In: *Fire Science. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment* (pp. 509-597). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69815-7_13.

Christensen, N. L. Fire in the Parks: A Case Study for Change Management. (2005). *The George Wright Forum*, 22, 12-31.

De Pourcq, K., Thomas, E., Arts, B., Vranckx, A., Léon-Sicard, T., & Van Damme, P. (2017). Understanding and resolving conflict between local communities and conservation authorities in Colombia. *World Dev.*, 93, 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.026>.

Durigan, G. (2020). Zero-fire: not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. *Flora*, 268, Article 151612. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151612>.

Durigan, G., & Ratter, J. A. (2016). The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 11-15. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

Eloy, L., Bilbao, B. A., Mistry, J., & Schmidt, I. B. (2019). From fire suppression to fire management: Advances and resistances to changes in fire policy in the savannas of Brazil and Venezuela. *Geogr J*, 185(1), 10-22. <https://doi.org/10.1111/geoj.12245>.

Falleiro, R. M. (2011). Resgate do manejo tradicional do Cerrado com fogo para a proteção das Terras Indígenas do oeste do Mato Grosso: um estudo de caso. *BioBrasil*, 2, 86-96. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.114>.

Falleiro, R. M., Steil, L., de Oliveira, M. S., Lando, I., Machado, L. O. R., Cunha, A. M. C., & Zacharias, G. C. (2021). Histórico, Avaliação, Oportunidades e Desafios do Manejo Integrado do Fogo nas Terras Indígenas Brasileiras. *BioBrasil*, 11(2), 75-98. doi: 10.37002/biobrasil.v11i2.1742.

Fidelis, A., Alvarado, S. T., Barradas, A. C. S., & Pivello, V. R. (2018). The Year 2017: Megafires and Management in the Cerrado. *Fire*, 1(3), 49. <https://doi.org/10.3390/fire1030049>.

Gill, A. M., Stephens, S. L., & Cary, G. J. (2013). The worldwide “wildfire” problem. *Ecol Appl*, 23(2), 438-454. <https://doi.org/10.1890/10-2213.1>.

Hardesty, J.R.L., Myers, R., & Fulks, W. (2005). Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 22(4), 78-87. <https://www.jstor.org/stable/43597968>.

Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qual Health Res*, 15(9), 1277–1288. <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>.

Huffman, M. R. (2013). The many elements of traditional fire knowledge: synthesis, classification, and aids to cross-cultural problem solving in fire-dependent systems around the world. *Ecol. Soc.*, 18(4), 3. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05843-180403>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250000*. IBGE-Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.

Kaufmann, M. R. A., Shlisky, & B. Kent. (2003). *Integrating scientific knowledge into social and economic decisions for ecologically sound fire and restoration management*. Proceedings 3rd International Wildland Fire Conference and Exhibition. Sydney, Austrália.

Kojwang, H. O. (2000). *Integrated Forest Fire Management (IFFM) in Namibia*. United Nations, Ministry for Environment and Tourism, Windhoek, Namibia.

Long, J. W., Lake, F. K., & Goode, R. W. (2021). The importance of Indigenous cultural burning in forested regions of the Pacific West, USA. *For. Ecol. Manage.*, 500 (3), 119597. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119597>.

Martínez-Torres, H. L., Pérez-Salicrup, D. R., Castillo, A., & Ramírez, M. I. (2018). Fire management in a natural protected area: what do key local actors say?. *Hum Ecol*, 46, 515-528. <https://doi.org/10.1007/s10745-018-0013-z>.

[McDaniel, J., Kennard, D., & Fuentes, A. Smokey the Tapir: Traditional fire knowledge and fire prevention campaigns in lowland Bolivia. \(2005\). Soc. Nat. Resour., 18\(10\), 921–931. https://doi.org/10.1080/08941920500248921.](https://doi.org/10.1080/08941920500248921)

Mistry, J., Bilbao, B. A., & Berardi, A. (2016). Community owned solutions for fire management in tropical ecosystems: Case studies from indigenous communities of South America. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 371, Article 20150174.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0174>

Mistry, J., Schmidt, I. B., Eloy, L., & Bilbao, B. (2019). New perspectives in fire management in South American savannas: The importance of intercultural governance. *Ambio*, 48, 172-179. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1054-7>.

Mistry, J., & Bizerril, M. (2011). Por que é importante entender as inter-relações entre pessoas, fogo e áreas protegidas? *BioBrasil*, 2, 40-49.

<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.137>.

MMA Ministério do Meio Ambiente. (2018). Retrieved from <http://www.mma.gov.br/informma/item/15369-pl-que-institui-pol%C3%ADtica-de-gest%C3%A3o-do-fogo-%C3%A9-enviado-ao-congresso.html>. Accessed May 20, 2019.

Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., Leonard, J., McCaffrey, S., Odion, D. C., Schoennagel, T., & Syphard, A. D. (2014). Learning to coexist with wildfire. *Nature*, 515(7525), 58-66.

<https://doi.org/10.1038/nature13946>

Morrison, J. H., & Cooke P. M. (2003). Caring for country: Indigenous people managing country using fire with particular emphasis on Northern Australia, (pp. 1-10). In: *Proceedings of National Landcare Conference*. Darwin, Australia. <<https://gfmc.online/wp-content/uploads/3-IWFC-014-Morrison.pdf>>

Moura, L. C., Scariot, A. O., Schmidt, I. B., Beatty, R., & Russell-Smith, J. (2019). The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. *J. Environ. Manage.*, 232, 600-606. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>.

Myers, RL (2006). Living with fire - Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. Global Fire Initiative, The Nature Conservancy. 30p. https://www.conservationgateway.org/Documents/Integrated_Fire_Management_Myers_2006.pdf. Accessed May 13, 2022.

Nikolakis, W., & Roberts, E. (2021). Wildfire governance in a changing world: Insights for policy learning and policy transfer. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*.

<https://doi.org/10.1002/rhc3.12235>.

Ogra, M. (2009). Attitudes toward resolution of human-wildlife conflict among forest-dependent agriculturalists near Rajaji National Park, India. *Hum. Ecol.*, 37, 161–177.

<https://doi.org/10.1007/s10745-009-9222-9>.

Overbeck, G. E., Silveira, F. A. O., Rossatto, D. R., & Heilmeyer, H. (2020). From ashes to understanding: Opinion papers on fire and a call for papers for a Special Issue in *Flora*. *Flora*, 268, Article 151608. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151608>.

- Parr, C. L., Woinarski, J. C. Z., & Pienaar, D. J. (2009). Cornerstones of biodiversity conservation? Comparing the management effectiveness of Kruger and Kakadu National Parks, two key savanna reserves. *Biodivers. Conserv.*, 18, Article 3643. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9669-4>.
- Pellizzaro, P. C., Hardt, L. P. A., Hardt, C., Hardt, M., & Sehli, D. A. (2015). Gestao e manejo de áreas naturais protegidas: contexto internacional. *Ambient. Soc.*, 18(1), 21–40. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC509V1812015en>.
- Pivello, V. R., Vieira, I., Christianini, A. V., Ribeiro, D.B., Menezes, L. S., Berlinck, C.N., Melo, F.P.L., Marengo, J.A., Tornquist, C.G., Tomas, W.M., & Overbeck, G.E. (2021). Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspect. Ecol. Conserv.*, 19(3), 233-255. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>.
- Prichard, S. J., Stevens-Rumann, C. S., & Hessburg, P. F. (2017). Tamm Review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *For. Ecol. Manage.*, 396, 217-233. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.035>.
- Ribeiro, M. C., & Figueira, J. E. C. (2011). Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil. *BioBrasil*, 2, 212-227. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.96>.
- Rodrigues, C. C., Mariano, R. F., da Silveira Junior, W. J., Leite, L. H., Carvalho, V. C., de Souza, F. J., de Moura, A. S., Rocha L. F., & Fontes, M. A. L. (2022). Histórico de Incêndios em Campos Rupestres Disjuntos: um Estudo de Caso em Carrancas, Minas Gerais. *BioBrasil*, 12(2), 1-16. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i2.1866>.
- Rodríguez, I., Sletto, B., Bilbao, B., & Leal, A. (2013). ‘Opening up’ fire conflicts: Reflexive governance and transformative knowledge networks in culturally fragile indigenous landscapes. STEPS Working Paper 54. Brighton: STEPS Centre.
- Rodríguez, I., Sletto, B., Bilbao, B., Sánchez-Rose, I., & Leal, A. (2018). Speaking of fire: reflexive governance in landscapes of social change and shifting local identities. *J. Environ. Policy Plan.*, 20 (6), 689-703. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2013.766579>.
- Russell-Smith, J., Cook, G.D., Cooke, P.M., Edwards, A.C., Lendrum, M., Meyer, C.P., & Whitehead, P. J. (2013). Managing fire regimes in north Australian savannas: applying Aboriginal approaches to contemporary global problems. *Front Ecol Environ*, 11, e55-e63. <https://doi.org/10.1890/120251>.
- Savado, P., Zida, D., Sawadogo, L., Tiveau, D., Tigabu, M., & Oden, P.C. (2007). Fuel and fire characteristics in savanna–woodland of West Africa in relation to grazing and dominant grass type. *Int J Wildland Fire*, 16: 531-539. <https://hdl.handle.net/10568/19738>.
- Schmidt, I. B., Fonseca, C. B., Ferreira, M. C., & Sato, M. N. (2016). Experiências internacionais de Manejo Integrado do Fogo em áreas protegidas–recomendações para implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. *BioBrasil*, 6(2), 41-54. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.586>.

Schmidt, I. B., Moura, L. C., Ferreira, M. C., Eloy, L., Sampaio, A. B., Dias, P. A., & Berlinck, C. N. (2018). Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. *J Appl Ecol*, 55(5), 2094-2101. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>.

Schmidt, I. B., & Eloy, L. (2020). Fire regime in the Brazilian savanna: recent changes, policy and management. *Flora*, 268, Article 151613. <https://doi.org/10.1016/j.fora.2020.151613>.

Seijo, F., Millington, J. D. A., Gray, R., Sanz, V., Lozano, J., García-Serrano, F., Sanguesa-Barreda, G., & Camarero, J. J. (2015). Forgetting fire: Traditional fire knowledge in two chestnut forest ecosystems of the Iberian Peninsula and its implications for European fire management policy. *Land Use Policy*, 47, 130-144.

Shaffer, L. J. (2010). Indigenous fire use to manage savanna landscapes in southern Mozambique. *Fire Ecol.*, 6, 43-59. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0602043>.

Shea, R.W., Shea, B.W., 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. *J. Geophys. Res.*, 101, 23551-23568. <https://doi.org/10.1029/95JD02047>.

Silva, J. S., Rego, F., Fernandes, P., & Rigolot, E. (2010). Introducing the fire paradox. In J. S. Silva, F. Rego, P. Fernandes, & E. Rigolot (Eds.), *Towards integrated fire management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*. EFI Res Rep 23 (pp. 3–6). Joensuu: European Forest Institute.

Silveira-Junior, W. J., Souza, C. R., Mariano, R. F., Moura, C. C. S., Rodrigues, C.C., & Fontes, M. A. L. (2021). Conservation conflicts and their drivers in different protected area management groups: a case study in Brazil. *Biodivers. Conserv.*, 30, 4297–4315. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02308-2>.

Sletto, B. (2008). The knowledge that counts: Institutional identities, policy science, and the conflict over fire management in the Gran Sabana, Venezuela. *World Dev*, 36(10), 1938–1955. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.02.008>.

Sorrensen, C. (2009). Potential hazards of land policy: Conservation, rural development and fire use in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 26, 782–791. doi:10.1016/j.landusepol.2008.10.007.

Van Wagtenonk, J. W. (2007). The history and evolution of wildland fire use. *Fire Ecology*, 3(2), 3-17. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0302003>

Van Wilgen, B.W., Govender, N., & Biggs, H. C. (2007). The contribution of fire research to fire management: a critical review of a long-term experiment in the Kruger National Park, South Africa. *Int J Wildland Fire*, 16(5), 519-530. <https://doi.org/10.1071/WF06115>.

Van Wilgen, B. W. (2009). The evolution of fire management practices in savanna protected areas in South Africa. *South African Journal of Science*, 105(9), 343-349. <https://doi.org/10.10520/EJC96965>

Wildfire. 7ª Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais: “Frente a frente com o fogo em um mundo em mudanças: a redução da vulnerabilidade das populações e dos ecossistemas por meio do Manejo Integrado do Fogo”. (2019). Campo Grande – MT.
<https://www.ibama.gov.br/wildfire2019>.

S1 – List of the 29 protected areas used in this study with the correspondent categories and groups according to the National System of conservation Units (SNUC) and the correspondent categories according to the International Union for Conservation of Nature (IUCN). Note that in the protected area column the category initials are in Portuguese, since it is part of the name, but in the second column the category initials were translated to English language.

Protected Area Name	SNUC category	SNUC group	IUCN category
APA da Bacia Hidrográfica do Rio Machado	EPA	SU	V
APA Estadual Parque Fernão Dias	EPA	SU	V
APA Seminário Menor de Mariana	EPA	SU	V
APA Serra São José	EPA	SU	V
APA do Alto do Mucuri	EPA	SU	V
EE Mata do Cedro	ES	FP	Ia
EE do Tripuí	ES	FP	Ia
EE Estadual de Aredes	ES	FP	Ia
MN Estadual de Itatiaia	NM	FP	III
MN Estadual Gruta Rei do Mato	NM	FP	III
MN Estadual Peter Lund	NM	FP	III
MN Estadual Serra da Piedade	NM	FP	III
PE Alto Cariri	Park	FP	II
PE Caminho dos Gerais	Park	FP	II
PE da Cerca Grande	Park	FP	II
PE da Lapa Grande	Park	FP	II
PE da Serra do Papagaio	Park	FP	II
PE da Serra do Rola Moça	Park	FP	II
PE de Serra Nova e Talhado	Park	FP	II
PE do Itacolomi	Park	FP	II
PE Florestal da Baleia	Park	FP	II
PE Nova Baden	Park	FP	II
PE Serra da Boa Esperança	Park	FP	II
PE Serra Negra	Park	FP	II
PE Serra Verde	Park	FP	II
PE Sete Salões	Park	FP	II
RVS de Macaúbas	WR	FP	II
RVS Libélulas da Serra de São José	WR	FP	II
RVS Mata dos Muriquis	WR	FP	II

S2 – Questionnaire for the characterization of conservation conflicts associated with fire and related management strategies in the Protected Areas of Minas Gerais State, Brazil.

e-mail: _____

Position: _____

Protected Area Name: _____

How long have you been a manager in this Conservation Unit (UC)? _____

1. Is there a fire management plan or program or similar in the UC? () Yes () No
 - 1.1 If yes, what is the name of the program/plan? _____

2. What are the fire management strategies adopted in the UC? Check all that apply.
 - () Construction of firebreaks;
 - () Social Communication Plan – Education and awareness of visitors and the community;
 - () Community meetings (integration with communities fire management);
 - () Burning calendar with the community;
 - () Support in controlled burning in the surroundings and in the legal authorization process;
 - () Prescribed burns inside the UC;
 - () Hiring brigades;
 - () Voluntary brigades;
 - () Monitoring the effects of fire on flora and fauna;
 - () Monitoring and evaluation of the Fire Management Plan/program (similar)

Others: _____

3. How do you assess the conservation conflict associated with fire (burns/fires) in the UC?

Weak () Medium () Strong ()

4. The conflict associated with fire is mainly related to the surrounding populations, what are these populations? Check all that apply.
 - a) Traditional indigenous ()
 - b) Traditional non-indigenous ()

c) Non-traditional urban ()

d) Non-traditional rural ()

4.1 If you checked “Traditional indigenous” or “traditional non-indigenous” populations, which populations are these? _____

5. What other populations contribute to the existence of conflict? Check the options that apply.

a) Resident in the *UC* area ()

b) Visitor ()

6. Have strategies been adopted to manage conflicts associated with fire? () Yes () No

6.1 If yes, which strategies?

7. Is landscape management using fire part of the traditional local culture of any of these populations?

() Yes () No

7.1 If yes, what purpose?

() Agriculture () Native pasture management () Other

uses: _____

8. Can traditional fire practices and knowledge of populations be useful in fire management?

() Yes () No

8.1 If yes, how?

9. Are you aware of the Integrated Fire Management (IFM) process implemented in some protected areas? () Yes () No

9.1 If yes, how can the IFM be useful to minimize fire conflicts in this *UC*?

10. Is the IFM topic discussed in the *UC* management council?

11. Comments or suggestions for issues not addressed:

S3 – Content analysis of the fire management and conflict management strategies adopted, and the TFK contributions, classified according to the IFM axes

Axes (sides of the IFM triangle):

- 1 - Associated with fire management techniques - prevention, suppression and use.
- 2- Associated with the integration/knowledge of the ecological role of fire in local ecosystems.
- 3- Associated with the integration/knowledge of local and regional socioeconomic and cultural needs in relation to fire.

1) Adopted fire management strategies.

Adopted fire management strategies	Classification in relation to IFM axes (content analysis)
Construction of firebreaks	1
Social Communication Plan – Education and awareness of visitors and the community;	1
Community meetings (integration with communities fire management);	3
Burning calendar with the community	3
Support in controlled burning in the surroundings and in the legal authorization process	1,3
Prescribed burns inside the <i>UC</i>	1
Hiring brigades	1
Voluntary brigades	1
Monitoring the effects of fire on flora and fauna	2
Monitoring and evaluation of the Fire Management Plan/program (similar)	1,2,3
None	-
Others: Monitoring and analysis of fire hotspots	1
Others: Shared management with other institutions in preventing and combating	1,3
Others: Biennial visit and orientation to surrounding residents	1,3
Others: Preventive Patrol	1
Others: Communication group (Whatsapp or otherwise)	1
Others: Training course for volunteer brigade	1
Others: Scheduled maintenance of equipment	1
Other: Maintenance of internal roads and trails	1
Others: Meeting to seek partners in combat	1,3

Others: Environmental Education	1
---------------------------------	---

2) Categories and conflict management strategies adopted.

Category (content analysis)	Strategies for mediation and conflict mitigation	Classification in relation to IFM axes (content analysis)
Environmental awareness and education	Awareness and prevention of forest fires in the <i>UC</i> territory.	1
	Environmental education strategies (media, lectures, radios, posters, campaigns, social network, etc.).	1
	Environmental Education Program.	1
	Preventive visits in the critical period/visits in partnership with firefighters on properties in and around the countryside.	1
	Guidance and educational visit, lowering conflict rates.	1
Dialogue and technical follow-up with the rural producer/community	Recommendations/dissemination/incentives regarding the correct use of fire, and for the formalization of controlled burning processes.	1,3
	Environmental Regularization Events - Dialogue with the producer.	1,3
	Guidelines using alternative means.	1
	Monitoring of burns controlled by the <i>UC</i> team.	1,3
Integration with the community	Participation of the population in the meetings of the Municipal Council for Sustainable Rural Development (<i>CMDRS</i>). Conflict resolution and quality of life.	3
	Strengthening and approximation with the community, organized civil society and community associations.	3
	Community visits to the <i>UC</i> /producer approach to the <i>UC</i> .	1,3
	Inclusion of community members in the advisory board.	3
Integrated monitoring and brigade actions	Fostering the formation of new brigades	1
	Registering volunteers in the surveillance of fire outbreaks.	1
	Integrated monitoring with surrounding residents/Joint monitoring.	1,3
	Communication network with surrounding residents via WhatsApp.	1

Prevention, control and fire fighting	Monitoring and inspection in partnership with firefighters, Military Police, Forest Fire Prevention and Fighting Program (Previncêndio).	1
	Integrated Forest Fire Prevention and Fighting Plan (<i>PIPCIF</i>).	1
	Meetings with inland and surrounding communities to control the use of fire as an agricultural practice.	1
	Direct conversations with the owners of the <i>UC</i> areas about fire prevention.	1
	Preventive patrolling, approaching visitors.	1
	Fire Occurrence Report (<i>ROI</i>).	1
	Meeting and guidance with the residents of the interior of the <i>UC</i> .	1,3

3) Categories and forms of TFK contributions to fire management.

Category (content analysis)	How can the knowledge and practices of populations be useful in fire management?	Classification in relation to IFM axes (content analysis)
Integration of TEK with technical knowledge	Historical, cultural knowledge about fire behavior and benefits/historical practice of pasture renewal.	1,2,3
	Survey of priority areas for prescribed burning/local geographic knowledge.	1,2,3
	Construction of firebreaks and counterfire.	1
	Knowledge of the proper time for burning.	2
	Knowledge of fire behavior helps in combat.	1,2
	Establishing a dialogue with residents and seeking to find solutions.	3
	Promoting Participatory Management.	3
	Integrate popular, technical knowledge for balance and harmony in PA management.	1,2,3
Conservation agents	Helping to conserve the <i>UC</i> .	1
	Information disseminators about the negative consequences of the effect of fire (fires) on nature, local fauna and flora.	1,2

Participative management	Promoting Participatory Management.	3
	Knowing the needs of populations.	3
	Streamlining authorization acts.	1,3
	Improve enforcement capacity.	1
Replacement of the fire use/ suppression	Non-use of fire in agricultural practices by residents of the interior and surroundings.	1

ARTIGO 2 – O Conhecimento Tradicional influencia os efeitos do manejo do fogo e os serviços ecossistêmicos associados

Carolina Costa Rodrigues, Wanderley Jorge da Silveira Junior, Cléber Rodrigo de Souza, Leandro Henrique Leite, Luis Paulo Baldissera Schorr, Vinícius Andrade Maia, Aloysio Souza de Moura, Gabriela Furbino Brettas Lana, Renata Moreira dos Santos, Mariana Caroline Moreira Morelli, Joelma de Paulo Silva, Marco Aurélio Leite Fontes.

RESUMO

Os regimes naturais de fogo podem ser reconhecidos como fornecedores de inúmeros benefícios ecológicos e socioculturais à humanidade e aos ecossistemas. Esses benefícios são os chamados serviços ecossistêmicos. Estratégias de manejo do fogo em áreas naturais visam alcançar esses serviços, sobretudo nos ecossistemas dependentes e adaptados do fogo. O Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK) das populações locais/tradicionais pode ser um aliado nesse processo, favorecendo ainda mais a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Todavia, ainda há controvérsias e mal entendimento sobre o uso do fogo na conservação e na manutenção da sociobiodiversidade. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi analisar os efeitos e os serviços ecossistêmicos do manejo do fogo, e como a presença/ ausência do TFK influencia nesses efeitos/serviços. Para isso, realizou-se um levantamento bibliográfico de pesquisas realizadas em todo mundo, publicadas em periódicos científicos. Verificou-se que o manejo do fogo tem sido uma ferramenta útil no fornecimento de serviços ecossistêmicos de regulação, provisão e culturais, a partir de queimas prescritas realizadas por gestores ou processos que envolvem os TFK das populações locais. A maioria das citações corresponderam aos efeitos positivos, com destaque para os serviços de Regulação, e a categoria “Proteção contra os incêndios”. As citações de efeitos negativos diminuíram consideravelmente com a presença de TFK. O manejo do fogo “Sem TFK” contribui sobretudo na Regulação e “Com TFK” potencializa o fornecimento de serviços ecossistêmicos, aumentando os serviços de provisão e culturais. Assim, constatou-se que a presença do TFK otimiza e agrega valor à gestão do fogo, pois possibilita maior integração dos conhecimentos, das tecnologias, da ecologia e cultura do fogo.

Palavras-chave: Gestão do fogo, Manejo Integrado do Fogo, queima prescrita, efeitos do fogo, Conhecimento Tradicional sobre o Fogo.

ABSTRACT

Natural fire regimes have been acknowledged for providing numerous ecological and sociocultural benefits to both humanity and ecosystems. Such benefits are denominated ecosystem services. Fire management strategies in natural areas aim at accomplishing those services, particularly in fire-dependent ecosystems. The Traditional Fire Management (TFK) of local / traditional populations may be an ally in that process, further favoring the maintenance of ecosystem services. There are still, however, controversies and misunderstandings regarding the use of fire in the conservation and maintenance of the sociobiodiversity. Thus, the goal of this research was to analyze the effects and the ecosystem services of fire management and also how the presence / absence of TFK influences such effects / services. A bibliographical inventory of research from all over the world, published in scientific journals was carried out. Fire management has been found as a useful tool in providing regulatory, provision and cultural ecosystem services from prescribed fires conducted by managers or even processes that involve the TFK of local populations. Most quotes were related to the positive effects, pointing out the regulatory services and the category 'Protection against wildfires'. The quotes related to the negative effects decreased noticeably with the presence of the TFK. The management of fire 'without TFK' contributes above all to the regulation, meanwhile 'with TFK' enhances the provision of ecosystem services, increasing provision and cultural services. Thus, it was noticed that the presence of the TFK optimizes and adds value to fire management, making it possible for a greater integration of knowledge, technology and the culture of fire.

Keywords: Fire management, Integrated Fire Management, prescribed burning, fire effects, Traditional Fire Knowledge.

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um fator importante de longa história de ocorrência em escalas de tempo paleoecológicas (SCOTT; GLASSPOOL, 2006), influenciando funções biofísicas e processos ecossistêmicos por todo o mundo (BEERLING; OSBORNE, 2006; BOND; WOODWARD; MIDGLEY, 2005), além de uma série de interações sociais que os povos indígenas e tradicionais têm com a paisagem (RUSSELL-SMITH et al., 2009; RUSSELL-SMITH et al., 2019; SANGHA et al., 2021). O fogo originado naturalmente ou iniciado por pessoas que o mantém sob controle, podem ser benéficos e sustentam a vida em ecossistemas que evoluíram com o fogo, como as savanas e florestas de coníferas (MYERS, 2006).

Principalmente nos ecossistemas dependentes e adaptados ao fogo, considerados propensos ou mantidos pelo fogo, há milênios as sociedades humanas têm se beneficiado das ocorrências naturais de fogo e do seu uso para a segurança, garantia de meios de subsistência e reprodução cultural, dentre outros aspectos, (LAKE; CHRISTIANSON, 2019; MYERS, 2006). Assim, considerando a definição de serviços ecossistêmicos que são os benefícios que as pessoas obtêm dos sistemas naturais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005), entende-se que as ocorrências naturais e históricas de fogo (fogo natural) podem oferecer serviços ecossistêmicos (PAUSAS; KEELEY, 2019a). No entanto, está evidente que nem todas as queimadas e regimes de fogo são sustentáveis e geram benefícios à humanidade (PAUSAS; KEELEY, 2019b), haja vista, como os impactos socioambientais negativos e até catastróficos dos incêndios têm ocorrido ao longo do globo (GILL; STEPHENS; CARY, 2013; FIDELIS et al., 2018).

Os serviços ecossistêmicos derivados das ocorrências naturais e históricas de fogo (PAUSAS; KEELEY, 2019a) são agrupados em quatro categorias amplas, conforme a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (*Millennium Ecosystem Assessment*) (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Essas consistem em (i) serviços de provisão, que são os produtos e recursos obtidos como alimentos, remédios, madeira, água e fibras; (ii) serviços de regulação, que afetam os processos do ecossistemas, como a qualidade da água e do solo, o clima, a manutenção da flora e fauna, de pragas e doenças; (iii) serviços culturais, que fornecem benefícios não materiais, incluindo estéticos, espirituais, o bem-estar físico e social, e da manutenção dos modos de vida; e (iv) serviços de apoio, sendo aqueles necessários para a produção dos outros serviços e podem estar incluídos nas demais categorias, como exemplo a formação de habitats abertos e ciclagem de nutrientes.

O uso do fogo, como uma ferramenta de conservação para gerenciar de forma sustentável ecossistemas naturais propensos ao fogo, está sendo cada vez mais reconhecido globalmente (BERLINCK; LIMA, 2021; MISTRY et al., 2019; MOURA et al., 2019; PIVELLO et al., 2021; RUSSELL-SMITH et al., 2021). Pois, as estratégias de manejo do fogo visam alcançar múltiplos benefícios ecológicos e socioculturais, como aqueles proporcionados pelas ocorrências naturais de fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; MYERS, 2006; PAUSAS; KELLEY, 2019a).

A queima prescrita é uma estratégia bem reconhecida em todo mundo e conta com apoio científico e político em alguns países como a Austrália (RUSSELL-SMITH et al., 2009; RUSSELL-SMITH et al., 2013). Seu objetivo central é focar na gestão estratégica das cargas de combustível, podendo diferir das abordagens de Manejo tradicional/indígena, que se concentram geralmente na gestão sustentável de recursos naturais (SANGHA et al., 2021; YIBARBUK et al., 2001). O Manejo Integrado do Fogo (MYERS, 2006) ou Manejo Intercultural do Fogo (MISTRY et al., 2019) são processos mais amplos dentro de uma abordagem holística dos aspectos ecológicos, socioculturais, econômicos e tecnológicos do fogo (KAUFMANN; SHLISKY; KENT; 2003), que além da prática de queimas prescritas podem incluir outras estratégias mais participativas, como por exemplo a proposição de calendário de queimas, confecção de aceiros, formação de brigadas voluntárias e a integração do conhecimento local com o conhecimento técnico-científico sobre o comportamento e efeitos do fogo para tomada de decisão.

Em grande parte, as queimadas prescritas realizadas por gestores de áreas protegidas baseiam-se meramente em tecnologias e equipamentos modernos, e nem sempre envolvem as comunidades locais e o Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK, sigla em inglês de *Traditional Fire Management*). O TFK compõe o denominado Conhecimento Ecológico Tradicional (TEK, sigla em inglês de *Traditional Ecological Knowledge*), que resulta do processo de evolução cultural e adaptativo de grupos humanos em interação com o seu meio, estabelecido nos sistemas socioecológicos, nos quais emergiram práticas de uso dos meios bióticos e abióticos (BERKES, 2004). Atualmente, o TFK é apontado como fundamental para as ações contemporâneas de manejo do fogo, pois possibilita a criação e manutenção de serviços dos ecossistemas, protegendo-os dos impactos adversos dos incêndios florestais, moderando o volume de material combustível, mantendo assim a biodiversidade e as bacias hidrográficas e revitalizando as pastagens e espécies úteis (SEIJO; GRAY; RIDEOUT-HANZAK, 2011; HUFFMAN, 2013).

Embora o papel do manejo do fogo na obtenção de serviços ecossistêmicos esteja sendo reconhecido globalmente por muitos pesquisadores (GILLSON; WHITLOCK; HUMPHREY, 2019; PAIS et al., 2020; PAUSAS; KEELEY, 2019a; RUSSELL-SMITH, 2016; SANGHA et al., 2021), ainda há controvérsias sobre seu uso na conservação e o mal entendimento sobre seu papel na manutenção da sociobiodiversidade (DURIGAN; RATTER, 2016; OVERBECK et al., 2020; PAUSAS; KEELEY, 2019b). Sobretudo, em relação aos serviços culturais que possuem um papel vital para a melhoria das condições e do bem-estar dos povos tradicionais indígenas e não indígenas, com benefícios que se estendem às sociedades de forma geral pelo uso sustentável dos recursos naturais, como a regulação do clima e da água (SANGHA et al., 2021).

Diante deste contexto, compreendendo o papel do fogo, do seu manejo sustentável e das populações tradicionais no fornecimento dos serviços ecossistêmicos associados, analisamos os efeitos e os serviços ecossistêmicos do manejo do fogo, e como a presença/ ausência do TFK influencia nesses efeitos/serviços, a partir de um levantamento bibliográfico de pesquisas realizadas em todo mundo e publicadas em periódicos científicos. Para isso, estabelecemos uma questão norteadora: a presença do TFK contribui para gestão/manejo do fogo em áreas naturais, mantendo e potencializando os serviços ecossistêmicos associados? Acreditamos que nossa pesquisa enfatiza a importância de uma gama de benefícios que fluem do manejo do fogo em ecossistemas mundiais, quais serviços ecossistêmicos podem ser esperados e quais podem ser potencializados com o envolvimento das populações tradicionais, para informar os tomadores de decisões políticas, gestores, atores sociais envolvidos e o público mais amplo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi conduzida por meio de etapas, sugeridas em trabalhos de pesquisa sistemática de evidências (JAMES; RANDALL; HADDAWAY, 2016). Na primeira etapa, ocorreu o engajamento da equipe com o escopo e a questão de estudo. Na segunda etapa, realizamos o levantamento bibliográfico de estudos que permitissem compreender e demonstrar as relações entre o manejo do fogo (com e sem TFK associado) e seus efeitos em ecossistemas pelo mundo, publicados em revistas científicas entre os anos de 2002 a 2020. Foram pesquisadas as bases de dados *Web of Science*, *Google Scholar* e *Science Direct*, durante o período de agosto de 2019 a julho de 2020, sendo a última busca realizada no dia 23/07/2020.

Utilizamos a combinação do seguinte conjunto de palavras-chaves: TS= "Fire Management" AND "Fire effect" OR "Traditional fire knowledge" OR "Integrated Fire Management". Em virtude da elevada quantidade de estudos encontrados (2.050), os artigos foram pré-selecionados para leitura exploratória. Para tanto, selecionamos os artigos que tiveram o título e o resumo dentro da linha da pesquisa deste projeto. Ao final desta etapa, os estudos pré-selecionados foram lidos na íntegra e submetidos à próxima etapa.

A terceira etapa consistiu em selecionar os trabalhos que deveriam compor a base de dados. Para isso, utilizamos critérios de inclusão e exclusão. Para serem incluídos os estudos deveriam: (1) ser realizados em ecossistemas naturais (consideramos aqueles que mantêm a estrutura, a composição e o funcionamento adequado, a partir de sua formação original); (2) ter executado o manejo do fogo, com as especificações do modelo utilizado (ex. queima prescrita, queima controlada, queima indígena, queima tradicional, Manejo Integrado do Fogo) ; (3) ter destacado efeitos positivos ou negativos do fogo nos ecossistemas; (4) ter avaliado os efeitos pós-fogo por um período maior que um ano. Não foram inseridos os estudos: (1) realizados apenas em florestas plantadas; (2) que não executaram o manejo do fogo e apenas apresentaram parâmetros estimados por modelagem; (3) que avaliaram incêndios florestais descontrolados e/ou catastróficos e não o fogo manejado. Ao final foram selecionados 71 estudos.

2.2 Análise de dados

Utilizamos a metodologia de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2010; HSIEH; SHANNON, 2005) para extração das informações de interesse e a codificação dos artigos selecionados, que é a atribuição de categorias para um conjunto de variáveis que descrevem o cenário estudado (JAMES; RANDALL; HADDAWAY, 2016). Neste processo as categorias foram determinadas agrupando os temas por similaridades. Exploramos e selecionamos as informações com base nos tópicos/variáveis: (1) Ano de Publicação, (2) Autor, (3) Nome do artigo, (4) Periódico, (5) País de estudo, (6) Ecossistema, (7) Tipo de Manejo de Fogo, (8) Presença ou ausência de TFK, (9) Efeitos do manejo do fogo (positivos e negativos). As informações extraídas dos artigos e aquelas submetidas à análise de conteúdo foram compiladas em um banco de dados organizado em planilha eletrônica.

Para o tópico “Ecossistema”, os dados foram descritos observando a tipologia apresentada nos artigos. Para os “Tipos de Manejo de Fogo” determinamos três categorias, sendo estas: (a) Queima prescrita, manejada ou controlada – quando a queima é manejada com um objetivo claro, planejamento, período de queima determinado e possivelmente condições

bióticas e abióticas monitoradas (FALLEIRO et al., 2021; MYERS, 2006; PIVELLO et al., 2021); (b) Manejo indígena/ manejo tradicional do fogo – quando o uso do fogo compõe o modo de vida e as práticas de manejo dos recursos naturais e da paisagem por populações tradicionais para atingir múltiplos objetivos (HUFFMAN, 2013; NIKOLAKIS; ROBERTS, 2021); e (c) Manejo Integrado do Fogo ou Manejo Intercultural e Participativo – o manejo do fogo foi estabelecido dentro do processo de MIF ou Manejo Intercultural e Participativo, no contexto das áreas protegidas envolve o planejamento e gerenciamento de queimas prescritas, bem como a supressão de incêndios indesejados (MISTRY et al., 2019; MYERS, 2006; PIVELLO et al., 2021).

A análise da “Presença ou ausência de TFK”, considerou-se as categorias: (a) Com TFK – quando o manejo do fogo utilizou o Conhecimento Tradicional sobre o Fogo baseado em saberes, práticas ou crenças; ou quando o conhecimento tradicional foi complemento útil ao conhecimento técnico-científico dos gestores; ou ainda quando o manejo foi realizado por povos tradicionais ou pela integração entre técnicos e população local, conforme definição de TFK realizada por Huffman (2013); e (b) Sem TFK – quando o manejo do fogo utilizou o conhecimento técnico não abordando questões de TFK; ou quando foi prescrito apenas por gestores e técnicos florestais; ou ainda quando não ocorreu a integração entre técnicos e população local nas decisões de manejo.

Para a exemplificação do número de trabalhos em escala mundial foi realizada a distribuição espacial global, na qual, foram utilizadas as variáveis “País de estudo” e “Presença ou ausência de TFK”, conforme a categoria predefinida. As regiões mundiais foram classificadas conforme a classificação de “Dependência ao fogo” propostas por Hardesty, Myers e Fulks (2005) e Shlisky et al. (2007).

Na análise de conteúdo dos “Efeitos do manejo do fogo (positivos e negativos)” determinamos 16 categorias de efeitos, com base nos serviços ecossistêmicos derivados de *wildfires* de acordo com Pausas e Keeley (2019a) (os autores se referiram a definição de *wildfires* como o incêndio natural (selvagem) ou regimes saudáveis de fogo). De forma mais ampla, classificamos essas categorias conforme a tipologia dos serviços ecossistêmicos, que consistem em serviços de regulação, de provisão e cultural (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005) (Tabela 1). Os serviços de apoio não foram considerados na análise, uma vez que podem estar incluídos nas demais categorias, por serem aqueles necessários para a produção de outros serviços.

Tabela 1 – Categorias de efeitos do manejo do fogo classificadas como serviços ecossistêmicos de acordo com Pausa e Keeley (2019a), com a descrição baseada na análise de conteúdo dos aspectos relacionados a cada categoria, e o tipo de serviço ecossistêmico conforme *Millennium Ecosystem Assessment* (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Nº da categoria	Categoria de efeitos	Descrição	Tipo de serviço ecossistêmico
1	Manutenção da dinâmica, estrutura e diversidade da vegetação	Aspectos relacionados à vegetação. Influência na dinâmica populacional das espécies vegetais, na densidade populacional. Influência na estrutura, composição e dinâmica da comunidade vegetal. Influência na regeneração (banco de sementes, plântulas, quebra de dormência), brotação, recrutamento e crescimento da vegetação (estímulo, favorecimento e/ou redução), na densidade, abundância de espécies, na mortalidade de árvores, na área basal de árvores. Influência na cobertura vegetal e/ou sub-bosque, de espécies forrageiras de pradarias, arbustivas lenhosas. Influência na reprodução e fenologia das espécies (floração, frutificação). Influência na riqueza e diversidade de plantas (ex. forrageiras, arbustos, espécies de sub-bosque). Manutenção de mosaico que favorecem a diversidade/heterogeneidade de espécies vegetais.	Regulação
2	Manutenção da dinâmica, diversidade e habitats de espécies e comunidades da fauna.	Aspectos relacionados à fauna. Influência na dinâmica populacional e comunidade de espécies da fauna. Influência na mortalidade de animais (ex. pequenos, jovens, vertebrados). Influência na riqueza, abundância e diversidade de espécies da fauna. Influência na manutenção e proteção de habitats de espécies, comunidades (ex. aves, formigas). Manutenção de pastagens, forragens para animais selvagens. Influência na alimentação e migração.	Regulação
3	Proteção e manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas.	Aspectos relacionados aos ecossistemas. Manutenção de habitats. Aumento da heterogeneidade de habitats, mosaicos na paisagem (habitats, diferentes respostas das espécies). Manutenção da estabilidade das savanas e de áreas abertas. Manter campos saudáveis. Manutenção da pirodiversidade. Restauração das florestas. Alteração de ambientes sensíveis. Manutenção e proteção de espécies e florestas sensíveis ao fogo. Manutenção da diversidade funcional (ex. espécies colonizadoras, áreas campestres do Cerrado, fungos decompositores de madeira).	Regulação
4	Regulação de espécies invasoras, pragas, doenças	Influência no crescimento, estabelecimento e controle de espécies exóticas invasoras, de espécies consideradas daninhas, pragas, e de doenças. Controle da proliferação de insetos, fungos e doenças de plantas. Regulação de árvores e arbustos invasores. Reduz refúgios de carrapatos e gafanhotos. Facilita a separação de castanhas saudáveis das infectadas.	Regulação
5	Proteção contra os incêndios	Controle da incidência, frequência e intensidade de incêndios. Controle da propagação e no risco de incêndios, megaincêndios, catastróficos (alta gravidade, extensão e intensidade), acidentais. Redução do material combustível. Controle do fogo superficial. Redução de incêndios na estação seca tardia; na estação mais seca (verão mediterrâneo). Diminuição da susceptibilidade ao fogo de copa. Redução combustível do dossel. Redução dos impactos na vida humana, nas propriedades. Redução de áreas afetadas pelos incêndios. Proteção de vegetação sensível ao fogo (ex. matas ciliares).	Regulação
6	Regulação da qualidade do ar	Regulação da qualidade do ar por reduzir a poluição causada pelos incêndios. Risco à saúde pela fumaça e segurança. Regulação das emissões geradas pelos incêndios.	Regulação

7	Manutenção da qualidade do solo	Manutenção do aspecto nutricional do solo e influencia na perda solo e erosão de solo. Manutenção da saúde do solo nas propriedades químicas e físicas. Influência na fertilidade, na disponibilidade de nutrientes do solo. Influência no armazenamento e infiltração de água no solo. Retenção de carbono.	Regulação
8	Manutenção de pastagens naturais em campos e savanas	Manter espaços abertos para pastagens. Regeneração e renovação das pastagens. Limpeza e melhoria da qualidade das pastagens, tornando as mais palatáveis. Manutenção das savanas. Manter e/ou expandir as aberturas do dossel, controle de vegetação concorrente do sub-bosque. Promover o rebrota das savanas e pastagens nativas.	Provisão
9	Manutenção de acessos, trilhas, estradas e rotas de viagens.	Abertura e manutenção de trilhas. Manutenção e limpeza de estradas e rotas de viagens. Limpeza de acesso ao local para a colheita.	Provisão
10	Manutenção de espaços abertos para caça	Manutenção de habitat para a caça. Facilitar, atrair e favorecer caça.	Provisão
11	Manutenção de infraestrutura de irrigação e cursos d'águas naturais	Manutenção de infraestrutura de irrigação, abastecimento e de cursos d'águas naturais. Queima para a limpeza de canais de irrigação e abastecimento.	Provisão
12	Provisão de produtos derivados na natureza	Provisão de plantas culturalmente importantes, com valor comestível, medicinal, artesanal ou de construção. Estimula produção de plantas e rejuvenescimento, favorece a colheita (ex. raízes, frutos, avelã, samambaia, castanha, <i>grouseberry</i> , mirtilo e cogumelos). Produção de capim dourado. Favorece espécies de subsistência de coleta. Melhoria dos meios de subsistência como apicultura, pesca, artesanato. Produtos como carvão, produção sura- vinho de palma, lenha, cestaria, artefatos, ferramentas, utensílios domésticos. Produção de néctar. Fabricação de utensílios domésticos, artefatos, ferramentas. Fabricação de goma para a produção de ferramentas. Produtos da agrobiodiversidade.	Provisão
13	Conhecimentos e práticas tradicionais do manejo do fogo.	Reprodução e manutenção dos conhecimentos e práticas tradicionais do manejo do fogo. Fortalece conexões com a terra. Manutenção da cultura. Manutenção da integridade ecológica-cultural. Transmissão intergeracional. Papel social, cultural e espiritual. Identidade e sobrevivência cultural. Manutenção do meio de vida e subsistência central para a identidade, cultura e sistemas de produção. Conhecimento indígena sobre o fogo. Promove recursos com valor cultural.	Cultural
14	Gestão e conhecimento científico	Gestão comunitária e/ou familiar. Facilitar o diálogo, intercâmbio e integração entre os conhecimentos técnicos, científicos e tradicionais. Melhoria no manejo adaptativo contínuo. Facilitar a cooperação com as comunidades locais. Gestão intercultural e participativa do fogo em áreas protegidas, UCs. Troca de conhecimentos. Resolução de conflitos sociais, com diferentes grupos (ex. gestores e populações, entre gerações).	Cultural
15	Bem estar físico, social e espiritual	Influência no bem-estar físico, social e espiritual. Ex.: possibilita a instalação de moradia e limpeza de abrigos. Fornecimento de luz e calor. Preparo de alimentos, remédios de plantas medicinais, carvão para pasta de dente, pedras quentes para aliviar dores de cabeça e de dente. Tratamento de doenças. Auxílio na comunicação e sinalização.	Cultural
16	Reduzir conflitos com animais selvagens	Afugentar animais das áreas de produção e áreas das comunidades humanas.	Cultural

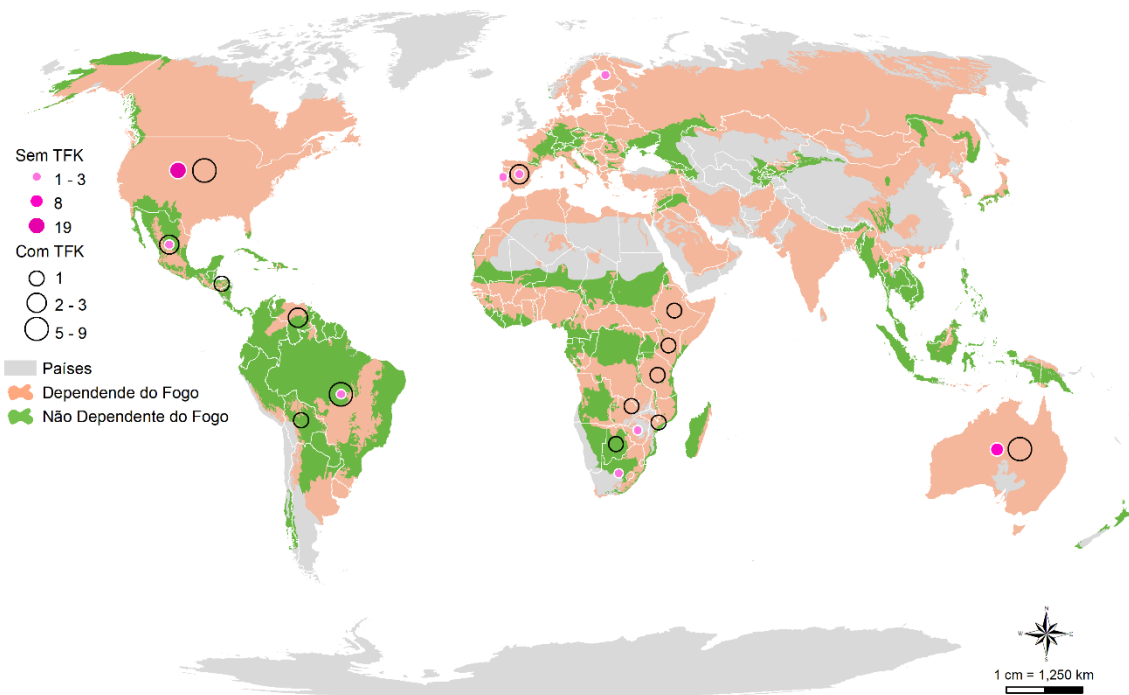
De posse dos dados organizados, quantificamos a representatividade de artigos (% de citações) para diferentes variáveis e categorias analisadas, e a representatividade de efeitos (% ou nº de citações) em relação às categorias de: tipo de serviço ecossistêmico (regulação, provisão e cultural), tipo de efeito (positivo e negativo), presença ou ausência de TFK e efeitos

(serviços ecossistêmicos). Com isso, exploramos os resultados de forma descritiva buscando relacionar as variáveis, compreender os padrões globais relacionados aos serviços ecossistêmicos associados ao manejo do fogo com e sem TFK, bem como, os possíveis fatores que contribuem para os resultados encontrados e suas consequências para a conservação da sociobiodiversidade, orientados pelo referencial teórico, composto principalmente pelos resultados dos estudos levantados.

3 RESULTADOS

A pesquisa resultou em 71 estudos de diferentes continentes e países, sendo a maioria dos Estados Unidos (33,8%). Outros países que se destacaram quanto ao número de estudos avaliados são Austrália (18,3%) e Brasil (16,9%). Observa-se que não houve estudos no continente asiático (Figura 1). A maioria dos estudos foram realizados em ecorregiões dependentes do fogo, de acordo com a classificação ampla de dependência ao fogo, proposta em Shlisky et al. (2007), o que foi confirmado na leitura exploratória dos artigos, uma vez que grande parte deles abordaram a relação ecológica do fogo no ecossistema em questão. Entendendo que a classificação proposta por Shlisky et al. (2007) abrange grandes áreas, consideramos que a relação com o fogo pode variar pela diversificação de ecossistemas dentro das ecorregiões. A maioria dos estudos foram conduzidos em Savana (34%), principalmente da América do Sul, em seguida do continente africano e Austrália. Também verificamos estudos em Floresta de Conífera (17%), Floresta Úmida (10%), Vegetação Mediterrânea (10%), Floresta de eucaliptos/esclerófila (7%), Floresta de Carvalho (7%), Pradaria (4%) e outros ecossistemas (11%) que incluem mosaicos, áreas indefinidas, Floresta Boreal e Deserto.

Figura 1 – Distribuição espacial global dos estudos associados a “Com e Sem Conhecimento Tradicional sobre o Fogo –TFK”.

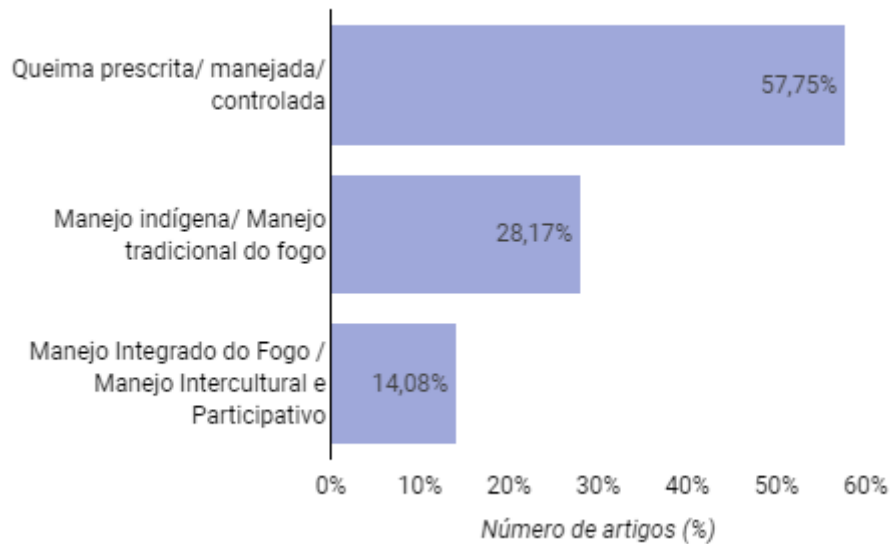


Legenda: Classificação ampla de dependência ao fogo (SHLISKY et al., 2007).

Fonte: Do autor (2022).

Os estudos se distribuíram em 52,1% Sem TFK e 47,9% Com TFK. Vale destacar que alguns locais estudados podem ter a presença de povos tradicionais ou realizar o manejo participativo/integrado do fogo, mas não foi informado no estudo. Assim, o estudo em questão foi caracterizado como “Sem TFK”. Na análise de tipos de manejo do fogo encontramos que a maioria dos estudos foram realizados no contexto das áreas protegidas, sendo que em mais da metade deles foi conduzida a queima prescrita, manejada ou controlada (Figura 2). Este tipo caracterizou os estudos “Sem TFK”, já os artigos “Com TFK” se relacionaram principalmente às demais categorias de tipos de manejo do fogo, manejo indígena ou tradicional do fogo; Manejo Integrado do Fogo ou Manejo Intercultural e Participativo.

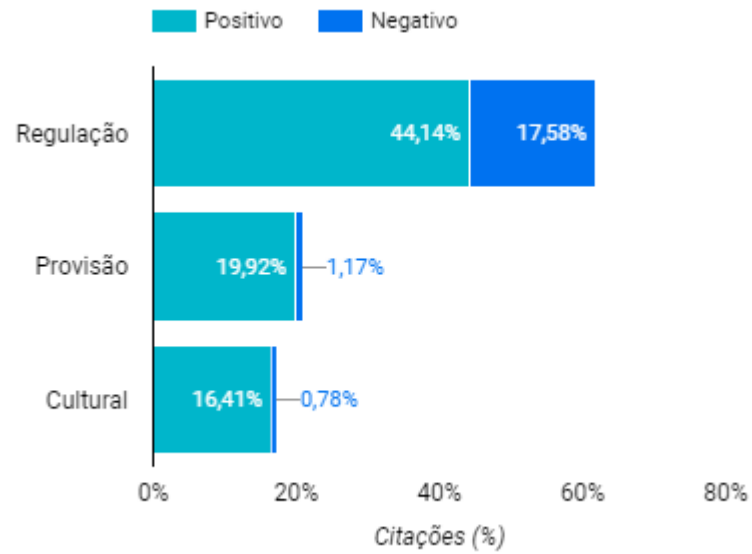
Figura 2 - Número de artigos (%) por tipo de manejo do fogo empregado.



Fonte: Do autor (2022).

Ao explorarmos as relações entre as variáveis, efeitos por tipo de serviço ecossistêmico (regulação, provisão e cultural) e tipo de efeito (positivo e negativo), encontramos que 61,72% das citações de efeitos correspondem aos serviços ecossistêmicos de Regulação, com 44,14% deles considerados positivos e 17,58% negativos. Em seguida, os efeitos sobre os serviços ecossistêmicos de Provisão e Cultural, que praticante não tiveram efeitos negativos. Os efeitos positivos somaram 80,47% das citações nos três tipos de serviços ecossistêmicos (Figura 3).

Figura 3 - % de citações de efeitos por tipo de serviço ecossistêmico e tipo de efeito.



Fonte: Do autor (2022).

Ao agregarmos a variável presença ou ausência de TFK (Figura 4), encontramos maiores citações de efeitos sobre os serviços ecossistêmicos nos estudos “Com TFK”. A categoria Regulação foi a mais equilibrada entre os estudos “Com e Sem TFK”, e entre os tipos de efeitos (positivos e negativos) nos estudos “Sem TFK”. As citações de efeitos negativos diminuíram consideravelmente com a presença de TFK. Também, é possível verificar que quase a totalidade das citações de efeitos sobre os serviços ecossistêmicos de Provisão e Cultural correspondem a efeitos positivos em estudos “Com TFK”.

Figura 4 - Número de citações de efeitos por tipo de serviços ecossistêmico, tipo de efeito e presença de Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK).

Tipo de serviço ecossistêmico	Efeito	Sem TFK	Com TFK
Regulação	Positivo	43	70
	Negativo	32	13
Provisão	Positivo	4	47
	Negativo	1	2
Cultural	Positivo	0	42
	Negativo	0	2

Legenda: A intensidade das cores das células está diretamente associada aos valores existentes dentro das respectivas colunas. Os valores correspondem ao somatório de citações de efeitos em cada categoria e não o número de artigos. Fonte: Do autor (2022).

Em relação as categorias de efeitos que correspondem aos serviços ecossistêmicos levantados na análise de conteúdo, organizadas por tipo de serviço, as que tiveram mais citações foram: “Manutenção da dinâmica, estrutura e diversidade da vegetação”, “Proteção contra os incêndios” e “Proteção e manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas” (Figura 5). Na primeira, houve uma expressiva redução do número de citações de efeitos negativos “Com TFK”, comparados aos efeitos negativos “Sem TFK”. Na segunda se destacou as citações de efeitos positivos. No geral, destacaram-se o número de citações de efeitos positivos em estudos “Com TFK” para a categoria “Proteção contra os incêndios” (tipo Regulação), seguidas pelas categorias “Conhecimentos e práticas tradicionais do manejo do fogo” (tipo Cultural) e “Provisão de produtos derivados na natureza” (tipo Provisão).

Figura 5 - Número de citações de efeitos por tipo de serviços ecossistêmico, categoria, tipo de efeito e presença de Conhecimento Tradicional sobre o Fogo (TFK).

Tipo de serviço ecossistêmico	Categorias	Positivo		Negativo	
		Com TFK	Sem TFK	Sem TFK	Com TFK
Regulação	Manutenção da dinâmica, estrutura e diversidade da vegetação	12	13	14	2
	Proteção contra os Incêndios	20	10	1	4
	Proteção e manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas.	14	5	3	1
	Dinâmica, diversidade e habitats de espécies e comunidades da fauna.	6	6	4	4
	Regulação de espécies invasoras, pragas, doenças	11	2	5	0
	Manutenção da qualidade do solo	5	6	5	1
	Regulação da qualidade do ar	2	1	0	1
Provisão	Manutenção de pastagens em campos e savanas	14	4	1	1
	Provisão de produtos derivados na natureza	18	0	0	1
	Manutenção de espaços abertos para caça	8	0	0	0
	Manutenção de acessos, trilhas, estradas e rotas de viagens.	4	0	0	0
	Manutenção de infraestrutura de irrigação e cursos d'água naturais	3	0	0	0
Cultural	Conhecimentos e práticas tradicionais do manejo do fogo.	19	0	0	0
	Gestão e conhecimento científico	10	0	0	2
	Reduzir conflitos com animais selvagens	8	0	0	0
	Bem estar físico, social e espiritual	5	0	0	0

Legenda: A intensidade das cores das células está diretamente associada aos valores existentes dentro das respectivas colunas. Os valores correspondem ao número de artigos que citaram as respectivas categorias. Fonte: Do autor (2022).

4 DISCUSSÃO

As ocorrências de fogo frequentemente são vistas como distúrbios destrutivos, no entanto, ao integrar uma visão evolutiva e socioecológica, os regimes naturais e históricos de fogo podem ser entendidos como fornecedores de inúmeros benefícios à humanidade e aos ecossistemas (PAUSAS; KELLEY, 2019a). Assim, as estratégias contemporâneas de manejo do fogo em áreas naturais visam alcançar múltiplos benefícios ecológicos e socioculturais (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; MYERS, 2006) dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas ocorrências naturais de fogo, sobretudo em ambientes dependentes do fogo (PAUSAS; KELLEY, 2019a). Nossos dados confirmaram os resultados que os pesquisadores vêm obtendo ao investigarem o papel do fogo na regulação de ambientes naturais dependentes do fogo, como a proteção contra os incêndios e a manutenção da biodiversidade. Porém, nossos resultados vão além disso, verificamos que quando o manejo do fogo é realizado com a presença do TFK, ocorre a redução dos efeitos negativos e os serviços ecossistêmicos são potencializados, agregando valor à gestão do fogo devido a importância do TFK na manutenção dos serviços de provisão e culturais.

A distribuição espacial dos estudos levantados representa parte do acúmulo de conhecimentos relacionados ao manejo do fogo por todo o globo, principalmente em ecossistemas dependentes e as ações desenvolvidas no contexto das áreas protegidas (e.g., BARRADAS et al., 2020; BERLINCK; LIMA, 2021; MARTÍNEZ-TORRES et al., 2018; SCHMIDT et al., 2016). Os Estados Unidos tiveram uma grande representação de estudos, país reconhecido pela vanguarda na gestão do fogo (CHRISTENSEN, 2005; SCHMIDT et al., 2016), com amplos programas de experimentação e monitoramento de queimas prescritas, como demonstrados nos estudos das áreas protegidas de *Sugarloaf Ridge State Park* (KYSER; DITOMASO, 2002), *Great Smoky Mountains National Park* (JENKINS; KLEIN; MCDANIEL, 2011), *Rockefeller Wildlife Refuge* (GABREY; WILSON; AFTON, 2002), *Piedmont National Wildlife Refuge* (REILLY et al., 2017), *Colville National Forest* (WYNECOOP et al., 2019), e *Zion National Park* (WARING; HANSEN; FLATLEY, 2016).

Ademais, as savanas mundiais foram os ecossistemas mais representativos, demonstrando a importância histórica do manejo do fogo nesses ambientes. Na qual, o fogo se tornou ferramenta de conservação não só para prevenir incêndios e preservar as espécies nativas e os habitats (MYERS, 2006), mas também como necessidade ecológica, que interage com as necessidades sociais de utilização da paisagem (BARRADAS et al., 2020). Verificamos estudos no *Kakadu National Park* (FRASER et al., 2003; TRAUERNICHT et al., 2013) que é uma

referência mundial em estudos de longo prazo nas savanas australianas, centrados em espécies-chaves e outros indicadores ecológicos (ANDERSEN et al., 2005; MCGREGOR et al., 2010), e estudos da interação com a queima aborígine (ANDERSEN et al., 2005; GOTT, 2005; TRAUERNICHT et al., 2013), caracterizados como o Manejo indígena/tradicional do fogo.

As savanas da América do Sul foram as mais representativas, principalmente o Cerrado brasileiro, que demonstra os avanços da implementação de Manejo Integrado do Fogo nos países como o Brasil e a Venezuela. Os avanços têm sido evidenciados na literatura pela redução de áreas queimadas por incêndios e dos conflitos com as populações, assim, potencializando a conservação da sociobiodiversidade e do fornecimento de serviços ecossistêmicos (BERLINCK; LIMA, 2021; MISTRY et al., 2019; SCHMIDT et al., 2018). Destacamos os estudos de Manejo Integrado do fogo/ intercultural e participativo nas áreas protegidas, Parque Nacional da Chapada das Mesas, Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Parque Estadual do Jalapão e Parque Nacional Canaima (FRANKE et al., 2018; MISTRY et al., 2019; SCHMIDT et al., 2018) e de Manejo Indígena dos Xavantes na Reserva Indígena Pimentel Barbosa (WELCH et al., 2013).

No continente africano, frequentemente denominado “o continente do fogo” (KOMAREK, 1971; MYERS, 2006), encontramos estudos de oito países, África do Sul (TE BEEST et al., 2012), Botswana (DUBE, 2013), Etiópia (JOHANSSON et al., 2012), Moçambique (SHAFFER, 2010), Quênia (NYONGESA; VACIK, 2018), Tanzânia (BUTZ, 2009), Zâmbia (ERIKSEN, 2007) e Zimbábue (MAPAURE et al., 2009) relacionados às savanas e matas influenciadas pelo fogo, bem como áreas de mosaicos. Os estudos apresentaram desde queimas prescritas em parques a outros ligados ao TFK de populações tradicionais, como os pastores Massai (BUTZ, 2009) e pastores de língua Oromo (JOHANSSON et al., 2012) que promovem dentre outros serviços o melhoramento das pastagens e a criação de habitats de plantas de valor comestível, medicinal ou de construção.

Poucos estudos de manejo do fogo são encontrados para os ecossistemas considerados sensíveis ao fogo, como demonstraram nossos resultados de estudos em florestas úmidas (10%). Embora seja reconhecido os efeitos negativos do fogo nesses ambientes, como a mortalidade de indivíduos arbóreos, a alteração das condições ambientais e dos limites das formações florestais (ARAÚJO et al., 2017; COELHO et al., 2018; TE BEEST et al., 2012), alguns desses ecossistemas ao longo da história vêm sendo moldados e mantidos pelo fogo por populações tradicionais. Em alguns casos a presença do TFK tem sido fundamental para reduzir os efeitos negativos, conservar e manter a resiliência ambiental. Conforme o estudo de Borges et al. (2016), no qual identificaram que o uso do fogo para limpeza de áreas para a produção de “roças

de esgoto” em veredas, não leva ao desmatamento em escala de paisagem, ao contrário, favorece a cobertura vegetal arbórea após o abandono da atividade agrícola. Este resultado é influenciado principalmente pela abertura de regos de drenagem que aceleram os processos de sucessão ecológica, devido a mudanças no regime de encharcamento do solo. Neste caso o TFK consiste no uso de estratégias, como: construção de aceiros, dia e hora da queima favoráveis e controle dos fluxos de água na roça de esgoto para evitar incêndios e fogo subterrâneo. Borges et al. (2016) apontaram que o uso do fogo em veredas no Brasil gera conflitos, pois são ecossistemas associados as savanas brasileiras, porém não são considerados adaptados ao fogo, apesar de estudos identificarem vestígios de carvão na composição do solo (MENESES et al., 2013).

Ainda nesse sentido, o ciclo milpa Maia, é um complexo sistema agroflorestal praticado a milênios na Mesoamérica (ALCORN; TOLEDO, 1998), que utiliza entre outras técnicas, o fogo em ambientes florestais como estratégia de enriquecimento do solo por meio do biocarvão proveniente da queima de material lenhoso restante da derrubada das árvores das clareiras a baixas temperaturas (NIGH; DIEMONT, 2013). Esses conhecimentos tradicionais sobre o fogo foram desenvolvidos em processos de coevolução, entre grupos humanos e os ambientes manejados, dentro de sistemas socioecológicos (BERKES, COLDING, FOLKE, 2000). Assim, ao contrário das atuais práticas dos pecuaristas que visam a conversão de florestas naturais em pastagens com gramíneas exóticas (PIVELLO, 2011), o TEK/TFK destes grupos humanos se baseia em técnicas adaptativas milenares desenvolvidas para fazerem o gerenciamento adaptativo dos recursos naturais, respeitando a resiliência dos ambientes naturais, e assim, contribuindo para a conservação (BERKES, 2004).

Alguns estudos demonstraram a influência do regime de fogo na dimensão dos seus efeitos, com destaque para os estudos que apresentaram efeitos do fogo sobre a vegetação, a fauna e o solo. Os efeitos do fogo, seja em ecossistemas dependentes ou sensíveis ao fogo, são determinados pelo seu regime, ou seja, o padrão apresentado pelo tipo de queimada, sua frequência, sazonalidade, intensidade e extensão (PIVELLO et al., 2021), bem como as razões da queima (origem, causa e objetivos) (BERLINCK; BATISTA, 2020). Assim, verificamos que o regime de fogo influenciou na capacidade de sobrevivência e de regeneração de espécies da flora (ERIKSEN, 2007; RASMUSSEN; HIBBARD; LYNN, 2007; STEEN-ADAMS et al., 2019; WELCH et al., 2013), na estrutura e dinâmica da vegetação criando ou prejudicando habitats favoráveis a determinada espécie ou grupos de espécies da fauna (ARRUDA et al., 2020; FRASER et al., 2003; HUNTZINGER, 2003; NYONGESA; VACIK, 2018).

Para que o regime de fogo não seja uma ameaça à conservação dos serviços ecossistêmicos, são necessárias avaliações com base ecológica do estado atual dos regimes de fogo, para determinar estratégias específicas relevantes para as paisagens locais e seus contextos sociais (SHLISKY et al., 2007). Nesse sentido, o estudo de Arruda *et al.*, 2020 no Cerrado apontou que a intensidade do fogo influenciou nos padrões de uso de recursos de abrigo para espécies de formigas, e a maior intensidade gerou um efeito prejudicial na colonização de cavidades arbóreas. Nyongesa e Vacik (2018) destacaram a preocupação com a possível ameaça de favorecimento de espécies exóticas como *Pinus radiatae* e eucaliptos nas florestas do Quênia, com estabelecimento de regimes de fogo inadequados. O estudo de Muqaddas et al., (2016) demonstrou os impactos da frequência de fogo na disponibilidade de nutrientes do solo da floresta esclerófila úmida, na Austrália, em que intervalos menores de queima teve um impacto negativo, enquanto intervalos maiores deram tempo suficiente para a recuperação dos nutrientes e do solo da floresta aos níveis anteriores.

A “Proteção contra os incêndios” foi a categoria de serviço ecossistêmico com maior número de efeitos positivos. Isso remete a importância do uso do fogo como elemento de manejo conservacionista e ecológico (BERLINCK; LIMA, 2021). A Proteção contra os incêndios têm sido o principal objetivo de manejo de fogo em grande parte das áreas protegidas e de populações tradicionais, a partir da redução das cargas de combustível, aceiros e educação ambiental (BERLINCK; LIMA, 2021; FALLEIRO et al., 2021), na busca pela proteção dos patrimônios biológico e cultural, e recursos e serviços sustentáveis (MYERS, 2006). Este manejo tem se tornando ainda mais importante em decorrência das mudanças climáticas pela ocorrência de secas prolongadas e extremas, e do aumento das fontes de ignições pelas atividades humanas (PIVELLO et al., 2021).

Os efeitos negativos na categoria “Proteção contra os incêndios” no manejo “Com TFK” também se mostrou relevante, o que pode estar relacionado ao uso do fogo na estação seca tardia, que muitas vezes compõe a cultura de populações tradicionais para alcançar objetivos ecológicos e econômicos nesse período (ELOY et al., 2019). No entanto, com as mudanças climáticas os riscos do fogo sair do controle e os prejuízos podem ser ainda maiores (PIVELLO et al., 2021). Assim, torna-se fundamental o planejamento adequado das condições e do período de queima (PIVELLO, 2011), e o incentivo ao envolvimento entre gestores/poder público e comunidades (MISTRY et al., 2019). Dessa forma, a proteção contra os incêndios, seja ela vista como um objetivo ou um serviço ecossistêmico a ser alcançado, pode direcionar o Manejo Adaptativo do Fogo, ou seja, a retroalimentação de tendências monitoradas e dos novos conhecimentos para o planejamento das ações futuras, dentro do contexto que o ambiente está

em constante mudança (BATISTA et al., 2018; KAUFMANN; SHLISKY; KENT; 2003; MYERS, 2006).

A representatividade de efeitos positivos (80, 47%) demonstra a importância do manejo do fogo para alcançar os serviços ecossistêmicos. No geral, destacaram-se os efeitos positivos em estudos “Com TFK” para a categoria “Proteção contra os incêndios” (tipo Regulação), seguidas pelas categorias “Conhecimentos e práticas tradicionais do manejo do fogo” (tipo Cultural) e “Provisionamento de produtos derivados na natureza” (tipo Provisão). Além disso, as experiências de manejo do fogo “Com TFK” mostram que os efeitos negativos nos serviços de regulação são reduzidos e na perspectiva sociocultural são quase inexistentes. Podemos considerar que os tipos de serviços ecossistêmicos estão inter-relacionados, uma vez que a manutenção dos serviços de regulação proporcionados, como a proteção contra os incêndios (SLETTTO; RODRIGUEZ, 2013; WELCH *et al.*, 2013), manutenção da diversidade da flora e fauna (BUTZ, 2009; ERIKSEN, 2007), dos habitats e ecossistemas (GOTT, 2005; TRAUERNICHT et al., 2013), da qualidade do solo e da água (RASMUSSEN; HIBBARD; LYNN, 2007; SEIJO et al., 2015), e do controle de espécies daninhas (NIGH; DIEMONT, 2013; RASMUSSEN; HIBBARD; LYNN, 2007), vão possibilitar as condições favoráveis para a reprodução dos modos de vida e da cultura, para a manutenção dos conhecimentos e das práticas tradicionais, do bem estar físico, social e espiritual (RASMUSSEN; HIBBARD; LYNN, 2007; PROBER et al., 2016; SLETTTO; RODRIGUEZ, 2013), bem como para o provimento de produtos da natureza (plantas comestíveis, medicinais e de construção, artefatos, ferramentas, dentre outros) (BUTZ, 2009; FULÉ et al., 2011), de pastagens (ERIKSEN, 2007; BUTZ, 2009), de espaços abertos para caça e estradas (PROBER et al., 2016; STEEN-ADAMS et al., 2019).

Ademais, o TFK pode contribuir na gestão adaptativa do fogo e no planejamento de tecnologias mais adequadas, gerados pela construção e troca de conhecimentos, enriquecendo ainda mais o conhecimento científico/ técnico associado ao manejo do fogo. Isso vai gerar um ciclo de retroalimentação de efeitos positivos nos aspectos ecológico, cultural e tecnológico, na qual os aspectos se favorecem entre si. Nesse sentido, nossa pesquisa reforça o papel do manejo do fogo para a manutenção dos serviços ecossistêmicos proporcionados por regimes saudáveis de fogo, e sobretudo, reforça as contribuições positivas da presença do TFK na gestão do fogo (BILBAO et al., 2019; MARTÍNEZ-TORRES et al., 2018; MOURA et al., 2019), otimizando os conhecimentos ecológicos e as tecnologias de manejo. Dessa forma, agregando ainda mais valor ao manejo do fogo como ferramenta de conservação da sociobiodiversidade.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o manejo do fogo tem sido uma ferramenta útil no fornecimento de inúmeros serviços ecossistêmicos de regulação, provisão e culturais, principalmente de ecossistemas dependentes ou adaptados ao fogo, a partir de queimas prescritas realizadas por gestores ou processos que envolvem os TFK das populações locais. A maioria das citações correspondem a efeitos positivos nos três tipos de serviços, com destaque para os serviços de Regulação, e a categoria “Proteção contra os incêndios”. As citações de efeitos negativos diminuíram consideravelmente com a presença de TFK. Os serviços ecossistêmicos de Provisão e Culturais praticamente não tiveram efeitos negativos. Também se destacaram, os efeitos positivos para o manejo “Com TFK” no “Provimento de produtos da natureza” (Provisão), e na manutenção dos “Conhecimentos e práticas tradicionais de manejo do fogo” (Cultural). O manejo do fogo “Sem TFK” contribui sobretudo na Regulação e “Com TFK” potencializa o fornecimento de serviços ecossistêmicos, aumentando os serviços de provisão e culturais. Assim, a presença do TFK otimiza e agrega valor à gestão do fogo, pois possibilita maior integração dos conhecimentos, das tecnologias, da ecologia e cultura do fogo.

Dessa forma, incentivamos a abordagem integrada e adaptativa da gestão do fogo, com maior envolvimento das populações locais detentoras de TEK e o resgate de saberes, práticas e crenças da utilização do fogo, que poderão subsidiar estratégias e políticas mais adequadas à realidade ecológica e social. Acreditamos que nosso estudo reforça o entendimento que, para uma melhor compreensão sobre os efeitos do fogo nos ecossistemas naturais e seus serviços, são urgentes estudos de casos, nos quais, a questão central seja analisar os efeitos do manejo do fogo nos serviços ecossistêmicos em contextos específicos, considerando as questões sociais, culturais, ecológicas e econômicas, e a inter-relação entre elas.

REFERÊNCIAS

ALCORN, J.B.; TOLEDO, V.M. Resilient resource management in Mexico's forest ecosystems: the contribution of property rights. In: BERKES, F.; FOLKE, C. **Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, p. 216-249.

ANDERSEN, A. N. et al. Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. **Austral Ecology**, Australia, v. 30, n. 2, p. 155-167, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01441.x>.

ARAÚJO, F. D. C. et al. Post-fire plant regeneration across a closed forest-savanna vegetation transition. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 400, p. 77-84, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.058>

ARRUDA, F. V. et al. Different burning intensities affect cavity utilization patterns by arboreal ants in a tropical savanna canopy. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 116, n. 106493, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106493>

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4 ed. Lisboa: Edições 70, 2010.

BARRADAS, A. C. S. et al. Paradigmas da gestão do fogo em áreas protegidas no mundo e o caso da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. **BioBrasil**, Brasília, v. 2, p. 71-86, 2020. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i2.1474>

BATISTA, E. K. L. et al. Past fire practices and new steps towards an effective fire management approach in the Brazilian savannas. In: VIEGAS, D. X. (ed.). **Advances in forest fire research**. Coimbra: University of Coimbra, 2018. p. 598-606. https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_66

BEERLING, D. J.; OSBORNE, C.P. The origin of the savanna biome. **Global change biology**, Illinois, v. 12, n. 11, p. 2023-2031, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01239.x>

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. **Ecological Applications**, Washington, v. 10, p. 1251-1262, 2000. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)

BERKES, F. Rethinking Community-Based Conservation. **Conservation Biology**, [s.l.], v. 18, n. 3, p. 621-630, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00077.x>

BERLINCK, C. N.; BATISTA, E. K. L. Good fire, bad fire: it depends on who burns. **Flora**, Freiberg, v. 268, n. 151610, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151610>

BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A. Implementation of Integrated Fire Management in Brazilian Federal Protected Areas: Results and Perspectives. **BioBrasil**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 128-138, 2021. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1709>

BILBAO, B. et al. Sharing Multiple Perspectives on Burning: Towards a Participatory and Intercultural Fire Management Policy in Venezuela, Brazil, and Guyana. **Fire**, Basel, v. 2, n. 3, p. 1-33, 2019. <https://doi.org/10.3390/fire2030039>

BOND, W. J.; WOODWARD, F.I.; MIDGLEY, G.F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New phytologist**, [s. l.], v. 165, n. 2, p.525-538, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>

BORGES, S. L. et al. Manejo do fogo em veredas: novas perspectivas a partir dos sistemas agrícolas tradicionais no Jalapão. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 275-300, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20150020R1V1932016>

BUTZ, R. J. Traditional fire management: historical fire regimes and land use change in pastoral East Africa. **International Journal of Wildland Fire**, Australia, v. 18, n. 4, p. 442-450, 2009. <https://doi.org/10.1071/WF07067>

CHRISTENSEN, N. L. Fire in the Parks: A Case Study for Change Management. **The George Wright Forum**, Hancock, v. 22, p. 12-31, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43597963> . Acesso em: 13 de Mai 2022.

COELHO, M.S. *et al.* Forest archipelagos: a natural model of metacommunity under the threat of fire. **Flora**, Freiberg, v. 238, p. 244–249, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.03.013> 0367-2530

DUBE, O. P. Challenges of wildland fire management in Botswana: Towards a community inclusive fire management approach. **Weather and Climate Extremes**, , [s. l.], v. 1, p. 26-41, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.08.001>

[DURIGAN, G.;](#) [RATTER, J. A.](#) The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11–15, 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

ELOY, L. *et al.* From fire suppression to fire management: Advances and resistances to changes in fire policy in the savannas of Brazil and Venezuela. **The Geographical Journal**, v. 185, n. 1, p. 10–22, 2019. <https://doi.org/10.1111/geoj.12245>

ERIKSEN, C. Why do they burn the ‘bush’? Fire, rural livelihoods, and conservation in Zambia. **Geographical Journal**, [s. l.], v. 173, n. 3, p. 242-256, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2007.00239.x>

FALLEIRO, R. M. *et al.* Histórico, Avaliação, Oportunidades e Desafios do Manejo Integrado do Fogo nas Terras Indígenas Brasileiras. **BioBrasil**, Brasília, v. 11, n. 2, p.75-98, 2021. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1742>

FIDELIS, A. *et al.* The year 2017: Megafires and management in the Cerrado. **Fire**, Basel, v.1, n. 3, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.3390/fire1030049>

FRANKE, J. *et al.* Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado in support of integrated fire management. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 217, p. 221-232, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.018>

FRASER, F. *et al.* Fire management experiment for the declining partridge pigeon, Kakadu National Park. **Ecological Management & Restoration**, Australia, v. 4, n. 2, p. 94-102, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1442-8903.2003.00142.x>

FULÉ, P. Z. *et al.* Fire regime in a Mexican forest under indigenous resource management. **Ecological Applications**, v. 21, n. 3, p. 764-775, 2011. <https://doi.org/10.1890/10-0523.1>

GABREY, S. W.; WILSON, B. C.; AFTON, A. D. Success of Artificial Bird Nests in Burned Gulf Coast Chenier Plain Marshes. **The Southwestern Naturalist**, Tyler, v. 47, n. 4, p. 532–538, 2002. <https://doi.org/10.2307/3672656>

GILL, A. M.; STEPHENS, S. L.; CARY, G. J. The worldwide “wildfire” problem. **Ecological applications**, Washington, v. 23, n. 2, p. 438-454, 2013.
<https://doi.org/10.1890/10-2213.1>

GILLSON, L.; WHITLOCK, G.; HUMPHREY, G. J. Resilience and fire management in the Anthropocene. **Ecology & Society**, Dedham, v. 24, n. 3, p. 1-14, 2019.
<https://doi.org/10.5751/ES-11022-240314>

GOTT, B. Aboriginal fire management in south-eastern Australia: aims and frequency. **Journal of Biogeography**, [s. l.], v. 32, n. 7, p. 1203-1208, 2005.
<https://doi:10.1111/j.1365-2699.2004.01233>

HARDESTY, J.R.L.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, Hancock, v. 22, n. 4, p. 78-87, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43597968>. Acesso em: 13 Mai 2021.

HSIEH, H-F.; SHANNON, S. E. Three Approaches to Qualitative Content Analysis. **Qualitative Health Research**, [s. l.], v. 15, n. 9, p. 1277–1288, 2005.
<https://doi.org/10.1177/1049732305276687>

HUFFMAN, M. R. The many elements of traditional fire knowledge: synthesis, classification, and aids to cross-cultural problem solving in fire-dependent systems around the world. **Ecology & Society**, Dedham, v. 18, n. 4, p. 1-36, 2013 <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05843-180403>

HUNTZINGER, M. Effects of fire management practices on butterfly diversity in the forested western United States. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 113, n. 1, p. 1-12, 2003.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00356-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00356-7)

JAMES, K. L.; RANDALL, N. P.; HADDAWAY, N. R. A methodology for systematic mapping in environmental sciences. **Environmental Evidence**, [s. l.], v. 5, n. 7, p. 1-13, 2016. <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0059-6>

JENKINS, M. A.; KLEIN, R. N.; MCDANIEL, V. L. Yellow pine regeneration as a function of fire severity and post-burn stand structure in the southern Appalachian Mountains. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 262, n. 4, p. 681-691, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.001>

JOHANSSON, M. U. et al. Tending for cattle: traditional fire management in Ethiopian montane heathlands. **Ecology and Society**, Dedham, v. 17, n. 3, p. 1-15, 2012.
<http://dx.doi.org/10.5751/ES-04881-170319>

KAUFMANN, M. R.; SHLISKY, A; KENT, B. Integrating scientific knowledge into social and economic decisions for ecologically sound fire and restoration management. In: International Wildland Fire Conference and Exhibition, 3, 2003, Sydney. **Proceedings** [...] Sydney: IWFC, 2003, p. 1-13.

- KOMAREK, E. V. Lightning and fire ecology in Africa. In: Tall Timbers Fire Ecology Conference, 11, 1971, Tallahassee. **Proceedings** [...] Tallahassee: Tall Timbers, 1971, p.473-511.
- KYSER, G. B.; DITOMASO, J. Instability in a grassland community after the control of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) with prescribed burning. **Weed Science**, [s. l.], v. 50, n. 5, p. 648-657, 2002. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0648:IIAGCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0648:IIAGCA]2.0.CO;2)
- LAKE, F.K.; CHRISTIANSON, A.C. Indigenous fire stewardship. In: MANZELLO, S. L. (ed.). **Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires**. Switzerland: Springer, 2019, p. 1-9. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51727-8_225-1
- MAPAURE, I.; CAMPBELL, B. M.; GAMBIZA, J. Evaluation of the effectiveness of an early peripheral burning strategy in controlling wild fires in north-western Zimbabwe. **African Journal of Ecology**, [s. l.], v. 47, n. 4, p.518-527, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2008.00976.x>
- MARTÍNEZ-TORRES, H. L. et al. Fire management in a natural protected area: what do key local actors say? **Human Ecology**, United States of America, v. 46, p. 515-528, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10745-018-0013-z>
- MCGREGOR, S. et al. Indigenous wetland burning: conserving natural and cultural resources in Australia's World Heritage-listed Kakadu National Park. **Human Ecology**, United States of America, v. 38, p. 721-729, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10745-010-9362-y>
- MENESES, M.E.N.S.; COSTA, M.L.; BEHLING, H. Late holocene vegetation and fire dynamics from a savanna-forest ecotone in Roraima state, northern Brazilian Amazon. **Journal of South American Earth Sciences**, [s. l.], v. 42, p. 17-26, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.10.007>
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> . Acesso em: 15 Ago 2022.
- MISTRY, J. et al. New perspectives in fire management in South American savannas: The importance of intercultural governance. **Ambio**, Sweden, v. 48, n. 2, p. 172-179, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1054-7>
- MOURA, L. C. et al. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 232, p. 600-606, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>
- MUQADDAS, B. et al. Temporal dynamics of carbon and nitrogen in the surface soil and forest floor under different prescribed burning regimes. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 382, p. 110-119, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.010>
- MYERS, R. L. **Living with fire** - Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. Global Fire Initiative. Tallahassee: The Nature Conservancy. 2006, 36p.

Disponível em:

https://www.conservationgateway.org/Documents/Integrated_Fire_Management_Myers_2006.pdf Acesso: 13 Mai 2022.

NIGH, R.; DIEMONT, S.A.W. The Maya milpa: fire and the legacy of living soil. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [s. l.], v. 11, p. 45-54, 2013. <https://doi.org/10.1890/120344>

NIKOLAKIS, W.; ROBERTS, E. Wildfire governance in a changing world: Insights for policy learning and policy transfer. **Risk, Hazards & Crisis in Public Policy**, Netherlands, 2021. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12235>

NYONGESA, K. W.; VACIK, H. Fire Management in Mount Kenya: A case study of Gathuru Forest Station. **Forests**, Switzerland, v. 9, n. 8, p.1-22, 2018. <https://doi.org/10.3390/f9080481>

OVERBECK, G. E. et al. From ashes to understanding: Opinion papers on fire and a call for papers for a Special Issue in Flora. **Flora**, v. 268, p. 151608, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151608>

PAIS, S. et al. Mountain farmland protection and fire-smart management jointly reduce fire hazard and enhance biodiversity and carbon sequestration. **Ecosystem Services**, Wageningen, v. 44, p. 1-29, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101143>

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. Wildfires as an ecosystem service. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v.17, n. 5, p. 289-295, 2019. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. Wildfires misunderstood. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 17, p. 430–431, 2019. <https://doi.org/10.1002/fee.2107>

PIVELLO, V.R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rain forests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 24-39, 2011. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>

PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 233-255, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>

PROBER, S. M. et al. Ngadjju kala: Australian aboriginal fire knowledge in the great western Woodlands. **Austral Ecology**, v. 41, n. 7, p. 716-732, 2016. <https://doi.org/10.1111/aec.12377>

RASMUSSEN, K.; HIBBARD, M.; LYNN, K. Wildland fire management as conservation-based development: an opportunity for reservation communities? **Society and Natural Resources**, London, v. 20, n. 6, p. 497-510, 2007. <https://doi.org/10.1080/08941920701337952>

REILLY, M. J. et al. Effects of repeated growing season prescribed fire on the structure and composition of pine–hardwood forests in the southeastern Piedmont, USA. **Forests**, Switzerland, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2017. <https://doi.org/10.3390/f8010008>

RUSSELL-SMITH, J.; WHITEHEAD, P.; COOKE, P. (Eds.). **Culture, ecology and economy of fire management in North Australian savannas: rekindling the Wurrk tradition**. Collingwood: Csiro Publishing, 2009. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/book/6056/> . Acesso em: 10 Jun 2022.

RUSSELL-SMITH, J. et al. Managing fire regimes in north Australian savannas: applying Aboriginal approaches to contemporary global problems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 11, p.55-63, 2013. <https://doi.org/10.1890/120251>

RUSSELL-SMITH, J. Fire management business in Australia's tropical savannas: lighting the way for a new ecosystem services model for the north? **Ecological Management & Restoration**, Australia, v. 17, n. 1, p.4-7, 2016. <https://doi.org/10.1111/emr.12201>

RUSSELL-SMITH, J. et al. Towards a Sustainable, Diversified Land Sector Economy for North Australia. In: SANGHA, K. K. et al. (Eds). **Sustainable Land Sector Development in Northern Australia: Indigenous rights, aspirations and cultural responsibilities**. Florida: CRC Press, 2019. p. 216-249.

RUSSELL-SMITH, J. et al. Opportunities and challenges for savanna burning emissions reduction in southern Africa. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 288, n. 112414, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112414>

SANGHA, K. K. et al. Assessing the value of ecosystem services delivered by prescribed fire management in Australian tropical savannas. **Ecosystem Services**, Netherlands, v. 51, n. 101343, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101343>

SCHMIDT, I. B. et al. Experiências internacionais de Manejo Integrado do Fogo em áreas protegidas—recomendações para implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. **BioBrasil**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 41-54, 2016. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.586>

SCHMIDT, I. B. et al. Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 55, n. 5, p. 2094-2101, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>

SCOTT, A. C.; GLASSPOOL, I. J. The diversification of Paleozoic fire systems and fluctuations in atmospheric oxygen concentration. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, United States of America, v. 103, n. 29, p. 10861–10865, 2006. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604090103>

SEIJO, F.; GRAY, R.W.; RIDEOUT-HANZAK, S. Special Issue 4 th International Fire Congress: Fire as a Global Process. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 7, p.1-4, 2011. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701001>

SEIJO, F. et al. Forgetting fire: Traditional fire knowledge in two chestnut forest ecosystems of the Iberian Peninsula and its implications for European fire management policy. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 47, p. 130-144, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.006>.

SHAFFER, L.J. Indigenous Fire Use to Manage Savanna Landscapes in Southern Mozambique. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 6, p. 43–59, 2010. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0602043>

SHLISKY, A. et al. Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation. GFI Technical Report 2007-2. Arlington: The Nature Conservancy, 2007. 28p. Disponível em: https://mrcc.purdue.edu/living_wx/wildfires/fire_ecosystems_and_people.pdf. Acesso em: 13 Mai 2021.

SLETTO, B.; RODRIGUEZ, I. Burning, fire prevention and landscape productions among the Pemon, Gran Sabana, Venezuela: Toward an intercultural approach to wildland fire management in Neotropical Savannas. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 115, p. 155-166, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.041>

STEEN-ADAMS, M. M. et al. Traditional knowledge of fire use by the Confederated Tribes of Warm Springs in the eastside Cascades of Oregon. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 450, n. 117405, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.06.002>

TRAUERNICHT, C. et al. Cultural legacies, fire ecology, and environmental change in the Stone Country of Arnhem Land and Kakadu National Park, Australia. **Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 286-297, 2013. <https://doi.org/10.1002/ece3.460>

TE BEEST, M. et al. Managing invasions at the cost of native habitat? An experimental test of the impact of fire on the invasion of *Chromolaena odorata* in a South African savanna. **Biological Invasions**, [s. l.], v. 14, p. 607–618, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10530-011-0102-z>

WARING, K.M.; HANSEN, K.J.; FLATLEY, W.T. Evaluating Prescribed Fire Effectiveness Using Permanent Monitoring Plot Data: A Case Study. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 12, p. 2-25, 2016. <https://doi.org/10.4996/fireecology.1203002>

WELCH, J. R. et al. Indigenous burning as conservation practice: Neotropical savanna recovery amid agribusiness deforestation in Central Brazil. **PLoS ONE**, California, v. 8, n. 12, p.1-10, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081226>

WYNECOOP, M. D. Getting back to fire suméê: exploring a multi-disciplinary approach to incorporating traditional knowledge into fuels treatments. **Fire Ecology**, [s. l.], v. 15, n. 17, p.1-18, 2019. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0030-3>

YIBARBUK, D. et al. Fire ecology and Aboriginal land management in central Arnhem Land, northern Australia: a tradition of ecosystem management. **Journal of Biogeography**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 325-343, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00555.x>

APÊNDICE A - Artigos levantados com base nas palavras-chave da pesquisa.

Código do estudo	Ano	Autores	Periódico	DOI
1	2002	Setterfield, S. A.	Journal of Applied Ecology	https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00772.x
2	2002	Gabrey, S. W., Wilson, B. C., & Afton, A. D.	The Southwestern Naturalist	https://doi.org/10.2307/3672656
3	2002	Kyser, G., & DiTomaso, J.	Weed Science	doi:10.1614/0043-1745(2002)050[0648:IIAGCA]2.0.CO;2
4	2003	Huntzinger, M.	Biological Conservation	https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00356-7
5	2003	Hoffmann, B. D.	Austral Ecology	https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01267.x
6	2003	Fraser, F., Lawson, V., Morrison, S., Christophersen, P., McGreggor, S., & Rawlinson, M.	Ecological Management & Restoration	https://doi.org/10.1046/j.1442-8903.2003.00142.x
7	2005	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.	Austral Ecology	https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01441.x
8	2005	Gott, B.	Journal of Biogeography	https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01233.x
9	2005	Keeley, J. E., Fotheringham, C. J., & Baer-Keeley, M.	Diversity and Distributions	https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00200.x
10	2006	Boyles, J. G., & Aubrey, D. P.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.024
11	2006	Schwilk, D. W., Knapp, E. E., Ferrenberg, S. M., Keeley, J. E., & Caprio, A. C.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.036
12	2006	Coleman, T. W., & Rieske, L. K.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.06.001
13	2007	Penman, T. D., Kavanagh, R. P., Binns, D. L., & Melick, D. R.	Forest ecology and management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.004
14	2007	Glasgow, L. S., & Matlack, G. R.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.025
15	2007	Eriksen, C.	Geographical Journal	https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2007.00239.x

16	2007	Rasmussen, K., Hibbard, M., & Lynn, K.	Society & Natural Resources	https://doi.org/10.1080/08941920701337952
17	2008	Junninen, K., Kouki, J., & Renvall, P.	Canadian Journal of Forest Research	https://doi.org/10.1139/X07-145
18	2008	Foster, C. N., Barton, P. S., MacGregor, C. I., Catford, J. A., Blanchard, W., & Lindenmayer, D. B.	Applied Vegetation Science	https://doi.org/10.1111/avsc.12345
19	2008	Breece, C. R., Kolb, T. E., Dickson, B. G., McMillin, J. D., & Clancy, K. M.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.08.026
20	2008	Fry, D. L.	Rangeland Ecology & Management	https://doi.org/10.2111/07-113.1
21	2008	Battaglia, M. A., Smith, F. W., & Shepperd, W. D.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.026
22	2008	Chiang, J. M., McEwan, R. W., Yaussy, D. A., & Brown, K. J.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.11.016
23	2008	Espinoza- Martínez, L. A., Rodríguez- Trejo, D. A., & Zamudio- Sánchez, F. J.	Agrociencia	https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000600011
24	2009	Vaarzon-Morel, P., & Gabrys, K.	GeoJournal volume	https://doi.org/10.1007/s10708-008-9235-8
25	2009	Hankins, D.	The California Geographer	http://hdl.handle.net/10211.2/2789
26	2009	Butz, R. J.	International Journal of Wildland Fire	https://doi.org/10.1071/WF07067
27	2009	Mapaure, I., Campbell, B. M., & Gambiza, J.	African Journal of Ecology	DOI: 10.1111/j.1365-2028.2008.00976.x
28	2010	Shaffer, L.J.	Fire Ecology	doi: 10.4996/fireecology.0602043
29	2011	Jenkins, M. A., Klein, R. N., & McDaniel, V. L.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.001
30	2011	Fulé, P. Z., Ramos-Gómez, M., Cortés- Montaño, C., & Miller, A. M.	Ecological Applications	https://doi.org/10.1890/10-0523.1
31	2012	te Beest, M., Cromsigt, J.P.G.M., Ngobese, J., Olf, H.	Biological Invasions	https://doi.org/10.1007/s10530-011-0102-z

32	2012	Johansson, M. U., Fetene, M., Malmer, A., Granström, A.	Ecology and Society	http://dx.doi.org/10.5751/ES-04881-170319
33	2012	Taylor Jr, C. A., Twidwell, D., Garza, N. E., Rosser, C., Hoffman, J. K., & Brooks, T. D.	Rangeland Ecology & Management	https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00124.1
34	2012	Price, O. F., Russell-Smith, J., & Watt, F.	International Journal of Wildland Fire	https://doi.org/10.1071/WF10079
35	2012	Halpern, C. B., Haugo, R. D., Antos, J. A., Kaas, S. S., & Kilanowski, A. L.	Ecological Applications,	DOI: 10.1890/11-1061.1
36	2013	Sletto, B., & Rodriguez, I.	Journal of Environmental Management	https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.041
37	2013	Trauernicht, C., Murphy, B. P., Tangalin, N., & Bowman, D. M. J. S.	Ecology and Evolution	https://doi.org/10.1002/ece3.460
38	2013	Welch, J. R., Brondízio, E. S., Hetrick, S. S., & Coimbra Jr, C. E.	PloS one	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081226.
39	2013	Hankins, D. L.	Ecological Processes	https://doi.org/10.1186/2192-1709-2-24
40	2013	Nigh, R., & Diemont, S. A.	Frontiers in Ecology and the Environment	https://doi.org/10.1890/120344
41	2013	Dube, O. P.	Weather and Climate Extremes.	https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.08.001
42	2013	Fernandes, P. M., Davies, G. M., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F., Rigolot, E., Stoof, C. R., Vega, J. A., & Molina, D.	Frontiers in Ecology and the Environment	https://doi.org/10.1890/120298
43	2013	Lineal, M., & Laituri, M.	Community Development Journal	DOI: 10.1093/cdj/bss015
44	2015	Seijo, F., Millington, J. D. A., Gray, R., Sanz, V., Lozano, J., García-Serrano, F., Sangüesa-Barreda, G., & Camarero, J. J.	Land Use Policy	https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.006

45	2016	Martínez-Torres, H. L., Castillo, A., Ramírez, M. I., & Pérez-Salicrup, D. R.	International Journal of Wildland Fire	https://doi.org/10.1071/WF15181
46	2016	Prober, S. M., Yuen, E., O'Connor, M. H., & Schultz, L.	Austral Ecology	https://doi.org/10.1111/aec.12377
47	2016	Davis, C. A., Churchwell, R. T., Fuhlendorf, S. D., Engle, D. M., & Hovick, T. J.	Journal of Applied Ecology	https://doi.org/10.1111/1365-2664.12641
48	2016	Muqaddas, B., Chen, C., Lewis, T., & Wild, C.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.010
49	2016	Borges, S. L., Eloy, L., Schmidt, I. B., Barradas, A. C. S., & Santos, I. A.	Ambiente & Sociedade	http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20150020R1V1932016
50	2016	Waring, K.M., Hansen, K.J. & Flatley, W.T.	Fire Ecology	doi: 10.4996/fireecology.1203002
51	2016	Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Farguell, J., & Úbeda, X.	Science of the Total Environment	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.115
52	2017	Fonseca, F., de Figueiredo, T., Nogueira, C., & Queirós, A.	Geoderma	https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.06.018
53	2017	Reilly, M. J., Outcalt, K., O'Brien, J. J., & Wade, D.	Forests	https://doi.org/10.3390/f8010008
54	2017	Butler, O. M., Lewis, T., & Chen, C.	Plant and Soil	https://doi.org/10.1007/s11104-016-2995-x
55	2018	Seijo, F., Cespedes, B., & Zavala, G.	Science of the Total Environment	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.079
56	2018	Schmidt, I. B., Moura, L. C., Ferreira, M. C., Eloy, L., Sampaio, A. B., Dias, P. A., & Berlinck, C. N.	Journal of Applied Ecology	https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118
57	2018	Silva, A. A. C., Vidal, J. M. C., da Silva, R. A., & Lacorte, G. A.	ForScience	DOI: 10.29069/forscience.2018v6n2.e00404
58	2018	Nyongesa, K. W., & Vacik, H.	Forests	https://doi.org/10.3390/f9080481 https://www.mdpi.com/1999-4907/9/8/481

59	2018	Franke, J., Barradas, A. C. S., Borges, M. A., Costa, M. M., Dias, P. A., Hoffmann, A. A., Orozco Filho, J. C., Melchiori, A. E., & Siegert, F.	Remote Sensing of Environment	https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.018
60	2018	Sousa, D. G., & Cunha, H. F.	Revista Árvore	http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000600005
61	2019	Mistry, J., Schmidt, I. B., Eloy, L., & Bilbao, B.	Ambio	https://doi.org/10.1007/s13280-018-1054-7
62	2019	Devisscher, T., Malhi, Y., & Boyd, E.	The Geographical Journal	https://doi.org/10.1111/geoj.12261
63	2019	Eloy, L., A. Bilbao, B. A., Mistry, J., & Schmidt, I. B.	The Geographical Journal	https://doi.org/10.1111/geoj.12245
64	2019	Steen-Adams, M. M., Charnley, S., McLain, R. J., Adams, M. D. O., & Wendel, K. L.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.06.002
65	2019	Eloy, L., Schmidt, I. B., Borges, S. L., Ferreira, M. C., & Dos Santos, T. A.	Ambio	https://doi.org/10.1007/s13280-018-1118-8
66	2019	Allen, I., Chhin, S., & Zhang, J.	Fire	https://doi.org/10.3390/fire2020017
67	2019	Wynecoop, M. D., Morgan, P., Strand, E. K., & Sanchez Trigueros, F.	Fire Ecology	https://doi.org/10.1186/s42408-019-0030-3
68	2019	Welch, J. R., & Coimbra Jr, C. E.	Land Use Policy	https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104055
69	2019	Nóbrega, C. C., Brando, P. M., Silvério, D. V., Maracahipes, L., & de Marco Jr, P.	Forest Ecology and Management	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117497
70	2019	Francos, M., Stefanuto, E. B., Úbeda, X., & Pereira, P.	Science of the Total Environment	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.434
71	2020	Arruda, F. V., Izzo, T. J., Teresa, F. B., & Camarota, F.	Ecological Indicators	https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106493