



Artigo de Divulgação



Ecologia do fogo e o cenário dos incêndios no Pantanal

Sebastião Marcos Silva Valentim*

*Universidade Federal de Lavras -UFLA, MG, Brasil.

*Autor para correspondência e-mail: sebastiao.valentim@estudante.ufla.br

Palavras-chave

Pirobiomas
Savanas
Fogo nos ecossistemas
Impactos do fogo

Keywords

Pyrobiomes
Savannas
Fire in ecosystems
Impacts of fire

Resumo: A ecologia do fogo é a área que busca estudar e entender o comportamento do fogo nos ambientes naturais, sendo o mesmo responsável pela dinâmica ecológica em diversos ecossistemas, porém, é preocupante o aumento do seu regime na maioria dos biomas. Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi desenvolver o estudo da arte sobre a ecologia do fogo nos ecossistemas ligados ao mesmo e relatar sobre o cenário preocupante dos incêndios no Pantanal em 2024. Trata-se de uma revisão com caráter narrativa, onde a busca bibliográfica foi realizada em bases de dados através de temas direcionados. O fogo atua como agente transformador da paisagem e na evolução de diversas espécies nos pirobiomas, neles, espécies de plantas desenvolveram várias características para continuar existindo nesses ambientes. O mesmo é responsável por impulsionar diversos processos ecológicos, como a germinação de sementes e florescimento, além de causar impactos negativos como erosão e redução da fertilidade do solo. O aumento do regime do fogo provoca vários danos até mesmo nos ecossistemas habituados com sua presença, no Pantanal, os focos de incêndios apresentaram grande aumento entre 2023 e 2024, onde mesmo acostumado com o fogo, o bioma apresenta menor resistência quando comparado ao Cerrado, no qual, em 2024, os incêndios no Pantanal já bateram novos recordes, provocando grandes impactos ao bioma. Portanto, a presença do fogo nos ecossistemas naturais possui importância ecológica, participando ativamente da dinâmica, todavia, o aumento da sua frequência provoca grandes danos até mesmo em ambientes adaptados a sua presença.

Fire ecology and the scenario of fires in the Pantanal

Abstract: Fire ecology is the area that seeks to study and understand the behavior of fire in natural environments. Fire is responsible for the ecological dynamics of various ecosystems, but the increase in its regime in most biomes is worrying. The aim of this research was to develop a state-of-the-art study on the ecology of fire in the ecosystems linked to it and to report on the worrying scenario of fires in the Pantanal in 2024. This is a narrative review, in which the bibliographic search was carried out in databases using targeted themes. Fire acts as a transforming agent in the landscape and in the evolution of various species in pyrobiomes, in which plant species have developed various characteristics to continue existing in these environments. It is responsible for driving various ecological processes, such as seed germination and flowering, as well as causing negative impacts such as erosion and reduced soil fertility. The increase in the fire regime causes various damages even in ecosystems that are used to its presence. In the Pantanal, fire outbreaks showed a large increase between 2023 and 2024, where even though the biome is used to fire, it is less resistant when compared to the Cerrado, where, in 2024, fires in the Pantanal already broke new records, causing major impacts on the biome. Therefore, the presence of fire in natural ecosystems is ecologically important, actively participating in the dynamics, but its increased frequency causes great damage even in environments adapted to its presence.

Recebido em: 10/08/2024

Aprovação final em: 01/09/2024



Introdução

A ecologia do fogo é a área que busca estudar e entender a dinâmica do fogo nos ambientes naturais, sendo eles biomas adaptados ao fogo ou não (GONÇALVES, 2021). Diversos ecossistemas pelo planeta são adaptados à presença do fogo com certa periodicidade, onde a atuação do mesmo gera grande influência sob a fisionomia desses ambientes, porém em muitos casos essa presença pode ser devastadora ao meio ambiente, agindo na forma de incêndios florestais (GOMES; MIRANDA; BUSTAMANTE, 2018).

A ocorrência do fogo sempre existiu na história da vegetação mundial, mas o aumento na frequência dos incêndios é recente na maioria dos ecossistemas do planeta, inclusive em biomas brasileiros de característica úmida como o Amazônico (LIESENFELD, *et al.*, 2016), ocorrendo em todos os continentes, causado por fatores naturais, como vulcanismo e raios, ou por ações antrópicas (BERLINCK; LIMA; CARVALHO JUNIOR, 2021). Todavia, a elevação no número e frequência dos incêndios vem gerando grandes preocupações nos últimos anos, direcionando os olhares dos pesquisadores para a problemática.

Há estudos sobre a ecologia do fogo em biomas brasileiros desde 1970, iniciando a discussão com abordagens sobre os benefícios e malefícios do fogo no Cerrado (SAMPAIO *et al.*, 2016). Atualmente, essa discussão ainda perdura, onde de acordo com Barradas *et al.* (2020), a estratégia de fogo zero e a de manejo integrado do fogo apresentam diferentes paradigmas nas gestões de áreas protegidas, envolvendo questões teóricas, sociais e de conservação.

A adaptação ao fogo ocorre de maneira lenta e rara, onde no Brasil, o bioma que possui maior adaptação ao fogo é o Cerrado, no qual, as relações ecológicas entre o fogo e a flora estão vinculadas à sucessão das formações florestais nas savanas, pois as mesmas possuem características evolutivas adaptativas ao mesmo (WEISER *et al.*, 2020). Porém essa sucessão não ocorre da mesma forma em biomas menos resistentes ao fogo como o Amazônico e o Pantanal (GONÇALVES, 2021).

O pesquisador Coutinho é visto como um dos grandes estudiosos da ecologia do fogo nos biomas brasileiros, onde o mesmo discorre que diversas características da flora do Cerrado evidenciam essa evolução, como as formas tortuosas das árvores, cascas grossas e órgãos vegetativos subterrâneos (COUTINHO, 1977).

Portanto, nota-se que a presença do fogo promoveu e promove a evolução de diversas espécies nos ecossistemas brasileiros, a fim de não apenas garantir sobrevivência, mas também para uso benéfico do fogo, principalmente em relação à dispersão e germinação de sementes (SANTANA *et al.*, 2019), como relatado mais adiante no presente trabalho.

Assim como o bioma Cerrado, o Pantanal também convive com a presença do fogo em determinado período do ano, porém, o mesmo é caracterizado como sendo mais sensível aos incêndios em comparação com as savanas (GONÇALVES, 2021). Neste ano de 2024, os incêndios no pantanal já bateram novos recordes da série histórica, iniciada em 1998, intensificados pelo fenômeno El Niño (ROSSI; PRAZERES; LEMOS, 2024), aumentando a preocupação com a proteção do bioma por parte principalmente dos órgãos governamentais.

Sob esse viés, o objetivo da pesquisa foi desenvolver o estudo da arte sobre a Ecologia do fogo nos ecossistemas ligados ao mesmo e relatar sobre o cenário preocupante dos incêndios no Pantanal em 2024.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de revisão com caráter narrativa, onde de acordo com Iser *et al.* (2020), estudos de revisão narrativa permitem uma discussão mais ampliada sobre o assunto de interesse. A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados, como SciELO, Google Acadêmico, Periódicos CAPES, Semantic Scholar e Library, além de sítios eletrônicos de diversas redes governamentais e de sites de notícias com fundamento científico.

Não foi determinado limite de data de publicação dos artigos utilizados na pesquisa, todavia, optou-se por trabalhos publicados nos últimos cinco anos, inclusive informações publicadas no ano regente (2024). Foram incluídos no estudo artigos originais, de pesquisa e de revisão de literatura,

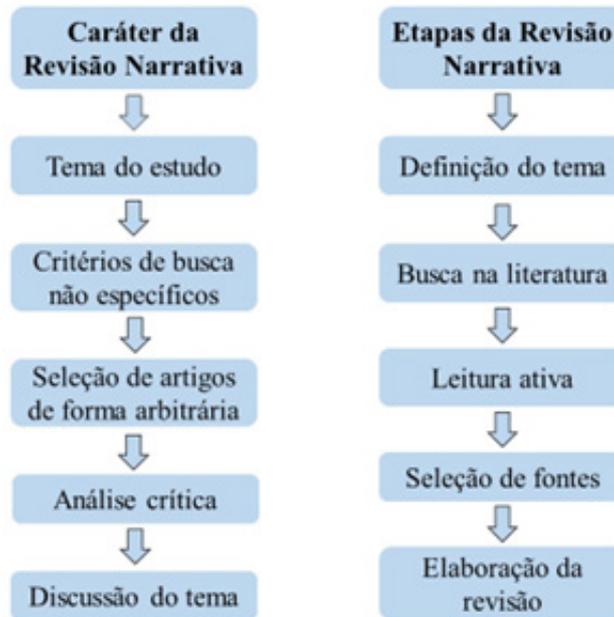


nos idiomas inglês e português.

As buscas basearam-se em temas direcionados como: Ecologia do fogo, Histórico da Ecologia do fogo, principais pesquisadores da Ecologia do fogo, ecossistemas ligados ao fogo, características das árvores das savanas, o Cerrado após a passagem do fogo, o regime do fogo nas savanas, o comportamento do fogo nos ecossistemas, manejo integrado do fogo, os incêndios no Pantanal em 2024, entre outros.

As características da revisão narrativa e suas devidas etapas utilizadas na pesquisa estão demonstradas na Figura 1.

Figura 1 - Descrição esquemática do método de Revisão narrativa utilizada na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Resultados e discussão

Histórico da Ecologia do fogo

A presença do fogo nos ecossistemas naturais pelo mundo ocorre desde os primórdios, promovendo diversas mudanças na biodiversidade, sendo em alguns casos prejudicial ao meio ambiente (CARVALHO, 2021), onde de acordo com Hantson *et al.* (2022), ocorriam devido a fatores naturais como raios e vulcanismos. As evidências apontam que a participação do fogo como agente provocador de alterações biogeográficas dos ecossistemas está ligada ao final do período Terciário (KEELEY, 2009). Keeley e Rundel (2005), relatam que no final desse período o aumento de gramíneas C4 ocorreu em virtude da ação do fogo sobre vários ecossistemas do planeta, em decorrência da velocidade de repovoamento que essas plantas possuem após o distúrbio, ocupando rapidamente o solo.

Neste período, várias alterações na vegetação foram derivadas da ocorrência do fogo, influenciando na dinâmica estrutural, florística e espacial de comunidades vegetais em todo o mundo (XOFIS *et al.*, 2021), no ciclo do carbono e no clima do planeta (SURAWSKI *et al.*, 2016).

A obtenção do fogo pelos povos primitivos teve início de forma natural, porém posteriormente começaram a produzir seu próprio fogo por volta de 7 mil a.C., promovendo grandes mudanças na forma de vida desses povos (LÁZARO *et al.*, 2023). A partir disso, o fogo deixou de ser gerado apenas por fenômenos naturais, dando início também, às modificações em grande escala do ambiente natural por fatores humanos.

De acordo com Hantson *et al.* (2022), os incêndios já eram provocados pelos indígenas na



América antes da chegada dos colonizadores, onde no Brasil, o uso do fogo para vários objetivos ocorre há milênios, inclusive como agente provedor da transformação da paisagem, com o propósito de atividades agrícolas (ELOY *et al.* 2021).

Na Amazônia brasileira, por exemplo, o uso do fogo como manejo para a renovação de pastagens nativas e no preparo de áreas para a produção agrícola de subsistência ocorre desde a Pré-História pelos ameríndios, além disso, povos como os kayapós já utilizavam a técnica de aceiros para conter o fogo nas áreas de plantio (ALVES; HOMMA, 2020), ressaltando a antiguidade da presença das queimadas em biomas brasileiros por ações humanas.

De acordo com Cavassan e Weiser (2020), os primeiros estudos sobre a Ecologia do fogo em regiões brasileiras foram realizados pelo dinamarquês Johannes Eugenius Bülow Warming (1841-1924), realizando em 1892, o primeiro ensaio de estudos biológicos e fisiológicos no Brasil, demonstrando que os estudos relacionados ao fogo nos ecossistemas iniciaram há séculos.

Nos últimos anos, os principais pesquisadores da Ecologia do fogo foram Stephen Pyne (1949), David Bowman (1958) e o brasileiro Leopoldo Magno Coutinho (1934-2016), onde Pyne é professor na Universidade do Estado do Arizona (EUA), criador da hipótese da Era do Fogo, ou Piroceno, Bowman é professor na Universidade da Tasmânia e Coutinho antes de falecer foi professor na Universidade de São Paulo- USP. Todos grandes pesquisadores sobre os efeitos do fogo nos ecossistemas naturais.

Os ecossistemas ligados ao fogo

Os ecossistemas relacionados ao fogo, ou seja, aqueles que convivem com a presença frequente do mesmo em determinada época do ano podem ser denominados como pirobiomas (COUTINHO, 1980). Neste sentido, os pirobiomas referem-se às savanas, ambientes esses já adaptados aos efeitos do fogo, onde temos como exemplo o bioma Cerrado (WEISER *et al.*, 2020).

A presença do fogo em ambientes naturais está fortemente ligada com a biomassa (material combustível) e com períodos de estiagem (PYNE, 2006). As savanas são caracterizadas por possuírem elevada biomassa, maior parte derivada de gramíneas, onde esse acúmulo ocorre principalmente devido à falta de chuvas em determinado período do ano (SANTOS *et al.*, 2021), pois a diminuição de umidade reduz a decomposição da matéria orgânica, o que contribui para a ocorrência de incêndios. Além disso, diversos fatores causam influência na intensidade do fogo em um incêndio nos pirobiomas, entre eles estão a quantidade de combustível, o ambiente físico e o clima (LIESENFELD *et al.*, 2016).

A origem das savanas está diretamente relacionada com a presença do fogo, moldando as características e processos ecossistêmicos desses biomas há milhões de anos (BEERLING; OSBORNE, 2006). Nesses ambientes, diversas espécies de plantas desenvolveram adaptações a presença recorrente do fogo, a fim de sobreviver ou até mesmo usar as perturbações causadas ao seu benefício (SANTANA *et al.*, 2019).

Várias espécies de herbáceas por exemplo, apresentam abertura de seus frutos após a ocorrência do fogo, o que auxilia na dispersão de suas sementes, já que após o incêndio principalmente gramíneas são eliminadas, permitindo que as sementes sejam dispersas pelo vento a uma distância maior e alcancem o solo (COUTINHO, 1977).

O fogo também pode auxiliar na germinação de sementes, por meio das altas temperaturas que geram a quebra do tegumento e por substâncias presentes na fumaça que estimulam a germinação e formação de plântulas (ZIRONDI; SILVEIRA; FIDELISA, 2019).

Árvores de tamanho reduzido, tortas, com casca grossa e folhas duras são características bem evidentes na vegetação presente nas savanas (RODRIGUES A. *et al.*, 2016), sendo as mesmas influenciadas pelas características de solo, clima e fogo, onde de acordo com o artigo publicado pelo Instituto Sociedade, População e Natureza- ISPN em 2008, além da baixa fertilidade e a alta toxicidade do solo estarem ligados ao nanismo e a tortuosidade da vegetação, após o fogo, os tecidos vegetais como folhas e gemas, sofrem necrose e morrem, onde são substituídas por gemas nascidas em outros locais do galho, quebrando a linearidade do crescimento, desenvolvendo plantas menores e tortuosas (FIGUEIREDO; STELLA, 2008).



A relação da baixa fertilidade e a alta toxicidade do solo com o tamanho menor e tortuosidade das espécies das savanas é chamada de hipótese do oligomorfismo distrófico, pois outras hipóteses sobre o porquê dessas características também são discutidas. Já em relação à casca espessa e folhas grossas, esses atributos estão associados à proteção da vegetação presente nesses ambientes, a fim de garantir menores danos causados pelo fogo recorrente (SATO, 2010).

A rebrota da vegetação após a passagem do fogo também é uma característica das espécies presentes nas savanas (KEELEY, 2009). De acordo com Hantson *et al.* (2022), a sucessão das plantas após o fogo nas savanas acontece de forma diferente, não seguindo um padrão típico de sucessão secundária, onde diferentes espécies ou grupos se sucedem em busca do clímax. A sucessão nesses ambientes se caracteriza como auto-sucessão, onde as espécies que ocorrem anterior ao incêndio retomam seu espaço e suas funções ambientais após o fogo (SUGIHARA *et al.*, 2006).

Essa auto-sucessão ocorre por meio da rebrotação, podendo ser considerada uma das principais estratégias de regeneração e sobrevivência de espécies presentes em ecossistemas propensos a incêndios, no qual, após o fogo ocorre a formação de brotos basais ou subterrâneos, desenvolvidos mediante a reservas nutricionais (RIOS, SOUSA-SILVA; MEIRELLES, 2019). Onde durante o incêndio, os impactos causados às plantas são em decorrência da alta temperatura que afetam seus órgãos, desencadeando um resultado binário, sendo ele a sobrevivência ou a morte das mesmas (LIESENFELD *et al.*, 2016).

De acordo com Pausas e Keeley (2014), as plantas que vivem nos pirobiomas podem apresentar dois ciclos de vida em relação ao fogo, sendo definidos como ciclo monopírico, quando as espécies desenvolvem toda sua vida dentro de um ciclo de fogo, definidas como anuais e sem capacidade de rebrota, e polipírico, quando as mesmas desenvolvem sua vida em diversos ciclos de fogo, caracterizadas com a capacidade de rebrota e com outras técnicas de sobrevivência como formação de súber espesso.

Segundo Hardesty, Myers e Fulks, (2005), os ecossistemas mundiais podem ser divididos em três classes de acordo com suas relações com o fogo, sendo eles os ecossistemas dependentes do fogo, os sensíveis ao fogo e os independentes do fogo. Nos ecossistemas independentes, o fogo raramente ou nunca ocorre, devido aos fatores bióticos e abióticos desses ambientes, os sensíveis são aqueles que sofrem grandes impactos ecológicos com a presença do fogo, não apresentando evolução para os distúrbios e os dependentes são os ecossistemas com características evolutivas aos incêndios e precisam deles para preservar seus processos ecológicos (PIVELLO, 2011).

O ambiente pós-fogo

O fogo é um fator natural responsável por várias alterações ecológicas em diversos ecossistemas, podendo seus efeitos serem positivos ou negativos nas espécies de plantas, dependendo dos impactos provocados ao ambiente (ZIRONDI; SILVEIRA; FIDELIS, 2019).

As alterações que o mesmo provoca na vegetação depende de algumas questões, como a intensidade do fogo, que como vimos, depende da quantidade de biomassa, clima e meios físicos, temperatura e duração do incêndio, e dos impactos causados ao solo (BOND; WILGEN, 1996), no qual, os resultados pós-fogo nos ecossistemas têm sido vastamente estudados, principalmente referente às estratégias de sobrevivência das espécies vegetais (HANTSON *et al.*, 2022).

Mesmo que os incêndios sejam comuns em diversos ambientes naturais e que ocorra a sobrevivência das plantas após a passagem do fogo, a vegetação nesses locais não será mais como antes, alterando a composição do ecossistema e contribuindo para o desenvolvimento de espécies pioneiras, e caso seja recorrente, a presença de gramíneas tornará cada vez maior (INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA- IPAM, 2024).

Como relatado, a regeneração das plantas pós-fogo pode acontecer por meio das brotações, todavia, existem aquelas que não possuem a capacidade de rebrotar, no qual, Pausas e Keeley (2014), diferem essas espécies como rebrotadoras obrigatórias, semeadoras facultativas e semeadoras obrigatórias. As rebrotadoras obrigatórias são espécies que dependem da rebrota para sua continuidade no ambiente, não apresentando um banco de sementes resistente às altas



temperaturas, as sementeiras facultativas são aquelas que apresentam a rebrota e a germinação de sementes após o fogo, e as sementeiras obrigatórias são espécies que não rebrotam e dependem do seu banco de semente para reconstituir sua população, apresentando ciclo de vida monopírico (PAUSAS; KEELEY, 2014).

Posteriormente ao fogo, os frutos de diversas espécies nos pirobiomas se abrem para a liberação de diásporos e ocorre a germinação de inúmeras sementes resistentes presentes no banco de sementes (COUTINHO, 1977), além disso, algumas plantas são estimuladas a florir após o fogo (DREWS *et al.*, 2015) e a maioria sofre a redução da biomassa aérea após a passagem do incêndio (RIOS; SOUSA-SILVA; MEIRELLES, 2019).

Mesmo que a presença do fogo aconteça na maioria dos tipos de vegetação no Brasil de forma periódica, alguns ecossistemas são sensíveis ao fogo, como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, no qual, as espécies presentes nesses ambientes não toleram as altas temperaturas, além disso, o reservatório de nutrientes (matéria orgânica sob o solo) é incinerado, mudando a composição da floresta (PIVELLO, 2011), afetando principalmente aqueles em que a fertilidade do solo é dependente quase que exclusivamente da matéria orgânica sob o mesmo, como é o caso da Floresta Amazônica (PEREIRA *et al.*, 2023).

A dinâmica dos regimes de fogo

O regime do fogo é definido como conjunto de características e comportamento de incêndios florestais relacionados a frequência de ocorrência, tipo, tamanho, intensidade, sazonalidade e severidade das chamas (RAMALHO *et al.*, 2024).

Como relatado, a presença do fogo nos ecossistemas ocorre há milhões de anos, porém as ações humanas alteram drasticamente o regime de incêndios nesses ambientes, provocando o aumento da incidência do fogo, superando em grande escala sua ocorrência por fatores naturais (ALVES; ALVARADO, 2020). De acordo com Oliveira *et al.* (2021), as atividades econômicas aumentam a frequência da incidência do fogo nos ambientes naturais, onde fenômenos como El Niño podem agravar ainda mais o regime dos incêndios.

Cada ecossistema possui seu regime particular da presença do fogo, a depender de fatores bióticos como a composição da vegetação e de abióticos como o relevo, clima e fontes de ignição do fogo (SOMMERS; COLOFF; CONARD, 2010). De acordo com Ramalho *et al.* (2024), esses fatores provocam divergências espaço-temporal na presença de incêndios, constituindo os regimes do fogo.

Como já discorrido, várias espécies vegetais das savanas possuem a capacidade de rebrota após a passagem do fogo, todavia, Silva M. *et al.* (2011) relatam que essa característica pode ser limitada devido às alterações da frequência em que o mesmo ocorre, sendo a diminuição das rebrotas e o aumento da mortalidade alguns dos efeitos causados pela modificação do regime do fogo.

Além disso, Silva, Juvanhol e Miranda (2023), ressaltam que a crescente frequência de incêndios em ecossistemas naturais pode afetar a composição e funcionalidade da vegetação e reduzir a biodiversidade, até mesmo naqueles que apresentam características de adaptação à presença periódica do fogo.

O fogo e o solo

Nas savanas, assim como nos demais ecossistemas, o solo possui grande influência sobre a composição da vegetação, atuando como um dos principais componentes que interferem na diversidade de espécies (BOTREL *et al.*, 2002). Onde as plantas modificam as características do solo e o solo modifica as condições para o desenvolvimento das plantas, sendo o fogo importante alterador dessas interações, atuando em ambos os componentes (SILVA M. *et al.*, 2011).

De acordo com Rodrigues B. *et al.* (2020), o fogo modifica as características do solo em diversos aspectos e como discorrido, o mesmo provoca diversas alterações na composição florística dos ecossistemas, podendo provocar a perda de nutrientes e aumentar o risco de erosão e compactação do solo (SILVA V. *et al.*, 2009). Além disso, Christo *et al.* (2021) reforçam que o fogo interfere na ciclagem de nutrientes e na sucessão ecológica de espécies vegetais.



A passagem do fogo ocasiona a deposição de cinzas no solo, diminuindo sua acidez, além disso, locais com maiores frequências possuem maiores valores de fertilidade e de matéria orgânica no solo (SILVA; BATALHA, 2008). Isso se deve à disponibilização rápida dos nutrientes às plantas por meio da mineralização dos nutrientes causada pelo fogo (PRONER JÚNIOR *et al.*, 2022), por essa razão vemos a vegetação brotar vigorosamente após a passagem do incêndio, entretanto, pelo fato dos nutrientes serem mineralizados de uma só vez e toda matéria orgânica sobre o solo ter sido incinerada, futuramente esse solo perderá sua fertilidade e ficará propício à erosão (ALVES; HOMMA, 2020).

Os diferentes regimes de fogo em diversas regiões das savanas proporcionam maior diversidade nesses ecossistemas, pois cada regime de fogo selecionará suas espécies exclusivas, de acordo com sua frequência, onde solos com maior incidência de fogo terão maior teor de silte e argila, enquanto os que apresentam menor ocorrência apresentarão maior teor de areia e maior acidez (SILVA M. *et al.*, 2011). Todavia, nesse caso, refere-se à regimes anuais, pois como já relatado, os aumentos da frequência do fogo nas savanas causam diversos impactos a esses ecossistemas.

Comportamento do fogo

O termo comportamento do fogo refere-se à descrição das características do mesmo, sua origem e como as chamas se desenvolvem e são dispersas em diversos cenários (WILLIAMS *et al.*, 2003). Estes fatores serão influenciados pelas condições climáticas, o período do ano em que o incêndio está ocorrendo, estiagem ou chuvoso e da quantidade de material combustível, ou seja, da biomassa sobre o solo (RAMALHO *et al.*, 2024).

Saber como o fogo se comporta nos ambientes naturais, permite prever os impactos que o mesmo irá causar ao ambiente, além de auxiliar na prevenção de incêndios e no combate do fogo (PAULA *et al.*, 2021). Este conhecimento também colabora na caracterização das condições apropriadas para a realização de queimada prescrita (RAMALHO *et al.*, 2024), sendo a mesma, a prática do uso do fogo para promover queimadas controladas, muito utilizada na limpeza de pastagens e áreas agrícolas (GONÇALVES, 2021), onde a atividade é regulamentada pelo Decreto nº 2.661 de 8 de julho de 1998, podendo ser realizada com a autorização do órgão ambiental, toda a preparação da área e com supervisão de pessoas capacitadas para a prática (RAYMUNDI; LIMA; GONZÁLEZ, 2019).

Durante o estudo sobre o comportamento do fogo são necessárias as análises de alguns parâmetros, como poder calorífico do material combustível, velocidade de propagação, intensidade de queima e tempo de residência (RAMALHO *et al.*, 2024). Quando há baixa intensidade por exemplo, a vegetação não sofre impactos significativos, quando o fogo ocorre moderadamente, as plantas se tornam propícias para o ataque por fungos e insetos devido à diminuição da resistência, já quando acontece com alta intensidade, acaba causando danos severos ou até acarretando a morte das árvores (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Conhecer o comportamento do fogo pode auxiliar significativamente na redução de danos causados pelo mesmo, sendo influenciado por diversas características, como fatores biológicos, referindo-se ao material combustível, topografia, fatores socioeconômicos, tratando-se da distância de atividades antrópicas e meteorológicos (SARI, 2021).

Para iniciar um incêndio, basta um pequeno foco de calor, um fósforo, raio ou uma fogueira e com a ajuda dos diversos fatores já relatados, o fogo vai se espalhando, tendo a ação do vento como um dos principais contribuintes para a dispersão das chamas (LÁZARO *et al.*, 2023), onde quanto mais forte o vento, maior será a proporção atingida pelo fogo e mais rápida será sua dispersão.

Além desses parâmetros descritos, a altura do crestamento, ou seja, a altura média das chamas que pode provocar a secagem e morte das folhas das árvores é um importante fator que permite estimar os impactos causados pela passagem do fogo (LUZ *et al.*, 2023). Onde de acordo com Torres, Silva Júnior e Lima (2019), a altura do crestamento pode ser estimada pela seguinte equação (Figura 2).



Figura 2 - Equação para determinação da altura de crestamento letal do fogo.

$$H_{cl} = \frac{3,94I^{\frac{7}{6}}}{(0,107I + VV^3)^{0,5}(60 - T)} \quad (4)$$

sendo H_{cl} = altura de crestamento letal em metros;
 I = intensidade do fogo em kW/m/s; VV = velocidade do vento m/s; T = temperatura do ar em °C.

Fonte: Torres, Silva Júnior e Lima (2019).

Manejo integrado do fogo

Como discorrido, a presença do fogo nas savanas vem moldando esses ecossistemas há milhões de anos, sendo um fator ecológico importante na composição da vegetação presente nesses ambientes, porém políticas contra incêndios têm ocasionado a modificação de diversas áreas protegidas de savanas no mundo todo (BARRADAS; RIBEIRO, 2021).

O Manejo Integrado do Fogo (MIF) é uma ferramenta que considera os fatores ecológicos, culturais, socioeconômicos, na integração, monitoramento, avaliação e adaptação de práticas do uso do fogo através de queimadas prescritas em períodos propícios para garantir a preservação dos ecossistemas (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS- IBAMA, 2023).

Trata-se do uso do fogo para a preservação das características de biomas ligados ao fogo e para reduzir os impactos causados pelos incêndios nos ecossistemas naturais, por meio da queima controlada da biomassa sobre o solo, a fim de evitar incêndios de maiores proporções, que causam maiores danos às florestas (BERLINCK; BATISTA, 2020).

Porém, o complexo tema sobre incêndios florestais em qualquer ecossistema possui diversas críticas e questionamentos, sendo várias vezes discutido sem contexto científico adequado, o que pode acarretar em manejo inadequado e elaboração de políticas não eficientes (PIVELLO *et al.*, 2021).

No Brasil, desde o início da preocupação com o fogo nos biomas brasileiros, diversas políticas sobre a prevenção de incêndios em áreas naturais já foram elaboradas. Durante o Império Brasileiro, começaram a ser elaboradas as primeiras políticas voltadas para questões ecológicas, como a Lei de Terras (Lei nº 601/1850), o Decreto que institui os serviços de extinção de incêndio (Decreto nº 1775/1856) e a Lei que instituiu como crime o ato de atear fogo (Lei nº 3.311/1886) (BERLINCK; LIMA, 2021).

Com o passar dos anos, novas Leis e Decretos foram elaborados para aprimorar a Legislação ambiental brasileira, inclusive aqueles com a finalidade de extinção dos incêndios em ambientes naturais (BARRADAS; RIBEIRO, 2020), onde diversos pesquisadores como Coutinho e Pivello questionaram as políticas de supressão do fogo em todas as áreas naturais durante a elaboração da legislação ambiental do Brasil, (PIVELLO; COUTINHO, 1996). Todavia, vale lembrar que o atual aumento da frequência dos incêndios por ações antrópicas causa diversos impactos até mesmo para aqueles ecossistemas adaptados ao fogo, no caso das savanas (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Neste ano de 2024, foi instituída a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, Lei nº 14.944 de 31 de julho de 2024, a fim de disciplinar e promover a articulação em relação ao uso do fogo em áreas protegidas e em atividades econômicas (BRASIL, 2024). Além disso, existem a Resolução CONAMA 11/1988, o Decreto 2.661/1998 e a Lei de Proteção da Vegetação Nativa 12.651/2012, que regulamentam sobre o uso do fogo em áreas naturais e produtoras (BARRADAS; RIBEIRO, 2021)

O uso do fogo para a limpeza de áreas de pastagens também é regulamentado pelo Decreto nº 2.661 de 8 de julho de 1998, podendo ser feito juntamente com a autorização do órgão ambiental, toda a preparação da área, com supervisão de pessoas capacitadas e no período adequado para a prática (RAYMUNDI; LIMA; GONZÁLEZ, 2019). De acordo com Briani e Vieira (2019), os impactos das queimadas prescritas provocadas em pastagens são pequenos e de curta duração, porém se a ocorrência for frequente, diversos problemas podem surgir à biodiversidade, reforçando a



necessidade do manejo adequado.

Em Unidades de Conservação, diversas estratégias de proteção com o uso do manejo integrado do fogo estão sendo realizadas com sucesso em ecossistemas adaptados, propondo reduzir os impactos causados por incêndios de grandes proporções (ICMBIO, 2022). Entretanto, nos últimos 40 anos, o uso do manejo do fogo como forma de promover a preservação e redução de incêndios foi aplicado em poucas áreas protegidas no bioma Cerrado, enfatizando o paradigma referente ao uso do fogo prescrito em áreas naturais (BARRADAS; RIBEIRO, 2021).

Portanto, devemos reconhecer que incêndios acontecem em ambientes ecológicos e socioeconômicos, onde é necessária a integração de discussões sobre o manejo do fogo nos campos das políticas, permitindo uma gestão mais eficiente na preservação de áreas naturais (PIVELLO *et al.*, 2021).

O cenário preocupante dos incêndios no Pantanal

O Pantanal é considerado o bioma de menor extensão territorial do Brasil, entretanto, é uma das maiores extensões de áreas úmidas do planeta, exibindo uma vasta diversidade de fauna e flora (BRASIL, 2018). O mesmo ocupa uma área de 150.355 Km², estando presente em dois estados, Mato Grosso com 7% de ocupação do território e o Mato Grosso do Sul com 25%, ambos localizados na região Centro-Oeste do Brasil (IBF, 2020).

O bioma é reconhecido como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal do Brasil e considerado Reserva da Biosfera e Patrimônio Natural da Humanidade pela Unesco (BRASIL, 2010). O mesmo abriga nascentes de rios importantes como o Paraguai e o Cuiabá, estando presente além dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, na Bolívia e Paraguai (UNESCO, 2024).

O Pantanal possui cerca de 2 mil espécies de plantas, 152 de mamíferos, 582 de aves, 47 de anfíbios, 127 de répteis e 269 de peixes, sendo que 36 espécies de mamíferos e 188 de aves estão ameaçadas de extinção (EMBRAPA, 2023). Por estar presente no centro da América do Sul, o bioma está localizado em região de ecótono, juntamente com o Amazônico e o Cerrado, abrigando espécies de ambos os biomas (ALHO *et al.*, 2019), reforçando a necessidade da sua conservação. Além disso, devido ao fato da sua conexão com outros dois biomas que são atingidos pelo fogo, o Pantanal torna-se mais vulnerável, aumentando a probabilidade da ocorrência de incêndios.

No ano de 2020, um terço do território do Pantanal foi atingido por incêndios, tornando-se o maior desastre já ocorrido pelo fogo no bioma (MOREIRA *et al.*, 2022). Neste ano de 2024, os incêndios no Pantanal já bateram novos recordes da série histórica, iniciada em 1998, intensificados pelo fenômeno El Niño (ROSSI; PRAZERES; LEMOS, 2024).

Motivado pelos recordes de incêndios, o Governo Federal criou no dia 14 de junho deste ano a sala de situação para ações de prevenção e controle de incêndios e secas em todos os biomas, com foco inicial no Pantanal, prevendo recursos e a desburocratização de processos para contratação de brigadistas, equipamentos e aeronaves (BRASIL, 2024).

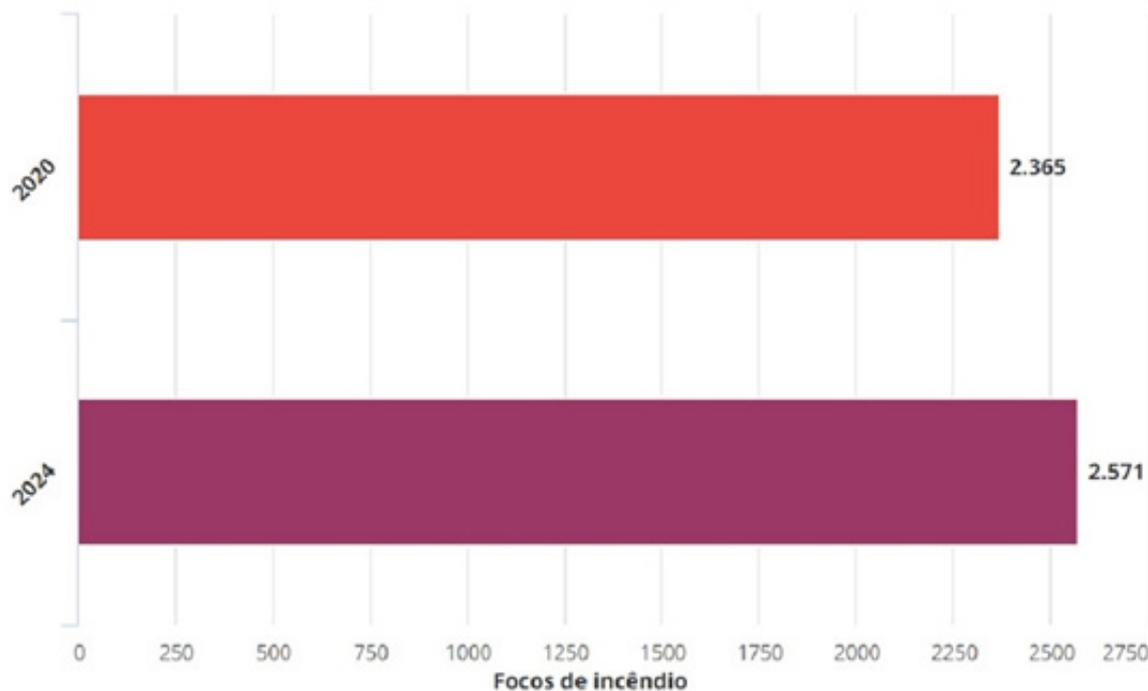
De acordo com Câmara (2024), em 2020, cerca de 26% do bioma Pantanal foi afetado pelo fogo durante vários meses, atingindo 65 milhões de animais vertebrados e 4 bilhões de invertebrados, onde as queimadas nos seis primeiros meses de 2024 já são 8% maiores em comparação com 2020 (Figura 3), dessa forma, estima-se que a destruição e o número de animais afetados sejam ainda maiores neste ano.

O Cerrado é um ecossistema adaptado com a ocorrência do fogo em determinada época do ano, porém o bioma Pantanal é mais sensível à presença do fogo se comparado com o mesmo (BRASIL, 2023). De acordo com Gonçalves (2021), mesmo que os incêndios no Pantanal sejam comuns, a sucessão não ocorre da mesma forma como no Cerrado, atingindo diversas espécies de plantas não resistentes ao fogo e causando a morte de grande parte delas.

A principal origem dos incêndios provocados no bioma é oriunda das queimadas realizadas em regiões agrícolas e de pastagens para a limpeza da área, sendo feita na maioria as vezes sem o acompanhamento técnico e sem licença ambiental, o que acaba acarretando os incêndios de grandes proporções (FLOR, 2022).



Figura 3 - Focos de incêndios no Pantanal entre os dias 1º de janeiro e 19 de junho nos anos de 2020 e 2024.



Fonte: Programa BDQueimadas, INPE, 2024.

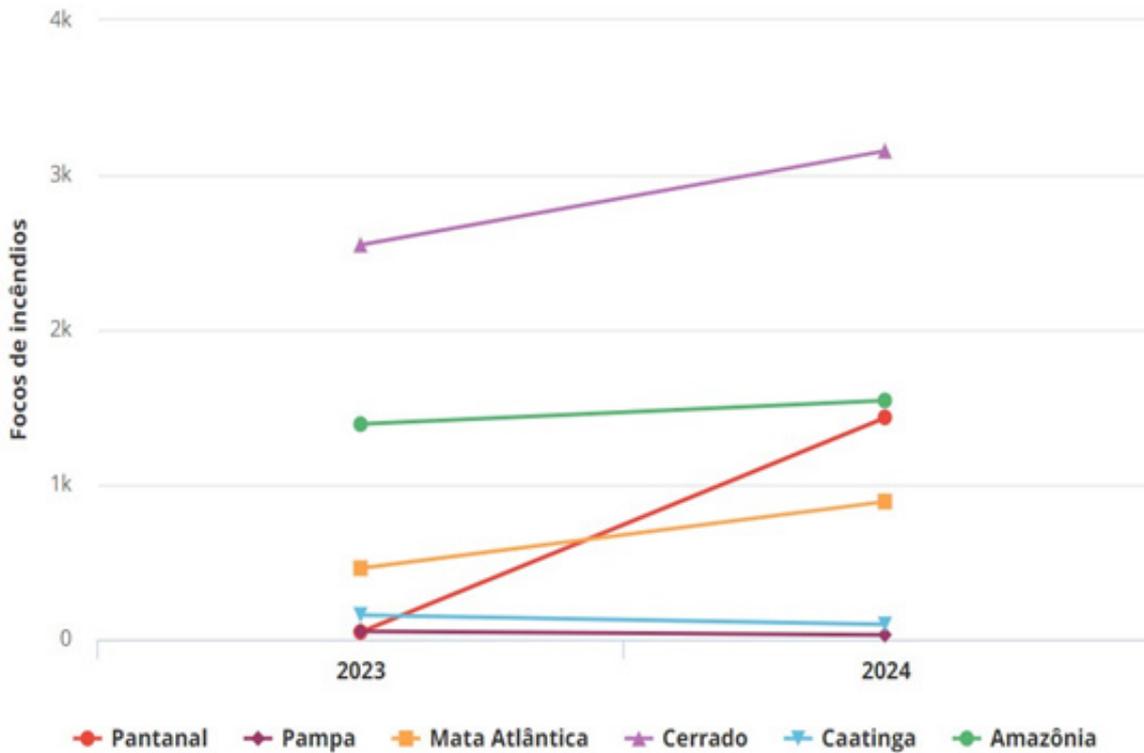
O Cerrado é um ecossistema adaptado com a ocorrência do fogo em determinada época do ano, porém o bioma Pantanal é mais sensível à presença do fogo se comparado com o mesmo (BRASIL, 2023). De acordo com Gonçalves (2021), mesmo que os incêndios no Pantanal sejam comuns, a sucessão não ocorre da mesma forma como no Cerrado, atingindo diversas espécies de plantas não resistentes ao fogo e causando a morte de grande parte delas.

A principal origem dos incêndios provocados no bioma é oriunda das queimadas realizadas em regiões agrícolas e de pastagens para a limpeza da área, sendo feita na maioria as vezes sem o acompanhamento técnico e sem licença ambiental, o que acaba acarretando os incêndios de grandes proporções (FLOR, 2022).

O uso do fogo para a limpeza de áreas no Pantanal é permitido por meio da queimada prescrita, onde este ano, através do Decreto nº 927/2024 o Governo de Mato Grosso, antecipou para junho o início do período proibitivo do uso do fogo no Pantanal (MATO GROSSO, 2024). Porém, isso não foi o suficiente para conter os incêndios no bioma, ocorrendo devido ao não cumprimento da legislação por parte principalmente dos produtores rurais, além disso, por possuir ligação com outros dois biomas, a antecipação da proibição do uso do fogo apenas no Pantanal não surte grande efeito já que essa antecipação não ocorre também para áreas do Cerrado e do bioma Amazônico.

Portanto, outros Biomas como o Pantanal também necessitam de atenção, pois também estão sujeitos aos incêndios florestais, possuindo maior média de focos de calor, mas números bem menores de pesquisas desenvolvidas para sua proteção (BERLINK; LIMA; CARVALHO JUNIOR, 2021), no qual, a Figura 4 demonstra que o crescimento dos casos de incêndios no bioma entre o ano de 2023 e 2024 é maior em comparação com outros biomas, inclusive o Cerrado (CÂMARA, 2024).

Figura 4 - Casos de incêndios nos biomas brasileiros entre os anos de 2023 e 2024.



Fonte: Programa BDQueimadas, INPE, 2024.

Considerações Finais

A presença do fogo em diversos ecossistemas no mundo ocorre há milhões de anos, atuando como agente transformador da paisagem e na evolução de espécies, existindo, até mesmo, ecossistemas que dependem do fogo para preservar vários dos seus processos ecológicos. Todavia, nem todos os ecossistemas são resistentes ao fogo e quando ocorre, pode mudar drasticamente a composição dos mesmos.

Nos ecossistemas ligados ao fogo, conhecidos como pirobiomas, diversas espécies de plantas desenvolveram características evolutivas para garantir maior resistência às altas temperaturas e assegurar sua continuidade nesses ambientes, como a capacidade de rebrota, súber e folhas mais espessos e formação de um tegumento da semente mais rígido.

Ademais, as espécies presentes nos pirobiomas possuem características distintas como tamanho reduzido e tortuosidade, onde existem diversas hipóteses que explicam esses atributos, sendo a do oligomorfismo distrófico bem aceita pela comunidade científica, correlacionando essas particularidades com a baixa fertilidade e a alta toxicidade do solo. Outra hipótese discorre que após a passagem do fogo, os tecidos vegetais sofrem necrose e morrem, onde são substituídas por gemas nascidas em outros locais do galho, quebrando a linearidade do crescimento, desenvolvendo plantas menores e tortuosas.

Mesmo que o fogo faça parte da dinâmica ecológica em diversos ambientes naturais, sua presença também pode ocasionar vários danos principalmente à vegetação e ao solo, onde esses impactos vão depender da intensidade e comportamento do mesmo, características ligadas diretamente com alguns fatores, dentre eles o clima, relevo, tipo de vegetação, quantidade de biomassa e atividades antrópicas, sendo as atividades humanas as principais responsáveis pela modificação dos regimes dos incêndios nos ecossistemas.

As alterações do regime do fogo estão correlacionadas fortemente com as ações antrópicas, que provocam o aumento da sua frequência nos ambientes naturais. Como relatado, cada



ecossistema possui seu próprio regime de fogo, onde a diminuição e principalmente o aumento da frequência provocam impactos até mesmo em biomas que convivem com a presença das queimadas anualmente, como o caso do Cerrado e Pantanal, onde referente ao Pantanal, o mesmo é caracterizado como sendo menos resistente a esse aumento do regime quando comparado ao Cerrado.

No atual cenário dos incêndios no Pantanal, os focos no bioma apresentaram forte crescimento entre os anos de 2023 e 2024, superando o crescimento até mesmo no Cerrado, já exibindo novos recordes da série histórica, intensificados pelo fenômeno El Niño. Outro fator que intensifica os impactos no Pantanal está relacionado com o fato da sua conexão com outros dois biomas que são atingidos pelo fogo, aumentando a probabilidade da ocorrência de incêndios em suas áreas de ligação, tornando o Pantanal ainda mais vulnerável, reforçando a necessidade de maior proteção das regiões de ecótono.

O cenário é tão alarmante, que em decorrência do panorama atual dos incêndios no Pantanal, o Governo Federal criou no dia 14 de junho de 2024, a sala de situação para ações de prevenção e controle de incêndios e secas em todos os biomas, com foco inicial no Pantanal, além disso, foi instituída a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, pela Lei nº 14.944 de 31 de julho de 2024, ambas caracterizadas como ações que visam tentar frear o avanço do fogo nos ecossistemas, ressaltando a importância e complexidade da atual situação.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, pela concessão de bolsa de Doutorado.

Referências

ALVES, D.B.; ALVARADO, S.T. Variação espaço-temporal da ocorrência do fogo nos biomas brasileiros com base na análise de produtos de sensoriamento remoto. **Geografia**, v. 44, n. 2, p. 321-345, 2019.

ALVES, R. N. B.; HOMMA, A. K. O. O fogo na agricultura da Amazônia. In: ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. S.; HOMMA, A. K. O.; LOPES, O. M. N.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. E. U. **Roça sem fogo: Da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia**. Embrapa, p. 01-188, Brasília- DF, 2020.

ALHO, C.J.R.; MAMEDE, S.B.; BENITES, M.; ANDRADE, B.S.; SEPÚLVEDA, J.J.O. Ameaças à biodiversidade do pantanal brasileiro pelo uso e ocupação da terra. **Ambiente & Sociedade**, vol. 22, e01891, 2019, São Paulo- SP.

BARRADAS, A.C.S.; BORGES, M.A.; COSTA, M.M.; RIBEIRO, K.T. Paradigmas da Gestão do Fogo em Áreas Protegidas no Mundo e o Caso da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. **Biodiversidade Brasileira**, v. 10, n. 02, p. 71-86, 2020.

BARRADAS, A.C.S.; RIBEIRO, K.T. Integrated Fire Management: Serra Geral do Tocantins Ecological Station's Journey (2001 to 2020). **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 02 p. 139-152, 2021.

BEERLING, D.J.; OSBORNE, C.P. The origin of the savanna biome. **Global Change Biology**, v. 12, p. 2023-2031, 2006.

BERLINCK, C. N. LIMA, L. H. A.; CARVALHO JUNIOR, E. A. R. Historical survey of research related to fire management and fauna conservation in the world and in Brazil. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 03, 2021.

BERLINCK, C. N.; BATISTA, E. K. L. Good fire, bad fire: It depends on who burns. **Flora**, v. 268, 2020.



BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A. Implementation of Integrated Fire Management in Brazilian Federal Protected Areas: Results and perspectives. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 02, p. 128-138, 2021.

BOND, W. J.; WILGEN, B. W. **Fire and Plants**. Chapman e Hall, v. 14, 1996.

BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 02, p. 195-213, 2002.

BRASIL. Planalto; **Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024**. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14944.htm. Acesso em: 10 ago. de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Governo federal cria sala de situação para prevenção e controle de incêndios no Pantanal**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/governo-cria-sala-de-situacao-para-prevencao-e-controle-de-secas-e-incendios-no-pantanal>. Acesso em: 04 ago. de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Plano de ação para o manejo integrado do fogo no bioma Pantanal**. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pantanal**. 2018. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/pantanal.html#:~:text=O%20bioma%20Pantanal%20%C3%A9%20considerado,que%20o%20referente%20bioma%20abriga>. Acesso em: 12 ago. de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Patrimônio natural da humanidade, Pantanal guarda biodiversidade única**. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/patrimonio-natural-da-humanidade-pantanal-guarda-biodiversidade-unica>. Acesso em: 12 ago. de 2024.

BRIANI, D. C.; VIEIRA, E. M. Efeito do fogo em mamíferos do Brasil. *In*: FREITAS, T. R. O.; VIEIRA, E. M.; PACHECO, S. M.; CHRISTOFF, A. U. **Mamíferos do Brasil: genética, sistemática, ecologia e conservação**. Sociedade Brasileira de Genética, p. 41-55, Ribeirão Preto- SP, 2019.

CÂMARA, J. **Pantanal: incêndio de 2024 supera o registrado no mesmo período de 2020, ano recorde de queimadas**. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/2024/06/20/pantanal-incendio-de-2024-supera-o-registrado-no-mesmo-periodo-de-2020-ano-recorde-de-queimadas.ghtml>. Acesso em: 12 jul. de 2024.

CARVALHO, H. C. M. **Análises dos registros de fogo em vegetação e a climatologia no estado do Cerrará**. 2021. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=i1piEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=A+ocorr%C3%Aancia+do+fogo+sempre+existiu+na+hist%C3%B3ria+da+vegeta%C3%A7%C3%A3o+mundial&ots=oPeUyRB26y&sig=XQHhJivU42liwW-kbFBy5jEqhco#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 10 abr. de 2024.

CAVASSAN, O.; WEISER, V. L. Eugen Warming: um dinamarquês desvenda o cerrado brasileiro. **Filosofia e História da Biologia**, v. 15, n. 02, p. 179-193, 2020.

CHRISTO, A. D. MARTINS, S. V.; BALESTRIN, D.; TORRES, F. T. P. Efeito do fogo sobre a regeneração natural e serapilheira na Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, 2021.

COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, v.10, n.44, p. 7-23, 1980.



COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. II – As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrado herbáceo-subarbustivo. **Bel. Botânica**, v. 5, p. 57-64, São Paulo- SP, 1977.

DREWS, Y. M.; GARDA, A. B.; MORITA, J. P.; BERLINCK, C. N. **O fogo e o Cerrado**. Brasília- DF, p. 01-17, 2015.

ELOY, L.; RAMOS, R.; SCHMIDT, M.; ONO, K. Y.; STEWARD, A.; FERREIRA, J. Manejo do fogo por povos indígenas e comunidades tradicionais no Brasil. *In*: CUNHA, M. C.; MAGALHÃES, S. B.; ADAMS, C. **Povos Tradicionais e Biodiversidade no Brasil: Contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças**. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência- SBPC, p. 01-351, São Paulo- SP, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cerrado**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>. Acesso em: 10 ago. de 2024.

FIGUEIREDO, I.; STELLA, A. **Por que as árvores do Cerrado são tortas?** 2008. Disponível em: <https://ispn.org.br/por-que-as-arvores-do-cerrado-sao-tortas/>. Acesso em: 25 abr. de 2024.

FLOR, M. J. P. S. Consequências das derrubadas e queimadas de vegetação: práticas utilizadas pelos agricultores da Transassuruni Altamira Pará 2021. **Revista ALTERJOR**, v. 01, ed. 25, p. 262-282, São Paulo- SP, 2022.

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**, v. 417, p. 281-290, 2018.

GONÇALVES, W. M. Fogo no Pantanal: uma análise conceitual sobre as contribuições bibliográficas. **Biodiversidade**, v. 20, n. 01, p. 160-175, 2021.

HANTSON, S.; ANDELA, N.; GOULDEN, M. L.; RANDERSON, J. T. Human-ignited fires result in more extreme fire behavior and ecosystem impacts. **Nature Communications**, v. 13:2717, p. 01-08, 2022.

HARDESTY, F.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, Ecosystems and People: A Preliminary Assessment of Fire as a Global Conservation Issue. **George Wright Society**, v. 22, n. 04, 78-87, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. **Manejo integrado do fogo**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/hotsites/pantanalsem incendios/manejo-do-fogo>. Acesso em: 20 jul. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS- IBF. **Bioma Pantanal**. 2020. Disponível em: https://www.ibflorestas.org.br/biomapantanal?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=google-ads&keyword=bioma%20do%20pantanal&creative=473189766164&gad_source=1&gclid=CjOKCQjwzZmwBhD8ARIsAH4vlgWhxYGJmELRCNHVV6Cx7XanvWeHW7X69ljtISLOJaKH2CH-5ltedhEaAIYOEALw_wcB. Acesso em: 12 ago. de 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE- ICMBIO. **Plano de Manejo Integrado do Fogo Reserva Biológica de Poço das Antas - NGI ICMBio Mico-leão-dourado**. Ministério do Meio Ambiente, p. 01-48, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA- IPAM. **Tudo o que você queria saber so-**



bre fogo na Amazônia, mas não sabia para quem perguntar. 2024. Disponível em: https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/tudo-o-que-voce-queria-saber-sobre-fogo-na-amazonia-mas-nao-sabia-para-quem-perguntar/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwqpSwBhCIARIsADIZ_TkPDr09WApMDFKPtNgtIVao6X-lhAYzg5y7oKGjgfGeN2AefoM9vkAAaAIPZEALw_wcB#:~:text=perguntar%20%2D%20IPAM%20Ama-z%C3%B4nia-,Tudo%20o%20que%20voc%C3%AA%20queria%20saber%20sobre%20fogo%20na%20Amaz%C3%B4nia,n%C3%A3o%20sabia%20para%20quem%20perguntar&text=Todo%20ano%2C%20a%20Amaz%C3%B4nia%20registra,n%C3%A3o%20%C3%A9%20natural%20no%20bioma. Acesso em: 20 jul. de 2024.

ISER, B. P. M.; SILVA, I.; RAYMUNDO, V. T.; POLETO, M. B.; SCHUELTER-TREVISOL, F.; BOBINSKI, F. Suspected COVID-19 case definition: a narrative review of the most frequent signs and symptoms among confirmed cases. **Epidemiol. Serv. Saude**, v. 29, n. 03, p. 01-11, Brasília- DF, 2020.

KEELEY, J. E.; RUNDEL, P. W. Fire and the Miocene expansion of C4 grasslands. **Ecology Letters**, v. 08, p. 683-690, 2005.

KEELEY, J. E. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. **BioScience**, v. 59, n. 07, p. 593-601, 2009.

LÁZARO, E. B.; MARTINS, F. G. C.; CAPINGOTE, M. C. M.; PIRES, N. M. S.; DIAS, D. M. S. R.; FREIRE FILHA, L. G. O ser humano e o domínio do fogo. **Gestão & Tecnologia**, v. 01, ed. 36, p. 04-16, 2023.

LIESENFELD, M. V. A.; VIEIRA, G.; MIRANDA, I. P. A. Ecologia do fogo e o impacto na vegetação da Amazônia. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 36, n. 88, p. 505-517, Colombo- PR, 2016.

LUZ, M. N.; SOUTO, P. C.; HENRIQUE, G. S.; DELFINO, R. C. H.; LEITE, A. P. Comportamento do fogo em espécies nativas da Caatinga na região geográfica imediata de Patos-PB. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 03, p. 01-22, Santa Maria- RS, 2023.

MATO GROSSO. Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso. **Governo de MT antecipa período proibitivo do uso do fogo no Pantanal.** 2024. Disponível em: <https://www.secom.mt.gov.br/-/governo-de-mt-antecipa-per%C3%ADodo-proibitivo-do-uso-do-fogo-no-pantanal>. Acesso em: 05 ago. de 2024.

MOREIRA, R. M.; SILVA, N. M.; PESSI, D. D.; PARANHOS FILHO, A. C.; Google Earth Engine para análise da área impactada por incêndios e qualidade do ar no Pantanal para o ano 2020. *In*: PESSI, D. D.; PARANHOS FILHO, A. C.; MIOTO, C. L.; SILVA, N. M.; ENCINA, C. C. C.; RIBEIRO, A. A.; GAMARRA, R. M.; BEZERRA, A. R.; LARCHER, L. **Perspectivas ambientais no âmbito das geociências e ecologia do Pantanal.** Editora UNIEDUSUL, p. 10-24, cap. 01, Maringá- PR, 2022.

OLIVEIRA, J. F.; PINTO, J. A.; COSTA, D. A.; PASSOS, A. K. A. C.; SILVA, W. B. **Uma Análise das Ocorrências de Fogo e Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada Diamantina entre 2015 e 2020.** Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre- RS, 2021.

PAULA, Y.; REIS, J. B. C.; PISMEL, G. O.; ANDERSON, L. O. **É Fogo! Guia de atividades.** MapFire, São José dos Campos- SP, 2021.

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E.; Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**, v. 204, p. 55-65, 2014.

PEREIRA, L. C.; GOMES, M. A. F.; TÔSTO, S. G.; GALDINO, S.; PARENTE, T. L.. O solo no contexto dos serviços ecossistêmicos e serviços ambientais na Amazônia. *In*: TOSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.;



- GOMES, M. A. F.; RODRIGUES, J. A. **Serviços ecossistêmicos e serviços ambientais de solo, água e carbono - Amazônia. Embrapa**, p. 18-49, cap. 01, Brasília- DF, 2023.
- PIVELLO, E. R.; VIEIRA, I.; CHRISTIANINI, A. V.; RIBEIRO, D. B.; MENEZES, L. S.; BERLINCK, C. N.; MELO, F. P. L.; MORENGO, J. A.; TORNQUIST, C. G.; TOMAS, W. M.; OVERBECK, G. E. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 03, p. 233-255, 2021.
- PIVELLO, V. R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 07, n. 01, 2011.
- PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M.; A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, v. 87, p. 127-138, 1996.
- PRONER JÚNIOR, L.; BITTENCOURT, H. H.; DIAS, J. C.; GRILLO, J. F.; BONOME, L. T. S.; Atributos físico-químicos do solo são influenciados pelo tipo de manejo do campo nativo. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, 2022.
- PYNE, S. J.; Fogo no Jardim: Compreensão do Contexto dos Incêndios em Portugal. In: PEREIRA, J. S.; PEREIRA, J. M. C.; REGO, F. C.; SILVA, J. M. N.; SILVA, T. P. **Incêndios Florestais em Portugal: Caracterização, Impactes e Prevenção**. Instituto Superior de Agronomia, p. 115-131, cap. 05, Lisboa, Portugal, 2006.
- RAMALHO, A. H. C.; FIEDLER, N. C.; DIAS, H. M.; PELUZIO, T. M. O.; SANTOS, A. R.; LUCAS, F. M. F.; Compreendendo a ação do fogo nos ecossistemas brasileiros. **Biodiversidade Brasileira**, v. 14, n. 01, p. 8-25, 2024.
- RAYMUNDI, V. M. O.; LIMA, T. E.; GONZÁLEZ, A. Z. D. Impactos climáticos das emissões associadas às queimadas no município de Cáceres-MT. In: ZUFFO, A. M. **Pantanal: O espaço geográfico e as tecnologias em análise**. Atena Editora, Ponta Grossa- PR, 2019.
- RIOS, M. N. S.; SOUSA-SILVA, J. C.; MEIRELLES, M. L. Dinâmica pós-fogo da vegetação arbóreo-arbustiva em Cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Biodiversidade**, v. 18, n. 01, p. 02-17, 2019.
- RODRIGUES, J. B.; FREITAS, S. J. N.; ALVES, B. S.; SILVA, J. C. A.; CANTANHEDE, K. M. C.; SANTOS, G. M. S. Aplicação de geotecnologias para análise e interpretação dos focos de queimadas no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 4, p. 123-127, 2020.
- RODRIGUES, F. A.; PIMENTA, V. S. C.; BRAGA, K. M. S.; ARAÚJO, E. G. Obtenção de extratos de plantas do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 870-887, Goiânia- GO, 2016.
- ROSSI, M.; PRAZERES, L.; LEMOS, V. **Incêndios batem recorde no Pantanal: dava para prever seca que alastra fogo pela região?** 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c6ppqq9454qo>. Acesso em: 12 ago. de 2024.
- SAMPAIO, A. B.; BERLINCK, C. N.; MIRANDA, H. SCHMIDT, I. B.; RIBEIRO, K. T. Manejo do Fogo em Áreas Protegidas. **Biodiversidade Brasileira**, v. 06, n. 2, p. 01-03, 2016.
- SANTANA, T. F.; FERNANDES, H. E.; GIONGO, M.; MOURA, W. S.; CABRAL, K. P.; SOUZA, P. B. Influência do fogo na germinação de três espécies do bioma Cerrado. **Biodiversidade**, v. 18, n. 01, p. 18-27, 2019.



SANTOS P. R.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S.; MORAES, E. C.; MATAVELI, G. A. V. Desenvolvimento e implementação do ciclo diurno da queima de biomassa no PREP-CHEM-SRC. **Revista do Departamento de Geografia- USP**, v. 41, p. 01-15, São Paulo- SP, 2021.

SARI, F.; Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. **Forest Ecology and Management**, v. 480, 2021.

SATO, M. N.; MIRANDA, H. S.; MAIA, J. M. F. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo. In: MIRANDA, H. S.; Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidade de Cerrado: Projeto fogo. Brasília- DF: IBAMA, p.77-91, 2010.

SCHUMACHER, M. V.; DICK, G. Incêndios florestais. Departamento de Ciências Florestais- UFSM, ed. 03, p. 01-151, Santa Maria- RS, 2018.

SILVA, D. M.; BATALHA, M. A. Soil-vegetation relationships in cerrados under diferente fire frequencies. **Plant Soil**, v. 311, p. 87-96, 2008.

SILVA, D. M.; LOIOLA, P. P.; ROSATTI, N. B.; SILVA, I. A.; CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A. Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, v. 01, n. 02, p. 26-39, 2011.

SILVA, L. C. V.; FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L.; ARGENTO, M. S. F. Mapa geoecológico de potencialidade a ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 03, n. 61, p. 285-292, 2009.

SILVA, A. C., JUVANHOL, R. S., MIRANDA, J. R. Variabilidade espaço-temporal de ocorrência e recorrência de fogo no Bioma Caatinga usando dados do sensor MODIS. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 01, p. 01-23, Santa Maria- RS, 2023.

SOMMERS, W. T.; COLOFF, S. G.; CONARD, S. G. Fire history, fire regimes, and climate change – integrating information for management and planning. **Nature Precedings**, 2010.

SUGIHARA, N.; FITES-KAUFMAN, J. A.; WAGTENDONK, J. W.; SHAFFER, K.; THODE, A. E. **Fire California's Ecosystems**. University of California Press, 2006.

SURAWSKI, N. C.; SULLIVAN, A. L.; ROXBURGH, S. H.; MICK MEYER, C. P.; POLGLASE, P. J.; Incorrect interpretation of carbon mass balance biases global vegetation fire emission estimates. **Nature Communications**, v. 07, n. 01, p. 01-05, 2016.

TORRES, F. T. P.; SILVA JÚNIOR, M. R.; LIMA, G. S.; Influência dos Elementos Meteorológicos Sobre o Comportamento do Fogo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 01, p. 33-41, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA- UNESCO; **Pantanal Conservation Area**. 2024. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/999/>. Acesso em: 28 jul. de 2024.

WEISER, V. L.; SOUZA, A. R.; CAVASSAN, O.; ALARCON, R. T.; BANNACH, G. Súber: isolante térmico e retardador do efeito do fogo nas árvores. **Aprendendo Ciência**, v. 09, n. 01, p. 6-10, 2020.



WILLIAMS, R. J.; MÜLLER, W. J.; WAHREN, C. H.; SETTERFIELD, S. A.; CUSACK, J.; Vegetation. *In*: ANDERSEN, A. N.; COOK, G. D.; WILLIAMS, R. J. Fire in Tropical savanas: The kapalga experimente. *Ecological studies*, v. 169, p. 79-106, 2003.

XOFIS, P.; BUCKLEY, P. G.; TAKOS, I.; MITCHLEY, J. Long Term Post-Fire Vegetation Dynamics in North-East Mediterranean Ecosystems. The Case of Mount Athos Greece. *Fire*, v. 04, n. 04, p. 02-28, 2021.

ZIRONDI, H. L.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. *Flora*, v. 253, p. 98-106, 2019.