



Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal de Mato Grosso Do
Sul

Efeitos do fogo na assembleia de borboletas na transição Pantanal-Cerrado

Rafaela Aparecida Mariano Fernandes



Campo Grande
Maio 2023

Efeitos do fogo na assembleia de borboletas na transição Pantanal-Cerrado

Rafaela Aparecida Mariano Fernandes

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Ecologia**, pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Danilo Bandini Ribeiro
Coorientador: Thiago Silva Teles

Banca avaliadora

Dr. Jessie Pereira dos Santos
jessiepereira@gmail.com

Dr. Marina do Vale Beirão
marinabeirao@gmail.com

Aos meus pais, José Março e Nazíria, por sempre acreditarem em mim. Sem eles nada seria possível.

Agradecimentos

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir chegar tão longe nesta existência. Sou grata a minha família, excepcionalmente, aos meus amados pais, José Março e Naziria, obrigada por sempre estarem ao meu lado, em cada obstáculo e em cada conquista, por sempre desejarem o melhor, toda força e amparo em todos os meus sonhos, minha eterna gratidão.

Agradeço ao Profº. O Dr. Danilo Bandini Ribeiro pelo aceite, orientação, paciência durante toda a jornada, pelos ensinamentos partilhados e por ser sempre solícito em todos os momentos. Gratidão ao meu coorientador Dr. Thiago Silva Teles pela disponibilidade e apoio neste trabalho, principalmente pela amizade construída desde a minha graduação, a você, sou grata por todo incentivo e por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu deixei de acreditar.

Sou grata pelas amizades que construí nessa caminhada, ao Bruno Arrua, Bruno Ferreira e Vivian Nakagawa, a vocês minha eterna gratidão, por toda a ajuda, esforço, prontidão e principalmente por fazerem os dias de coletas mais felizes e agradáveis, o companheirismo de vocês, foi indispensável. Agradeço, em especial ao Bruno Ferreira, pela paciência, conselhos, experiências compartilhadas, pela parceria dentro e fora da Universidade e por estar pronto para ouvir os desabaços e reclamações.

Agradeço ao cacique Ciriaco Ferraz, por permitir nossa entrada na Aldeia Alves de Barros, tornando possível a concretização desta pesquisa, a população indígena kadiwéu e aos brigadistas pelo apoio concedido. Sou grata ao Wanderlei Rodrigues, motorista do Ibama e a todos os servidores que viabilizaram os trabalhos de campo e logística.

Agradeço a Thamara Zacca, Augusto Rosa e Fernando Dias pela contribuição na identificação das espécies de borboletas.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo financiamento da execução da pesquisa.

Agradeço ao Fundo Brasileiro Para a Biodiversidade – FUNBIO e Instituto Humanize (Bolsa FUNBIO nº 041/2021), e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao Projeto Noleedi (Bolsa CNPq: 441948/2018-9) aos quais estive vinculada.

Por fim, sou grata a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

Índice

Resumo geral.....	07
General abstract	08
Introdução geral	09
Capítulo 1 – Efeitos do fogo sobre a fauna de borboletas: uma revisão global	
Resumo	12
Abstract.....	13
Introdução	14
Métodos	17
Resultados.....	19
Discussão	21
Capítulo 2 - Efeitos do fogo na assembleia de borboletas na transição Cerrado - Pantanal	
 Resumo	 23
Abstract.....	24
Introdução	25
Métodos	29
Resultados.....	35
Discussão	42
Conclusão geral	44
Literatura citada	45

Resumo geral

O fogo é uma das principais fontes de distúrbio em diversos ecossistemas, tendo influência na sua composição, estrutura, disponibilidade de recursos e consequentemente, a composição das comunidades animais. As borboletas são sensíveis às mudanças que ocorrem em seu hábitat e podem responder aos diferentes regimes de fogo (frequência e época de ocorrência). O objetivo desta dissertação é saber como as borboletas respondem aos diferentes regimes de fogo, em relação à frequência (número de eventos de fogo) e época da ocorrência de fogo na estação seca (início ou fim). Para isso, esta dissertação está estruturada em dois capítulos, sendo o primeiro uma revisão sistemática e o segundo um estudo observacional. O primeiro capítulo avalia as lacunas existentes em ecossistemas que foram sujeitos a eventos de fogo e utilizaram borboletas como objeto de estudos e o segundo capítulo avalia os possíveis efeitos das diferentes épocas de queimadas na fauna de borboletas no Pantanal sul-mato-grossense.

General abstract

fire is one of the main sources of disturbance in several ecosystems, influencing its composition, structure, resource availability and, consequently, the composition of animal communities. Butterflies are sensitive to changes that occur in their habitat and can respond to different fire regimes (frequency and time of occurrence). The objective of this dissertation is to know how butterflies respond to different fire regimes, in relation to the frequency (number of fire events) and time of fire occurrence in the dry season (beginning or end). For this, this dissertation is structured in two chapters, the first being a systematic review and the second an observational study. The first chapter evaluates the existing gaps in ecosystems that were subject to fire events and used butterflies as the object of study and the second chapter evaluates the possible effects of different burning seasons on the butterfly fauna in the Pantanal of Mato Grosso do Sul.

Introdução geral

A ocorrência de incêndios florestais tem aumentado e sendo destrutiva em diversas regiões do mundo (KIRCHMEIER-YOUNG et al., 2019; KELLY et al., 2020). As mudanças globais decorrentes das secas e precipitações, levam os ecossistemas a alterações em seus regimes de fogo, em termos de extensão, duração, sazonalidade e severidade (JAIN et al., 2022; NIMMO et al., 2021). A presença do fogo é considerada como um dos principais distúrbios dos ecossistemas e de acordo com seu papel ecológico, os ecossistemas podem ser classificados em três categorias: independentes (ocorrência de fogo é muito rara), sensíveis (a biota não evoluiu e se adaptou à presença do fogo) e dependentes (evoluíram na presença de incêndios e seus processos ecológicos dependem deles), (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; SHLISKY et al., 2007).

Diversos ecossistemas são propensos ao fogo, tendo influência na sua composição e estrutura (ARCHIBALD et al., 2018; HE; LAMONT, 2018) na disponibilidade de recursos (KOLTZ et al., 2018) e consequentemente, na composição das comunidades animais (PAUSAS; PARR, 2018). Dependendo das circunstâncias, o fogo pode afetar positivamente os ecossistemas sensíveis mantendo espécies, habitats e paisagem em ecossistemas propensos ao fogo e impactos negativos, como a perda de biodiversidade em ecossistemas sensíveis (SHLISKY et al., 2007). Em artrópodes, os impactos do fogo podem ter efeitos positivos, negativos ou neutros (KRAL et al., 2017) e as respostas das espécies ao fogo dependem da ecologia de cada organismo e do regime de fogo imposto (HE; LAMONT; PAUSAS, 2019). As preferências por micro habitats específicos, sugerem que as características funcionais da fauna podem ser usadas para prever respostas específicas de espécies ao fogo (SANTOS; BADIANE; MATOS, 2016) podendo ser usadas como indicadores de distúrbios.

Os insetos tem se destacado por seu papel como bioindicadores (DE OLIVEIRA et al., 2014). Dentre eles, as borboletas se destacam como espécies indicadoras de processos ecossistêmicos (HUNTZINGER, 2003). São frequentemente utilizadas como objeto de estudos em ecossistemas manejados pelo fogo, são organismos sensíveis à modificações ambientais e

consideradas bons bioindicadores (UEHARA-PRADO et al., 2009; DEVICTOR et al., 2012), pois necessitam de recursos e microhabitats específicos (DUARTE et al., 2012), respondem de forma rápida às mudanças climáticas e respondem a mudanças de vegetação antes de outros organismos.

Nesse sentido, investigar como o fogo pode afetar a comunidade de borboletas possibilita compreender com maior exatidão como esses organismos respondem a tais perturbações, uma vez que as comunidades podem se beneficiar com diferentes práticas de manejo e auxiliar gestores na tomada de decisões no manejo do fogo. O presente estudo tem como finalidade analisar os efeitos do fogo na fauna de borboletas. Esta dissertação está dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo avalia as lacunas existentes em ecossistemas que foram sujeitos a eventos de fogo e utilizaram borboletas como objeto de estudos e o segundo capítulo avalia os possíveis efeitos das diferentes épocas de queimadas na fauna de borboletas no Pantanal sul-mato-grossense.

CAPÍTULO I

**EFEITO DO FOGO SOBRE A FAUNA DE BORBOLETAS: UMA REVISÃO
GLOBAL**

Resumo

O efeito que o fogo possui sobre a biodiversidade destes ecossistemas depende tanto do regime com que eventos de fogo ocorrem, quanto da adaptabilidade dos ecossistemas ao fogo. Aqui, nosso objetivo é saber o estado da arte do estudo sobre o efeito do fogo sobre a fauna de borboletas. Mais especificamente, objetivamos (1) identificar a distribuição geográfica dos estudos em todo o mundo e a quais biomas pertencem, (2) identificar quais características dos ecossistemas em relação a fogo (sensíveis, dependentes e independentes), (3) avaliar quais são os regimes de fogo estudados, (4) identificar quais são as principais métricas das comunidades de borboletas analisadas. Os estudos estão distribuídos em oito biomas. A maioria dos estudos investigou os efeitos em biomas que foram sujeitos a incêndios florestais em biomas sensíveis, seguido de queima prescrita em biomas dependentes. Dentre os artigos selecionados para o estudo, a maioria analisou os efeitos do fogo na riqueza, abundância e composição.

Abstract

Fire can be considered one of the main causes of disturbances in the most varied ecosystems in different biomes of the planet. The effect that fire has on the biodiversity of these ecosystems depends both on the regime with which fire events occur and on the adaptability of ecosystems to fire. Here, our objective is to know the state of the art of the study on the effect of fire on the butterfly fauna. More specifically, we aim to (1) identify the geographic distribution of studies around the world and to which biomes they belong, (2) identify which characteristics of ecosystems in relation to fire (sensitive, dependent and independent), (3) evaluate which are the studied fire regimes, (4) identify which are the main metrics of the analyzed butterfly communities. The studies are distributed in eight biomes. Most studies have investigated the effects on biomes that have been subject to forest fires in sensitive biomes, followed by prescribed burning in dependent biomes. Among the articles selected for the study, most analyzed the effects of fire on richness, abundance and composition.

Introdução

O fogo é um distúrbio natural com a capacidade de moldar biomas e ecossistemas de diferentes regiões do planeta (BOWMAN et al., 2009; HE; LAMONT; PAUSAS, 2019). É um componente fundamental para a maioria dos ecossistemas terrestres e em diversos casos é a chave para a compreensão da ecologia de populações e comunidades (MCLAUCHLAN et al., 2020). Atualmente, inúmeras partes do mundo têm experimentado incêndios em maiores proporções, frequência e intensidade e, em grande parte, diferente de seus regimes naturais (WARD et al., 2020). A frequência e a intensidade dos incêndios são os principais elementos que controlam a estrutura vegetacional, características funcionais das plantas e a composição das espécies, que por sua vez podem fornecer um *feedback* para controlar o regime de fogo (HE; LAMONT; PAUSAS, 2019).

Cada ecossistema possui um regime de fogo (quadro 1) e a partir do papel que o fogo exerce, podem ser classificados de acordo com a sua resposta e recuperação (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; SHLISKY et al., 2007). Por exemplo, os ecossistemas podem ser classificados como 1) independentes do fogo, 2) sensíveis ao fogo e 3) dependentes do fogo. Ecossistemas considerados independentes do fogo são aqueles que o fogo é, em grande parte, ausente devido à falta de vegetação ou fontes de ignição, não produzindo combustível suficiente para propagação de incêndios (como a tundra e os desertos). Nestes ambientes, as espécies não apresentam adaptações ao fogo e a ocorrência de fogo é rara. Já nos ecossistemas considerados sensíveis ao fogo, a maioria das plantas e animais não evoluíram na presença do fogo e conseqüentemente não possuem adaptações que permitam uma resposta positiva ou uma recuperação rápida após incêndio. Esses ecossistemas são formados por áreas tipicamente frescas ou úmidas e consistem em vegetação e estrutura que inibe o início ou a propagação do fogo. Por fim, ecossistemas dependentes do fogo, são considerados aqueles em que o fogo é um evento natural e um processo essencial para a

conservação da biodiversidade, onde muitas espécies desenvolveram adaptações evolutivas na presença de fogo. Nesses ecossistemas a vegetação se recompõe imediatamente após a ocorrência de queimadas e a alteração no regime de queima ou exclusão do fogo, pode alterar substancialmente esses sistemas. Nesses ecossistemas, o fogo e a qualidade do habitat são fatores determinantes na diversidade das borboletas, exercendo efeitos que podem ser diretos (pela perda de indivíduos) ou indiretos (os regimes de fogo podem alterar a disponibilidade de recursos por meio da mudança na estrutura da vegetação) (PYWELL et al., 2004; VOGEL et al., 2007). A perturbação do fogo causa uma série de mudanças no habitat ameaçando a diversidade de insetos tropicais, afetando negativamente espécies raras e especializadas e introduzindo espécies tolerantes à seca (DE ANDRADE et al., 2017).

A maior parte das pesquisas relacionadas aos efeitos do fogo são concentradas em plantas (MACDOUGALL et al., 2013; OLLINS et al., 2014) e aves (HOVICK; DWAYNE ELMORE; FUHLENDORF, 2014), e os artrópodes recebem pouca atenção. Entre 1970 e 2019, tendo Estados Unidos e Austrália com o maior número de trabalhos publicados (BERLINCK; LIMA; DE CARVALHO JUNIOR, 2021). Estudos que levaram em consideração o papel ecológico do fogo, demonstraram que 90% das pesquisas foram realizadas em ecossistemas dependentes do fogo e o restante em ecossistemassensíveis, além disso os estudos analisaram respostas das comunidades de aves, 22% de mamíferos, 20% de artrópodes e 14% incluíram vários grupos taxonômicos. Os 4% restantes exploraram as respostas da herpetofauna (GONZÁLEZ et al., 2022)

Grande parte da literatura se concentra nas respostas dos artrópodes à queima nos primeiros seis meses após o fogo (KRAL et al., 2017). Tais respostas ao fogo podem ser variáveis, uma vez que os pesquisadores estudam as influências de diferentes formas como, impactos de curto prazo *versus* impactos de longo prazo, efeitos diretos e indiretos, ou podem ser análises temporais (antes do incêndio vs. após o incêndio) ou espaciais (comparando uma área queimada com uma área não queimada próxima), (KRAL et al., 2017).

Os efeitos do fogo sobre a vegetação são bem conhecidos, mas o mesmo não pode ser dito sobre seu efeito sobre a fauna (ARRUDA et al., 2018; KELLY et al., 2012). A perda de habitat é amplamente aceita como fator principal do declínio de populações de insetos, por outro lado a qualidade do habitat é o fator chave para a sobrevivência das espécies (HENDERSON; MEUNIER; HOLOUBEK, 2018). Habitats naturais fragmentados em paisagens agrícolas, formam refúgios importantes para a diversidade de insetos. Em ambientes considerados como *hotspots* de biodiversidade, tais remanescentes florestais são importantes para a manutenção da biodiversidade e são prioridades de conservação em face do declínio global de insetos (BROOKS et al., 2006; FONSECA, 2009; HALLMANN et al., 2017)

A escassez de estudos sobre como os invertebrados são impactados pelo fogo, de forma direta ou indireta e como as comunidades de invertebrados influenciam a recuperação do ecossistema, prejudica a capacidade de tomada de decisões eficazes por parte dos gestores. Deste modo, desenvolver pesquisas com invertebrados em ecossistemas afetados e propensos a incêndios pode aumentar a eficácia de ações na recuperação pós incêndio (SAUNDERS et al., 2021).

No presente estudo, nosso objetivo foi analisar, por meio de revisão sistemática da literatura, quais os efeitos que o fogo exerce sobre a fauna de borboletas em uma escala global. Mais especificamente, objetivamos (1) identificar a distribuição geográfica dos estudos e a quais biomas pertencem, (2) identificar quais características dos ecossistemas em relação a fogo (sensíveis, dependente e independente), (3) avaliar quais são os regimes de fogo, (4) identificar quais são as principais métricas das comunidades de borboletas analisadas nos estudos.

Quadro 1. Glossário de termos relacionados ao fogo

Incêndios florestais – queimadas não controladas e sem planejamento que podem evoluir para incêndios destrutivos. São geralmente causadas por raios ou humanos.

Queima prescrita – queimadas planejadas e com objetivos de manejo, leva em consideração a estação, as condições climáticas, o tipo de vegetação, a quantidade e as características do combustível, os ciclos de vida dos animais e os assentamentos humanos.

Regime de fogo – Padrão geral de uma queima, considerando seus principais parâmetros: tipo de fogo (de acordo com a camada principal de combustível: fogo subterrâneo, fogo de superfície, fogo de copa;), intensidade, frequência, sazonalidade e extensão.

Fonte: (PIVELLO et al., 2021), quadra adaptado mostrando os principais regimes de fogo.

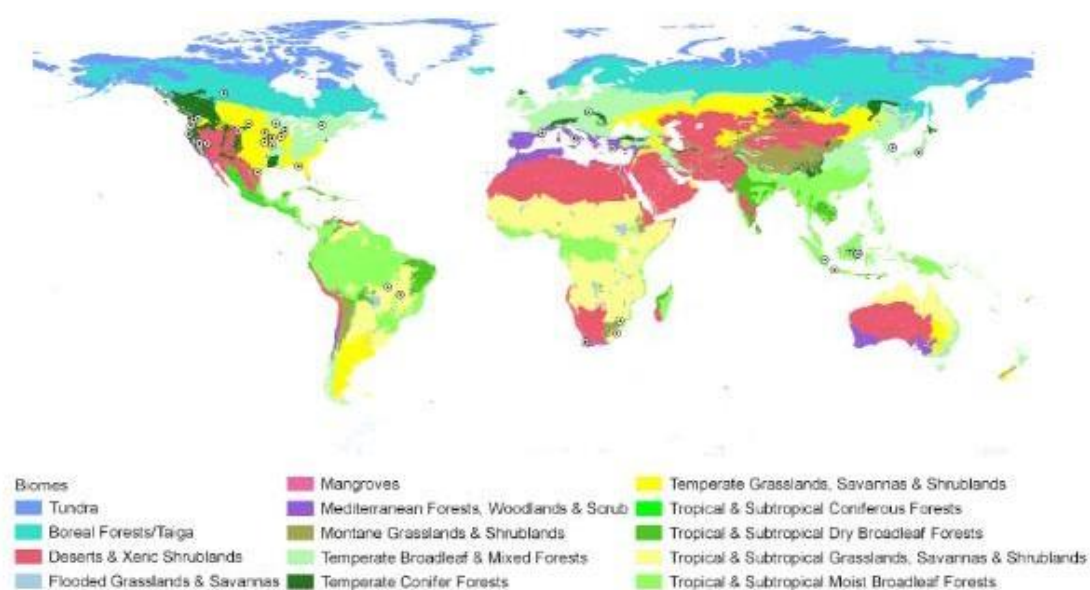
Métodos

Para identificar as tendências e lacunas do conhecimento do efeito do fogo sobre a fauna de borboletas em escala global, buscamos na literatura artigos originais que investigaram tais efeitos. Realizamos uma busca por publicações de 1945 a julho de 2022 na plataforma Web of Science, onde buscamos títulos, resumos e palavras-chave, por meio de combinações dos seguintes termos: *butterf* AND fire OR lepidopter* AND fire, butterf* AND wildfire OR lepidopter* AND wilfire, butterf* AND burned OR lepidopter* AND burned*. Para tornar os resultados mais precisos, utilizamos o operador de pesquisa de asterisco (*) após os termos para garantir que outros termos semelhantes também pudessem ser incluídos e usamos (OR) para ampliar a pesquisa e os resultados recuperados conterem um termo ou o outro. Em seguida, criamos um mapa (Map. 1) com base no Sistema de Classificação Global para Escorregões e Biomas Terrestres baseado na classificação de Olson (OLSON et al., 2017) para ilustrar as regiões e biomas onde os estudos foram realizados.

Os ecossistemas foram categorizados de acordo com seu papel ecológico, seguindo SHLISKY et al., 2007: (1) sensível: a biota não evoluiu e se adaptou à presença do fogo, são

formados por áreas tipicamente frescas ou úmidas e consistem em vegetação e estrutura que inibe o início ou a propagação do fogo (zonas de umidade alta), (2) independente baixa probabilidade de ocorrência devido à falta de fontes de combustível (como a tundra e os desertos), (3) dependente, ecossistema adaptado ao fogo (savanas e florestas de coníferas).

Para identificar quais são as principais métricas utilizadas, foram observadas as análises que envolvem associações com a riqueza de espécies, abundância, diversidade, bem como o nível de organização (comunidade, população).



Mapa 1. Localização geográfica (pontos pretos) dos estudos examinados dentro do respectivo bioma,

Resultados

Obtivemos 43 artigos (material suplementar) que estudaram os efeitos do fogo sobre a fauna de borboletas. No ano de 2020 constatou-se o maior número de publicações, com 6 artigos. Dentre as características dos ecossistemas, os biomas dependentes do fogo foram os que apresentaram o maior número de estudos, seguido pelos biomas sensíveis ao fogo e por último, os biomas independentes (fig. 1).

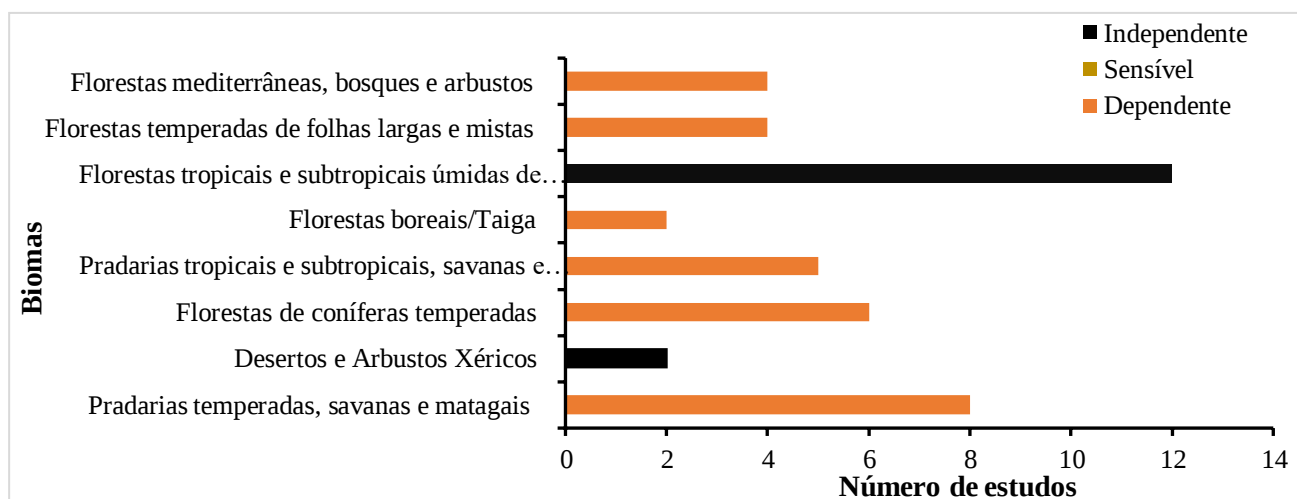


Figura 1. Estudos que investigaram os efeitos do fogo em borboletas de acordo com cada classificação do fogo em relação aos biomas que foram estudados.

Os estudos estão distribuídos em oito biomas, sendo os mais estudados (i) Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas, (ii) Pradarias temperadas, savanas e matagais (iii) Florestas de coníferas temperadas (iv) Pradarias tropicais e subtropicais, savanas e matagais (fig. 1). A maioria dos estudos investigou os efeitos em biomas que foram sujeitos a incêndios florestais em biomas sensíveis, seguido de queima prescrita em biomas dependentes (fig. 2). Dentre os artigos selecionados para o estudo, a maioria analisou os efeitos do fogo na riqueza, abundância e composição (fig. 3).

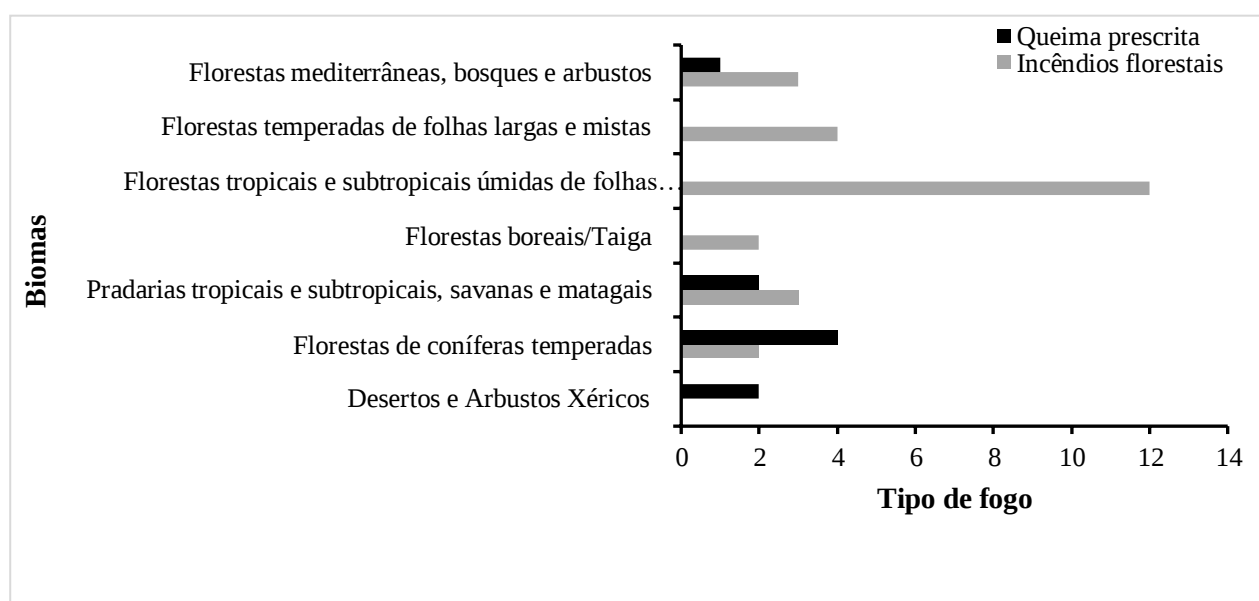
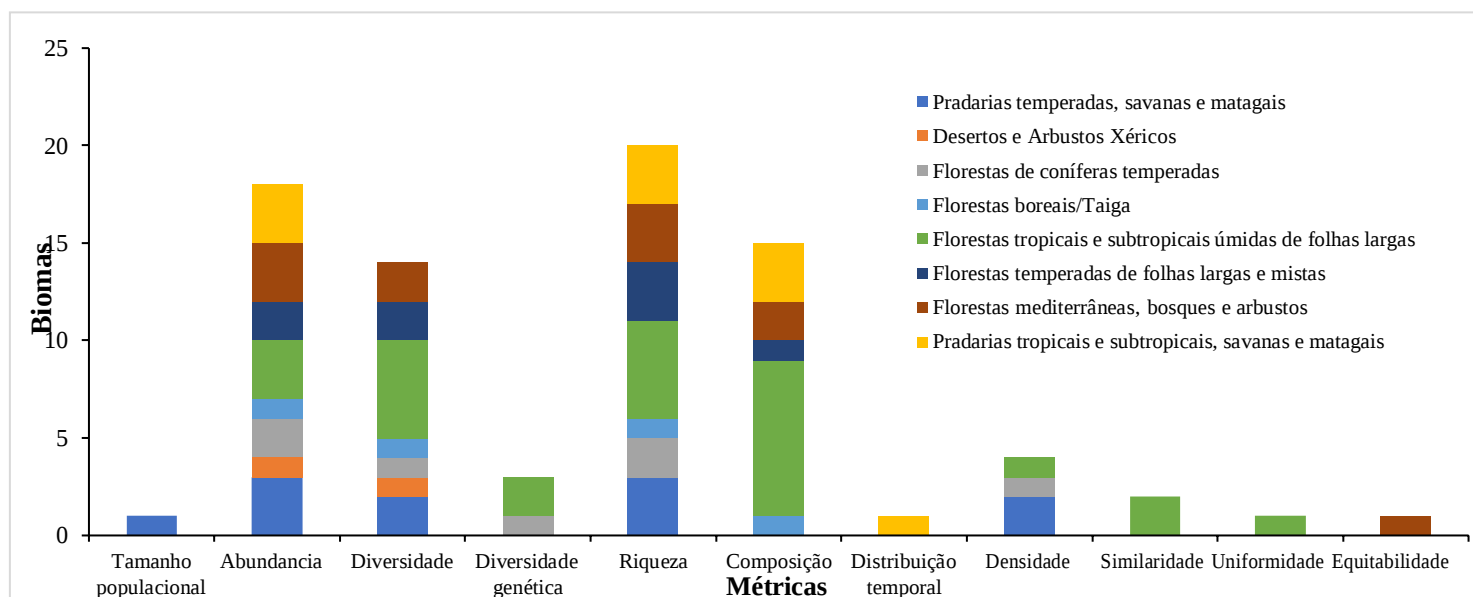


Figura 2. Tipo de regime de do fogo em relação ao bioma onde os estudos foram conduzidos.

Figura 3. Tipo de metricas em relação ao bioma onde os estudos foram conduzidos.



Discussão

A comunidade científica, nos últimos anos, fez imensos avanços para entender os efeitos do fogo e de seus regimes sobre a fauna de borboletas, como evidenciados nos resultados desta revisão. Nós encontramos que, de acordo com nossas combinações de palavras-chave, o primeiro artigo que estudou a relação entre o fogo e borboletas foi publicado em 1996, avaliando os efeitos do manejo do fogo na conservação de borboletas (SWENGEL, 1996) e possui 121 citações (Fig. 4), e desde então, o interesse pelo assunto tem aumentado ano após ano. A maioria dos artigos encontrados foram realizados em biomas que foram sujeitos a queimadas florestais, seguido dos estudos que abordaram o manejo do fogo prescrito.

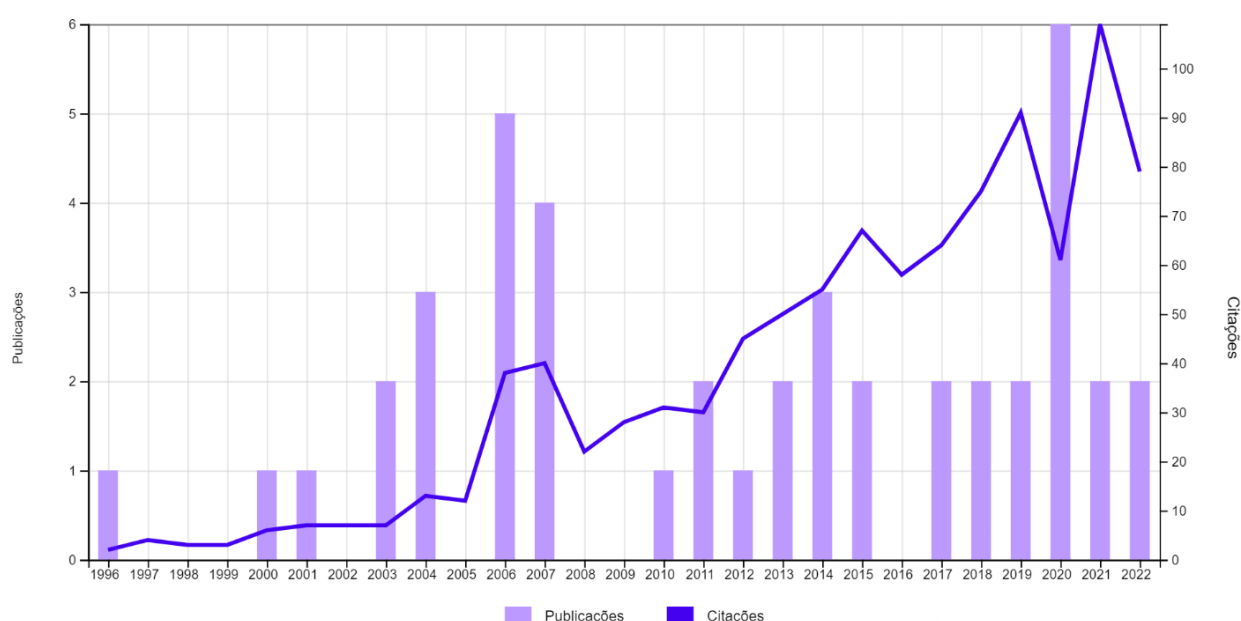


Figura 4. Número de publicações (barras) e citações (linhas) por ano sobre os efeitos do fogo na fauna de borboletas.

Observamos que o maior número de publicações ocorreu no continente Asiático. Isso pode ser explicado pela ocorrência de mega incêndios que atingiram as florestas de Bornéu durante o período de 10 anos, de 1997 a 2006 (LANGNER; SIEGERT, 2009). Tais queimadas resultaram na destruição de vastas extensões de floresta tropical (SIEGERT et al., 2001) e podem ter contribuído para o interesse dos efeitos do fogo na fauna de borboletas, levando à publicação de diversos estudos

que utilizaram borboletas como indicadores de biodiversidade. Os incêndios florestais são um dos principais fatores que aumentam a degradação das florestas tropicais, principalmente em anos de maior seca (GATTI et al., 2014). Ecossistemas sensíveis ao fogo, plantas e animais carecem de adaptações específicas ao fogo e possuem 93% de sua superfície ameaçada. Estudos mostraram que o fogo pode alterar drasticamente a comunidade de borboletas resultando no declínio da riqueza de espécies e afetar as espécies especialistas em florestas tropicais (CLEARY; GENNER, 2004).

Nas últimas décadas, o aumento nas temperaturas globais e secas mais prolongadas, criam condições favoráveis para incêndios florestais (JOLLY et al., 2015). Na América do Norte, estudos anteriores sobre manejo de fogo para borboletas se concentram em ecossistemas de pradarias (fig.1) principalmente nos Estados Unidos, o que pode ser reflexo das frequentes atividades de fogo prescritas nos ecossistemas florestais (RUSSELL; VAN LEAR; GUYNN, 2014), pelos investimentos cada vez maiores em pesquisas científicas ou a atuação sinérgica dessas duas situações. A alta frequência no Norte proporcionou mudanças nas políticas de manejo, estaduais e municipais, como o Plano Nacional de Incêndios que direciona as ações e levanta recursos financeiros para a manutenção de ecossistemas adaptados ao fogo (PILLIOD et al., 2003).

Diversos insetos possuem características adaptativas para sobreviver ao fogo ou se beneficiar de recursos pós-fogo, o que pode resultar na mudança da composição da comunidade (KOLTZ et al., 2018). As mudanças na estrutura da vegetação podem extinguir ou criar novos habitats, podendo favorecer ou prejudicar a biodiversidade (BIXBY et al., 2015) ou não ter nenhum efeito em seus recursos. Para espécies especialistas como a Regal fritillary (*Speyeria idalia*), refúgios não queimados são importantes para a manutenção de suas populações (HENDERSON; MEUNIER; HOLOUBEK, 2018).

Inúmeros estudos relacionaram os efeitos do fogo na fauna de borboletas, associados às alterações na estrutura vegetacional ou características dos recursos. O fogo pode estar indiretamente relacionado à riqueza de borboletas por meio da remoção de arbustos, que alteram a estrutura vegetacional e diversidade de plantas (TOPP; TSCHARNTKE; LOOS, 2021).

Espécies de borboletas respondem de formas diferentes ao fogo (TOPP; TSCHARNTKE; LOOS, 2021). Como por exemplo, espécies especialistas e de baixa mobilidade podem exigir habitats específicos em paisagens (TOIVONEN; HERZON; KUUSSAARI, 2016), podendo exigir regimes de fogo direcionados para aumentar a diversidade da população (SCHULTZ et al., 2018). Entretanto, borboletas com alta mobilidade podem ser capazes de se mover a longas distâncias em paisagem sujeitas a fogo para fazer uso dos recursos disponíveis (BAUM; SHARBER, 2012).

Diferentes práticas de manejo podem produzir comunidades de borboletas de composições diferentes. Devido a essa variação, não há uma única prática que irá beneficiar todas as espécies ou mesmo todas as espécies dentro de associações de habitats especialistas ou generalistas de habitats (GAGET; PARR; SIRAMI, 2020). Estudos com diferentes tipos de abordagens de gestão de prevenção de incêndios sugerem que o número de espécies é mantido independente da gestão, mas algumas mudanças importantes são observadas entre as comunidades de borboletas, com uma redução clara do número de espécies endêmicas e/ou especializadas em favor de espécies generalistas (RICOUART et al., 2013).

CAPÍTULO 2

EFEITOS DO FOGO NA ASSEMBLEIA DE BORBOLETAS NA TRANSIÇÃO CERRADO-PANTANAL

Resumo

A Terra Indígena Kadiwéu localizada ao norte do município de Porto Murtinho, sudoeste de Mato Grosso do Sul, abrange os Biomas Cerrado e Pantanal e tem entre as suas principais ameaças a extração ilegal de madeira e o uso inadequado do fogo. Devido ao histórico da região, há a necessidade de conhecer os efeitos do fogo sobre a biodiversidade. No presente estudo investigamos o efeito do fogo na fauna, utilizando como modelo de estudo as borboletas. Entre os insetos tropicais, as borboletas têm sido utilizadas como bioindicadores de mudanças climáticas, pois necessitam de recursos e micro habitats específicos, assim respondem de forma rápida as mudanças climáticas. Para o estudo, foram detectamos manchas com diferente frequência de incêndios longo dos 21 anos, considerando a frequência (alta ou baixa) e o semestre (primeiro ou segundo), resultando em quatro tratamentos. Não foram encontradas diferenças significativas na abundância na diversidade e na composição de espécies entre os tratamentos. As espécies se distribuem por todas as áreas amostradas, sem nenhuma seleção aparente por alguma fitofisionomia específica, estando adaptadas aos regimes de fogo. Com isso, podemos concluir que os diferentes regimes de fogo não são fatores determinantes na composição da assembleia de borboletas. Além disso, salientamos a importância da conservação das espécies que contribuem para o melhor funcionamento da biodiversidade.

Abstract

The Kadiwéu Indigenous Land located north of the municipality of Porto Murtinho, southwest of Mato Grosso do Sul, covers the Cerrado and Pantanal Biomes and has among its main threats illegal logging and the inappropriate use of fire. Due to the history of the region, there is a need to know the effects of fire on biodiversity. In the present study, we investigated the effect of fire on fauna, using butterflies as a study model. Among tropical insects, butterflies have been used as bioindicators of climate change, as they need specific resources and microhabitats, thus responding quickly to climate change. For the study, spots with different frequency of fires over the 21 years were detected, considering the frequency (high or low) and the semester (first or second), resulting in four treatments. No significant differences were found in abundance, diversity and species composition between treatments. The species are distributed across all sampled areas, without any apparent selection for any specific phytophysiognomy, being adapted to fire regimes. With this, we can conclude that the different fire regimes are not determining factors in the composition of the butterfly assemblage. In addition, we emphasize the importance of conserving species that contribute to the better functioning of biodiversity.

Introdução

Os incêndios florestais são fenômenos recorrentes resultando em uma questão importante em nível global e sua importância tem se intensificado à medida que o clima sofre alterações (ANDEREGG et al., 2015). O número de incêndios tem aumentado progressivamente, tornando-se mais frequentes e resultando em áreas afetadas de maior proporção devido ao aumento das temporadas de incêndios (JOLLY et al., 2015). Os impactos do fogo no ecossistema são determinados por seu regime, ou seja, o padrão do tipo de fogo, frequência, sazonalidade, intensidade e extensão (PIVELLO et al., 2021). As alterações nos regimes de fogo, certamente afetarão a composição da comunidade de insetos por meio de mecanismos ecológicos e evolutivos com consequências nas interações biológicas e a provisão de serviços ecossistêmicos (PACHAURI, 2014). Em geral, os ecossistemas dependentes do fogo se beneficiam das queimadas para manutenção de sua biodiversidade e processos ecológicos, enquanto o oposto ocorre no caso de ecossistemas sensíveis ao fogo (PIVELLO et al., 2021). Em ecossistemas propensos ao fogo, muitos insetos podem apresentar características estruturais e fenotípicas que contribuem para sua adaptação permitindo sua sobrevivência (PAUSAS; PARR, 2018). No Brasil, o Pantanal e o Cerrado podem ser considerados biomas dependentes do fogo (DA SILVA JUNIOR et al., 2020). Entretanto, com o avanço das atividades humanas e das mudanças climáticas, eventos de fogo de proporções catastróficas têm sido cada vez mais recorrentes (DE MAGALHÃES NETO; EVANGELISTA, 2022).

O fogo ao longo do tempo, ocorre em todos os biomas brasileiros (DA SILVA JUNIOR et al., 2020). Os biomas de pastagens, savanas e áreas úmidas que dominam a maior parte dos biomas do Cerrado, Pantanal e Pampa, são dependentes do fogo, ou seja, coevoluíram com incêndios causados por raios e se beneficiam de incêndios sazonais (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; SHLISKY et al., 2007; (PIVELLO et al., 2021), onde os níveis de dependência ecológica e adaptação da

vegetação nativa ao fogo ajudam a moldar as paisagens desses biomas (BEHLING et al., 2004) (OLIVEIRA et al., 2014).

Em biomas semiáridos como a Caatinga, as condições climáticas não são favoráveis a incêndios, devido à falta de combustível natural, não há biomassa suficiente para transportar o fogo, portanto, esse tipo de bioma é considerado independente do fogo (PIVELLO et al., 2021). Por fim, florestas tropicais úmidas, Amazônia e Mata Atlântica, são sensíveis ao fogo, esses ambientes possuem altos níveis de umidade, os incêndios naturais são raros e grande partes das espécies não evoluíram na presença de fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; SHLISKY et al., 2007; (PIVELLO et al., 2021).

A exclusão do fogo em áreas de savanas, como no Cerrado, pode acarretar riscos maiores para mega incêndios florestais (GATTI et al. 2021), e o aumento na ocorrência de incêndios em áreas como a Amazônia, pode aumentar a suscetibilidade a futuros incêndios (DA SILVA JUNIOR et al., 2020). Essas mudanças nos regimes de fogo, tem impactos na biodiversidade, (PIVELLO et al., 2021) prejudicam a saúde humana com o aumento de doenças respiratórias induzidas pela fumaça (DE MENDONÇA et al., 2004), (MORELLO, 2021), causam perdas econômicas (CAMPANHARO et al., 2019) e aumentam as emissões de gases de efeito estufa que afetam as mudanças climáticas (ARAGÃO et al., 2018).

Entre os insetos tropicais, as borboletas têm sido utilizadas constantemente como bioindicadores de mudanças climáticas, pois necessitam de recursos e micro habitats específicos (DUARTE et al., 2012), assim respondem de forma rápida às mudanças climáticas e respondem a mudanças de vegetação antes de outros organismos. Devido aos seus requisitos ecológicos, as borboletas podem ser afetadas tanto positivamente por incêndios frequentes (GARDINER; TERBLANCHE, 2010) quanto negativamente (DE ANDRADE et al., 2017) e sua dinâmica populacional pode ser estruturada pela composição e estruturas de diversas espécies de plantas que são moldadas por diferentes regimes de fogo (SMITH et al., 2013). Portanto, devido a mudança na

vegetação e variedade de recursos alimentares, as borboletas podem ser capazes de responder rapidamente aos diferentes regimes de fogo.

Tendo em vista que o fogo é um importante componente para o Cerrado e Pantanal, o objetivo deste capítulo foi estudar as comunidades de borboletas associadas a diferentes regimes de fogo (frequência e épocas de ocorrência do fogo) usando um histórico de longo prazo da ocorrência de fogo numa região de ecótono entre o Pantanal e o Cerrado. Por serem insetos sensíveis as modificações ambientais e por suas exigências ecológicas, as borboletas podem ser afetadas positivamente por incêndios frequentes (GARDINER & TERBLANCHE 2010) ou podem ser impactadas negativamente por eles (DE ANDRADE ET AL. 2017), como a perda de recursos alimentares através da perda dos recursos florais. Com isso, objetivamos, saber se os diferentes regimes de fogo têm influência na abundância, na riqueza e na composição de espécies de borboletas. Esperamos que a queima precoce (primeiro semestre) esteja relacionada a diversidade de plantas da TI Kadiwéus que por sua vez, estará associada a maior abundância e riqueza de borboletas, por meio do surgimento de recursos florais, frutos atraentes e plantas larvais alimentícias (sucessão).

Esperamos que a riqueza de espécies de borboletas seja promovida com mais frequência de incêndios, devido a frequência do fogo induzir mudanças na composição da vegetação, influenciando a fauna de borboletas. Ao contrário ~~da~~ de locais com baixa frequência de fogo, onde a perda de espécies herbáceas, tem sido associada à redução da diversidade de borboletas em comparação com florestas queimadas mais recentemente (HUNTZINGER 2003).

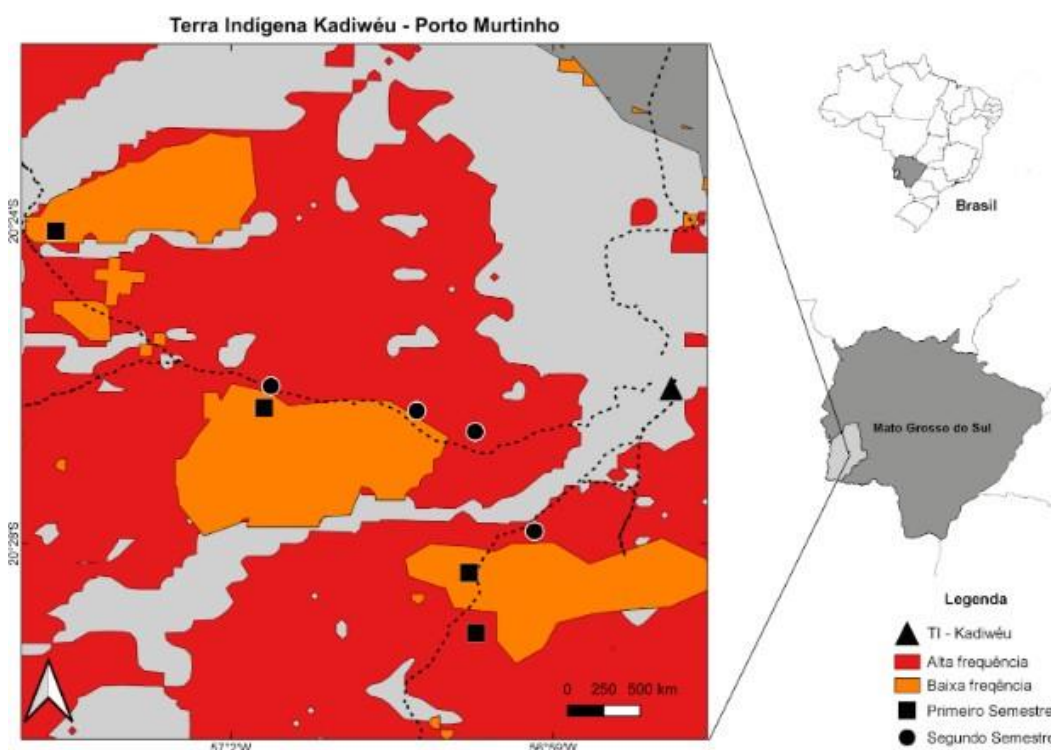
Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na Terra Indígena (TI) Kadiwéu, localizada no município de Porto Murtinho, MS, na transição entre os biomas Cerrado e Pantanal (Map. 1). A TI Kadiwéu foi homologada por intermédio do decreto Presidencial nº 89.578, de 24 de abril de 1984. Segundo o

Censo Demográfico de 2010 do IBGE, existem 1592 indígenas da etnia Kadiwéu no Brasil. Essa

população se distribui não equitativamente entre seis aldeias no interior da TI Kadiwéu: Aldeia Alves de Barros, São João, Tomázia, Barro Preto, Campina e Córrego do Ouro. Há ainda índios dessa etnia que vivem em cidades. Por outro lado, há indígenas de outras etnias que estão presentes no interior da TI Kadiwéu, como os Kinikinau e Terena.



Mapa 1. Mapa da Terra Indígena Kadiwéu – Porto Murtinho. Os pontos marcados correspondem às áreas de amostragem e as cores correspondem a frequência de fogo.

Os Kadiwéu são tradicionalmente caçadores e coletores. Contudo, devido à grande habilidade na doma de cavalos aprendida com os espanhóis, o que possibilitou a ocupação de grandes áreas, os Kadiwéus desenvolveram a pecuária no interior de suas terras, transformando a criação de gado em uma grande atividade econômica e de subsistência da comunidade. Além dessas atividades, a cerâmica se apresenta como outra fonte de renda para a comunidade e se constitui de uma representação dos grafismos que identificam a etnia e são produzidas essencialmente pelas mulheres utilizando-se de pigmentos naturais extraídos de plantas e diferentes cores de argila e silte.

De acordo com mapa de biomas do IBGE de 2004, a TI Kadiwéu abrange o Cerrado e Pantanal. As principais ameaças à integridade da TI é a extração ilegal de madeira e o uso inadequado do fogo, sendo utilizado principalmente para a renovação do pasto nativo utilizado para a criação de gado.

Coleta de dados

Os efeitos do fogo na fauna de borboletas foram monitorados próximo a aldeia TI Kadiweus, próximo ao povoado Alves de Barros. A vegetação típica é predominantemente do cerrado e sofre influências dos biomas Pantanal, Chaco (Floresta Seca) e Mata Atlântica (Floresta Estacional). (DOS SANTOS FERREIRA et al., 2023).

Foram amostrados mensalmente, oito pontos de coletas, de março de 2021 a fevereiro de 2022. Em cada fragmento foi instalada uma unidade amostral constituída por oito armadilhas portáteis modelo Van Someren-Rydon (fig. 1) com iscas constituída por banana fermentada em caldo-de-cana. As armadilhas foram dispostas ao longo de um transecto com uma distância média de 20 metros entre cada armadilha e permaneceram abertas simultaneamente, em campo, por quatro dias consecutivos, com revisões a cada 48h. Em cada revisão as borboletas capturadas foram coletadas e acondicionadas em envelopes entomológicos para posterior identificação, e a isca atrativa repostada caso fosse necessário.

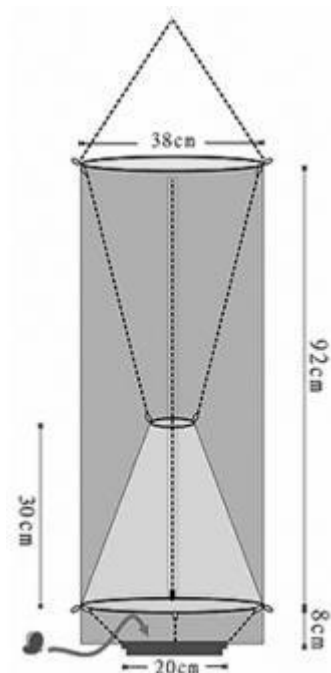


Figura 1. Modelo de armadilhas atrativas do tipo Van Someren-Rydon, utilizados durante os meses de coletas.

Para avaliar os efeitos da queima em borboletas, às áreas de amostragem foram classificadas em quatro tratamentos, resultando da combinação de manchas com diferentes regimes de fogo, considerando a frequência histórica e período de queima. Detectamos manchas com diferente frequência de incêndios, ou seja, o número de vezes que cada mancha foi queimada ao longo dos 21 anos. A frequência de fogo foi caracterizada como alta (sete vezes ou mais) e baixa (seis vezes ou menos) e o período de queima como o primeiro semestre (final da estação chuvosa e início da estação de fogo - de janeiro a junho) e segundo semestre (período crítico de fogo - de julho a dezembro). Deste modo, resultando em quatro tratamentos: Alta frequência + Primeiro semestre, Alta frequência + Segundo semestre, Baixa frequência + Primeiro semestre, Baixa frequência + Segundo semestre. Cada área de tratamento foi composta por duas parcelas contendo oito armadilhas cada.

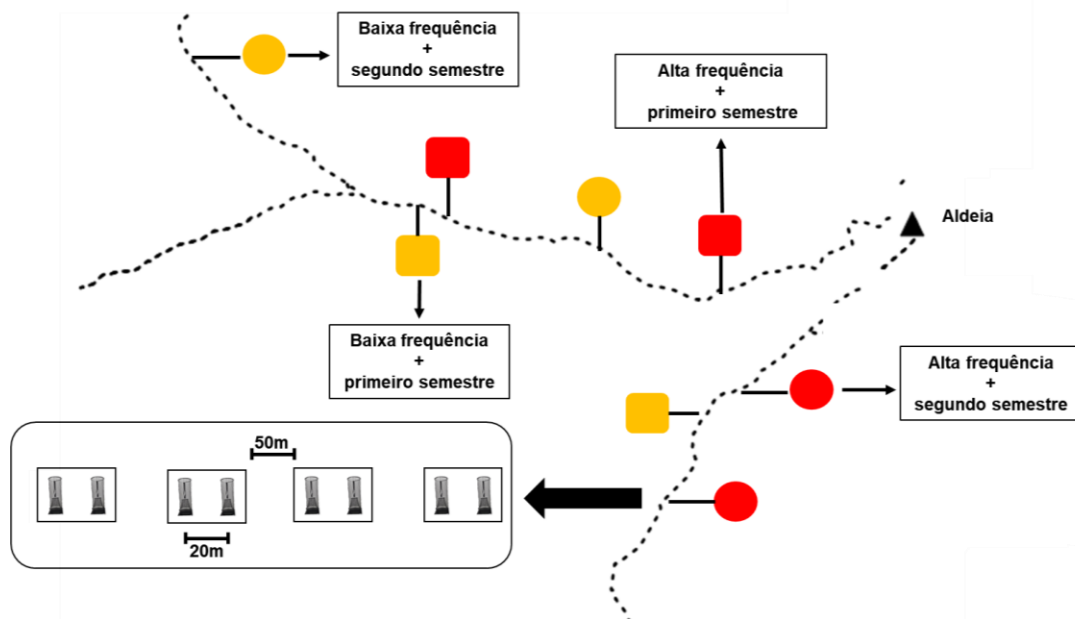


Figura 2. Esquema do método de amostragem da fauna de borboletas representando a TI Kadiwéu e disposição das parcelas dos diferentes tratamentos. Os quadrados vermelhos (tratamento de alta frequência no primeiro semestre), os quadrados amarelos (tratamento de baixa frequência no primeiro semestre), círculo o vermelho (tratamento de alta frequência no segundo semestre) e (círculos amarelos representam o tratamento de baixa frequência no segundo semestre,

Triagem e identificação dos espécimes

Logo depois de retirados da armadilha, os espécimes foram acondicionados em envelopes entomológicos com dados de coleta (data, local de coleta, unidade amostral e armadilha). Após



Figura 3. Imagens registradas na TI Kadiwéu, representando o período o período de chuva e o período de seca.

cada coleta, estes eram levados para o Laboratório de ecologia para montagem e identificação em nível de espécie, quando possível. Para identificação foi consultado literatura e site especializado (UEHARA-PRADO et al. 2004; WARREN et al. 2012) e quando necessário, confirmação de especialista.

Análise de dados

Para saber se os diferentes regimes de fogo têm influência na abundância de borboletas frugívoras, comparamos o número de indivíduos coletados em cada tratamento utilizando uma análise de variância. Inicialmente, a normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk.

Foi utilizado números de Hill (JOST 2006) através do pacote iNEXT (HSIEH & CHAO, 2022) no programa R (R CORE TEAM, 2022) para comparar a diversidade entre os diferentes tratamentos (regimes de fogo). Os números de Hill permitem calcular o número efetivo de espécies – ou a diversidade verdadeira – presente em uma comunidade e são considerados equivalentes aos índices de diversidade (JOST 2006). Os números de Hill foram calculados da seguinte forma: $q = 0$, riqueza de espécies; $q = 1$, índice de diversidade de Shannon; $q = 2$, índice de diversidade de Simpson.

A composição de espécies de cada tratamento foi comparada através de uma análise de similaridade (ANOSIM) e aplicada uma análise de escalonamento não-métrico (nMDS) para visualização dos dados. Para isso, primeiramente foi aplicada uma transformação de Hellinger na matriz de abundâncias das espécies e posteriormente calculada a dissimilaridade de Bray-Curtis.

Resultados

Foram registrados 444 indivíduos de 16 espécies borboletas, distribuídas em seis subfamílias, durante os doze meses de coleta. Destas, duas subfamílias são pertencentes à guilda de borboletas nectarívoras (Limenitidinae e Nymphalinae) e quatro à guilda de borboletas frugívoras

(Satyrinae, Biblidinae, Charaxinae e Apaturinae) (Tab. 1). Encontramos um total de 73 espécies, sendo *Taygetina kerea* a espécie com maior representatividade (274 indivíduos), seguida de *Hamadryas februa* (23 indivíduos), *Zaretis strigosus*, (23), *Paryphthimoides poltys poltys* (21), da subfamília das Satyrinae (Tab. 2). Dos indivíduos coletados 253 (coletas de agosto – fevereiro), foram usadas nas análises de riqueza, abundância e diversidade. Os dados coletados durante o período de março a junho, não foram utilizados nas análises devido aos ajustes que o delineamento sofreu. Os dados foram usados apenas para demonstrar os indivíduos coletados durante o ano de coleta.

Durante o período de amostragem, a espécie com maior número de registro foi *Taygetina kerea*, durante o mês de agosto (fig. 4) e a subfamília com maior número de registros foi representada por satyrinae (fig. 5).

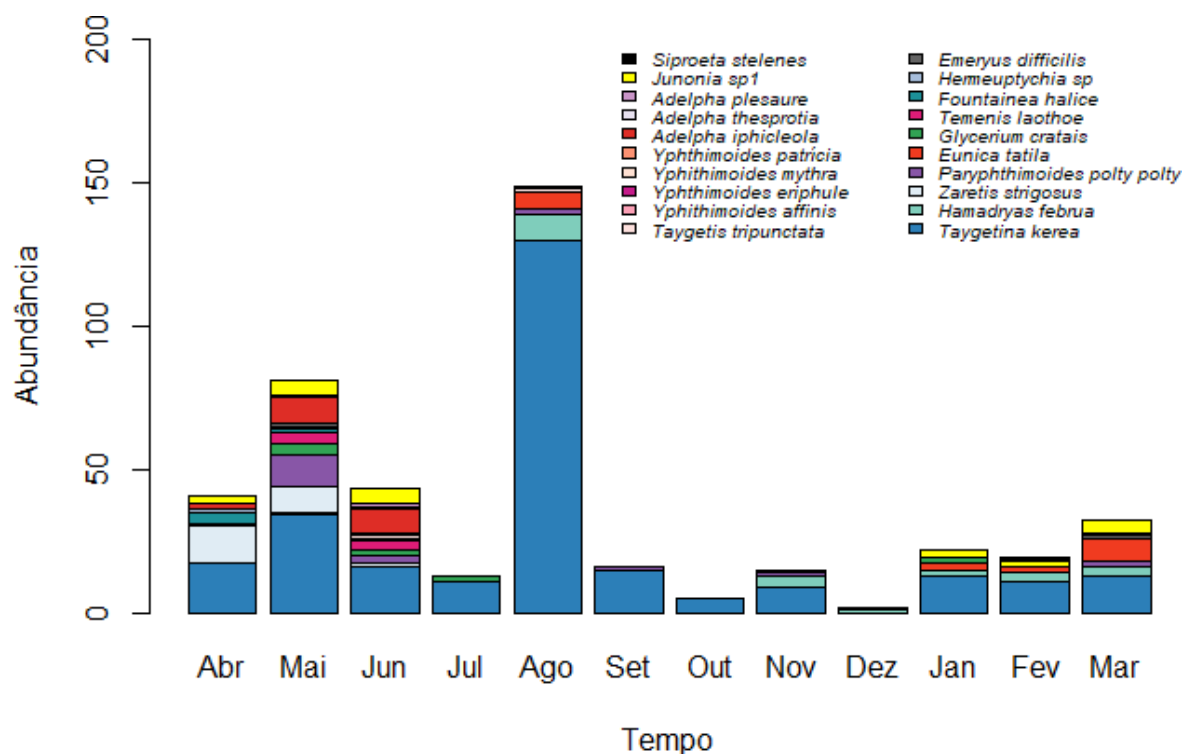


Figura 4. Abundância de indivíduos coletados durante o período de um ano de amostragem. Cada cor é representada por uma espécie de borboleta.

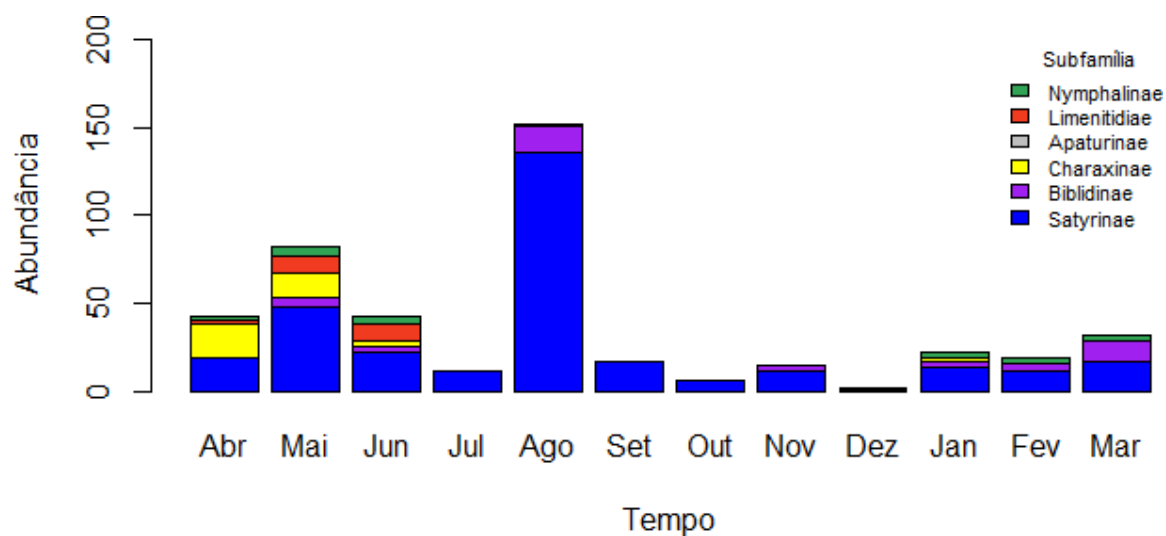


Figura 5. Abundância de indivíduos coletados durante o período de um ano de amostragem. Cada cor é representada por uma subfamília de borboleta.

Não foram encontradas diferenças na abundância na diversidade e na composição de espécies entre os tratamentos.

Não foram encontradas diferenças na abundância de espécies entre os tratamentos ($gl = 3$, $F = 0,391$, $P = 0,77$; Fig. 6), no entanto, a abundância de borboletas foi maior em parcelas de alta frequência tardia, em comparação com alta frequência precoce (Fig. 6).

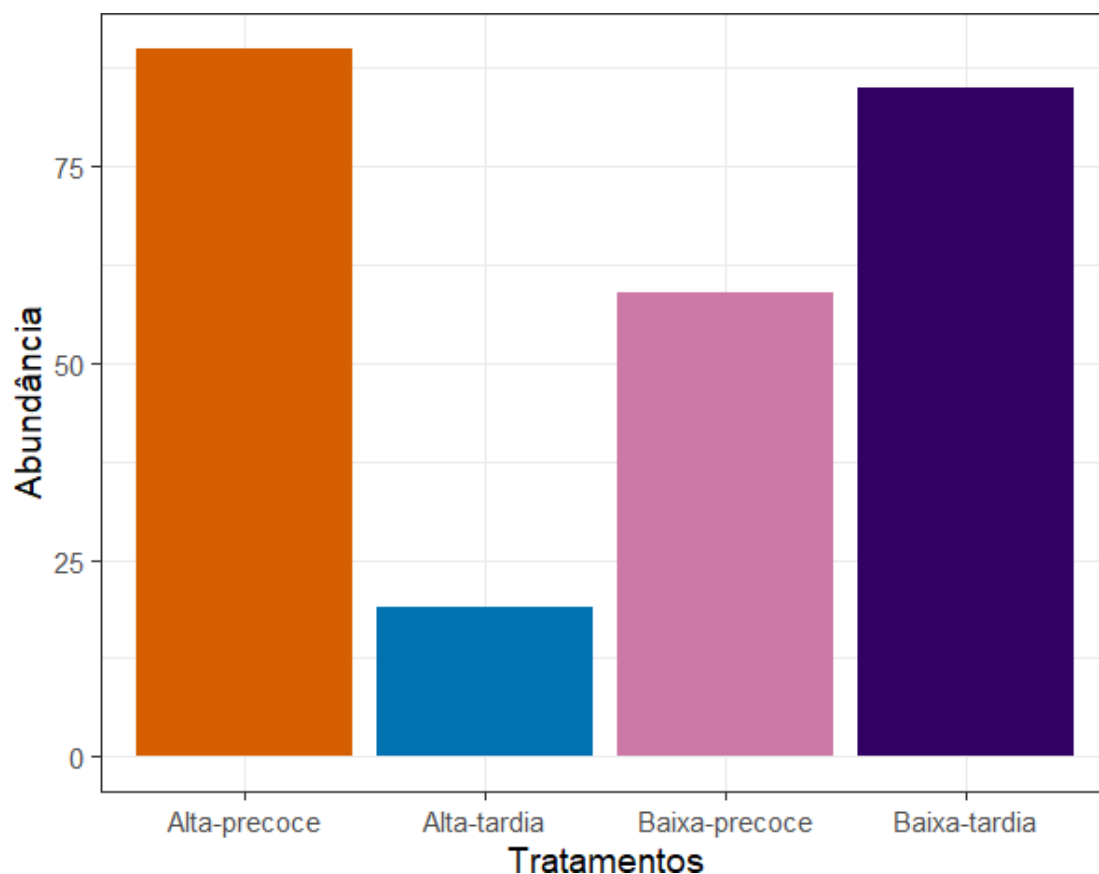


Figura 6. Abundancia de borboletas coletadas nos diferentes tratamentos de fogo na TI Kadiwéu. Cada cor é representada por um tratamento diferente.

Comparando a diversidade entre os diferentes tratamentos, a diversidade de borboletas não foi significativa e a riqueza na curva de rarefação se sobrepôs (Fig. 7).

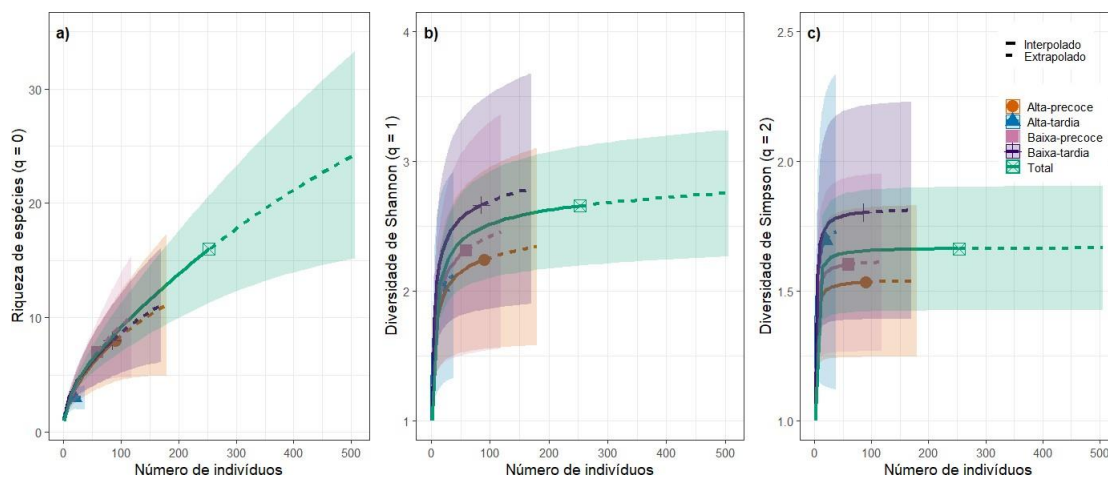


Figura 7. Variação da riqueza e abundância de borboletas através de curvas de rarefação entre os diferentes tratamentos. A linha reta é a interpolação e a linha tracejada indica a extrapolação das amostras, e o sombreado é o intervalo de confiança.

Quanto a composição de espécies, a assembleia de borboletas não apresentou variação entre os diferentes tratamentos (ANOSIM = 0,14, $P = 0,28$) (Fig. 8).

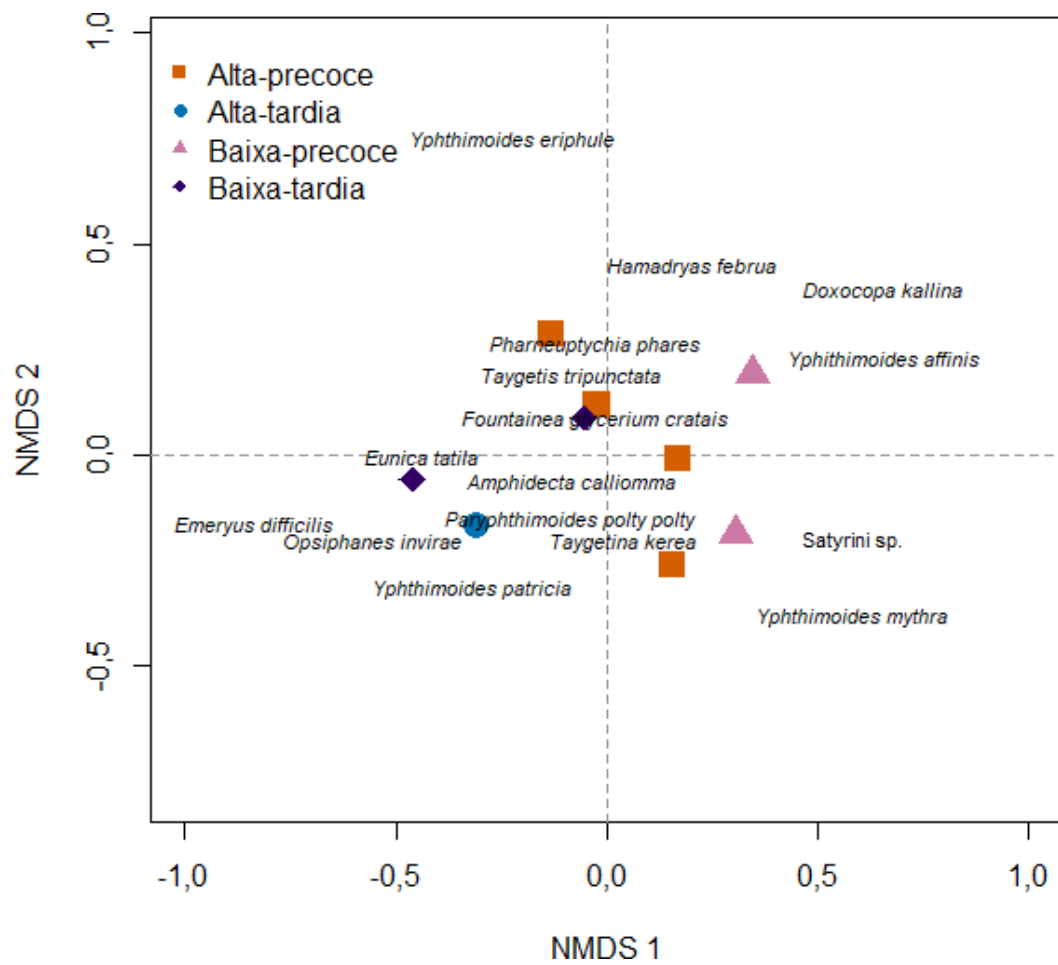


Figura 8. Composição de borboletas entre os diferentes tratamentos em ordenação NMDS (dissimilaridade de Bray-Curtis), considerando as amostras.

Tabela 1. Subfamília, espécies e número de indivíduos encontrados na TI Kadiwéu.

SUBFAMÍLIA	ESPÉCIE	Nº DE INDIVÍDUOS
Guilda nectarívoras		
Limenitidae	<i>Adelpha iphicleola</i>	19
Limenitidae	<i>Adelpha thesprotia</i>	02
Limenitidae	<i>Adelpha plesaura</i>	01
Nymphalinae	<i>Junonia sp1</i>	22
Nymphalinae	<i>Siproeta stelenes</i>	01
Guilda Frugívoras		
Satyrinae	<i>Taygetina kerea</i>	274
Biblidinae	<i>Hamadryas februa</i>	23
Charaxinae	<i>Zaretis strigosus</i>	23
Satyrinae	<i>Paryphthimoides polty polty</i>	21
Satyrinae	<i>Eunica tatila</i>	18
Charaxinae	<i>Glycerium cratais</i>	10
Biblidinae	<i>Temenis laothoe</i>	07
Charaxinae	<i>Fountainea halice</i>	05
Satyrinae	<i>Hermeuptychia sp</i>	03
Satyrinae	<i>Emeryus difficilis</i>	02
Satyrinae	<i>Taygetis tripunctata</i>	02
Satyrinae	<i>Yphthimoides affinis</i>	02
Satyrinae	<i>Yphthimoides eriphule</i>	01
Satyrinae	<i>Yphthimoides mythra</i>	01
Satyrinae	<i>Yphthimoides patrícia</i>	01
Satyrinae	<i>Amphidecta calliomma</i>	01
Satyrinae	<i>Cissia eous</i>	01
Apaturinae	<i>Doxocopa kallina</i>	01
Satyrinae	<i>Opsiphanes invirae</i>	01
Satyrinae	<i>Pharneuptychia phares</i>	01

Tabela 2. Família, subfamília e espécies encontradas nos quatro tratamentos da TI kadiwéus.

Família	Subfamília	Espécie	Frequência		Frequência	
			Alta	Alta	Baixa	Baixa
			Primeiro semestre	Segundo Semestre	Primeiro semestre	Segundo Semestre
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Taygetina kerea</i>	60	56	65	92
Nymphalidae	Biblidinae	<i>Hamadryas februa</i>	9	1	6	7
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Zaretis strigosus</i>	2	3	10	8
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Paryphthimoides polty polty</i>	1	0	4	16
Nymphalidae	Biblidinae	<i>Eunica tatila</i>	5	2	0	11
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Glycerium cratais</i>	6	0	4	0
Nymphalidae	Biblidinae	<i>Temenis laothoe</i>	2	0	0	5
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Fountainea halice</i>	1	0	4	0
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Hermeuptychia sp</i>	0	1	0	2
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Emeryus difficilis</i>	0	0	0	2
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Taygetis tripunctata</i>	0	0	1	1
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Yphthimoides affinis</i>	0	0	1	1
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Yphthimoides eriphule</i>	1	0	0	0
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Yphthimoides mythra</i>	0	0	1	0
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Yphthimoides patrícia</i>	0	0	0	1
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Amphidecta calliomma</i>	0	0	0	1
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Cissia eous</i>	0	0	0	1
Nymphalidae	Apaturinae	<i>Doxocopa kallina</i>	0	0	1	0
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Opsiphanes invirae</i>	0	1	0	0
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Pharneuptychia phares</i>	0	1	0	0
Nymphalidae	Limenitidae	<i>Adelpha iphicleola</i>	2	7	8	2
Nymphalidae	Limenitidae	<i>Adelpha thesprotia</i>	0	0	1	1
Nymphalidae	Limenitidae	<i>Adelpha plesaure</i>	0	0	1	0
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Junonia sp1</i>	3	4	6	2
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Siproeta stelenes</i>	0	0	1	0

Discussão

Nosso estudo mostra que o histórico de queima não afeta a assembleia de borboletas da aldeia TI Kadiwéu, localizada no município de Porto Murtinho, MS, na transição entre os biomas Cerrado e Pantanal. Não observamos diferenças na abundância, na diversidade e na composição de espécies entre os tratamentos.

Insetos como as borboletas apresentam forte associação com a comunidade vegetal (NEW et al., 2014), com isso, nossa hipótese era que o tratamento precoce resultaria em maiores taxas de rebrota e consequentemente maior ocorrência de borboletas e a riqueza e abundância de espécies seria promovida com mais frequência de incêndios, devido a frequência do fogo induzir mudanças na composição da vegetação. Tal hipótese foi refutada, pois não observamos diferenças na abundância ($g1 = 3$, $F = 0,391$, $P = 0,77$; Fig. 6), na diversidade (Fig. 7) e na composição de espécies (ANOSIM = 0,14, $P = 0,28$; Fig. 8) entre os tratamentos.

Em estudo realizado na TI Kadiwéu avaliando os padrões fenológicos de plantas arbóreas e não arbóreas por meio de levantamentos mensais ao longo de três anos, demonstrou que a queima tardia em manchas com alta frequência resulta em baixa disponibilidade de frutos maduros em árvores (DOS SANTOS FERREIRA et al., 2023) (Fig. 6). A frutificação de plantas não arbóreas em manchas com baixa frequência de queimadas e queimadas precoces garantem frutos maduros, quando praticamente não há árvores frutificando em toda a paisagem (DOS SANTOS FERREIRA et al., 2023) corroborando com nossas análises onde as parcelas de alta frequência de incêndio no primeiro semestre, abrigaram maior abundância de borboletas em relação as parcelas de alta frequência no segundo semestre apesar de não afetar a riqueza de espécies (Fig. 6).

Quando temos fogo ocorrendo em alta frequência na estação tardia, temos uma redução provavelmente significativa na abundância de borboletas, ainda que a riqueza não seja afetada a abundância é reduzida expressivamente. (Fig. 6). O fato de a diversidade de espécies herbáceas ser maior em parcelas queimadas em alta frequência do que em parcelas queimadas em média na TI (DOS SANTOS FERREIRA et al., 2023) pode contribuir para o aumento da abundância de espécies de borboletas.

A alta abundância de borboletas observada em parcelas de alta frequência de queima poder ser explicada pela ideia de que a maioria das espécies de borboletas savanas é resiliente ou favorecida por, algum nível de perturbação comparado com nenhum distúrbio (WILKERSON; ROCHE; YOUNG, 2013).

Kadiwéu ainda existem áreas naturais muito extensas ocupando a maior parte da paisagem (OLIVEIRA ET AL., 2022). Embora ao longo de toda a área existam impactos

humanos nos ambientes naturais e na fauna, não só pelas queimadas, mas também por extração de madeira e caça, as populações de mamíferos afetadas podem ser recuperadas por indivíduos que se dispersam de áreas vizinhas menos impactadas (OLIVEIRA ET AL., 2022).

De fato, a riqueza, abundância e composição, da assembleia de borboletas não diferiram entre os tratamentos. Estudos anteriores sugerem que a diversidade de borboletas pode se recuperar rapidamente após um incêndio (Fig.6), essa rápida recuperação também é vista em espécies de formigas (PARR et al., 2004) e provavelmente está ligada à rápida recuperação da vegetação. Em outros ecossistemas, pesquisas apontam que em ambientes de pastagens recentemente queimados, abrigavam abundâncias semelhantes ou maiores de borboletas em relação a locais excluídos pelo fogo (HENDERSON; MEUNIER; HOLOUBEK, 2018).

Um estudo GAGET; PARR; SIRAMI, 2020 analisando o histórico de fogo em parcelas de alta, média e baixa frequência de fogo em savanas úmidas, descobriu que em parcelas de alta frequência a abundância de borboletas é mais alta em relação a parcelas de média ou baixa frequência e a riqueza não é afetada pela diversidade de fogo e os resultados sugerem que a diversidade espacial de frequências de fogo pode aumentar a diversidade de borboletas no nível da paisagem em savanas úmidas.

A assembleia de borboletas parece se distribuir amplamente pelas fitofisionomias da área de estudo, ocorrendo em todos os tipos de áreas queimadas. Os Nymphalidae, são insetos tropicais que são capazes de percorrer centenas de metros quando adultos (ANDRADE & FREITAS 2005, TUFTO ET AL. 2012), e analisando os resultados todas as parcelas foram facilmente cruzadas por tais insetos, principalmente da espécie *Taygetina kerea* (tabela 2). Possivelmente as condições climáticas entre as parcelas são semelhantes o suficiente para permitirem assembleias de borboletas adultas se misturem, mesmo que sejam diferentes durante a fase larval.

Por fim, compreender com maior exatidão os efeitos que o fogo pode exercer sobre a fauna de borboletas, é de suma importância, uma vez que as comunidades de borboletas são consideradas excelentes bioindicadores, pois são organismos sensíveis a diferentes tipos de distúrbios e podem se beneficiar com diferentes práticas de manejo. Além disso, as respostas dos insetos devem receber mais atenção para determinar os tipos de manejo de fogo adequados para uma melhor conservação da biodiversidade.

Conclusão geral

Os estudos que utilizaram borboletas como objeto de estudos nos últimos anos, foram distribuídos ao longo de oito biomas, principalmente em ambientes que foram sujeitos a incêndios florestais em biomas sensíveis, seguido de queima prescrita em biomas dependentes. Dentre os artigos selecionados para o estudo, a maioria analisou os efeitos do fogo na riqueza, abundância e composição da assembleia de borboletas.

Em nosso estudo realizado na aldeia TI Kadiwéu, não foram encontradas diferenças significativas na abundância, na diversidade e na composição de espécies entre os tratamentos. As espécies se distribuem por todas as áreas amostradas, independente da frequência de fogo ou época, não apresentaram nenhuma seleção aparente por alguma fitofisionomia específica, estando adaptadas aos regimes de fogo.

Compreender com maior exatidão os efeitos que o fogo pode exercer sobre a fauna de borboletas, é de suma importância, uma vez que as comunidades de borboletas são consideradas excelentes bioindicadores, pois são organismos sensíveis a diferentes tipos de distúrbios e podem se beneficiar com diferentes práticas de manejo. Além disso, as respostas dos insetos devem receber mais atenção para determinar os tipos de manejo de fogo adequados para uma melhor conservação da biodiversidade.

Referência

- ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2018.
- ARRUDA, F. V. DE et al. Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. v. 18, n. 1, p. 1–6, 2018.
- ARRUDA, W. D. S. et al. Inundation and Fire Shape the Structure of Riparian Forests in the Pantanal , Brazil. p. 1–18, 2016.
- BAUM, K. A.; SHARBER, W. V. Fire creates host plant patches for monarch butterflies. **Biology Letters**, v. 8, n. 6, p. 968–971, 2012.
- BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A.; DE 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. 3, 2021.
- BEHLING, H. et al. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 203, n. 3–4, p. 277–297, 2004.
- BRANDO, P. M. et al. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 17, p. 6347–6352, 2014.
- BOWMAN, D. M. J. S. et al. Fire in the earth system. **Science**, v. 324, n. 5926, p. 481–484, 2009.
- BROOKS, T. M. et al. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, v. 313, n. 5783, p. 58–61, 2006.
- CAMPANHARO, W. A. et al. Translating fire impacts in Southwestern Amazonia into economic costs. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, 2019.
- CLEARY, D. F. R.; GENNER, M. J. Changes in rainforest butterfly diversity following major ENSO-induced fires in Borneo. **Global Ecology and Biogeography**, v. 13, n. 2, p. 129–140, 2004.
- DA SILVA JUNIOR, C. A. et al. Persistent fire foci in all biomes undermine the Paris Agreement in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–14, 2020.
- DE ANDRADE, R. B. et al. The impacts of recurrent fires on diversity of fruit-feeding butterflies in a south-eastern Amazon forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 33, n. 1, p. 22–32, 2017.
- DE MAGALHÃES NETO, N.; EVANGELISTA, H. Human Activity Behind the Unprecedented 2020 Wildfire in Brazilian Wetlands (Pantanal). **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, n. June, p. 1–15, 2022.

- DE MENDONÇA, M. J. C. et al. The economic cost of the use of fire in the Amazon. **Ecological Economics**, v. 49, n. 1, p. 89–105, 2004.
- DOS SANTOS FERREIRA, B. H. et al. Flowering and fruiting show phenological complementarity in both trees and non-trees in mosaic-burnt floodable savanna. **Journal of Environmental Management**, v. 337, n. March, p. 117665, 2023.
- FONSECA, C. R. The silent mass extinction of insect herbivores in biodiversity hotspots. **Conservation Biology**, v. 23, n. 6, p. 1507–1515, 2009.
- GAGET, E.; PARR, C. L.; SIRAMI, C. Effects of fire frequency on savanna butterfly diversity and composition: A preliminary study. **Koedoe**, v. 62, n. 1, p. 1–9, 2020.
- HALLMANN, C. A. et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, 2017.
- HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire , Ecosystems and People : A Preliminary Assessment of Fire as a Global Conservation Issue. 2005.
- HE, T.; LAMONT, B. B.; PAUSAS, J. G. Fire as a key driver of Earth’s biodiversity. **Biological Reviews**, v. 94, n. 6, p. 1983–2010, 2019.
- HENDERSON, R. A.; MEUNIER, J.; HOLOUBEK, N. S. Disentangling effects of fire, habitat, and climate on an endangered prairie-specialist butterfly. **Biological Conservation**, v. 218, n. October 2017, p. 41–48, 2018.
- HUNTZINGER, M. Effects of fire management practices on butterfly diversity in the forested western United States. **Biological Conservation**, v. 113, n. 1, p. 1–12, 2003.
- HOVICK, T. J.; DWAYNE ELMORE, R.; FUHLENDORF, S. D. Structural heterogeneity increases diversity of non-breeding grassland birds. **Ecosphere**, v. 5, n. 5, 2014.
- JOST L (2006) Entropy and diversity. *Oikos* **113**:363–375.
- JOLLY, W. M. et al. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. **Nature Communications**, v. 6, n. May, p. 1–11, 2015.
- JOHANSSON, V. et al. Fewer butterflies and a different composition of bees, wasps and hoverflies on recently burned compared to unburned clear-cuts, regardless of burn severity. **Forest Ecology and Management**, v. 463, n. January, p. 118033, 2020.
- KRAL, K. C. et al. Arthropods and Fire: Previous Research Shaping Future Conservation. **Rangeland Ecology and Management**, v. 70, n. 5, p. 589–598, 2017.
- KELLY, L. T. et al. Managing fire mosaics for small mammal conservation : a landscape perspective. p. 412–421, 2012.
- KOLTZ, A. M. et al. Global change and the importance of fire for the ecology and evolution of insects. **Current Opinion in Insect Science**, v. 29, p. 110–116, 2018.

- LANGNER, A.; SIEGERT, F. Spatiotemporal fire occurrence in Borneo over a period of 10 years. **Global Change Biology**, v. 15, n. 1, p. 48–62, 2009.
- MACDOUGALL, A. S. et al. Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse. **Nature**, v. 494, n. 7435, p. 86–89, 2013.
- MCLAUCHLAN, K. K. et al. Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. **Journal of Ecology**, v. 108, n. 5, p. 2047–2069, 2020.
- MOLA, J. M.; WILLIAMS, N. M. Fire-induced change in floral abundance, density, and phenology benefits bumble bee foragers. **Ecosphere**, v. 9, n. 1, 2018.
- MORANZ, R. A. et al. Untangling the effects of fire, grazing, and land-use legacies on grassland butterfly communities. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 11, p. 2719–2746, 2012.
- MORELLO, T. F. COVID-19 and agricultural fire pollution in the Amazon: Puzzles and solutions. **World Development**, v. 138, p. 105276, 2021.
- OLIVEIRA, M. T. DE et al. Regeneration of riparian forests of the Brazilian Pantanal under flood and fire influence. **Forest Ecology and Management**, v. 331, p. 256–263, 2014.
- OLLINS, S. C. L. C. et al. Plant community response to loss of large herbivores differs between North American and South African savanna grasslands Reports. v. 95, n. 4, p. 808–816, 2014.
- PACHAURI, R. K. **Climate Change 2014 Synthesis Report**. [s.l: s.n.].
- PAUSAS, J. G.; PARR, C. L. Towards an understanding of the evolutionary role of fire in animals. **Evolutionary Ecology**, v. 32, n. 2–3, p. 113–125, 2018.
- PARR, C. L. et al. Response of African savanna ants to long-term fire regimes. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, n. 4, p. 630–642, 2004.
- PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil’s catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233–255, 2021.
- PILLIOD, D. S. et al. Fire and amphibians in North America. **Forest Ecology and Management**, v. 178, n. 1–2, p. 163–181, 2003.
- PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil ’ s catastrophic fires : Causes , consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233–255, 2021.
- PYWELL, R. F. et al. Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland. **Biological Conservation**, v. 118, n. 3, p. 313–325, 2004.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing,
- Vienna, Austria. RICOUART, F. et al. Influence of fire prevention management strategies on the diversity of butterfly fauna in the eastern Pyrenees. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 1, p. 95–111, 2013.

- RUSSELL, K. .; VAN LEAR, D. H.; GUYNN, D. C. Prescribed fire effects on herpetofauna: Review and management implications. **Wildlife Society Bulletin**, v. 27, n. 2, p. 374–384, 2014.
- SAUNDERS, M. E. et al. Limited understanding of bushfire impacts on Australian invertebrates. **Insect Conservation and Diversity**, v. 14, n. 3, p. 285–293, 2021.
- SCHULTZ, C. B. et al. Movement and demography of at-risk butterflies: Building blocks for conservation. **Annual Review of Entomology**, v. 64, n. September, p. 167–184, 2018.
- SHLISKY, A. et al. Fire, ecosystems and people : threats and strategies for global biodiversity conservation. **The Nature Conservancy Global Fire Initiative Technical Report**, n. January, p. 17, 2007.
- SIEGERT, F. et al. Increased damage from fires in logged forests during droughts caused by El Niño. **Nature**, v. 414, n. 6862, p. 437–440, 2001.
- STEFFAN-DEWENTER, I. et al. Scale-Dependent Effects of Landscape Context on Three Pollinator Guilds. **Ecology**, v. 83, n. 5, p. 1421, 2002.
- T. C. Hsieh, K. H. Ma and Anne Chao. 2022 iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 3.0.0
- TOPP, E. N.; TSCHARNTKE, T.; LOOS, J. Fire and landscape context shape plant and butterfly diversity in a South African shrubland. **Diversity and Distributions**, v. 28, n. 3, p. 357–371, 2021
- TOIVONEN, M.; HERZON, I.; KUUSSAARI, M. Community composition of butterflies and bumblebees in fallows: niche breadth and dispersal capacity modify responses to fallow type and landscape. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, n. 1, p. 23–34, 2016. .
- VOGEL, J. A. et al. Butterfly responses to prairie restoration through fire and grazing. **Biological Conservation**, v. 140, n. 1–2, p. 78–90, 2007.
- WARD, M. et al. Impact of 2019–2020 mega-fires on Australian fauna habitat. **Nature Ecology and Evolution**, v. 4, n. 10, p. 1321–1326, 2020.
- WILKERSON, M. L.; ROCHE, L. M.; YOUNG, T. P. Indirect effects of domestic and wild herbivores on butterflies in an African savanna. **Ecology and Evolution**, v. 3, n. 11, p. 3672–3682, 2013.
- WROBLESKI, D. W.; KAUFFMAN, J. B. Initial effects of prescribed fire on morphology, abundance, and phenology of forbs in big sagebrush communities in southeastern Oregon. **Restoration Ecology**, v. 11, n. 1, p. 82–90, 2003.

Região	Bioma	Componentes da biodiversidade avaliados	Regime	Classificação dos biomas	Efeitos	Autores
América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Tamanho populacional	Queima prescrita + incêndio florestal (2018)	Dependente	Declínios populacional após queimaduras	Jue, DK; 2022
América do Norte	Desertos e Arbustos Xéricos	Abundancia e diversidade	Queima prescrita	Independente	Aumento na riqueza de espécies e abundância relativa	Gowdy, G et al. 2022
América do Norte	Florestas de coníferas temperadas	Diversidade genética	Incêndios florestais	Dependente	Fogo aumenta a diversidade genética e reduz isolamento em 2 spp.	Gates, D_ et al. 2021
Continente africano	Pradarias tropicais e subtropicais, savanas e matagais	Riqueza, abundância e composição da comunidade	Incêndios florestais	Dependente	Riqueza - maior em habitat natural. Abundância – negativamente associada ao aumento do tempo desde o incêndio. Composição – indiretamente associada	Topp, EN; et al. 2021
América dos Sul	Pradarias tropicais e subtropicais, savanas e matagais	Distribuição temporal	Incêndios florestais-antes/depois	Dependente	<i>Morpho helenor</i> - persistente como adulto durante a estação seca <i>Morpho menelaus</i> - persiste apenas como lagarta durante a estação seca	Nascimento, AR; et al. 2020

América do Norte	Pradarias tropicais e subtropicais, savanas e matagais	Riqueza, abundância e composição da comunidade	Incêndios florestais	Dependente	Riqueza não afetada Diversidade espacial pode aumentar em nível da paisagem em savanas úmidas. Composição - comunidades distintas	Gaget, E; et al. 2020
Continente Europeu	Florestas boreais/Taiga	Riqueza, abundância e composição da comunidade	Incêndios florestais	Dependente	A riqueza de borboletas foi 67% menor e a abundância 89% menor em áreas queimadas. Nenhum efeito da gravidade da queima.	Johansson, V; et al. 2020
América do Norte	Florestas boreais/Taiga	Diversidade	Incêndios florestais	Dependente	Diversidade independente de incêndios.	Riva, F; et al. 2020
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Diversidade e composição	Incêndios florestais	Sensível	Há diferenças na diversidade de espécies, perdas e ganhos de borboletas em vários níveis de idade pós-queimada	Masy'ud, B; et al. 2020
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Diversidade	Incêndios florestais	Sensível	Maior em áreas queimadas.	Masy'ud, B; et al. 2020
América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Densidade	Queima prescrita	Dependente	Manejo geral - sem efeitos.	McCullough, K; et al. 2019

África do Sul	Pradarias tropicais e subtropicais, savanas e matagais	Diversidade e estrutura	Queima prescrita	Dependente	Sem fogo por 2 anos mesma diversidade e composição semelhante. Sem fogo por > 5 anos suportaram uma diversidade menor de borboletas.	Gaigher, R; et al. 2019
Ásia	Florestas temperadas de folhas largas e mistas	Riqueza, e abundância	Incêndios florestais	Dependente	Significativamente influenciadas pelo fogo e pela região.	Kim, SS and Kwon, TS, 2018
América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Abundância	Queima prescrita	Dependente	Efeitos negativos de curto prazo. Queima a cada 3-5 anos maximizou a abundância.	Henderson, RA; Meunier, J and Holoubek, NS, 2018
América do Norte	Florestas de coníferas temperadas	Abundância,	Incêndios florestais	Dependente	Não foram encontradas diferenças significativas	Pavlik, DT; et al. 2017
América do Sul	Pradarias tropicais e subtropicais, savanas e matagais	Abundância, riqueza, e composição	Queima prescrita	Dependente	Não houve diferenças significativas na riqueza geral. Diferenças significativas na composição e estrutura da comunidade entre as parcelas controle e queimadas, mas não entre os tratamentos queimados.	de Andrade, RB; et al. 2017
Europa	Florestas temperadas de	Abundância	Incêndios florestais	Dependente	Nenhum impacto negativo	Nowicki, P; Marczyk, J and Kajzer-Bonk, J, 2015

	folhas largas e mistas					
Europa	Florestas mediterrâneas, bosques e arbustos	Abundância, diversidade, riqueza e equitabilidade	Incêndios florestais	Dependente	Não houve diferença significativa	Serrat, A; Pons, P; (...); Stefanescu, C, 2015
Europa	Florestas mediterrâneas, bosques e arbustos	Riqueza, abundância e diversidade	Incêndios florestais	Dependente	Diferença significativa na riqueza e abundância entre os anos.	Scandurra, A; et al. 2014
	Florestas de coníferas temperadas		Queima prescrita	Dependente		McIver, J and Macke, E, 2014
América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Densidade populacional	Incêndios florestais	Dependente	A densidade foi reduzida em manchas recém queimadas	Moranz, RA; Fuhlendorf, SD and Engle, DM, 2014
Ásia	Florestas temperadas de folhas largas e mistas	Riqueza, diversidade e composição	Incêndios florestais	Dependente	A riqueza da borboleta não mudou, mas a diversidade de borboletas diminuiu. Mudança temporária de comunidade. A composição foi significativamente diferente entre os locais queimados e não queimados.	Kwon, TS; et al, 2013
Europa	Florestas mediterrâneas,	Composição da comunidade	Queima prescrita	Dependente	O número total de espécies é mantido independentemente do	Ricouart, F; et al, 2013

	bosques e arbustos				tipo de prevenção de incêndios	
América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Riqueza e densidade populacional	Queima prescrita	Dependente	A riqueza não respondeu ao tratamento de manejo. A densidade populacional de duas spp especialistas em pradaria e uma generalista de habitat foi mais alta no tratamento apenas de queima, enquanto a densidade de um generalista de habitat foi maior no tratamento de queimadura de mancha.	Moranz, RA; et al, 2012
América do Norte	Florestas temperadas de folhas largas e mistas	Riqueza e diversidade	Incêndios florestais	Dependente	A diversidade foi maior na floresta queimada pós-incêndio em comparação com a floresta adjacente não queimada	Taylor, AN and Catling, PM, 2011
América do Norte	Florestas de coníferas temperadas	Riqueza e abundância	Queima prescrita	Dependente	A riqueza e abundância foram correlacionadas positivamente com o tempo desde a queima.	Vogel, JA; Koford, RR and Debinski, DM, 2010
América do Norte	Pradarias temperadas,	Riqueza, abundância e diversidade	Queima prescrita	Dependente	A riqueza de espécies não diferiu. A abundância foi maior em áreas gerenciadas	Vogel, JA; et al, 2007

	savanas e matagais				pelo fogo e a diversidade foi maior em locais apenas queimados	
América do Norte	Florestas de coníferas temperadas	Densidade populacional	Queima prescrita	Dependente	A densidade populacional variou, em geral foi maior em áreas que não queimadas no ano anterior a queima.	Powell, AFLA; Busby, WH and Kindscher, K, 2007
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Fauna	Incêndios florestais	Sensível	43% das espécies de borboletas (não incluindo Lycaenidae e Hesperidae) foram confirmadas como persistentes. Os dados sugerem que os refúgios que não são afetados pelo fogo são necessários para a conservação de borboletas especializadas, bem como de muitas outras formas de vida selvagem.	Hirowatari, T; Makihara, H and Sugiarto,
América do Norte	Florestas mediterrâneas, bosques e arbustos	Riqueza e abundância	Incêndios florestais	Dependente	A riqueza e a diversidade de foram maiores nos estágios sucessionais intermediários e a abundância diminuiu com a idade sucessional.	Kaynas, BY and Gurkan, B, 2007

Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Abundância relativa e riqueza de espécies	Incêndios florestais	Sensível	Riqueza e abundância aumentada	Cleary, DFR and Mooers, AO, 2006
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Diversidade genética e composição	Incêndios florestais	Sensível	reduções maciças na diversidade genética de <i>D. theda</i> e que as recuperações populacionais estavam ligadas à sua posição geográfica em relação a trechos de floresta não queimada (e, portanto, às populações de origem).	Fauvelot, C; Cleary, DFR and Menken, SBJ, 2006
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Diversidade genética e estrutura	Incêndios florestais Antes e depois	Sensível	Reduções no tamanho populacional, diversidade genética baixa, reduções maciças na diversidade genética	Fauvelot, C; Cleary, DFR and Menken, SBJ, 2006
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Diversidade, riqueza e composição	Incêndios florestais	Sensível	A riqueza foi maior na floresta não queimada. Não houve diferenças significativas na uniformidade entre floresta não queimada e queimada.	Cleary, DFR; et al, 2006
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais	Riqueza, diversidade, abundância,	Incêndios florestais	Sensível	Houve declínio da riqueza e alteração da comunidade. A	Cleary, DFR and Genner, MJ, 2004

	úmidas de folhas largas	composição e similaridade			similaridade da comunidade foi significativamente dependente das variáveis ambientais.	
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Riqueza e composição	Incêndios florestais – antes e depois	Sensível	A riqueza diminuiu significativamente e composição da comunidade mudou significativamente.	Cleary, DFR and Grill, A, 2004
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Riqueza, uniformidade e similaridade	Incêndios florestais	Sensível	A riqueza foi maior em áreas não queimadas. Variação na similaridade da comunidade	Cleary, DFR; Mooers, AO; et al, 2004
Indonésia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Riqueza, diversidade, abundância, composição e similaridade	Incêndios florestais	Sensível	Houve declínio da riqueza e alteração da comunidade. A similaridade da comunidade foi significativamente dependente das variáveis ambientais.	Cleary, DFR and Genner, MJ, 2004
América do Norte	Florestas de coníferas temperadas	Riqueza e diversidade	Queima prescrita	Dependente	Maior riqueza em áreas queimadas	Huntzinger, M, 2003
Ásia	Florestas tropicais e subtropicais úmidas de folhas largas	Riqueza de espécies e composição	Queima prescrita	Sensível	Diferentes respostas de acordo com componentes da biodiversidade estudados	Cleary, DFR., 2003

América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Densidade e a riqueza	Queima prescrita	Dependente	A densidade e a riqueza relacionaram significativamente com fatores não relacionados ao manejo	Swengel, AB and Swengel, SR, 2001
América do Norte	Desertos e Arbustos Xéricos	Riqueza e composição	Queima prescrita	Independente	Não diferiram significativamente entre unidades de queima e controles	Fleishman, E, 2000
América do Norte	Pradarias temperadas, savanas e matagais	Abundancia	Queima prescrita	Dependente	Espécies especialistas da pradaria mostraram o efeito mais negativo do fogo. O fogo afeta a abundância com base no número de gerações da espécie por ano.	Swengel, AB, 1996

