

RESPOSTA A LEI Nº 11.861, DE 03 DE AGOSTO DE 2022: CONSEQUÊNCIAS A BIODIVERSIDADE DO PANTANAL

Nicolas Silva Bosco¹ - Leda Aline Porto Stefan¹ - Rafael Gonçalves Cuissi¹
Rodrigo Antônio Castro-Souza¹ - Taina Barbosa de Souza¹ - Thiago Junqueira Izzo²

RESUMO: O Pantanal é a maior planície alagada do mundo e berço de grande biodiversidade, porém é constantemente ameaçado por empreendimento humanos. Idealmente, as políticas públicas deveriam se basear em ciência a fim de reconhecer e considerar as particularidades locais a fim de permitir e promover atividades econômicas ao mesmo tempo que protegem sua diversidade e funcionamento. Recentemente foi proposta a lei 11.861/2022, que embora tenha acertos em algumas questões ambientais, permite a pecuária extensiva no Pantanal sem determinar limites para sua implantação. Logo, o objetivo deste estudo é fazer um levantamento de consequências de alguns manejos presentes em manuais básicos de pecuária extensiva sobre a biodiversidade de grupos-chave de animais do Pantanal. A partir da literatura científica global, foram feitas pesquisas padronizadas na plataforma *Web of Science* para quantificar como o uso de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e o fogo afetam a biodiversidade de diferentes grupos de vertebrados e invertebrados que executam importantes funções no ecossistema: Aves, Peixes, Mamíferos, Formigas e Ortópteros. Observamos que literalmente todos esses métodos de manejo poderão causar um decréscimo na biodiversidade destes grupos de forma direta ou indireta. Logo, a implementação da lei permitirá a modificação do ambiente de forma que necessariamente causará impacto negativo a diversos grupos animais no Bioma Pantanal, tendo consequências ambientais e econômicas (pesca, turismo, agricultura de subsistência). Além disso, como essas conversões podem prejudicar as populações humanas tradicionais existentes e outras atividades econômicas que dependem da biodiversidade e das funções do ecossistema. Embora esta lei seja considerada por alguns como um avanço, que atende às demandas de agricultores e proprietários de terras, ela também pode abrir as comportas figurativas para práticas mais desreguladas e catastróficas que já impactam o Pantanal.

Palavras-chave: perda de biodiversidade; manejo; web of science

RESPONSE TO LAW Nº. 11.861, OF AUGUST 03, 2022: CONSEQUENCES ON PANTANAL BIODIVERSITY

ABSTRACT: The Pantanal is the largest floodplain in the world and a hub of great biodiversity, but it faces constant threats from human activities. Ideally, public policy should be rooted in science, acknowledging and considering local nuances to enable and promote economic activities while safeguarding its diversity and functionality. Recently, law 11.861/2022 was proposed, which, while addressing certain environmental issues, allows for extensive livestock farming in the Pantanal without establishing adequate limits. Hence, this study aims to explore the consequences of certain management practices, as outlined in basic manuals of extensive livestock farming, on the biodiversity of key animal groups in the Pantanal. Through systematic searches on the Web of Science platform, based on global scientific literature, we assessed how the utilization of fertilizers, herbicides, pesticides, and fire impacts the biodiversity of various vertebrate and invertebrate groups that play crucial roles in the ecosystem: Birds, Fish, Mammals, Ants, and Orthoptera. Our findings indicate that all of these management methods could directly or indirectly lead to a decline in the biodiversity of these groups. Consequently, implementing the proposed law may alter the environment in ways that negatively affect several animal groups in the Pantanal Biome, resulting in environmental and economic repercussions (e.g., fishing, tourism, subsistence agriculture). Moreover, these conversions could also detrimentally impact existing traditional human populations and other economic activities that rely on biodiversity and ecosystem functions. Although some view this law as progress in meeting the demands of farmers and landowners, it may also pave the way for unregulated and disastrous practices that are already affecting the Pantanal.

Keywords: biodiversity loss; management; Web of Science.

¹ Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT); email: nicolas-bosco@hotmail.com; ledastefann@gmail.com; rafaelcuissi@gmail.com; rodrigodesouzaac@gmail.com; taina.souza1@gmail.com;

² Professor Adjunto na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB); email: izzothiago@gmail.com

INTRODUÇÃO

Pantanal foi declarado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988, Reserva da Biosfera Mundial e Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO e como zona úmida de importância ecológica internacional pela Convenção de Ramsar (HARRIS et al., 2005; JUNK et al., 2014), além de ser considerado um dos seis biomas brasileiros (IBGE, 2023). Está localizado em uma planície, sendo circundada por planalto (região de relevo mais elevado onde estão localizados os principais rios que abastecem o Pantanal (GIRARD, 2011; JUNK et al., 2014). A região do Pantanal sofreu as maiores mudanças de paisagem nos últimos anos devido à expansão da agricultura, incêndios florestais de grandes proporções e pecuária extensiva (TOMAS et al., 2019; GUERRA et al., 2020; FILHO et al., 2021).

Basicamente o que define o Pantanal são as interfaces entre sistemas terrestres e aquáticos, que podem permanecer periodicamente inundadas ou permanentemente, o que o torna essencial para comunidades vegetais ou animais especificamente adaptados à sua dinâmica hídrica específica (JUNK et al., 2014). Os pulsos de inundação, alternando entre épocas de inundação e épocas secas, é responsável por manter a alta produtividade e muitos outros serviços ecossistêmicos em toda a malha hidrológica associada ao Pantanal e além. Somado a isso, disso, é uma das maiores áreas úmidas tropicais do mundo, cobrindo 179.300 km² o que torna esse bioma único no mundo, e uma intensa fonte de renda em termos de turismo (TORTATO et al., 2021) e de extrativismo (TOMAS et al., 2019). Em termos de biodiversidade, o Pantanal abriga mais de duas mil espécies de plantas, bem como 269 peixes, 57 anfíbios, 131 répteis, pelo menos 174 espécies de mamíferos (TOMAS et al., 2021) e mais de 600 aves, e abriga outras mais de 180 aves migratórias sazonais (NUNES et al., 2021).

A Lei nº 11.861, de 03 de agosto de 2022 altera a Lei nº 8.830, de 21 de janeiro de 2008, que dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso, conhecida popularmente como Pantanal Mato-grossense, no qual representa 35% do território do bioma Pantanal. Dentre as alterações feitas pela Lei, destaca-se aquelas que trazem como consequência, graves ameaças à biodiversidade. Ocorre que pela nova Lei, a partir do Art. 3º, altera-se o Art. 7º no qual inclui o § 3º que diz respeito a: “Nas áreas consideradas de preservação permanente na Planície Alagável da Bacia do Alto Paraguai de Mato Grosso que possuam pastagens nativas, será permitido o acesso e uso para a pecuária extensiva, restauração de pastagem nativa, sendo vedada a substituição por gramínea exótica.”. Já o Art. 5º desta mesma lei, altera o inciso II do Art. 9º para a seguinte redação: “II - a implantação de projetos agrícolas e pecuária intensiva, exceto a atividade agrícola de subsistência e a pecuária extensiva;”. Por fim o Art. 7º da Lei supracitada altera o Art. 11º no qual passa a valer a seguinte redação: “A limpeza de pastagem, para fins da pecuária extensiva, será permitida mediante autorização do órgão ambiental, na forma do regulamento”.

Entende-se como pecuária, em seu sentido mais amplo, como a criação de animais para sua comercialização: matéria prima para obtenção de carne, couro, lã entre outras finalidades. Desta forma, existem diferentes sistemas de produção para alcançar os objetivos mencionados acima, sendo os mais praticados: o extensivo e o intensivo. A pecuária extensiva consiste na criação de animais a pasto (sob espécies nativas ou exóticas), tendo nas pastagens a principal fonte alimentar desses animais, como mínimo de investimento possível e com a ocupação de grandes áreas, podendo ser realizada tanto em grandes latifúndios quanto em pequenas áreas familiares. No Brasil, de acordo com a EMBRAPA, a pecuária extensiva é responsável por cerca de 93% do rebanho bovino. Dentre as instalações rurais utilizadas na pecuária extensiva englobam-se desde as cercas e porteiras, cochos e bebedouros, estrutura do “creep-feeding” e “creep-grazing”, o curral de manejo e seus componentes, até os silos para armazenamento de

alimentos (sal mineral), fertilizantes e outros insumos (DIAS-FILHO & ANDRADE, 2006; EMBRAPA, 2012).

Sabe-se que as práticas inadequadas de pastejo e manejo, falhas em seu estabelecimento, fatores bióticos (pragas e doenças) e fatores abióticos (excesso ou falta de chuvas, baixa fertilidade e drenagem insuficiente dos solos), levam à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem, culminando na sua degradação. As causas da degradação variam com cada situação específica de cada bioma (DIAS-FILHO, 2007). Portanto, acredita-se que o uso do conceito de pecuária extensiva torna-se um termo genérico para a implantação de diversos projetos agropecuários que, a curto e longo prazo, podem trazer consequências negativas à biodiversidade. Dentre estas podemos listar algumas ações: 1- Uso de fertilizantes para restauração e adubação de pastagens; 2- Uso de herbicidas e 3- Fogo para a limpeza de pastagens e o controle de plantas invasoras; 4- Uso de pesticidas para o controle de pragas e doenças e 5- Instalações rurais para suporte a prática da atividade pecuária.

A fim de dar subsídios científicos para a tomada de decisão na conservação do Pantanal, o objetivo deste estudo é fazer um levantamento de consequências de alguns manejos típicos da Pecuária extensiva do exposto acima sobre a biodiversidade de grupos chave de animais do Pantanal. Dentre os manejos mais comuns excluímos a construção de valas e dutos de escoamento por dois motivos: os dutos e valas são uma modificação tão extrema, que subverte a própria definição de Pantanal, retirando os critérios definidores e mantenedores da produtividade e Biodiversidade típica do Bioma. Ao nosso ver, não acreditamos que isso sequer possa ser aventado como técnica de manejo em um bioma cuja definição típica é a inundação periódica. Em segundo lugar, e talvez em decorrência da obviedade apontada no primeiro motivo, virtualmente não há estudos sobre os efeitos de se “despantanalizar” o Pantanal construindo diques e valas. Logo, o presente trabalho teve por objetivo fazer um levantamento de dados de artigos publicados em revistas acadêmicas indexadas no Web of Science. O levantamento teve como foco quatro grupos de animais: Aves, Peixes, Mamíferos, Formigas e Ortópteros. A partir dos dados levantados, foram feitos os possíveis apontamentos dos efeitos diretos e indiretos no uso de técnicas típicas de manejo, como presente em qualquer manual agrícola de pecuárias extensiva: (i) fertilizantes, (ii) herbicidas, (iii) pesticidas e do (iv) fogo. Além disso, também foram feitas discussões sobre os impactos das (v) instalações rurais sobre o ambiente pantaneiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A partir da literatura científica global, foram feitas pesquisas padronizadas na plataforma Web of Science (encurtador.com.br/bchNW) para verificar como o uso de fertilizantes (i), herbicidas (ii), pesticidas (iii) e o fogo (iv) afetam a biodiversidade de diferentes grupos de vertebrados e invertebrados. Sendo tais grupos aqui representados por: Aves; Peixes; Mamíferos; Formigas e Ortópteros.

Nesse sentido, fizemos buscas de artigos publicados até novembro de 2022, utilizando o nome do grupo, seguido pelo termo biodiversidade, e configuramos nome da ação a ser investigada em cada uma das nossas buscas (p.ex., Birds*Biodiversity*Fertilization; Birds*Biodiversity*Herbicide; Birds*Biodiversity*Pesticide; Birds*Biodiversity*Fire e etc). Cada busca foi armazenada em uma planilha .xlsx, contendo em cada linha um estudo associado aos termos chaves pesquisados, e informações como, título, autores, resumo, palavras chaves, doi, entre outras. Seguidamente, contabilizamos a partir da leitura do resumo de cada estudo, se o efeito sobre a biodiversidade de tal grupo foi direto ou indireto, e se positivo ou negativo, ou sem efeito. Adicionalmente, excluímos os estudos que não associavam a biodiversidade com a ação investigada, ou apresentavam temas fora do nosso escopo.

Ao final, comparamos estatisticamente a proporção de artigos que traziam efeitos positivos, negativos e sem efeito sobre a diversidade de cada grupo usando um teste “G”. Neste teste foi considerada como esperada pelo modelo nulo a ausência de diferenças nas proporções de categoria de resultado. Quando a probabilidade foi menor que 5% ($p < 0,05$) conclui-se que as proporções divergem do modelo nulo, demonstrando um efeito de um dos métodos de manejo desproporcionalmente maior que o acaso.

RESULTADOS

Foram encontrados 14 artigos sobre o impacto do uso de fertilizante sobre a biodiversidade de Aves, sendo que a maior parte apontou um efeito negativo (10), enquanto dois (2) apresentaram efeito positivo e outros dois estudos (2) apontaram ausência de efeito neutro ($G=10,755$, $p=0,004$). O efeito do emprego de herbicidas sobre a biodiversidade de Aves foi estudado em 35 artigos científicos, sendo a maior parte também demonstrou um forte efeito negativo sobre o grupo (21 artigos), enquanto apenas 5 apresentaram efeito positivo e 10 artigos não relataram sem efeito ($G=11,1$, $P=0,003$). Como esperado, o uso de pesticidas apresentou um efeito fortemente negativo sobre a biodiversidade de Aves, sendo encontrados 23 artigos científicos onde nenhum apontou efeito positivo e apenas seis (6) demonstraram ausência de efeitos ($20,71$; $p=0,00003$). Por fim, sobre o efeito do fogo 29 artigos indicam efeito positivo, 34 negativo e 19 sem efeito ($G=6,46$, $p=0,04$). Em todos os temas o tipo de efeito predominante, independente da direção (negativo ou positivo) era indireto, com exceção de 3 artigos que indicavam efeito negativo direto em relação ao uso de pesticidas.

Para Peixes foram encontrados 4 artigos relacionados ao efeito de fertilizantes sobre o grupo, dentre os quais 1 são de efeito direto positivo, 1 efeito indireto positivo e 2 sem efeito. Dada o baixo número de artigos encontrados, não pudemos fazer a comparação estatística. Sobre o uso de herbicidas foram encontrados 34 artigos, sendo 18 com efeito direto negativo, 3 indireto negativo e 13 sem efeito ($G=22,46$, $p=0,00003$). Em relação ao uso de pesticidas há 19 artigos sobre o assunto, dos quais 13 apontando efeito e 6 sem efeito ($G=10,35$, $P=0,005$). Para o efeito do fogo impactando o grupo dos peixes, foi encontrado apenas 1 artigo com efeito direto negativo.

Foram encontrados apenas artigos sobre o uso de fertilizantes sobre a diversidade de mamíferos, dentre os quais cinco são de efeito positivo e indireto para a diversidade, e dois são de efeitos negativos e indiretos. Em relação ao uso de herbicidas, foram encontrados nove artigos, sendo um de efeito positivo de forma direta, e oito de efeito negativo, desses três eram sem efeito e cinco com efeito indireto. Tanto para fertilizantes como para herbicidas, há poucos trabalhos para se empregar testes estatísticos. Já para o efeito dos pesticidas foram encontrados 18 artigos, sendo apenas um artigo não demonstrando efeito ($G=26,7$, $p=0,00002$). Em relação ao efeito do fogo sobre a diversidade, obteve 30 artigos, sendo 17 artigos com efeito negativo, sete (7) artigos com efeito nulo, seis (6) artigos tendo efeito positivo ($G=6,91$, $p=0,03$).

Para a diversidade de formigas encontramos um total de 23 artigos relacionados com uso de fertilizantes, onde 16 tiveram efeito negativo (nove com efeito direto e oito indireto), cinco com efeito positivo (quatro com efeito direto e um indireto) e dois artigos sem efeito sobre a comunidade ($G=11,92$, $p=0,002$). Para o uso de herbicidas, foram encontrados um total de 33 artigos, onde 25 tiveram efeito negativo (21 com efeito indireto e quatro direto) e oito sem efeito sobre a comunidade de formigas ($G=31,16$, $p=0,0000$). Já para o efeito dos pesticidas foram encontrados um total de 50 artigos relacionados com as formigas, onde 45 tiveram efeito negativo (26 com efeito direto e 19 com efeito indireto) e cinco sem efeito sobre a comunidade ($G=69,7$; $p=0,0000$). Para o efeito do fogo em sobre as formigas em planícies alagadas foram encontradas um total de oito artigos, onde seis tiveram efeito negativo direto e dois com efeito

positivo direto sobre a comunidade. Mesmo tendendo para efeitos negativos, não pudemos fazer um teste estatístico neste último caso dado o baixo número de trabalhos realizados sobre o tema do efeito de fogo sobre formigas.

Orthoptera foi o grupo menos estudado dentre os levantados, de forma que não houve possibilidade de se realizar testes estatísticos. Porém, em todos os casos, foi encontrada uma menor diversidade em todos os eventos de manejo. No caso, foram encontrados oito estudos associando o uso de fertilizantes sobre a biodiversidade, sendo seis com efeito negativo e direto, um com efeito positivo e direto, e um sem efeito. Em relação ao uso de herbicida, foram encontrados somente três estudos, sendo dois com efeito negativo e direto, e um com efeito positivo e direto. No caso do uso de pesticidas, foram encontrados quatro estudos, três com efeito negativo direto, e um sem efeito. Já para o efeito do fogo, foram encontrados sete estudos com efeito negativo direto, dois com efeito positivo direto, e quatro sem efeito.

TABELA 1. Quadro demonstrativo do número de estudos científicos publicados no *Web of Science* (publicados até novembro de 2022) a partir da pesquisa realizada sobre o efeito de práticas de manejo agrícola sobre a biodiversidade. Os números em negrito e asterisco apontam diferenças significativas nas comparações estatísticas.

		FERTILIZANTE				HERBICIDA				PESTICIDA				FOGO						
EFEITO	Positivo		Negativo		Sem efeito	Positivo		Negativo		Sem efeito	Positivo		Negativo		Sem efeito	Positivo		Negativo		Sem efeito
	DI	IN	DI	IN		DI	IN	DI	IN		DI	IN	DI	IN		DI	IN	DI	IN	
	Aves	0	2	0		10*	2	0	5		0	21*	5	0		0	4	13*	6	
Peixes	1	1	0	0	2	0	0	18	3*	13	0	0	9	4*	6	0	0	1	0	1
Mamíferos	0	5	0	2	0	1	0	0	5	0	0	0	1	16*	1	6	0	8	9*	7
Formigas	4	1	9	8*	2	0	0	4	21*	8	0	0	26	19*	5	2	0	6	0	0
Orthoptera	1	0	6	0	1	1	0	2	0	0	0	0	3	0	1	2	0	7	0	4

“DI” – Direto; “IN” – Indireto

DISCUSSÃO

Observamos diferenças nas respostas entre os grupos, mas com exceção do uso de fogo que causou um efeito indireto sobre a diversidade de aves, a maioria dos estudos científicos publicados apontam que as formas de manejo previstas como triviais implicam em decréscimo na biodiversidade dos grupos levantados. Logo, de maneira geral, o efeito da implementação da Lei nº 11.861/2022, permitindo a implementação de métodos de pecuária extensiva inequivocadamente trará algum efeito negativo a diversos grupos animais no Bioma Pantanal.

Para o grupo das aves foi observada uma tendência de efeito negativo sobre elas para todas as práticas associadas à pecuária extensiva aqui investigadas (fertilizantes, herbicidas, pesticidas e uso do fogo). A homogeneização e consequente simplificação do ambiente parece ser a principal causa dos efeitos negativos do uso de fertilizantes e principalmente herbicidas, pois resulta na restrição de recursos como abrigo e alimento para as aves. O uso de pesticidas se apresenta como a prática com mais evidências de efeitos negativos para este grupo, tendo em vista que afeta diretamente o recurso alimentar de uma grande parcela de espécies que compõem a guilda dos insetívoros, sendo esta a guilda mais expressiva no Pantanal (DE DEUS et al., 2020). Além disso, vale mencionar que, para aves, o emprego de pesticidas foi o único tema onde foram encontrados resultados negativos diretos, nestes estudos seu uso esteve associado a diminuição da espessura dos ovos de aves bem como intoxicação (FRY, 1995; BRO et al., 2016). Por fim, a maioria dos estudos realizados apontam um efeito negativo do emprego do fogo, porém com um número de trabalhos apontando efeito positivo ou neutro. Em todos os casos os efeitos descritos apontam serem indiretos, pela simplificação do habitat aumentando a facilidade de se obter alimento e visualização. Vale destacar que artigos que apontam resultados positivos do emprego de fogo estão frequentemente associados ao fogo promover heterogeneidade quer seja causado pela aplicação de fogo prescrito ou fogo em pequena escala, de baixa intensidade/severidade. Nenhum desses casos representa a supressão de vegetação conforme o método proposto previsto em pecuária extensiva.

Quando se avaliou os peixes, o uso de fertilizantes teve efeito positivo no grupo, mesmo que a quantidade de artigos que apontem esse efeito sejam apenas 2 trabalhos. A ação do efeito do uso de fertilizantes nos peixes em ambientes naturais, dissolvidos em corpos d'água por meio da agricultura extensiva é pouco relatado na literatura. Entretanto é amplamente estudado a adubação por meio de compostos químicos e orgânicos no tratamento de peixes de tanque, tendo efeito positivo na taxa de crescimento e biomassa dos peixes (ABBAS et al., 2010; GARG; BHATNAGAR, 2000). Em relação à contaminação dos ambientes aquáticos por meio dos herbicidas foram encontrados na busca 21 artigos com efeito negativo para o grupo dos peixes. Os herbicidas são desenvolvidos para causar danos nos processos fisiológicos em alguns grupos de plantas, mas eles podem causar efeitos deletérios fisiológicos nos animais, inclusive nos peixes (RIBEIRO et al., 2022). Os efeitos negativos de herbicidas nos peixes estão relacionados à inibição de enzimas vitais ao metabolismo e alterações no transporte de elétrons mitocondriais (RIBEIRO et al., 2022). Esses efeitos negativos também são semelhantes ao efeito dos pesticidas nos peixes, ao qual na busca deste trabalho 13 artigos apontam efeito negativo dos pesticidas neste grupo. A aplicação de pesticidas e herbicidas no solo para o controle de ervas daninhas auxiliando na manutenção do pasto, esses compostos podem ser transportados a longas distâncias por evaporação e precipitação, contaminando assim todo o ecossistema aquático (DE SOUZA et al., 2020). Apenas 1 artigo avaliou o efeito direto negativo do fogo no grupo dos peixes. Este trabalho de Monaghan et al. (2016), compara a riqueza e abundância de espécies de peixes em riachos que tiveram a vegetação queimada e riachos que não foram queimados ao longo de 18 anos, a estrutura do habitat foi um determinante chave do impacto dos incêndios florestais, aumentando com a inclinação do canal e o grau de

canalização. A baixa abundância de táxons migratórios (*S. trutta* e *Anguilla anguilla*) em locais queimados sugere a importância da mobilidade dos peixes para a recuperação pós-fogo (MONAGHAN et al., 2016).

No caso dos mamíferos, vimos que eles sofrem com os efeitos dos fertilizantes, herbicidas e pesticidas de modo indireto. Alguns estudos mostram efeitos positivos de fertilizantes na abundância de determinados mamíferos, porém a regra é a diminuição da riqueza local (PEKIN & PIJANOWSKI, 2012; BENTON et al., 2021). A ausência de efeitos diretos era esperada, uma vez que ministrar esses compostos sobre animais tem foco na fisiologia de espécies focais, de forma que esses estudos não envolvem efeitos sobre a diversidade. Podemos destacar que esses agentes químicos (fertilizantes, herbicidas e pesticidas) diminuem a diversidade de mamíferos por afetar a base do nível trófico (produtores, consumidores primários) causando o efeito “*bottom-up*” (VIDAL & MURPHY, 2017). Já para o efeito do fogo na diversidade de mamíferos, alguns trabalhos trouxeram que é positivo o efeito (GRIFFITHS & BROOK, 2014; SWAN et al., 2020), porém analisando somente o “pós-fogo” e em ambientes controlados como forma de fogo prescrito, não levando em consideração tudo que foi perdido durante o ato. Com isso, vale destacar que os mamíferos sofrem direta e indiretamente com o efeito do fogo, pois eles podem morrer queimados ou perder seu habitat, diminuindo também a quantidade de alimento disponível (WOINARSKI et al., 2023).

As formigas são organismos muito diversos, responsáveis por desempenhar importantes serviços ecossistêmicos. Elas auxiliam na degradação da matéria orgânica e tornam os nutrientes disponíveis para as plantas, são polinizadoras, dispersoras de sementes, e protegem plantas contra a ação de herbívoros (LACH et al., 2009). No caso, este foi o grupo com o maior número de estudos realizados. Neste trabalho notamos uma grande quantidade de estudos enfocando os efeitos negativos de fertilizantes, herbicidas e pesticidas sobre a comunidade de formigas. Por se tratar de insetos, esses compostos têm efeitos diretos sobre a fisiologia destes organismos. Ressaltamos que, ao contrário dos outros grupos estudados, as formigas são relativamente sedentárias, deslocando-se apenas no entorno de seus ninhos. Logo, este seria o grupo com menos estratégias comportamentais de escape e recolonização rápida após algum distúrbio que cause mortalidade de indivíduos e colônias, particularmente se esses compostos tiverem um alto tempo de persistência no ambiente. Já no caso dos efeitos de fogo, que é um distúrbio que não deixa resíduo tóxico persistente, há estudos (meta análises) demonstrando ausência de efeitos. No nosso levantamento, não encontramos suficientes estudos para se tecer um padrão.

No geral, os resultados observados para Orthoptera indicaram que o uso de fertilizante, herbicidas, pesticidas e do fogo, na maioria das vezes é prejudicial para sua biodiversidade, o que corrobora nossa hipótese. Esse grupo compreende uma importante praga agrícola, mas de fato, poucos estudos em nível de comunidade foram encontrados. Logo, mais estudos são necessários para se entender os efeitos gerais sobre a diversidade de Ortópteros. Adicionalmente, muitos estudos analisados foram realizados em sistemas já antropizados e/ou com diferentes históricos de utilização (Tabela S1), o que consequentemente pode mascarar alguns efeitos aqui investigados.

Um ponto importante a ser levantado neste estudo está relacionado às instalações rurais para a prática da pecuária extensiva. Sabe-se que a construção errada das cercas para a divisão dos piquetes e corredores, além da construção de barracões e currais, pode gerar uma maior compactação do solo, provocando supressão vegetal e a consequente erosão do solo e assoreamento dos rios (MBOW et al., 2019). Essas estruturas são, contudo, necessárias para execução de empreendimentos e devem ser pensadas *a priori* na quantidade de área por fazenda ou por unidade de área que torne o empreendimento viável sem desconfiguração ambiental. A perda da biodiversidade associada a mudanças no uso e manejo da terra e da água, dadas práticas de manejo advindas da pecuária extensiva, pode gerar consequências negativas à conservação

do bioma Pantanal. De fato, principalmente mudanças que impliquem na modificação no regime local e, principalmente, regional de inundações, de percolação ou lixiviação de água no solo implicam na total descaracterização e disfuncionalidade do Bioma. Diques e valas de escoamento, não puderam ser avaliados simplesmente por não haver estudos realizados sobre eles. Porém, sugerimos que, como são previstos em manuais de manejo para pecuárias extensiva, seu emprego deve ter efeitos tão ou mais nefastos a biodiversidade que o uso de compostos químicos ou queima, avaliados neste estudo.

CONCLUSÃO

Mesmo que a pecuária extensiva seja uma atividade precípua do Pantanal, esta pecuária é historicamente realizada sem grandes modificações estruturais e (TOMAS et al., 2019). Com a lei 11.861, de 03 de agosto de 2022, conforme proposta, permite que a pecuária empresarial, sem histórico e conhecimento da história natural da região, se instalem promovam alterações previstas na definição do que é pecuária extensiva, conforme previsto em textos basais de pecuária (DIAS-FILHO & ANDRADE, 2006; EMBRAPA, 2012). Como demonstrado, há suporte científico para demonstrar efeito negativo de várias técnicas de manejo comuns em pecuária extensiva. Porém não há trabalhos científicos que avaliem a descaracterização do bioma, pela instalação de valas de escoamento ou diques que mudem o regime de inundações. Dessa forma, recomendamos que seja descrito em Lei quais estratégias de manejo serão permitidas e em que extensão para a prática da pecuária extensiva no bioma Pantanal. Acredita-se que maiores restrições do termo “pecuária extensiva” utilizado em Lei deve ser adotado, bem como as práticas de manejos apontadas neste trabalho devem ser proibidas, ou reguladas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, S. et al. Comparative effects of fertilization and supplementary feed on growth performance of three fish species. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 12, n. 2, p. 276–280, 2010.
- BENTON, T.G.; BIEG, C.; HARWATT, H.; PUDASAINI, R.; WELLESLEY, L. 2021. Food system impacts on biodiversity loss: Three levers for food system transformation in support of nature. Energy, **Environment and Resources Programme**.
- BRO, E. et al. Residues of plant protection products in grey partridge eggs in French cereal ecosystems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 10, p. 9559–9573, 3 fev. 2016.
- DE DEUS, F. F. et al. Avian Beta Diversity in a Neotropical Wetland: the Effects of Flooding and Vegetation Structure. **Wetlands**, v. 40, n. 5, p. 1513–1527, 16 mar. 2020.
- DE SOUZA, R. M. et al. Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 135, p. 22–37, 2020.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.
- DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. Pastagens no trópico úmido. Belém, PA: Embrapa **Amazônia Oriental**, 2006. 30 p. (Documentos, 241).
- EMBRAPA. A pecuária extensiva no Brasil. 2012. Disponível em: <<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/blog/-/blogs/a-pecuaria-extensivano-brasil>>. Acesso em: 16 de outubro de 2021.
- FILHO, W. L., AZEITEIRO, U. M., SALVIA, A. L., FRITZEN, B., LIBONATI, R. Fire in Paradise: Why the Pantanal is burning. **Environmental Science & Policy**. 123, 31-34.
- FRY, D. M. Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. **Environmental Health Perspectives**, v. 103, n. suppl 7, p. 165–171, out. 1995.
- GARG, S. K.; BHATNAGAR, A. Effect of fertilization frequency on pond productivity and fish biomass in still water ponds stocked with *Cirrhinus mrigala* (Ham.). **Aquaculture Research**, v. 31, n. 5, p. 409–414, 2000.
- GIRARD, P. 2011. Hydrology of surface and ground waters in the Pantanal floodplains. In: JUNK, W.J., SILVA, C. J., NUNES DA CUNHA, C., WANTZEN, K.M., (Eds.). The Pantanal: ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. **Pensoft**, pp. 103–126.
- GRIFFITHS, A.D.A.C.; BROOK, W. Effect of fire on small mammals: a systematic review. **International Journal of Wildland Fire** 23(7) 1034-1043.
- GUERRA A., ROQUE F. DE O., GARCIA L.C., OCHAO-QUINTERO J.M.O., OLIVEIRA P.T.S., DE GUARIENTO, R.D., ROSA, I.M.D., 2020. Drivers and projections of vegetation loss in the Pantanal and surrounding ecosystems. **Land use policy** 91, 104388.

HARRIS M.B., TOMAS W., MOURÃO G., DA SILVA C.J., GUIMARÃES E., SONODA F., FACHIM E. 2005. Safeguarding the pantanal wetlands: Threats and conservation initiatives. **Conservation Biology**. 19, 714–720.

IBGE 2023. BIOMAS BRASILEIROS. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>>. Acessado em 15/05/2023

JUNK W.J., PIEDADE M., LOURIVAL R., WITTMANN F., KANDUS P., LACERDA L.D., BOZELLI R.L., ESTEVES F.A., et al. 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation**. 24(1): 5–22.

LACH, L.; PARR, C. L.; ABBOTT, K. (eds) 2009. **Ant ecology**. Oxford: Oxford University Press, xvii + 410 pp.

MBOW, C.; ROSENZWEIG, C.; BARIONI, L. G.; BENTON, T. G.; HERRERO, M. 2019. **Food security**. In: Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. IPCC.

MONAGHAN, K. A. et al. The impact of wildfire on stream fishes in an Atlantic-Mediterranean climate: Evidence from an 18-year chronosequence. **Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems**, v. 2016-January, n. 417, 2016.

NUNES A.P., S.R. POSSO, A.V.B. FROTA, B. VITORINO, R.R. LAPS, R.J. DONATELLI, F.C. STRAUBE, M.A.C. PIVATTO, et al. 2021. Birds of the Pantanal floodplains, Brazil: historical data, diversity, and conservation.

PEKIN B.K., PIJANOWSKI B.C. 2012. Global land use intensity and the endangerment status of mammal species. **Diversity and Distributions** (18), 909–918.

RIBEIRO, Y. M. et al. Adverse effects of herbicides in freshwater Neotropical fish: A review. **Aquatic Toxicology**, v. 252, n. September, 2022.

SWAN, M.; CHRISTIE, F.; STEEL, E.; SITTERS, H.; YORK, A.; DI STEFANO, J. 2020. Ground-dwelling mammal diversity responds positively to productivity and habitat heterogeneity in a fire-prone region. **Ecosphere** (11).

TOMAS W.M.B., CHIARAVALLI, C.N., FAGGIONI, R.M., STRÜSSMANN, G.P., LIBONATI, C., ABRAHÃO, R., ALVARENGA, C.R.V., BACELLAR, G.F., et al., 2021. Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020 's wildfires in the Pantanal, Brazil. **Science Reports**.

TOMAS, WALFRIDO M. DE OLIVEIRA ROQUE, FABIO MORATO, RONALDO G. MEDICI, PATRICIA EMILIA CHIARAVALLI, RAFAEL M. TORTATO, F. 2019. Sustainability Agenda for the Pantanal Wetland: Perspectives on a Collaborative Interface for Science, Policy, and Decision-Making. **Tropical Conservation Science**, 12, 194008291987263, 2019.

TORTATO, FERNANDO R.; HOOGESTEIJN, RAFAEL; DEVLIN, ALLISON L.; QUIGLEY, HOWARD B.; BOLZAN, FÁBIO; Izzo, Thiago J.; FERRAZ, KATIA M. P. M. B.; PERES, CARLOS A. 2021. Reconciling biome-wide conservation of an apex carnivore with land-use economics in the increasingly threatened Pantanal wetlands. **Scientific Reports**, v. 11, p. 22808.

VIDAL, M. C.; MURPHY, S. M. 2017. Bottom-up vs. top-down effects on terrestrial insect herbivores: a meta-analysis. **Ecology Letters**, (21), 138–150.

WOINARSKI, J. C. Z.; CRIPPS, J.; DURKIN, L.; LAW, B. 2023. Impacts of the 2019–20 wildfires on native mammals. **Australia's Megafires: Biodiversity Impacts and Lessons from 2019-2020**.