









Diagnóstico do atropelamento de mamíferos silvestres em estradas na bacia do alto Paraguai

Diagnosis on the mammal road-kills in the Upper Paraguay River Basin

Fernando Antônio Silva Pinto^I  | Alex Bager^{III}  | Rafaela Cobuci Cerqueira^I  | Adriana Pereira Milagres^{IV}  |
 Bianca Cruz Morais^V  | Priscilla Barbosa Alcantara da Silva^I  | Erika Castro^{III}  | Emília Patrícia Medici^{VI, VII}  |
 Arnaud L. J. Desbiez^{VII, VIII, IX}  | Fernando Rodrigo Tortato^{X, XI}  | Henrique Villas Boas Concone^{XII, XIII, XIV} 

^ISIGNature Planejamento e Conservação. Barbacena, Minas Gerais, Brasil | ^{III}Makaia Serviços Ambientais Ltda. Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil |

^{III}Universidade Federal de Lavras. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. Lavras, Minas Gerais, Brasil | ^{IV}Universidade Federal de Viçosa.

Laboratório de Manejo e Conservação de Fauna. Viçosa, Minas Gerais, Brasil | ^VEcology & Environment do Brasil. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil |

^{VI}Instituto de Pesquisas Ecológicas. Iniciativa Nacional para a Conservação da Anta Brasileira. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil | ^{VII}International Union

for Conservation of Nature. Species Survival Commission. Tapir Specialist Group. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil | ^{VIII}The Royal Zoological Society

of Scotland. Edinburgh, UK | ^{IX}Instituto de Conservação de Animais Silvestres. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil | ^XPanthera Brasil. New York, NY, USA |

^{XI}Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil |

^{XII}Instituto Pró-Carnívoros. Atibaia, São Paulo, Brasil | ^{XIII}Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada. Piracicaba,

São Paulo, Brasil | ^{XIV}Universidade de São Paulo. Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação de Fauna Silvestre. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Resumo: O atropelamento de fauna silvestre em estradas é responsável pela perda direta de milhões de indivíduos anualmente no Brasil, sendo importante acessar, compreender e mitigar seus impactos. Apresentamos um diagnóstico sobre o atropelamento de mamíferos na bacia hidrográfica do alto Paraguai (BAP), com o objetivo de acessar o atual estado de conhecimento, identificar lacunas e propor medidas de conservação e mitigação. Os dados foram coletados através de uma revisão sistemática da literatura científica, posteriormente caracterizados de acordo com tipo de estudo, localidade na BAP, riqueza e *status* de conservação de espécies e taxas de atropelamento. Identificamos 15 estudos que realizaram monitoramentos sistemáticos de atropelamento, a maioria em estradas do Mato Grosso do Sul. Entre eles, 93% dos monitoramentos foram realizados por carro, com uma duração média de 14 meses. Compilamos 5.241 indivíduos atropelados, distribuídos em dez ordens e 47 espécies, sendo a ordem Carnívora a mais representativa. Doze espécies apresentaram o *status* de ameaçada de extinção em nível nacional; destas, o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) possui as maiores médias de taxas de atropelamento. Nosso diagnóstico se mostrou importante para identificar espécies vulneráveis aos efeitos dos atropelamentos, nortear novas pesquisas e auxiliar nas estratégias em políticas públicas e mitigação de impactos.

Palavras-chave: Ecologia de estradas. Mamíferos. Taxas de atropelamento.

Abstract: Wildlife road-kill is responsible for the direct loss of millions of individuals on Brazilian roads annually. It is urgent to access, understand, and mitigate these impacts. We present a diagnosis on the mammal road-kills in the Upper Paraguay River Basin (BAP), intending to access the current state of knowledge, identify gaps, and propose conservation and mitigation measures. Data were collected through a systematic literature review and further characterized according to the type of study, location in the BAP, species richness and conservation status, and road-kill rates. We identified 15 studies that implemented systematic road-kill monitoring, mostly on Mato Grosso do Sul roads. 93% of the monitoring was carried out by car, with an average duration of 14 months. We compiled 5,241 roadkilled individuals distributed in ten orders and 47 species, with the order Carnivora being the most representative. Twelve species presented the status of threatened with extinction at a national level, with the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) having the highest average of road-kill rates. Our review was essential to identify vulnerable species to road-kill effects, guide further research, and help in policy strategies and road impact mitigation.

Keywords: Road ecology. Mammals. Road-kill rates.

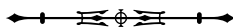
Pinto, F. A. S., Bager, A., Cerqueira, R. C., Milagres, A. P., Morais, B. C., Silva, P. B. A., . . . & Concone, H. V. B. (2021). Diagnóstico do atropelamento de mamíferos silvestres em estradas na bacia do alto Paraguai. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(3), 441-458. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i3.812>

Autor para correspondência: Fernando Antônio Silva Pinto. (asp.fernando@gmail.com).

Recebido em dez. 2020

Aprovado em out. 2021

Responsabilidade editorial: Carolina Carvalho Cheida



INTRODUÇÃO

Infraestruturas de transporte como as estradas geram efeitos ecológicos diversos na fauna silvestre, a maioria deles deletérios (van der Ree et al., 2015). Dentre os principais mecanismos promotores de tais efeitos, destacam-se a redução da conectividade entre habitats (Corlatti et al., 2009), a degradação de habitats (Basille et al., 2013) e a perda direta de indivíduos por atropelamento (Schwartz et al., 2020). Estudos apontam que esses três principais mecanismos, agindo sozinhos ou em conjunto, impactam negativamente populações animais, ao reduzirem a abundância e o crescimento de populações, o uso do espaço e a diversidade genética (Teixeira et al., 2020).

Atualmente, a colisão entre veículos e animais silvestres é tida como uma das maiores causas de mortalidade induzidas pelo homem, responsável pela perda direta de milhões de vertebrados anualmente (Loss et al., 2014; Hill et al., 2019; Grilo et al., 2020). Evidências indicam que a vulnerabilidade das espécies às estradas e ao tráfego é influenciada por traços ecológicos e comportamentais específicos (Rytwinski & Fahrig, 2015). Por exemplo, mamíferos de médio e grande portes são particularmente vulneráveis aos atropelamentos, por apresentarem características de histórias de vida que favorecem o encontro com as estradas, como alta mobilidade e grandes áreas de vida (Chiarello, 1999; Rytwinski & Fahrig, 2012). Adicionalmente, as baixas taxas reprodutivas e a baixa densidade populacional desse grupo podem comprometer a persistência populacional diante de altas taxas de atropelamento (Ceia-Hasse et al., 2017).

Aproximadamente 30% dos mamíferos que ocorrem no Brasil estão sob algum grau de ameaça (Schipper et al., 2008) e, para algumas espécies, os atropelamentos afetam negativamente a viabilidade de suas populações (Barbosa et al., 2020). Inúmeros estudos apontam que é crescente o número de espécies de mamíferos que são mortas por atropelamento, incluindo espécies ameaçadas em nível nacional, como alguns felinos (L. Silva et al., 2014), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) (C. Carvalho, 2014), o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) (de Freitas, 2014) e o tatu-canastra (*Priodontes maximus*)

(Banhos et al., 2020). Entretanto, o planejamento técnico-científico para a mitigação deste conflito e o conhecimento científico sobre o tema ainda são escassos no Brasil (Huijser et al., 2013; Abra et al., 2019; Pinto et al., 2020).

O Pantanal é um bioma sul-americano composto por uma planície inundável, formada pelos depósitos dos rios da bacia hidrográfica do alto Paraguai, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Apresenta fitofisionomias de Cerrado (predominante), Chaco, Amazônia e Mata Atlântica (M. Silva et al., 2000; Pott & Pott, 2009), além de abrigar uma fauna diversa e abundante (Alho, 2008). O atropelamento de animais em rodovias nesta região é frequente (Omena Junior et al., 2012; J. Sousa et al., 2015; Fischer et al., 2018), especialmente em decorrência do alto tráfego de veículos em estradas que cortam áreas de altas diversidade e abundância de espécies (EMBRAPA, 2010; Ascensão et al., 2017).

Juntos, os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul possuem uma malha viária de quase 100 mil km de extensão, com um planejamento de ampliação de mais 8 mil km (DNIT, 2014). Desde 2016, o Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (MPMS), em parceria com a Iniciativa Nacional para a Conservação da Anta Brasileira (INCAB) e o Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), tem mobilizado um processo de cobrança às autoridades estaduais de transporte (AGESUL) e meio ambiente (IMASUL) pela redução dos atropelamentos na região, visando tanto a conservação da biodiversidade quanto a segurança humana (Medici et al., 2018). Neste artigo, foi realizada uma revisão da literatura acerca dos mamíferos afetados por atropelamento na área da bacia hidrográfica do alto Paraguai (BAP) e seu entorno, com o objetivo de traçar um diagnóstico sobre o tema na região, importante para priorizar ações de conservação e influenciar políticas públicas que visem a redução deste impacto.

MATERIAIS E MÉTODOS

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Foi realizada uma compilação de dados por meio de buscas em plataformas acadêmicas, como o portal da

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, s.d.) e o currículo lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, s.d.), além de bibliotecas científicas *online*, como *Web of Science*, *SciELO* e *Scopus*, buscando-se por trabalhos sobre atropelamento de mamíferos em rodovias localizadas total ou parcialmente na bacia hidrográfica do alto Paraguai. Foram priorizados os estudos realizados na porção brasileira da bacia, incluindo toda a extensão do Pantanal. Tais rodovias interceptam áreas de ecótono adjacentes à BAP, sob domínio principalmente do bioma Cerrado, e porções da Amazônia (limite norte da bacia).

As buscas incluíram anais de congressos (resumos e resumos expandidos), artigos científicos, estudos acadêmicos (dissertações e teses), além de documentos técnicos, como estudos de impacto ambiental. As palavras-chave utilizadas em Português e Inglês foram: (“Pantanal*”) AND (“mamíferos*” OR “atropelamento*” OR “estradas*” OR “rodovias*” OR “mitigação*” OR “Mato Grosso*” OR “Mato Grosso do Sul*”). A pesquisa não se restringiu a uma data inicial de buscas, compreendendo o período entre o primeiro trabalho realizado até o ano de 2018.

Como forma de padronizar a caracterização dos estudos e a análise dos dados, foram desconsiderados os levantamentos não sistemáticos (registros eventuais de atropelamento), sendo obtidas as taxas de atropelamento apenas para os estudos que forneceram o número total de indivíduos atropelados, a quilometragem total percorrida durante todo o estudo e o total de dias amostrais. Além das espécies de mamíferos atropeladas, foram extraídas de cada estudo informações sobre data (ano), tipo de publicação, periodicidade do estudo, identificação da rodovia (e.g. código ou nome) e o seu segmento monitorado, além da subdivisão hidrográfica da BAP (Corixo Grande, Cuiabá, São Lourenço/Piquiri, rio Paraguai, Leque do Taquari, Nhecolândia, Miranda, Aquidauana/Negro, ou Nabileque, segundo Hamilton et al., 1996). Com base nessas informações, foi criada uma lista de espécies de mamíferos incluindo o número de indivíduos atropelados,

a taxa de atropelamento (razão do número de indivíduos atropelados por distância monitorada em quilômetro por dia - ind./km/dia), a frequência relativa de registros (número de registros da espécie com relação ao número total de estudos) e sua categoria de risco de extinção em nível nacional (ICMBio, 2018) e global (IUCN, 2021).

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS

Foram identificados 26 estudos relatando atropelamentos de mamíferos na área de influência da BAP, dos quais apenas 15 realizaram monitoramentos sistemáticos (Tabela 1). Os artigos científicos representaram 46% das publicações, seguidos pelos anais de congresso e estudos acadêmicos, com 27% e 20% das publicações, respectivamente, e apenas um estudo técnico de impacto ambiental. Um maior número de publicações, 73%, foi obtido a partir de 2012, sendo a dissertação de mestrado desenvolvida por Fischer (1997) o estudo mais antigo sobre fauna atropelada na região do Pantanal (Tabela 1).

Os trabalhos se concentraram majoritariamente no estado de Mato Grosso do Sul, com 12 publicações, enquanto apenas três estudos (20%) foram realizados em rodovias do estado de Mato Grosso. Apenas duas rodovias foram monitoradas em mais de um estudo, a BR-262, em nove estudos, e a BR-163, em quatro. Com um traçado transversal de 783 km no estado do Mato Grosso do Sul, a BR-262 é uma importante rota comercial, integrando as regiões Central e Sudeste do Brasil. Possui cerca de 300 km em seu trecho oeste (entre as cidades de Aquidauana e Corumbá), inseridos total ou parcialmente na região do Pantanal (Figura 1). A BR-163 integra a região sul ao Centro-Oeste e Norte do Brasil, fazendo a ligação entre as capitais dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Localizada dentro dos limites da BAP, conta com projetos de duplicação já realizados e em planejamento (DNIT, 2014).

Quanto aos métodos empregados, 93% realizaram monitoramentos de carro com velocidade média variando

Tabela 1. Estudos de atropelamento de mamíferos com monitoramento sistemático em rodovias que abrangem a bacia hidrográfica do alto Paraguai (BAP), nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Brasil.

Table 1. Mammal road-kill studies with systematic surveys in highways within the Upper Paraguay River Basin (BAP), in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul states, Brazil.

Autor(es)	Tipo de publicação	Método de monitoramento (velocidade média)	Período do estudo	Rodovia	Segmento da rodovia	BAP (sub-regiões)
Fischer (1997)	Acadêmico	Carro	1996-1997	BR-262	Campo Grande-Corumbá	Aquidauana/ Miranda/ Nabileque/Rio Paraguai
Melo & Santos-Filho (2007)	Artigo	Carro (40 km/h)	2000-2001	BR-070	Cáceres-Cuiabá	Cuiabá/Rio Paraguai
Casella (2010)	Acadêmico	Carro	2002-2004	BR-262	Campo Grande-Miranda	-
Brum et al. (2011)	Anais de congresso	Carro	2010-2011	MT-235/ MT-358	Tangará da Serra-Campo Novo do Parecis	-
Cáceres et al. (2012)	Artigo	Motocicleta	2002-2004	BR-262	Campo Grande-Miranda	Aquidauana/ Miranda
Cáceres (2012)	Artigo	Carro (60 km/h)	2003-2004	BR-262/ BR-487/ BR-163/ BR-060/ MS-157	Campo Grande-Miranda Campo Grande-Dourados Naviraí-Ponte do rio Paraguai	Aquidauana/ Miranda
Casella et al. (2012)	Anais de congresso	Carro	2011-2012	BR-163	Campo Grande-Coxim	-
Cunha & Souza (2012)	Anais de congresso	Carro (50-60 km/h)	2011-2012	BR-262	Aquidauana-Ponte do rio Paraguai	Aquidauana/ Miranda/ Nabileque/Rio Paraguai
Sobanski et al. (2013)	Anais de congresso	Carro (60 km/h)	2011-2012	BR-262	Anastácio-Corumbá	Miranda/ Nabileque
JGP (2014)	Estudo técnico	Carro (60 km/h)/A pé	2014	BR-163	km 0-km 847,2	-
N. Carvalho et al. (2014)	Artigo	Carro (50-60 km/h)	2011	MS-080	Campo Grande-Rochedo	-
Souza et al. (2014)	Artigo	Carro (50 km/h)	2011-2012	BR-262	Anastácio-Ponte do rio Paraguai	Aquidauana/ Miranda/ Nabileque/ Paraguai
Sobanski (2016)	Acadêmico	Carro (60 km/h)	2014-2015	BR-262	Anastácio-Corumbá	Miranda/ Nabileque
Ascensão et al. (2017)	Artigo	Carro (40-50 km/h)	2013-2014	BR-262/ BR-163/ BR-267/ MS-134	Campo Grande-Rio Paraguai Campo Grande-Três Lagoas Campo Grande-Nova Andradina	Aquidauana/ Miranda/ Nabileque/ Paraguai
Valadão et al. (2018)	Artigo	Carro (40 km/h)	2009-2010	MT-010/ MT-343/ MT-246/ BR-364	Várzea Grande-Jangada Cuiabá-Jangada Jangada-Barra do Bugres Barra do Bugres-Porto Estrela	-



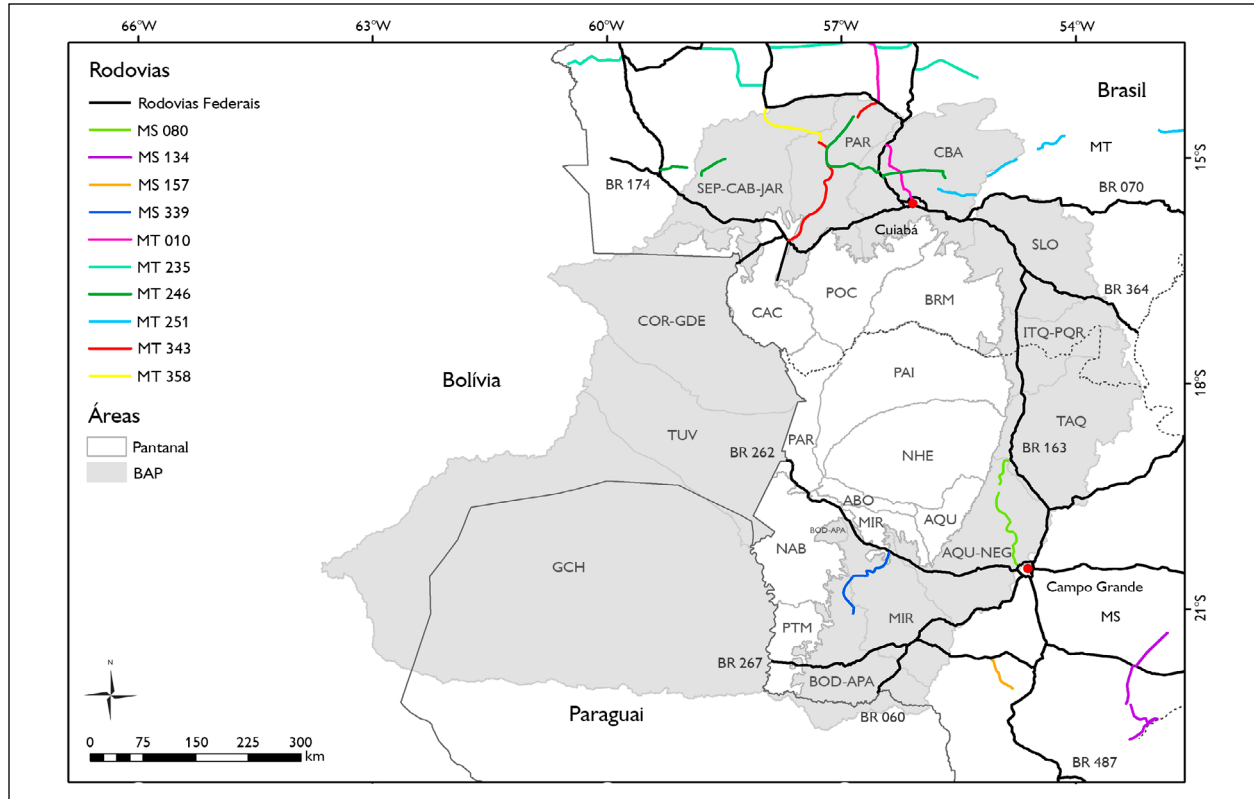


Figura 1. Rodovias da bacia hidrográfica do alto rio Paraguai (BAP), nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Brasil, monitoradas nos estudos de atropelamento sistemáticos entre 1997 e 2018. Mapa: delimitação das sub-regiões do Pantanal brasileiro feita por J. S. V. Silva et al., adaptado ao novo limite de biomas do IBGE (2019), pelo Instituto Socioambiental da Bacia do Alto Paraguai SOS Pantanal; produção e diagramação do mapa de SIGNature Planejamento e Conservação.

Figure 1. Upper Paraguay River Basin (BAP) highways, in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil, surveyed in road-kill studies between 1997 and 2018. Map: delimitation of subregions of Pantanal by J. S. V. Silva et al., adapted to IBGE's new biome limits (2019) by the Instituto Socioambiental da Bacia do Alto Paraguai SOS Pantanal; map layout and production by SIGNature Planejamento e Conservação.

entre 40 e 60 km/h. Apenas um estudo de monitoramento foi feito usando motocicleta (Cáceres et al., 2012) e outro comparou métodos de monitoramentos realizados a pé e de carro (JGP, 2014). O tempo médio de duração dos monitoramentos foi de 14 meses, sendo o estudo mais longo o realizado por Cáceres et al. (2012), com 24 meses, e o mais curto o estudo de impacto ambiental para a duplicação da BR-163, com seis meses (JGP, 2014).

A maioria dos estudos (66%) teve como objetivo realizar o levantamento de espécies atropeladas (i.e. observar a composição de espécies) em trechos específicos de rodovias (Brum et al., 2011; Casella, 2010; Casella et al.,

2012; V. Cunha & Souza, 2012; JGP, 2014; Fischer, 1997; Melo & Santos-Filho, 2007; Sobanski et al., 2013; Valadão et al., 2018). Quatro estudos buscaram investigar padrões espaciais/temporais que influenciam as ocorrências dos atropelamentos (Ascensão et al., 2017; Cáceres et al., 2012; Souza et al., 2014; JGP, 2014), e um investigou a relação entre características biológicas e a probabilidade de atropelamento (Cáceres, 2012). Apenas uma publicação teve foco no monitoramento de medidas de mitigação (Sobanski, 2016).

Os resultados mostraram que o atropelamento de mamíferos na área da BAP é maior na estação chuvosa (Cáceres et al., 2012; Souza et al., 2014), em áreas de menor elevação

(Souza et al., 2014), próximo a corpos d'água, com vegetação ripária e maior cobertura florestal (Ascensão et al., 2017), e em áreas com maior abundância de espécies (Ascensão et al., 2017; Cáceres, 2012). A proximidade de centros urbanos apresentou resultados contrastantes, podendo aumentar as chances de atropelamento para algumas espécies (por exemplo, tamanduá-bandeira) (Ascensão et al., 2017), bem como reduzi-las para outras espécies (por exemplo, anta, *Tapirus terrestris*, tatu-galinha, *Dasybus novemcinctus*) (Ascensão et al., 2017; Cáceres, 2012). Quanto às medidas de mitigação, o estudo de Sobanski (2016) na BR-262, avaliando a eficácia de redutores eletrônicos de velocidade, constatou uma redução de mais de 50% no número de atropelamentos em distâncias de até 500 metros dos dispositivos, apontando para uma possível eficácia na redução desse impacto em pontos específicos da rodovia.

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS ESTUDOS

Todos os estudos estão localizados integral ou parcialmente dentro dos limites da bacia hidrográfica do alto Paraguai, dos quais 60% foram realizados em sub-regiões do Pantanal. Com exceção da pesquisa de Melo & Santos-Filho (2007) na BR-070, que abrangeu a sub-região de Poconé no estado de Mato Grosso, as demais foram realizadas em Mato Grosso do Sul, em contato com as sub-regiões hidrográficas de Miranda, Aquidauana, Nabileque e rio Paraguai, entre os municípios de Miranda e Corumbá, ao longo da BR-262.

Os trabalhos de Cáceres (2012) e o estudo de impacto ambiental para a duplicação da BR-163 (JGP, 2014) abrangeram, além dos biomas da BAP, a Mata Atlântica. Brum et al. (2011) também incluíram o bioma Amazônia no município de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso. Os estudos conduzidos no bioma Pantanal abrangeram cinco de suas 11 sub-regiões: Aquidauana, Cuiabá, Miranda, Nabileque e Paraguai, sendo que a região de Miranda foi a melhor representada, com oito trabalhos (53%). Ainda há lacunas de pesquisas sobre atropelamentos no Pantanal, como é o caso das sub-regiões de Corixo Grande, São Lourenço, Nhecolândia e Leque do Taquari, acessadas somente por estradas de terra. O mesmo ocorre com o Planalto, que possui grande número de rodovias,

as quais, no entanto, ainda não foram objetos de estudos. A deficiência de estudos é alarmante, principalmente em áreas prioritárias para a conservação, como é o caso do Pantanal e do Cerrado (Ioris et al., 2014; Mittermeier et al., 2005).

MAMÍFEROS AFETADOS

Foram registrados 5.241 indivíduos de mamíferos atropelados, pertencentes a dez ordens e 47 espécies (Tabela 2). Os resultados representam aproximadamente 35% da riqueza de mamíferos registrada no bioma Pantanal (Paglia et al., 2012) e 25% das espécies do Cerrado (ICMBio, 2018). A ordem mais representativa foi Carnívora, com 17 espécies registradas, seguida de mais cinco ordens: Didelphimorphia, Cingulata, Artiodactyla, Primates e Rodentia, cada uma com cinco espécies, além de representantes das ordens Pilosa (n = 2), Perissodactyla, Lagomorpha e Quiróptera, representadas por uma única espécie.

Em números absolutos, a espécie mais atropelada foi o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*, Tabela 2), de comportamento generalista e oportunista, encontrada em quase todo o território brasileiro. Possui dieta onívora, que inclui carniças (Cheida et al., 2011). Assim, o forrageio de animais mortos em rodovias pode ser um dos fatores que leva o cachorro-do-mato à maior exposição a eventos de atropelamento. Vários outros estudos também mostram esta espécie entre as mais atropeladas em outras regiões do país (Abra et al., 2018; Gumier-Costa & Sperber, 2009; S. Freitas et al., 2011; Huijser et al., 2013; Martinelli & Volpi, 2011; Oliveira & Silva, 2012). A segunda espécie mais registrada, o tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*), é encontrada em todos os biomas brasileiros (Reis et al., 2006) e também se alimenta de carcaças. As espécies com as maiores médias de taxas de atropelamento neste estudo (*Cerdocyon thous*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Euphractus sexcinctus*, *Tamandua tetradactyla*, Figura 2) seguem o padrão das espécies mais afetadas, de acordo com estudos realizados em diferentes regiões do Brasil (Gumier-Costa & Sperber, 2009; S. Freitas et al., 2011; Martinelli & Volpi, 2011; Oliveira & Silva, 2012).

Tabela 2. Lista compilada das espécies de mamíferos atropeladas, obtida através de estudos publicados entre 1997 e 2018 em rodovias que abrangem a bacia hidrográfica do alto Paraguai (BAP), nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Brasil. São apresentados ordem, nome comum, *status* de conservação, número de registros de atropelamentos (n), média da taxa de atropelamento (TA, \pm desvio padrão) e frequência de ocorrência. Legendas: F = número de ocorrência com relação ao total de estudos; ¹ = ICMBio (2016); ² = IUCN (2021); VU = vulnerável; QA = quase ameaçada.

Table 2. Compiled list of road-killed mammals, obtained through published studies between 1997 and 2018 in highways located within the Upper Paraguay River Basin (BAP), in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil. It is presented order, common name, conservation status, number of road-kill records (n), mean road-kill rate (TA, \pm standard deviation) and occurrence frequency. Labels: F = number of occurrences in relation to the total studies; ¹ = ICMBio (2016); ² = IUCN (2021); VU = vulnerable; QA = Near threatened.

(Continua)

Táxon	Nome comum	ICMBio ¹	IUCN ²	n	TA (\pm)	F
Didelphimorphia						
<i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780)	Cuíca-d'água			1	0,0001	1 (6,5%)
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Gambá, saruê			70	0,0014 (0,0043)	10 (66%)
<i>Didelphis aurita</i> (Wied-Neuwied, 1826)	Gambá, mucura			2	0,0001 (0,0024)	2 (13%)
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	Gambá-comum			3	0,0009	1 (6,5%)
<i>Caluromys philander</i> (Linnaeus, 1758)	Cuíca-lanosa			2	0,0006	1 (6,5%)
Pilosa						
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> Linnaeus, 1758	Tamanduá-bandeira	VU	VU	489	0,0036 (0,0046)	14 (93%)
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim			578	0,0063 (0,0046)	13 (86%)
Cingulata						
<i>Dasybus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-galinha			355	0,0030 (0,0043)	12 (80%)
<i>Dasybus septemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu, tatu-mulita			3	0,0004	1 (6,5%)
<i>Dasybus kappleri</i> Krauss, 1862				1	0,0003	1 (6,5%)
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-peba			907	0,0070 (0,0047)	15 (100%)
<i>Cabassous unicinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-de-rabo-mole			8	0,0001 (0,0035)	6 (40%)
Perissodactyla						
<i>Tapirus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	Anta	VU	VU	59	0,0005 (0,0043)	10 (66%)
Artiodactyla						
<i>Dicotyles tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Cateto, caititu			22	0,0006 (0,0026)	4 (27%)
<i>Tayassu pecari</i> (Link, 1795)	Queixada	VU	VU	59	0,0020 (0,0043)	7 (47%)
<i>Blastocerus dichotomus</i> (Illiger, 1815)	Cervo-do-pantanal	VU	VU	13	0,0008 (0,0044)	4 (27%)
<i>Mazama americana</i> (Erxleben, 1777)	Veado-mateiro			3	0,0002	1 (6,5%)
<i>Mazama gouazoubira</i> (Fischer, 1814)	Veado-catingueiro			2	0,0006	1 (6,5%)
Primates						
<i>Sapajus apella</i> (Linnaeus, 1758)	Macaco-prego			9	0,0014 (0,0039)	2 (13%)
<i>Sapajus cay</i> (Illiger, 1815)	Macaco-prego	VU		4	0,0003	1 (6,5%)
<i>Alouatta caraya</i> (Humboldt, 1812)	Barbado, bugio			6	0,0003 (0,0040)	5 (33%)
<i>Mico melanurus</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1812)	Sagui-marrom			3	0,0009	1 (6,5%)
<i>Callithrix</i> sp.	Sagui			2	0,0013	1 (6,5%)
Carnivora						
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguatirica			36	0,0005 (0,0044)	11 (73%)
<i>Leopardus braccatus</i> (Cope, 1889)	Gato-palheiro		QA	6	0,0005 (0,0042)	3 (20%)
<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	Gato-maracajá	VU	QA	1	0,0003	1 (6,5%)
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Suçuarana	VU		8	0,0003 (0,0041)	5 (33%)
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	Gato-mourisco	VU		19	0,0007 (0,0041)	6 (40%)
<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Onça-pintada	VU	QA	4	0,0001 (0,0034)	3 (20%)
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato			1.438	0,014 (0,0048)	15 (100%)
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	Lobo-guará, guará	VU	QA	27	0,0003 (0,0045)	7 (47%)
<i>Lycalopex vetulus</i> (Lund, 1842)	Raposinha	VU		25	0,0008 (0,0041)	7 (47%)



(Conclusão)

Táxon	Nome comum	ICMBio ¹	IUCN ²	n	TA (±)	F
Carnivora						
<i>Speothos venaticus</i> (Lund, 1842)	Cachorro-vinagre	VU	QA	3	0,0001 (0,0034)	2 (13%)
<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	Lontra			13	0,0002 (0,0044)	8 (53%)
<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Irara, papa-mel			9	0,0002 (0,0040)	6 (40%)
<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	Furão			8	0,0004 (0,0040)	4 (27%)
<i>Galictis vittata</i> (Schreber, 1776)	Cangambá			2	0,0001 (0,0024)	2 (13%)
<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	Jaritataca			2	0,0001 (0,0027)	2 (13%)
<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	Quati			127	0,0017 (0,0041)	11 (73%)
<i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	Guaxinim, mão-pelada			187	0,0021 (0,0041)	11 (73%)
Lagomorpha						
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	Coelho, tapeti			14	0,0004 (0,004)	6 (40%)
Rodentia						
<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Paca			5	0,0002 (0,0036)	4 (27%)
<i>Coendou prehensilis</i> (Linnaeus, 1758)	Porco-espinho			4	0,0004 (0,0056)	2 (13%)
<i>Cavia aperea</i> Erxleben, 1777	Preá			10	0,0002 (0,0039)	5 (33%)
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Capivara			610	0,0073 (0,046)	12 (80%)
<i>Dasyprocta azarae</i> Lichtenstein, 1823	Cutia			7	0,0004 (0,0041)	4 (27%)
Quiroptera						
<i>Artibeus</i> sp.	Morcego			1	0,0003	1 (6,5%)
Total				5.241	0,0025 (0,0046)	

Como exemplo de espécie vulnerável aos atropelamentos, destaca-se o tamanduá-bandeira, espécie ameaçada de extinção em níveis nacional e global, figurando entre as cinco espécies com maiores médias de taxas de atropelamento (Figura 2), a qual foi registrada em 93% dos estudos. A perda de indivíduos por atropelamento pode ter efeitos negativos sobre a persistência populacional do tamanduá-bandeira no Brasil (Pinto et al., 2018), especialmente em áreas fragmentadas, com alta densidade de rodovias e em unidades de conservação com pequena área de extensão (Diniz & Brito, 2013, 2015). Um estudo de viabilidade populacional desenvolvido para a anta (*Tapirus terrestris*) em fragmentos de Mata Atlântica no estado de São Paulo indicou que a perda de seis indivíduos por ano (três machos e três fêmeas) por atropelamento pode acelerar o processo de extinção local da espécie (Medici & Desbiez, 2012). A anta foi registrada em mais de 60% dos estudos compilados na área da BAP, juntamente com outras espécies de interesse conservacionista, como a queixada (*Tayassu pecari*) e o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*).

TAXAS DE ATROPELAMENTO

O resultado dos cálculos mostrou uma taxa média de 0,051 ± 0,03 ind./km/dia (mínima de 0,011 ind./km/dia e máxima de 0,097 ind./km/dia, Tabela 3). No geral, esse valor é maior do que aqueles obtidos em estudos realizados com mamíferos em outros estados do Brasil: Rio Grande do Sul: 0,043 ind./km/dia (Rosa & Mauhs, 2004), 0,025 ind./km/dia (Hegel et al., 2012), 0,073 ind./km/dia (D. Silva et al., 2013); Santa Catarina: 0,008 ind./km/dia (Cherem et al., 2007) e 0,01 ind./km/dia (Costa, 2011); Minas Gerais: 0,026 ind./km/dia (A. Santos et al., 2012) e 0,059 ind./km/dia (C. Carvalho et al., 2015); Minas Gerais e São Paulo: 0,017 ind./km/dia (C. Freitas, 2009); Rondônia: 0,018 ind./km/dia (Turci & Bernarde, 2009); Pará: 0,005 ind./km/dia (Gumier-Costa & Sperber, 2009); Amazonas: 0,001 ind./km/dia (A. Carvalho & Pereira, 2014); Paraíba: 0,002 ind./km/dia (M. Sousa & Miranda, 2010); Goiás: 0,012 ind./km/dia (H. Cunha et al., 2010); e Distrito Federal: 0,007 ind./km/dia (Figueiredo et al., 2014).

Estimativas de taxas de atropelamento são importantes, pois auxiliam na mensuração dos impactos diretos sobre

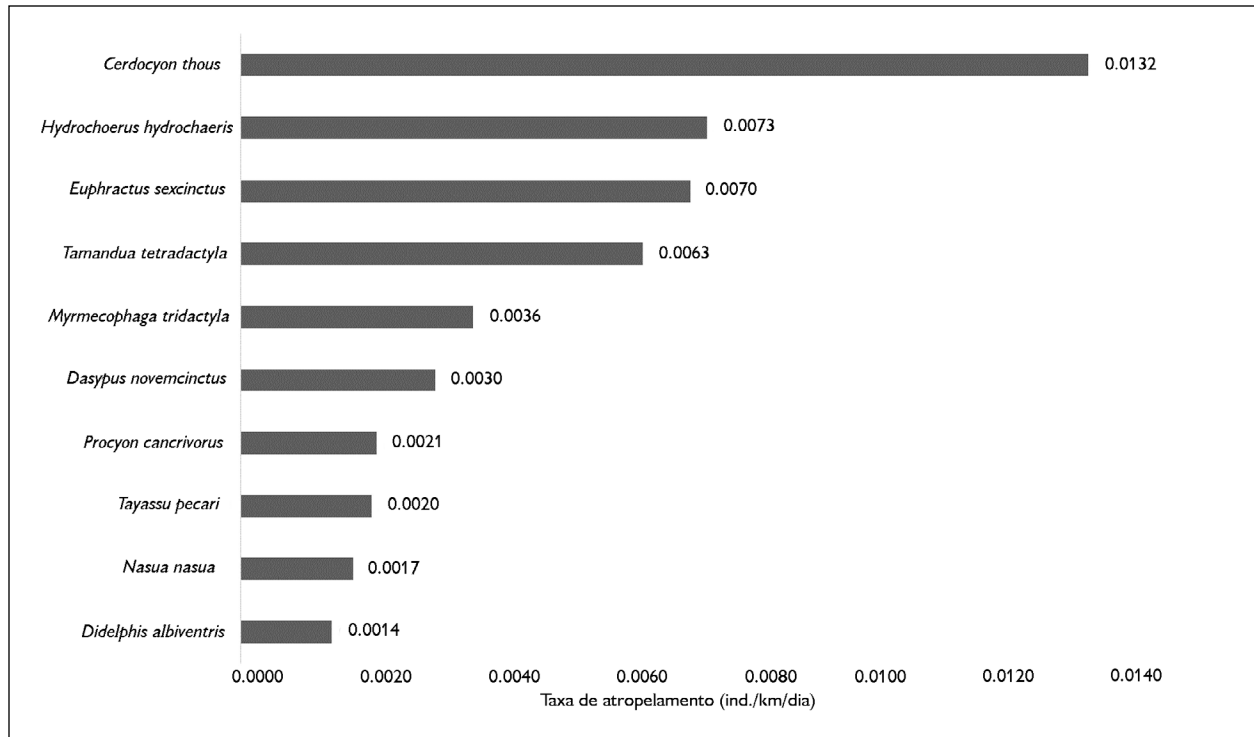


Figura 2. Dez espécies de mamíferos com maiores médias de taxas de atropelamento, de acordo com os estudos compilados na região da bacia hidrográfica do alto Paraguai.

Figure 2. Top ten mammal species with higher mean road-kill rates, according to the studies gathered in the Upper Paraguay River Basin.

a fauna em rodovias, na identificação de espécies mais vulneráveis e na priorização de segmentos para alocação de medidas de mitigação (Taylor & Goldingay, 2010). Entretanto, são influenciadas por diferentes fatores que devem ser levados em conta pelo pesquisador durante os levantamentos, sendo os principais deles o tempo de permanência da carcaça na rodovia e a detectabilidade das carcaças pelos observadores (Prosser et al., 2008; S. Santos et al., 2011). Um estudo realizado no Sul do Brasil demonstrou que o tempo de permanência de carcaças de animais de médio-grande porte é até quatro vezes maior quando comparado aos animais de pequeno porte, e que os métodos de levantamento (e.g. levantamentos a pé ou por veículos automotores) influenciam a probabilidade de detecção das carcaças, sendo necessário o uso de cálculos matemáticos na correção de tais erros de detecção (Teixeira et al., 2013).

Os resultados das taxas de atropelamento obtidos para a área de influência da BAP apresentaram um viés para a detecção de mamíferos de médio e grande porte, uma vez que todos os estudos foram realizados por meio de veículos a uma velocidade média entre 40-60 km/h. Dessa forma, os valores obtidos por meio das taxas de atropelamento podem estar subestimados devido à baixa detecção de mamíferos de pequeno porte, como espécies de roedores, marsupiais, quirópteros e outros. O estudo técnico para duplicação da BR-163 (JGP, 2014) corrobora essa hipótese, ao comparar métodos de monitoramento a pé e de carro, além de estimar taxas de correção dos índices de atropelamento. De acordo com o referido estudo, a cada quilômetro percorrido a pé, foram registrados 0,66 animais atropelados, enquanto de carro este valor foi de 0,07 animais atropelados por quilômetro. Quanto à correção das taxas de atropelamento,

o valor das taxas estimadas para os mamíferos foi até seis vezes maior do que as observadas (JGP, 2014).

Estudos indicam que a probabilidade de ocorrência de atropelamentos tende a ser maior em áreas com alta diversidade e abundância de espécies (Gunson et al., 2010; Malo et al., 2004). De fato, dois estudos realizados na área da BAP identificaram maiores concentrações de atropelamentos em trechos de maior abundância e diversidade de espécies (Ascensão et al., 2017; Cáceres, 2012). A maioria dos trabalhos considerados na análise foi feita na BR-262, rodovia conhecida pelo alto fluxo de veículos e por interceptar regiões de relevante importância ecológica, incluindo cinco das sub-regiões do Pantanal. Este trecho da rodovia tem influência direta tanto na planície de inundação quanto no planalto. De acordo com Souza et al.

(2014), na BR-262, os atropelamentos estão relacionados às altitudes mais baixas e às inundações nos períodos de chuva, onde as áreas de terra firme nos arredores da rodovia são usadas como refúgio, aumentando a probabilidade de colisão.

ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DOS IMPACTOS

Os resultados do presente diagnóstico mostraram que os impactos por atropelamento são amplos, ocorrendo em toda a extensão da BAP e atingindo tanto espécies ameaçadas quanto não ameaçadas. É necessário que sejam elaboradas estratégias voltadas à redução destes impactos na BAP, no contexto científico, econômico, político e social, considerando a conservação das espécies afetadas e a segurança dos usuários das estradas (Abra et al., 2019).

Tabela 3. Taxa de atropelamento para cada estudo com base nos dados das amostragens de mamíferos atropelados na bacia do alto Paraguai (BAP), nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Brasil. Legendas: ¹ = representa a extensão (km) do trecho monitorado por campanha; ² = total de espécimes de mamíferos registrados por estudo; ³ = número de indivíduos/km/dia; * = estudo realizado em trechos com diferentes extensões (km) e esforço (dias).

Table 3. The road-kill rate for each study based on survey data on road-killed mammals in the Upper Paraguay River Basin (BAP), in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul states, Brazil. Labels: ¹ = represents the extension in km of the surveyed highway stretch per campaign; ² = total of mammal species registered per study; ³ = number of individuals/km/day; * = studies conducted in highway stretches with different extensions (km) and survey effort (days).

Estudo	Trecho monitorado (km) ¹	Dias de amostragem	Indivíduos registrados ² (n)	Taxa de atropelamento ³
Fischer (1997)	306	40	942	0,077
Melo & Santos-Filho (2007)	63	25	125	0,079
Casella (2010)*	130/70	50/30	231	0,027
Brum et al. (2011)	100	44	132	0,030
Cáceres et al. (2012)*	130/70	50/30	231	0,027
Cáceres (2012)	250	56	480	0,034
Cunha & Souza (2012)	225	14	300	0,095
Casella et al. (2012)	240	24	65	0,011
Sobanski et al. (2013)	284,2	44	427	0,034
Souza et al. (2014)	215	15	312	0,097
JGP (2014)	188,2	45	436	0,051
N. Carvalho et al. (2014)	140	28	53	0,014
Sobanski (2016)	284,2	44	592	0,047
Ascensão et al. (2017)	920	25	1006	0,044
Valadão et al. (2018)	280	12	325	0,097
Média (± DP)	260 (195)	38 (21)	377 (287)	0,051 (0,03)

Além disso, as estratégias de redução de impacto devem abranger desde ações locais por parte dos órgãos gestores das rodovias, como implantação de passagens, cercamentos e sinalizações, a ações regionais, como a elaboração de um banco de dados integrado entre as diversas regiões e a realização de campanhas de sensibilização dos usuários. Finalmente, é importante estabelecer a escala temporal a ser aplicada a essas diversas medidas, uma vez que algumas podem ser conduzidas por períodos curtos (meses ou anos), enquanto outras devem ser contínuas. A seguir, são listadas algumas propostas, as quais, contudo, não implicam a exaustão das possibilidades.

ADEQUAÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS

O aspecto crucial no planejamento das rodovias é que sejam apresentadas medidas consolidadas e eficazes na prevenção dos seus impactos (Kindel et al., 2017). Os estudos ambientais empregados no processo de licenciamento, no entanto, apresentam diversas falhas ainda na compreensão e dimensão dos impactos (Stokes, 2015), que, por fim, afetam sua qualidade técnica (K. Freitas et al., 2017; Geneletti, 2006).

A escala temporal de desenvolvimento desses estudos é, muitas vezes, inadequada para compreensão dos processos ecológicos relacionados (Jaeger, 2015). Os efeitos da mortalidade por atropelamentos tornam-se perceptíveis em médio e longo prazos, com declínio e perdas populacionais ocorrendo por muitas décadas após a construção de uma estrada (Jaeger, 2015). Nenhum método operacional, entretanto, foi desenvolvido a fim de estabelecer as perdas populacionais e a vulnerabilidade à extinção nesse prazo (Geneletti, 2006). Contudo, a percepção e a avaliação destes parâmetros nos estudos ambientais precisam ser consideradas. O resultado da negligência de aspectos como estes são projetos de medidas de mitigação ineficientes. A questão pode ser ainda mais agravante nas rodovias que antecederam a legislação ambiental no país e que necessitam de regularização ambiental, não havendo sequer estudos prévios de mitigação ou monitoramento. Ainda que seja um processo longo e moroso, a tomada de decisão é atrelada

às informações contidas nos estudos ambientais (K. Freitas et al., 2017). Faz-se necessária uma mudança do modo reativo para o proativo da mitigação e uma aplicação mais rigorosa do princípio da precaução (Jaeger, 2015).

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Medidas de mitigação para a redução de atropelamento de fauna são bastante diversificadas e incluem o cercamento das margens de rodovias ou o cercamento associado a passagens de fauna superiores ou inferiores, passagens subterrâneas, viadutos vegetados, sinalização por placas, sistemas eletrônicos de detecção animal, redutores de velocidade físicos (lombadas e tachões) e eletrônicos, entre outros (Smith et al., 2015). Sobanski (2016) analisou a eficiência de redutores eletrônicos de velocidade instalados na BR-262, em Mato Grosso do Sul. A autora constatou que a velocidade média dos veículos é de 104 km/h, e que há uma redução de 8 (~ 96 km/h) a 11% (~ 93 km/h) a 500 m de cada local de instalação dos radares (com limite de 80 km/h). No que tange ao número de atropelamentos, ela afirma que houve redução de até 58% próximo aos redutores, mostrando-se como uma medida eficaz.

Apesar de cada uma das medidas de mitigação terem sua eficiência, custo-benefício e oportunidade de implantação, estudos suportam a utilização de cercas condutoras associadas às passagens de fauna como a medida mais eficaz para mitigação de atropelamentos, especialmente para mamíferos de grande porte (Huijser et al., 2009, 2016; Rytwinski et al., 2016), bem como para o restabelecimento da conectividade funcional entre habitats cortados pela rodovia (Gagnon et al., 2007). Em estradas no estado do Mato Grosso do Sul, Ascensão et al. (2017) demonstraram a importância da avaliação focada em espécies-alvo para a correta tomada de decisão sobre os locais de implantação de medidas de mitigação. As cercas, por exemplo, apresentam relação direta de eficiência em reduzir os atropelamentos com o tipo de *design* ou extensão apresentado. A fauna apresenta comportamentos distintos para superação das cercas (e.g. saltar, cavar, escalar e arrombar) e, desta forma, é desejável

que sejam selecionadas espécies-alvo para a mitigação, bem como sejam estudados seus comportamentos e ecologia. No caso do Pantanal, por se tratar de uma planície inundável, os métodos e as infraestruturas tradicionais de mitigação (e.g. cercamentos, passagens superiores e subterrâneas) necessitam de planejamento consistente e adaptável à realidade local. Trechos de grande extensão às margens da BR-262, entre Corumbá e Miranda, por exemplo, se mantêm alagados por longos períodos, o que pode tornar inefetivas medidas como instalações de cercamento e passagens subterrâneas, especialmente para grandes mamíferos.

Projetos em ecologia e conservação vêm sendo desenvolvidos na região do Cerrado e do Pantanal, buscando entender, entre outras questões, como mamíferos de grande porte interagem com as rodovias. Nesse sentido, destacam-se a Iniciativa Nacional para a Conservação da Anta Brasileira (INCAB, s.d.) e o Projeto Bandeiras e Rodovias (s.d.), focados na compreensão e na mitigação dos efeitos adversos das estradas em espécies ameaçadas de extinção.

POLÍTICAS PÚBLICAS

Apesar de existir uma norma nacional para estudos de atropelamento de fauna (e.g. Instrução Normativa n. 13, de 19 de julho de 2013, do IBAMA), é crucial que tal documento seja atualizado, além de ser importante a criação de normas regionais por parte dos órgãos licenciadores estaduais para atender realidades ambientais específicas. Algumas estratégias desenvolvidas por instituições de pesquisa em ecologia de estradas no Brasil visam atuar juntamente ao poder legislativo com a proposta de leis para a redução dos impactos das rodovias, e estabelecem estudos e medidas para serem implantadas (CBEE-UFLA, 2017). Além dos impactos sobre a biodiversidade, o atropelamento de animais afeta diretamente a segurança dos usuários da rodovia, acarretando perdas materiais, com custos elevados na reparação de veículos e perda de vidas humanas (Huijser et al., 2013; Medici et al., 2018; Abra et al., 2019). Dessa forma, o diálogo entre academia, sociedade e gestores de rodovias se faz necessário para a correta tomada de decisões (Kindel et al., 2017).

No estado de Mato Grosso do Sul, foi protocolado, em 2016, um Inquérito Civil (n. 06.2016.00000716-6) com o principal objetivo de apurar o descumprimento da condicionante n. 15 da licença ambiental prévia n. 102/2013, relativa às obras de pavimentação asfáltica da rodovia estadual MS-040, particularmente relacionado à ausência de medidas mitigadoras de riscos de acidentes automobilísticos envolvendo animais silvestres. Embora o cerne da causa tenha sido a problemática da mortalidade de antas e a consequente perda de biodiversidade, o foco do inquérito estava nas perdas humanas. No mesmo período de 64 meses em que foram registradas 436 antas atropeladas, ocorreram ao menos 49 acidentes que resultaram em pessoas feridas e 23 óbitos em colisões com antas nas rodovias do estado (Medici & Abra, 2019), o que reforça a adoção de políticas públicas eficazes visando à redução de danos.

PERSPECTIVAS FUTURAS

No contexto dos investimentos em construção e manutenção de rodovias e ferrovias, o governo federal demonstra que os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul serão os mais beneficiados na próxima década. Tais investimentos virão na forma de ampliação da malha viária, pavimentação de trechos existentes e duplicação de outros. Em 2013 e 2014, o governo cedeu a concessão da rodovia BR-163 em ambos os estados e gerou a obrigatoriedade contratual de que 100% da extensão da rodovia deve ser duplicada nos próximos cinco anos. Em junho de 2015, foi apresentado o Programa de Investimento em Logística (PIL), que propunha a ampliação da malha rodoviária e ferroviária dos dois estados em um percentual superior a 30% do existente anteriormente.

Pesquisas futuras devem agregar informações que relacionem as mortes por atropelamento à paisagem de entorno, ao tráfego, às variações climáticas e, principalmente, à dinâmica e ao tamanho populacional das espécies mais vulneráveis. Estudos em ecologia de populações requerem grande esforço e aporte de recursos, principalmente para espécies de médio e grande porte identificadas neste artigo. Entretanto, é importante quantificar os efeitos

das perdas por atropelamento nas espécies afetadas e o quanto tais perdas podem influenciar na viabilidade populacional. Tais estudos podem ser realizados através de modelos demográficos computacionais, uma vez que haja dados a respeito da história de vida das espécies (Barbosa et al., 2020; Diniz & Brito, 2013; Medici & Desbiez, 2012). Diante da previsão de expansão da malha viária na região da BAP, serão necessárias pesquisas focadas na implantação de medidas de mitigação, bem como no monitoramento de suas efetividades (Rytwinski et al., 2016).

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que as estradas da região da BAP e entorno possuem uma relevante série histórica sobre atropelamento de mamíferos de médio e grande porte. As principais espécies afetadas são conhecidas, mas, uma vez que os estudos não estão distribuídos de maneira uniforme, ainda há lacunas de informações, especialmente no estado do Mato Grosso. Apesar da existência desses estudos, há uma ineficiência de diálogo entre os diferentes setores no processo de tomada de decisão, uma vez que poucas estratégias têm sido elaboradas visando à redução dos atropelamentos. Em mais de 15 anos de estudos, somente uma rodovia (BR-262) recebeu medidas de mitigação (Sobanski, 2016). Recentemente, alternativas na implementação de estratégias de mitigação para redução de atropelamentos na recém-pavimentada MS-040 vêm sendo sugeridas diante da ineficiência ou do descumprimento das medidas propostas durante o processo de licenciamento desta rodovia (Medici & Abra, 2017).

Os próximos anos serão um divisor de águas para a conservação da biodiversidade na região do Pantanal. Os resultados do presente estudo fornecem informações relevantes acerca do atropelamento de fauna em estradas no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, importantes para guiar estratégias em mitigação e políticas públicas. Os dois estados devem ter a oportunidade de dinamizar seu desenvolvimento social e econômico através da melhoria em infraestrutura de transportes e, ao mesmo tempo,

se manterem compromissados com o planejamento e a construção de rodovias mais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos financiamentos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (processo CRA – PPM-00139-14, 453 e CRA – APQ-03868-10), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processo 303509/2012-0), à Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza (processo 0945-20122), a *Tropical Forest Conservation Act* (TFCA) (através do Fundo Brasileiro para Biodiversidade – FUNBIO) e a F. D. Abra, pela revisão da primeira versão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Abra, F. D., Huijser, M. P., Pereira, C. S., & Ferraz, K. M. P. M. B. (2018). How reliable are your data? Verifying species identification of road-killed mammals recorded by road maintenance personnel in São Paulo State, Brazil. *Biological Conservation*, 225, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.019>
- Abra, F. D., Granziera, B. M., Huijser, M. P., Ferraz, K. M. P. M. B., Haddad, C. M., & Paolino, R. M. (2019). Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. *PLoS ONE*, 14(4), e0215152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215152>
- Alho, C. J. R. (2008). Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. *Brazilian Journal of Biology*, 68(Suppl. 4), 957-966. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500005>
- Ascensão, F., Desbiez, A. L. J., Medici, E. P., & Bager, A. (2017). Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research*, 44(2), 135-146. <https://doi.org/10.1071/WR16108>
- Barbosa, P., Schumaker, N. H., Brandon, K. R., Bager, A., & Grilo, C. (2020). Simulating the consequences of roads for wildlife population dynamics. *Landscape and Urban Planning*, 193, 103672. <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.landurbplan.2019.103672>
- Banhos, A., Fontes, B. L., Yogui, D. R., Alves, M. H., Ardente, N. C., Valls, R., . . . & Desbiez, A. L. J. (2020). Highways are a threat for giant armadillos that underpasses can mitigate. *Biotropica*, 52(3), 421-426. <https://doi.org/10.1111/btp.12778>
- Basille, M., van Moorter, B., Herfindal, I., Martin, J., Linnell, J. D. C., Odden, J., . . . & Gaillard, J. M. (2013). Selecting habitat to survive: the impact of road density on survival in a large carnivore. *PLoS ONE*, 8(7), e65493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065493>

- Brum, T. R., Filho, M. S., Canale, G. R., & Camilo, L. H. A. (2011). Comparações de mortalidade de mamíferos atropelados em rodovias em área antropizada (MT-358) e terra indígena Paresi (MT-235). In *Anais do II Congresso Brasileiro de Ecologia de Estradas*, Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, Lavras, Minas Gerais. https://issuu.com/porta1.cbee/docs/anais_reb2011
- Cáceres, N. C. (2012). Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest–Cerrado interface in southwestern Brazil. *Italian Journal of Zoology*, 78(3), 379-389. <https://doi.org/10.1080/11250003.2011.566226>
- Cáceres, N. C., Casella, J., & Goulart, C. S. (2012). Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no bioma Cerrado, rodovia BR-262, sudoeste do Brasil. *Mastozoología Neotropical*, 19(1), 21-38.
- Carvalho, C. F. (2014). *Atropelamento de vertebrados, hotspots de atropelamentos e parâmetros associados, BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia]. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13412>
- Carvalho, C. F., Custodio, A. E. I., & Junior, O. M. (2015). Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 Highway, State of Minas Gerais, Brazil. *Bioscience Journal*, 31(3), 951-959.
- Carvalho, A. S., & Pereira, L. G. (2014). Análise espaço-temporal da distribuição de hotspots de atropelamento de fauna em uma rodovia localizada na região amazônica Brasileira. In *Anais do II Congresso Brasileiro de Ecologia de Estradas*, Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, Lavras, Minas Gerais. https://issuu.com/porta1.cbee/docs/anais_reb2011
- Carvalho, N. C., Bordifnos, M. O., & Shapiro, J. T. (2014). Fast and furious: a look at the death of animals on the highway MS-080, Southwestern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 104(1), 43-49. <https://doi.org/10.1590/1678-4766201410414349>
- Casella J. (2010). *Ecologia de estradas: influência da BR-262 no desflorestamento e na perda da fauna silvestre por atropelamentos no Sudoeste do Brasil, MS* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul].
- Casella, J., Lehn, C. R., & Leuchtenberger, C. (2012). Vertebrados silvestres vitimados por atropelamento na BR-163, trecho Campo Grande-Coxim, MS, Brasil. In *Anais do VI Congresso Brasileiro de Mastozoologia*, SBMz, Corumbá, Mato Grosso. <https://www.sbmz.org/wp-content/uploads/2020/06/VI-CBMz-Anais-2012.pdf>
- Centro Brasileiro de Estudo em Ecologia de Estradas-Universidade Federal de Lavras (CBEE-UFLA). (2017). *Sumário executivo da estratégia nacional para a mitigação de impactos da infraestrutura viária na biodiversidade*. Lavras.
- Ceia-Hasse, A., Borda-de-Água, L., Grilo, C., & Pereira, H. M. (2017). Global exposure of carnivores to roads. *Global Ecology and Biogeography*, 26(5), 592-600. <https://doi.org/10.1111/geb.12564>
- Cheida, C. C., Nakano-Oliveira, E. C., Fusco-Costa, R., Rocha-Mendes, F., & Quadros, J. (2011). *Ordem Carnívora. Mamíferos do Brasil* (2. ed.). Editora Edur/UFRRJ.
- Cherem, J. J., Kammers, M., Ghizoni-Jr., I. R., & Martins, A. (2007). Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Biotemas*, 20(3), 81-96.
- Chiarello, A. G. (1999). Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in southeastern Brazil. *Biological Conservation*, 89(1), 71-82. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00130-X)
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). (s.d.). *Portal de Periódicos*. www.periodicos.capes.gov.br
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). (s.d.). *Plataforma Lattes*. <http://lattes.cnpq.br/>
- Corlatti, L., Hackländer, K., & Frey-Roos, F. (2009). Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation Biology*, 23(3), 548-556. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01162.x>
- Costa, L. S. (2011). Levantamento de mamíferos silvestres de pequeno e médio porte atropelados na BR-101, entre os municípios de Joinville e Piçarras. *Bioscience Journal*, 27(3), 666-672.
- Cunha, H. F., Moreira, F. G. A., & Silva, S. S. (2010). Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 32(3), 257-263. <http://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i3.4752>
- Cunha, V. P., & Souza, J. P. (2012). Mamíferos atropelados em um trecho da BR-262 (Aquidauana - Ponte Rio Paraguai). In *Anais do VI Congresso Brasileiro de Mastozoologia*, SBMz, Corumbá, Mato Grosso. <https://www.sbmz.org/wp-content/uploads/2020/06/VI-CBMz-Anais-2012.pdf>
- De Freitas, C., Justino, C. S., & Setz, E. (2014). Road-kills of the giant anteater in south-eastern Brazil: 10 years monitoring spatial and temporal determinants. *Wildlife Research*, 41(8), 673-680. <https://doi.org/10.1071/WR14220>
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). 2014. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. *Rede Rodoviária do PNV Divisão em trechos* (298 p.).
- Diniz, M. F., & Brito, D. (2013). Threats to and viability of the giant anteater, *Myrmecophaga tridactyla* (Pilosa: Myrmecophagidae), in a protected Cerrado remnant encroached by urban expansion in central Brazil. *Zoologia*, 30(2), 151-156. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702013000200005>
- Diniz, M. F., & Brito, D. (2015). Protected areas effectiveness in maintaining viable giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) populations in an agricultural frontier. *Natureza & Conservação*, 13(2), 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.08.001>

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2010). *BR-262 no Pantanal: cenário de encontros entre homens e animais silvestres* (1. ed.). EMBRAPA Pantanal. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/883123/br-262-no-pantanal-cenario-de-encontros-entre-homens-e-animais-silvestres>
- Figueiredo, A. P., Lima, R. A. S., & Soares, C. M. (2014). Hábitos das espécies atropeladas no entorno de unidades de conservação do Distrito Federal. In *Anais do Road Ecology Brazil 2014*, Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, Lavras, Minas Gerais. https://issuu.com/portal.cbce/doc/anais_reb_2014/32
- Fischer, W. A. (1997). *Efeitos da rodovia BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: Síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal, MS* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande].
- Fischer, W., Godoi, R. F., & Filho, A. C. P. (2018). Roadkill records of reptiles and birds in Cerrado and Pantanal landscapes. *Check List*, 14(5), 845–876. <https://doi.org/10.15560/14.5.845>
- Freitas, C. H. (2009). *Atropelamentos de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da fauna* [Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo]. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/106548>
- Freitas, K. P. A., Gonçalves, L. O., Kindel, A., & Teixeira, F. Z. (2017). Road effects on wildlife in Brazilian environmental licensing. *Oecologia Australis*, 21(3), 280–291. <https://doi.org/10.4257/oeco.2017.2103.05>
- Freitas, S. R., Oliveira, A. N., Ciocheti, G., & Matos, D. M. S. (2011). Landscape features associated to roadkill of three mammal species in the Brazilian Cerrado. In *Anais do International Conference on Ecology and Transportation*.
- Gagnon, W. J., Theimer, T. C., Dodd, N. L., Boe, S., & Schweinsburg, R. E. (2007). Traffic volume alters elk distribution and highway crossings in Arizona. *The Journal of Wildlife Management*, 71(7), 2318–2323. <http://dx.doi.org/10.2193/2006-224>
- Geneletti, D. (2006). Some common shortcomings in the treatment of impacts of linear infrastructures on natural habitat. *Environmental Impact Assessment Review*, 26(3), 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.10.003>
- Grilo, C., Koroleva, E., Andršák, R., Bíl, M., & González-Suárez, M. (2020). Roadkill risk and population vulnerability in European birds and mammals. *Frontiers in Ecology and the Environmental*, 18(6), 323–328. <https://doi.org/10.1002/fee.2216>
- Gumier-Costa, F., & Sperber, C. F. (2009). Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 39(2), 459–466. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200027>
- Gunson, K. E., Mountrakis, G., & Quackembush, L. J. (2010). Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1074–1082. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.027>
- Hamilton, S. K., Sippel, S. J., & Melack, J. M. (1996). Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Archiv fur Hydrobiologie*, 137(1), 1–23. <https://doi.org/10.1127/archivhydrobiol/137/1996/1>
- Hegel, C. G. Z., Consalter, G. C., & Zanella, N. (2012). Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul. *Biotemas*, 25(2), 165–170. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n2p165>
- Hill, J. E., DeVault, T. L., & Belant, J. L. (2019). Cause-specific mortality of the world's terrestrial vertebrates. *Global Ecology and Biogeography*, 28(5), 680–689. <https://doi.org/10.1111/geb.12881>
- Huijser, M. P., Duffield, J. W., Clevenger, A. P., Ament, R. J., & McGowen, P. T. (2009). Cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada, a decision support tool. *Ecology and Society*, 14(2), 15. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art15/>
- Huijser, M. P., Abra, F. D., & Duffield J. W. (2013). Mammal road mortality and cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in São Paulo state, Brazil. *Oecologia Australis*, 17(1), 129–146. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.11>
- Huijser, M. P., Fairbank, E. R., Camel-Means, W., Graham, J., Watson, V., Basting, P., & Becker, D. (2016). Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife-vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biological Conservation*, 197, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.002>
- Iniciativa Nacional para a Conservação da Anta Brasileira (INCAB). (s.d.). <https://tapirconservation.org.br/>
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). (2018). *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. ICMBio. https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf
- Instrução Normativa n. 13 do IBAMA. (2013, 19 jul.). Estabelecer os procedimentos para padronização metodológica dos planos de amostragem de fauna exigidos nos estudos ambientais necessários para o licenciamento ambiental de rodovias e ferrovias. *Diário Oficial da União*. <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0013-190713.pdf>

- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). (2021). *IUCN Red List of Threatened Species*. Versão 2021-2. <http://www.iucnredlist.org>
- Ioris, A. A. R., Irigaray, C. T., & Girard, P. (2014). Institutional responses to climate change: opportunities and barriers for adaptation in the Pantanal and the Upper Paraguay River Basin. *Climatic Change*, 127, 139–151. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1134-z>
- Jaeger, J. (2015). Improving environmental impact assessment and road planning at the landscape scale. In R. van der Ree, D. J. Smith & C. Grilo (Ed.), *Handbook of road ecology* (pp. 32–42). Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch5>
- JGP – Consultoria e Participações Ltda. (2014). *Licenciamento ambiental de projeto de duplicação da rodovia BR 163/MS: entre o km 0,0 e km 847,2*. [Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental]. São Paulo.
- Kindel, A., Teixeira, F. Z., Gonçalves, L. O., Coelho, I. P., Beduschi, J., Oliveira, G. S., . . . & Sana, D. A. (2017). Following the “why? what? and how?” schema to improve road-kill evaluation in environmental impact assessments of Southern Brazil. *Oecologia Australis*, 21(3), 256–267. <https://doi.org/10.4257/oeco.2017.2103.03>
- Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2014). Estimation of bird-vehicle collision mortality on U.S. roads. *Journal of Wildlife Management*, 78(5), 763–771. <https://doi.org/10.1002/jwmg.721>
- Malo, J. E., Suarez, F., & Diez, A. (2004). Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 41(4), 701–710. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00929.x>
- Martinelli, M. M., & Volpi, T. A. (2011). Mamíferos atropelados na Rodovia Armando Martinelli (ES-080) Espírito Santo, Brasil. *Natureza On Line*, 9(3), 113–116.
- Medici, E. M., & Desbiez, A. L. J. (2012). Population viability analysis: using a modeling tool to assess the viability of tapir populations in fragmented landscapes. *Integrative Zoology*, 8(1), 121–122. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00318.x>
- Medici, E. M., & Abra, F. D. (2017). *Plano de mitigação de fauna silvestre atropelada para a rodovia MS-040. Mato Grosso do Sul*. Iniciativa Nacional para a Conservação da Anta Brasileira (INCAB)/Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ).
- Medici, E. M., Abra, F. D., Fernandes-Santos, R. C., & Testa-José, C. (2018). *Impacto de atropelamentos de fauna, particularmente anta brasileira, em rodovias estaduais e federais do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil*. Relatório Parcial. INCAB/IPÊ.
- Medici, E. P., & Abra, F. D. (2019). Lições aprendidas na conservação da anta brasileira e os desafios para mitigar uma de suas ameaças mais graves: o atropelamento em rodovias. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, 85, 152–160.
- Melo, E. S., & Santos-Filho, M. (2007). Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. *Revista Brasileira de Zoociências*, 9(2), 185–192.
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., . . . & Fonseca, G. A. B. (2005). *Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Conservation International.
- Oliveira, D. S., & Silva, V. M. (2012). Vertebrados silvestres atropelados na BR 158, RS, Brasil. *Biotemas*, 25(4), 229–235. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p229>
- Omena Junior, R., Pantoja Lima, J., Santos, A. L. W., Ribeiro, G. A. A., & Aride, P. H. R. (2012). Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na rodovia BR-174, Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana de Ciência Animal*, 4(2), 291–307.
- Paglia, A. P., Fonseca, G. A. B., Rylands, A. B., Herrmann, G., Aguiar, L. M. S., Chiarello, A. G., . . . & Patton, J. L. (2012). *Lista anotada dos mamíferos do Brasil* (Occasional Papers in Conservation Biology, 2. ed.). Conservation International.
- Pinto, F. A. S., Bager, A., Clevenger, A. P., & Grilo, C. (2018). Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) conservation in Brazil: Analysing the relative effects of fragmentation and mortality due to roads. *Biological Conservation*, 228, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.023>
- Pinto, F. A. S., Clevenger, A. P., & Grilo, C. (2020). Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. *Environmental Impact Assessment Review*, 81, 106337. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>
- Pott, A., & Pott, V. J. (2009). Vegetação do Pantanal: fitogeografia e dinâmica. In *Anais Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, UFMS, Corumbá.
- Projeto Bandeiras e Rodovias (s.d.). <https://www.tamanduabandeira.org/>
- Prosser, P., Natrass, C., & Prosser, C. (2008). Rate of removal of bird carcasses in arable farmland by predators and scavengers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(2), 601–608. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.10.013>
- Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., & Lima, I. P. (2006). *Mamíferos do Brasil*. Ed. UEL.
- Rosa, A. O., & Mauhs, J. (2004). Atropelamento de animais silvestres na rodovia RS–040. *Caderno de Pesquisa Série Biologia*, 16(1), 35–42.
- Rytwinski, T., & Fahrig, L. (2012). Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation*, 147(1), 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.023>

- Rytwinski, T., & Fahrig, L. (2015). The impacts of roads and traffic on terrestrial animal populations. In R. van der Ree, D. J. Smith & C. Grilo (Ed.), *Handbook of road ecology* (pp. 237-246). Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch28>
- Rytwinski, T., Soanes, K., Jaeger, J., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J., . . . & van der Grift, E. A. (2016). How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *PLoS ONE*, *11*(11), e0166941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166941>
- Santos, A. L. P. G., Rosa, C. A., & Bager, A. (2012). Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG-354, Sul de Minas Gerais – Brasil. *Biotemas*, *25*(1), 73-79. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n1p73>
- Santos, S. M., Carvalho, F., & Mira, A. (2011). How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLoS ONE*, *6*(9), e25383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., . . . & Young, B. E. (2008). The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science*, *322*(5899), 225-230. <https://doi.org/10.1126/science.1165115>
- Schwartz, A. L. W., Shilling, F. M., & Perkins, S. E. (2020). The value of monitoring wildlife roadkill. *European Journal of Wildlife Research*, *66*, 18. <https://doi.org/10.1007/s10344-019-1357-4>
- Silva, D. E., Corrêa, L. L. C., Oliveira, S. V., & Cappellari, L. H. (2013). Monitoramento de vertebrados atropelados em dois trechos de rodovias na região central do Rio Grande Do Sul – Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, *7*(1), 27-36.
- Silva, L., Cherem, J., Kasper, C., Trigo, T., & Eizirik, E. (2014). Mapping wild cat roadkills in Southern Brazil: an assessment of baseline data for species conservation. *CatNews*, (61), 4-7.
- Silva, M. P., Mauro, R., Mourão, G., & Coutinho, M. (2000). Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica*, *23*(2), 143-152. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000200004>
- Smith, D. J., van der Ree, R., & Rosell, C. (2015). Wildlife crossing structures: an effective strategy to restore or maintain wildlife connectivity across roads. In R. van der Ree, D. J. Smith & C. Grilo (Ed.), *Handbook of road ecology* (pp. 172-183). Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch21>
- Sobanski, M. B. (2016). *Avaliação do uso de controladores eletrônicos de velocidade como medida de mitigação de atropelamentos de animais silvestres na rodovia BR-262, trecho de Anastácio à Corumbá, Mato Grosso do Sul* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba]. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/46457>
- Sobanski, M. B., Ramos, S. M., & Ratton, P. (2013). Distribuição e abundância de atropelamentos de animais silvestres em um trecho da rodovia BR-262, Mato Grosso do Sul, centro-oeste do Brasil. In *Anais do XI Congresso de Ecologia do Brasil*, SEB, Porto Seguro.
- Sousa, J. C., Cunha, V. P., & Markwith, S. H. (2015). Spatiotemporal variation in human-wildlife conflicts along highway BR-262 in the Brazilian Pantanal. *Wetlands Ecology and Management*, *23*, 227-298. <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9372-4>
- Sousa, M. A. N., & Miranda, P. C. (2010). Mamíferos terrestres encontrados atropelados na rodovia BR- 230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. *Revista de Biologia e Farmácia*, *4*(2), 72-82.
- Souza, J. C., Cunha, V. P., & Markwith, S. H. (2014). Spatiotemporal variation in human-wildlife conflicts along highway BR-262 in the Brazilian Pantanal. *Wetlands Ecology and Management*, *23*, 227-239. <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9372-4>
- Stokes, J. (2015). What transportation agencies need in environmental impact assessments and other reports to minimize ecological impacts. In R. van der Ree, D. J. Smith & C. Grilo (Ed.), *Handbook of road ecology* (pp. 43-50). Wiley Online Library. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118568170.ch6>
- Taylor, B., & Goldingay, R. (2010). Roads and wildlife: Impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. *Wildlife Research*, *37*(4), 320-331. <https://doi.org/10.1071/WR09171>
- Teixeira, F. Z., Coelho, A. V. P., Esperandio, I. B., & Kindel, A. (2013). Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation*, *157*, 317-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.006>
- Teixeira, F. Z., Rytwinski, T., & Fahrig, L. (2020). Inference in road ecology research: what we know versus what we think we know. *Biology Letters*, *16*(7), 20200140. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0140>
- Turci, L. C. B., & Bernarde, P. S. (2009). Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*, *22*(1), 121-127. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n1p121>
- Valadão, M., Bastos, L. F., & Castro, C. P. (2018). Atropelamentos de vertebrados silvestres em quatro rodovias no Cerrado, Mato Grosso, Brasil. *Multi-Science Journal*, *1*(12), 62-74. <https://doi.org/10.33837/msj.v1i12.447>
- van der Ree, R., Smith, D. J., & Grilo, C. (2015). *The ecological effects of linear infrastructure and traffic*. Wiley Blackwell Pub

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

F. A. S. Pinto contribuiu com administração de projeto, análise formal, conceituação, curadoria de dados, metodologia, supervisão e escrita (rascunho original); A. Bager com administração de projeto e conceituação; R. C. Cerqueira com análise formal, conceituação, curadoria de dados, metodologia e escrita (rascunho original); A. P. Milagres com análise formal, conceituação, curadoria de dados, metodologia e escrita (rascunho original); B. C. Morais com análise formal, conceituação, curadoria de dados, metodologia e escrita (rascunho original); P. B. A. Silva com análise formal, conceituação, curadoria de dados, metodologia e escrita (rascunho original); E. Castro com curadoria de dados e escrita (revisão e edição); E. P. Medici com escrita (rascunho original, revisão e edição); A. L. J. Desbiez com escrita (rascunho original, revisão e edição); F. R. Tortato com escrita (rascunho original, revisão e edição); e H. V. B. Concone com escrita (rascunho original, revisão e edição).

