

O Impacto das Rodovias Sobre a Biodiversidade de Fauna Silvestre no Brasil

The Impact of Roads on Wildlife Biodiversity in Brazil

Renan Luiz Albuquerque Vieira¹, Cristiana Morais Costa², Hanilton Ribeiro de Souza³ & Leandro da Silva Cerqueira⁴

1 Doutorando, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil. 2 Mestre, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil. 3 Docente da Universidade do Estado da Bahia, Santo Antônio de Jesus, Bahia. 4 Doutorando, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

* Autor para correspondência: renan.albuquerque@hotmail.com

Resumo A ecologia de estradas é uma ciência mitigadora que aborda características quanto ao tráfego de veículos, arquitetura, malha rodoviária, e densidade das estradas, analisando como estes fatores interferem na dinâmica ecológica, tornando uma discussão relevante para a avaliação da problemática entre empreendimentos rodoviários e seus impactos à biodiversidade. Estima-se que 473 milhões de animais silvestres são atropelados anualmente no Brasil, no qual incluem espécies ameaçadas de extinção, como a onça preta, o lobo guará e a onça pintada. Constatou-se que os maiores índices de atropelamento são nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Grande do Sul), Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais) e Centro-oeste (Distrito Federal). No Brasil, pesquisas que abordam a ecologia das estradas são recentes, pouco difundidas, mas de vital importância, pois, além de avaliar os impactos provocados por estas vias ao meio ambiente, permitem o desenvolvimento de medidas que possam atenuar seus efeitos sobre a biodiversidade. Portanto, objetivou-se, por meio desta revisão crítica e sistemática de literatura, trazer uma compilação de dados para que se possa compreender e, conseqüentemente, auxiliar no planejamento, tomada de decisões e mitigação dos impactos das rodovias sobre a diversidade da fauna silvestre. Dentre as formas de mitigação

deste impacto incluem-se a realização de campanhas educativas, instalação de placas de sinalização que alertem para possível travessia de animais silvestres, a implantação de corredores ecológicos com cercas direcionadoras que viabilizem de forma segura a travessia dos animais nas vias, e a implantação de redutores eletrônicos de velocidade nos pontos de maior incidência de atropelamentos.

Palavras-chave: Animais atropelados, Conservação, Ecologia de estradas, Fragmentação.

Abstract Road ecology is a mitigating science that addresses characteristics related to vehicle traffic, architecture and road network, road density and how these factors interfere in the ecological dynamics, being fundamental for the evaluation of the problem between road projects and their impacts on biodiversity. It is estimated that 473 million wild animals are hit annually in Brazil, which include endangered species such as brown jaguar, maned wolf and jaguar. It was verified that the highest rates of trampling are in the southern states (Paraná, Santa Catarina and Grande do Sul) and southeast (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais) and Midwest (Federal District). In Brazil, the research that addresses road ecology is recent, less widespread and of vital importance, since,

besides evaluating the impacts caused by these roads in the environment, they allow the development of measures that can mitigate their effects on biodiversity. Therefore, it was aimed, through this critical and systematic review of the literature, to compile data so that it can be understood and, consequently, help in the planning, decision making and mitigation of the impacts of highways on the diversity of the wild fauna. The mitigation of this impact includes the carrying out of educational campaigns, the installation of signposting signs that alert the possible crossing of wild animals, the implementation of ecological corridors with directing fences that safely enable the crossing of the animals in the roads, and the implantation of speed electronic gear units at the points of highest incidence of run over.

Keywords: Animals run over, Conservation, Fragmentation, Road ecology.

Introdução

Estudos vêm sendo realizados com o intuito de investigar as principais causas que afetam negativamente a biodiversidade, dentre as quais, merecem destaque, a caça (JORDANO et al., 2006; GALETTI et al., 2009), a fragmentação e consequentemente a perda de habitat (MICHALSKI; PERES, 2005), as queimadas (STOLLE et al., 2003), a poluição (TROMBULAK; FRISSELL, 2000; COFFIN, 2007; LAURANCE et al., 2009) e o tráfico de animais silvestres (RENCTAS, 2007). No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos provocados pelas rodovias sobre as populações de fauna silvestre (COFFIN, 2007; FAHRIG; RYTWINSKI, 2009).

A implantação de rodovias proporciona acesso às áreas produtoras e influencia diretamente no desenvolvimento social e econômico de uma região (FEARNSIDE et al., 1990; PERZ et al., 2007). Porém, em contrapartida, promove drásticas alterações no ecossistema e, por conseguinte, inúmeros impactos ambientais, desde o momento da sua construção ao tráfego cotidiano (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009).

Em função, principalmente, da modificação da paisagem, a implantação de rodovias possui efeitos que podem ser divididos em físicos, químicos e biológicos (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009). Os efeitos físicos incluem a supressão da vegetação (FORMAN, 1998), a poluição sonora (ZANNIN et al., 2003), as

alterações hidrológicas por meio de interferências do sistema de drenagem da água, podendo causar inundações, bem como erosão e sedimentação no leito dos rios (TROMBULAK; FRISSELL, 2000; COFFIN, 2007).

Os principais efeitos químicos se dão em função da dispersão de poluentes (gases, vazamento de combustíveis, óleos, produtos transportados) e metais pesados, contaminando o solo, o ar e a água (COFFIN, 2007; LAURENCE et al., 2009). Os efeitos biológicos consistem na fragmentação dos habitats, os efeitos de borda e barreira (PERES, 2001), o isolamento de populações, a invasão de espécies exóticas, aumento da probabilidade de incêndios, facilitação e aumento da caça e desmatamento (SCHONEWALD-COX; BUECHNER, 1992), e principalmente os atropelamentos de animais silvestres que atraem espécies necrófagas, desencadeando novos ciclos de atropelamento (BAGER; ROSA, 2010). Por fim, as estradas afetam negativamente os processos ecológicos, dentre eles, a reprodução de espécies, a extinção local (HARRISON, 1991), a frugivoria, a dispersão de sementes (JORDANO et al., 2006) e o deslocamento de espécies (HANSBAUER et al., 2008).

Dentre todos estes efeitos citados, o atropelamento de fauna é o impacto mais alarmante, visível e mensurável (FORMAN, 1998), embora as taxas de atropelamento sejam subestimadas, pois acredita-se que as taxas reais sejam 16 vezes maior do que as registradas (SLATER, 2002). Isto se deve, sobretudo, à frequência e aos horários de monitoramentos, fatores climáticos, como sazonalidade das chuvas, período reprodutivo de algumas espécies (GRILO, 2012), dificuldades de identificação de algumas carcaças – devido ao tempo de permanência destas sobre a pista –, ao fluxo de veículos e a presença de animais carniceiros (CACERES, 2011).

Os principais fatores que intensificam as taxas de atropelamento são a fragmentação do habitat, no qual os animais precisam se deslocar ainda mais em busca de recursos para sua sobrevivência e de parceiros reprodutivos (GRILO, 2012); a disponibilidade de alimento ao longo das rodovias, a exemplo dos grãos e sementes que caem durante o transporte ou são jogados pelos usuários (CLEVENGER et al., 2003); a necessidade de realizar termorregulação, em algumas espécies, tendo a pista como um facilitador para este processo; além do aumento do tráfego de veículos, a ampliação dos limites de velocidade e

a largura das estradas (CACERES, 2011). Neste contexto, a ecologia de estradas surge como uma ciência mitigadora, fundamental para a avaliação da problemática entre os empreendimentos rodoviários e a biodiversidade, abordando características quanto ao tráfego de veículos, a arquitetura e malha rodoviária, a densidade das estradas, e como estes fatores podem interferir na dinâmica ecológica (FORMAN et al., 2003; COFFIN, 2007). No Brasil, as pesquisas que abordam a ecologia das estradas são recentes e pouco difundidas, mas a expansão desta área de estudo é de vital importância, pois, além de avaliar os impactos provocados por estas vias, permite o desenvolvimento de medidas que possam atenuar seus efeitos sobre a biodiversidade (DORNAS et al., 2012).

A falta de informações sobre os efeitos das estradas no meio ambiente tem retardado o entendimento de como ocorrem estes impactos sobre a fauna silvestre e, conseqüentemente, a sua abordagem. Portanto, objetivou-se, por meio desta revisão crítica e sistemática de literatura, compreender os efeitos das rodovias sobre a diversidade de fauna silvestre, trazendo uma compilação de dados para que se possa auxiliar no planejamento, tomada de decisões e mitigação dos seus efeitos sobre as populações de vertebrados, buscando definir diretrizes para futuros estudos e estratégias para a conservação da biodiversidade no Brasil.

A malha rodoviária no Brasil

O Brasil começou a importar os primeiros veículos automotores dos Estados Unidos no final do século XIX para o início do século XX (PEREIRA; LESSA, 2011). No processo de modernização econômica, a expansão da indústria automobilística influenciou a política de transporte brasileira que centralizou os investimentos no modal rodoviário em áreas estratégicas do território nacional, que propiciariam a atração e aumento de capital por meio das atividades industriais, agropecuárias, agroindustriais e comerciais (FERREIRA; DINIZ, 1994). A expansão dos sistemas de transportes levou à ocupação das áreas litorâneas e interioranas, por facilitar o deslocamento humano, criando novas cidades, estruturando as cidades existentes, atraindo investimentos em novas atividades produtivas industriais, agrícolas e agroindustriais, e também dinamizando as atividades comerciais (PEREIRA; LESSA, 2011).

Atualmente, as rodovias ocupam uma significativa porção do território brasileiro, sendo fundamentais para o crescimento do local por onde passam, gerando oportunidades de empregos e serviços, e a instalação de novos pontos residenciais, comerciais e industriais (MARTINELLI; VOLPI, 2011; MAIA, 2013). Porém, apesar da relevância que possuem para o desenvolvimento sócio-econômico, as rodovias e outros empreendimentos lineares constituem em agentes de fragmentação de habitat de alto impacto à conservação da biodiversidade, por serem considerados áreas antrópicas não habitáveis para vertebrados (BAGER, 2013; ROSA, 2012).

As modificações causadas no ambiente, a partir da remoção da cobertura vegetal original, alteram a função e estrutura da paisagem (REZZADORI; HARTMANN; HARTMANN, 2016). Além disso, a construção e as atividades nas rodovias causam interferências na hidrologia, bem como, poluição química, sonora e luminosa, facilitam o acesso de caçadores e madeireiros a habitats naturais, contribuem para a introdução de espécies exóticas, entre outros impactos (MAIA; BAGER, 2013). Em função disto, as rodovias também alteram as características biológicas das áreas sob sua influência (REZZADORI; HARTMANN; HARTMANN, 2016). Ainda se observa que causam modificações na composição e estrutura das comunidades animais e vegetais, distribuição e estrutura das populações, comportamento, deslocamento dos indivíduos, fluxo gênico e, de maneira especial, aumento na taxa de mortalidade em função dos atropelamentos (MAIA; BAGER, 2013).

As construções de estradas sem o devido planejamento ecológico estão se tornando uma das maiores ameaças para a conservação da biodiversidade, na medida que causam efeito de borda em florestas próximas ao empreendimento, impedem o fluxo natural dos animais, bem como seu acesso a recursos necessários para a sua sobrevivência, além de aumentar o índice de mortalidade por atropelamento da fauna, provocando assim um desequilíbrio ecológico (OLIVEIRA; SOUSA; SILVA, 2017). Os índices de acidentes relacionam-se diretamente à abundância de espécies animais, logo ambientes com maior diversificação faunística estão propensos a maiores índices de mortalidade e maior desequilíbrio ecológico (CUNHA; HARTMANN; HARTMANN, 2015). Os animais terrícolas que habitam áreas abertas e/ou fechadas e tem facilidade em se adaptar em locais antropizados apresentaram uma maior fragilidade à

instalação de rodovias (OLIVEIRA; SOUSA; SILVA, 2017).

Compreender os mecanismos envolvidos na relação entre empreendimentos rodoviários e a biologia e ecologia das populações e comunidades representa uma importante fonte de informações para avaliação real dos impactos que subsidiarão o desenvolvimento de futuros planos de manejo, mitigação de impactos e conservação da biodiversidade mundial (MAIA, 2013).

Atropelamento de animais no Brasil

Um dos principais transtornos das rodovias é a fragmentação de habitats, dificultando o fluxo das espécies (SILVA et al., 2011). As estradas são construídas em rotas de deslocamento para muitas espécies, as quais não reconhecem a rodovia como uma barreira e, por cortar o seu habitat natural, a utilizam para passagem, aumentando a probabilidade de colisão do animal com automóveis (ROSA, 2012). O atropelamento de animais representa o impacto mais notável, sendo reconhecida como a principal causa de morte de vertebrados por atividades humanas, acarretando na redução populacional, na reprodução, na variabilidade genética e, por fim, na diminuição de sua sobrevivência no ambiente (MAIA; BAGER, 2013). Esse problema geralmente é agravado em rodovias que cruzam áreas ricas em componentes faunísticos (SOUZA et al., 2017).

De acordo com o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE, 2017), estima-se que 473 milhões de animais silvestres são atropelados anualmente no Brasil. Os maiores índices de atropelamento se dão nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Grande do Sul) e Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) e Centro-Oeste (Distrito Federal), sendo que 90% são pequenos vertebrados, 9% vertebrados de médio porte e 1% vertebrados de grande porte (SILVA et al., 2011). O estado de Minas Gerais possui o maior sistema rodoviário do Brasil, consequentemente está mencionado entre os cinco estados que mais colaboram com estes números, sendo o estado de São Paulo o que mais contribui com os índices de atropelamentos (METRO JORNAL, 2016).

O estudo realizado por Ramos-Abrantes et al. (2018), realizado na Rodovia Federal BR230, em um trecho monitorado e com extensão de 180 quilômet-

ros, que liga os municípios de Campina Grande e Patos, no estado da Paraíba, foram registrados 188 espécimes de vertebrados silvestres atropelados, sendo os mamíferos de maior representatividade (57,4%), predominando a espécie *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato) (46,5%), prevalecendo o maior número de atropelamentos no período seco. No entanto, as aves e répteis, deste mesmo estudo, apresentaram um maior número de atropelamentos durante o período chuvoso. Sendo assim, a sazonalidade interfere na taxa de atropelamento, pois existem divergências entre as estações com maior número de atropelamentos, em diferentes estudos, e diferenciação entre as classes animais (LIMA, 2013).

Ao analisar a incidência de atropelamentos nas diferentes estações do ano, é possível verificar que nas estações da primavera e do verão foram verificados um número significativamente maior de animais atropelados quando comparado às estações do outono e inverno, pois nas estações mais quentes os animais estão mais ativos devido ao aumento da temperatura, ao período de acasalamento e à busca por água e alimentos (SOUZA et al., 2017). O estudo realizado por Oliveira; Sousa; Silva (2017), em trechos das rodovias estaduais MG-223 e MG-190, entre os meses de março a julho, demonstrou que o mês de março foi o período em que menos se notificou animais vitimados, sugerindo que este fato pode ser justificado devido à circunstância de que durante este mês houve o maior índice de chuvas no local de estudo, que possivelmente contribuiu com uma menor procura de água pelos animais.

A presença de espécies exclusivas para cada área do estudo parece ser influenciada pelas diferenças nas características ambientais do entorno das rodovias, pois, as mais atropeladas, variam com sua abundância na região e distribuição geográfica, de acordo com sua capacidade de deslocamento, recursos ou características ambientais (DEFFACI et al., 2016). Como exemplo são algumas espécies de aves – que possuem maior vulnerabilidade aos atropelamentos por possuírem características em comum de realizarem voos próximos ao solo–, associados à busca de recursos alimentares nas margens da rodovia, aumentando a vulnerabilidade aos atropelamentos (CUNHA; HARTMANN; HARTMANN, 2015).

Rodovias que cortam áreas mais degradadas parecem gerar impactos sobre animais de hábitos generalistas, com alta capacidade de ocupar áreas antrópicas e aparentemente com grandes populações

(DEFFACI et al., 2016). Por outro lado, rodovias que cortam áreas preservadas, ou menos degradadas, tendem a gerar impactos sobre espécies mais exigentes ao uso de habitat, por ficarem mais sujeitas a processos de redução populacional e possível extinção local, em consequência da redução e fragmentação de áreas florestadas (REZZADORI; HARTMANN; HARTMANN, 2016). Comumente são estas as espécies que mais demandam atenção para conservação, pois necessitam de habitats inalterados para sobreviverem. (DEFFACI et al., 2016).

A espécie *Cerdocyon thous*, apresentou maiores taxas de atropelamento na Rodovia Federal BR230, que em outros levantamentos realizados no Brasil (87 indivíduos, 46,5%), o que parece ser uma realidade local (RAMOS-ABRANTES et al., 2018). Dentre os répteis atropelados nesta mesma rodovia, 70% correspondem a espécies de serpentes, que pode estar relacionado ao deslocamento lento e a necessidade de termorregulação e ainda o estigma que existe contra estes animais, levando ao extermínio intencional (RAMOS-ABRANTES et al., 2018).

De maneira geral, embora quase todas as classes sejam prejudicadas pelas construções de rodovias, como ilustrado na Tabela 1, com a lista das principais espécies afetadas. Sabe-se que a presença de espécies exclusivas para cada área do estudo é provavelmente influenciada pelas diferenças nas características ambientais do entorno das rodovias (DEFFACI et al., 2016).

A perda de habitat é ocasionada pela fragmentação de áreas, resultando em uma paisagem com manchas de habitats naturais (fragmentos) situadas em diferentes posições da paisagem, rodeados por uma matriz de cobertura do solo diferentes da vegetação do fragmento (STEFFEN et al., 2011). Atualmente, vivemos uma realidade onde as áreas modificadas superam as áreas naturais em proporção do uso do solo. Os principais impactos da fragmentação sobre a biodiversidade estão relacionados aos efeitos de borda e barreira (ROSA, 2012). O efeito de borda, ou efeito marginal, é qualquer alteração (positiva ou negativa) na riqueza, composição e abundância das espécies na porção marginal de um fragmento e ocorre principalmente devido a alterações do microclima na borda fragmento-matriz (ROSA, 2012).

Mesmo em áreas reservadas para a conservação de animais, como as Unidades de Conservação (UCs), fornecendo habitat e proteção para espécies ameaçadas, estas não estão livres dos efeitos das

implantações de rodovias, tendo em vista que as espécies podem facilmente extrapolar os limites das UCs ou ainda sofrerem com alterações ambientais ocasionadas pelas rodovias (AMENT et al., 2008). Mesmo em áreas reservadas, os animais estão vulneráveis ao atropelamento, sendo que o número de visitantes pode influenciar diretamente nas taxas de atropelamentos e, assim, alterando a distribuição das espécies em UCs (GARRIGA et al., 2012).

Formas de solucionar/reduzir esses impactos

Boa parte dos atropelamentos são causados pela falta de medidas mitigadoras, tais como a ausência de passagens subterrâneas com cercas direcionadoras em locais específicos onde é notada uma maior movimentação de animais e a falta de cuidados dos motoristas nas rodovias (OLIVEIRA; SOUSA; SILVA, 2017). A redução das taxas de atropelamentos de animais silvestres depende de ações educativas e da implantação de medidas mitigadoras, sendo necessário conhecer bem os fatores envolvidos nas ocorrências de cada região (CUNHA; HARTMANN; HARTMANN, 2015; FIGUEIREDO, 2017). Neste sentido, a identificação das espécies mais frequentemente atropeladas em cada região e/ou paisagem e dos padrões ecológicos envolvidos são fundamentais para definir a necessidade de implantação e quais medidas mitigadoras são mais adequadas para a dada região (DEFFACI et al., 2016).

Algumas estratégias são essenciais para minimizar tais impactos, como o manejo ambiental, a fim de permitir a conectividade de fragmentos, evitando deste modo a extinção de espécies no local (MARTINELLI; VOLPI, 2011). Entender a relação entre os padrões de atropelamentos das espécies e os fatores relacionados a estes eventos é uma tarefa complexa em função do envolvimento de diversos fatores bióticos e abióticos (MAIA; BAGER, 2013). Porém, a avaliação dos impactos das rodovias sobre a mortalidade da fauna silvestre, principalmente em áreas de preservação da biodiversidade, como Unidades de Conservação, é uma iniciativa de extrema importância para o fornecimento de informações que contribuam para o planejamento de medidas de mitigação de impactos e tomadas de decisões (MAIA; BAGER, 2013).

O local de construção das estradas deve ser analisado, principalmente em áreas mais relevantes

Tabela 1. Principais espécies afetadas pelas construções de rodovias no Brasil.

Nome comum	Nome científico	Categoria de risco de extinção*
	MAMMALIA	
Onça-pintada	<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Vulnerável
Gambá-de-orelha-branca	<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	Menos Preocupante
Raposa-do-campo	<i>Lycalopex vetulus</i> (Lund, 1842)	Vulnerável
Paca	<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Onça parda	<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Vulnerável
Cachorro-do-mato	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Guaxinim	<i>Procyon cancrivorus</i> (G. Cuvier, 1798)	Menos Preocupante
Lobo guará	<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	Vulnerável
Gato-do-mato	<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)	Em Perigo
Anta	<i>Tapirus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	Vulnerável
Cutia	<i>Dasyprocta azarae</i> (Lichtenstein, 1823)	Menos preocupante
Tatu-peba	<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Tatu-peba	<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Menos preocupante
Lebre-comum	<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)	Menos preocupante
Veado-catingueiro	<i>Mazama gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	Menos Preocupante
Tamanduá-bandeira	<i>Myrmecophaga tridactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Vulnerável
Tamanduá-mirim	<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante

Preá	<i>Cavia aperea</i> (Erxleben, 1777)	Menos Preocupante
Capivara	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Coelho silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Jaguaritica	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Quati	<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Ouriço-cacheiro	<i>Coendou bicolor</i> (Tschudi, 1844)	Menos Preocupante
Zorrilho	<i>Conepatus chinga</i> (Molina, 1782)	Menos Preocupante
Gambá-de-orelha-preta	<i>Didelphis aurita</i> (Wied-Neuwied, 1826)	Menos Preocupante
	AVES	
Tiziu	<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Tucano-toco	<i>Ramphastos toco</i> (Statius Muller, 1776)	Menos Preocupante
Coruja-buraqueira	<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	Menos Preocupante
Rolinha-picui	<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	Menos Preocupante
Carrapateiro	<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	Menos Preocupante
Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	Menos Preocupante
João-de-barro	<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	Menos Preocupante
Coruja-das-torres	<i>Tyto furcata</i> (Temminck, 1827)	Menos Preocupante

Canário-da-terra verdadeiro	<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Anu-preto	<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Papa-lagarta-acanelado	<i>Coccyzus melacoryphus</i> (Vieillot, 1817)	Menos Preocupante
Pomba-de-bando	<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	Menos Preocupante
Bem-te-vi	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Suiriri	<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	Menos Preocupante
Urubu-de-cabeça-preta	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	Menos Preocupante
REPTILIA		
Cecília	<i>Siphonops annulatus</i> (Mikan, 1820)	Menos Preocupante
Cascavel	<i>Crotalus durissus</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Jararaca	<i>Bothrops erythromelas</i> (Amaral, 1923)	Menos Preocupante
Coral-falsa	<i>Oxyrhopus petolarius</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Jiboia	<i>Boa constrictor</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Cobra-cipó	<i>Chironius bicarinatus</i> (Wied, 1820)	Menos Preocupante
Cobra-preta	<i>Clelia plumbea</i> (Wied, 1820)	Menos Preocupante
Cobra-papa-pinto	<i>Drymarchon corais</i> (Boie, 1827)	Menos Preocupante
Surucucu	<i>Lachesis muta</i> (Linnaeus, 1766)	Menos Preocupante
Falsa-jararaca	<i>Xenodon newwiedii</i> (Günther, 1863)	Menos Preocupante
Tigre-d' água	<i>Trachemys dorbigni</i> (Duméril; Bibron, 1835)	Quase Ameaçada

Cágado-pescoçudo	<i>Hydromedusa tectifera</i> (Cope, 1869)	Menos Preocupante
Teiu-gigante	<i>Tupinambi smerianae</i> (Duméril; Bilbron, 1839)	Menos Preocupante
Jacaré-de-papo-amarelo	<i>Caiman latirostris</i> (Daudin, 1802)	Menos Preocupante
Jacaré-do-pantanal	<i>Caiman yacare</i> (Daudin, 1802)	Menos Preocupante
AMPHIBIA		
Sapo-cururu	<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	Menos Preocupante
Perereca-de-banheiro	<i>Scinax perereca</i> (Pombal; Haddad; Kasahara, 1995)	Menos Preocupante
Rã-manteiga	<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen, 1815)	Menos Preocupante

*Os critérios utilizados para categorização de risco de extinção foram considerados pelo método UICN (União Internacional para a Conservação da Natureza). Foram consideradas espécies ameaçadas, de acordo com a Portaria MMA nº 43/2014, aquelas categorizadas como Vulnerável, Em Perigo, Criticamente em Perigo e Extintas na Natureza.

para a conservação, e se possível distante de fragmentos ou o mais próximo da borda deles (MARTINELLI; VOLPI, 2011). O impacto das estradas possivelmente é maior do que demonstrado, pois a área que é ecologicamente afetada pelas estradas vai muito além da sua superfície das estradas, a exemplo de uma fêmea que tenha sido atropelada, consequentemente seus filhotes também morrerão sem o devido cuidado materno (LIMA, 2013).

O alto número de atropelamentos registrados reflete a necessidade dos animais de conseguir um habitat adequado para viver. A falta de alimentos, de parceiros sexuais, de espaço e a necessidade de dispersão de algumas espécies, dentre outros fatores, os levam a deixar o fragmento em que estão e buscar um local propício a sua sobrevivência (GRILO, 2012). Sugere-se a realização de campanhas educativas com os motoristas, juntamente ao poder público local, principalmente no período que antecede os meses de maior ocorrência de acidentes para que estes possam ser amenizados, e as possíveis providências após um atropelamento (SILVA et al., 2011).

A adição nas rodovias de placas de sinalização que alertem para a possível travessia de animais sil-

vestres (DEFFACI et al., 2016), a implantação de dispositivos de passagens (corredores ecológicos) que facilitem de forma segura a travessia dos animais para o outro lado da via com cercas direcionadoras, redutores de velocidade nos pontos de maior incidência de atropelamentos e, ainda, a fiscalização aos usuários das rodovias, são ações que poderiam beneficiar a fauna local (SILVA et al., 2011).

Em uma pesquisa realizada por Souza et al. (2017), em regiões localizadas próximas ao perímetro urbano de Itaara/RS, demonstrou que a maior incidência de atropelamentos coincide com trechos de maior velocidade, evidenciando a importância das estruturas para passagem de fauna, como túneis e viadutos, associados à implantação de sinalização adequada nos trechos mais vulneráveis e principalmente a implantação de programas que visem à conscientização dos motoristas.

Dentre os diferentes tipos de corredores ecológicos, merecem destaque os modelos de passagens inferiores, superiores e ecodutos. As construções de passagens inferiores são os modelos mais utilizados nas rodovias brasileiras, destinando-se a grande número de espécies terrestres, semiaquáticas

e inclusive quirópteras (GAISLER; ŘEHÁK; BARTONIČKA, 2009). Para sua boa funcionalidade é essencial que estes corredores estejam localizados nos caminhos preferenciais das rotas de fauna, sendo necessário um diagnóstico prévio. As passagens inferiores apresentam temperaturas significativamente menores em relação ao ambiente externo, característica que funciona como atrativo para a sua utilização como pontos de regulação de temperatura e, conseqüentemente, de travessia (ASCENSÃO; MIRA, 2007).

Os ecodutos, conhecidos também como pontes de ecossistemas, foram inicialmente testados na Europa a cerca de 40 anos, este modelo constitui uma alternativa avaliada como eficiente na sua capacidade de mitigação, por favorecer o deslocamento de ampla diversidade de espécies (ARROYAVE et al., 2006). Sua cobertura vegetal diversificada de médio e grande porte com cercas de madeira protegendo as laterais são características importantes para tal eficácia do modelo (ARROYAVE et al., 2006). Desta forma, permite uma continuidade de habitats, pois a própria estrutura recria um ambiente atrativo à fauna, sem confinamento e com a possibilidade de reprodução (AHERN et al., 2009). Os ecodutos normalmente apresentam largura e comprimento superior a 70 e 100 m, respectivamente (BECKMANN et al., 2011).

As passagens superiores são semelhantes aos ecodutos, porém com menores dimensões. Direcionada para a utilização por grandes mamíferos, principalmente (VAN WIEREN; WORM, 2001). De acordo com BISSONETTE; ADAIR (2008) existiam apenas quatro passagens superiores nos Estados Unidos e três no Canadá, quantidade bastante reduzida se comparada as 559 e 118 passagens inferiores instaladas, respectivamente, em ambos os países. Já na Europa, são mais difundidas, existindo registro de 125 passagens superiores na França, 30 na Alemanha, 20 na Suíça, quatro na Holanda (CORLATTI; HACKLANDER; FREY-ROOS, 2009).

Para que as passagens superiores tenham maior grau de efetividade é importante que não existam atividades humanas. Ainda que sejam destinadas principalmente aos grandes mamíferos, são utilizadas por ampla gama de espécies (BECKMANN et al., 2011). Para espécies de maior porte, é importante que a densidade de arbustos não dificulte a movimentação destes animais. Entretanto, dada a tendência de utilização por outros grupos, tais como pequenos e

médios mamíferos, anfíbios, répteis, e mesmo aves (JONES, 2010) e invertebrados (K. KELLER et al., 2005), é desejável que a passagem apresente uma continuidade do habitat circundante, com vegetação similar (JONES et al., 2011).

Por fim, é importante citar uma ferramenta utilizada em prol da conservação, desenvolvida pelo CBEE, chamada Sistema Urubu - um aplicativo que possibilita o mapeamento e a formação de um banco de dados sobre a incidência de atropelamentos envolvendo a fauna de vertebrados, a fim de gerar políticas públicas e auxiliar no planejamento de mitigação (MAIA; BAGER, 2013).

Considerações

Anualmente 473 milhões de animais silvestres são atropelados no Brasil, dentre eles, espécies ameaçadas de extinção como a onça preta, o lobo guará e a onça pintada, espécies topo de cadeia que desempenham um importante papel de equilíbrio do meio ambiente referente ao controle populacional. Através do levantamento de estudos, constatou-se que os maiores índices de atropelamento se dão nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Grande do Sul), Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais) e Centro-oeste (Distrito Federal).

Sendo assim, medidas mitigatórias precisam ser executadas para a conservação das diversas espécies de vertebrados, como a implantação de túneis de passagem de fauna em alguns pontos da rodovia; ecodutos que viabilizem de forma segura a travessia dos animais para o outro lado da via com cercas direcionadoras; instalações de placas sinalizadoras, que aguace a atenção dos motoristas para o risco de animais na estrada; e a implantação de redutores eletrônicos de velocidade nos pontos de maior incidência de atropelamentos.

Referências

Ahern J, et al. (2009) Issues and methods for transdisciplinary planning of combined wildlife and pedestrian highway crossings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2123 (1): 129-136.

- Ament R, Clevenger AP, Yu O, Hardy A (2008) An assessment of road impacts on wildlife populations in U.S National Parks. **Environmental Management** 42: 480- 496.
- Ascensão F, Mira A (2007) Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in southern Portugal. **Ecological Research** 22 (1): 57-66.
- Arroyave mp, Gómez C, Gutiérrez ME, Múnera DP, Zapata PA, Vergara IC, Andrade LM, Ramos KC (2006) Impacto de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. **Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia** 5: 45-57.
- Bager A, Rosa CA (2010) Priority ranking of road sites for mitigating wild life roadkill. **Biota Neotropica** 10 (4): 149-153.
- Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty JA (2011) Safe passages: Highways, wildlife and habitat connectivity. **Journal of Mammalogy** 92 (5): 1140-1141.
- Bissonette J, Adair W (2008) Restoring habitat permeability to road landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings. **Biological Conservation** 141: 482-488.
- Caceres NC (2011) Biological characteristics of mammals influence road kill in an Atlantic Forest-Savannah interface in south-western Brazil. **Italian Journal of Zoology** 78 (3): 379-389.
- CBEE (2017) **Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas**. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/>. Acesso em: 22 jul. 2019.
- Clevenger AP, CHRUSZCZ B, GUNSON KE (2003) Spatial patterns and factor influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation** 109 (1): 15-26.
- Coffin AW (2007) From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography** 15 (5): 396-406.
- Corlatti L, Hacklander K, Frey-Roos F (2009) Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. **Conservation Biology** 23 (3): 548-556.
- Cunha GG, Hartmann MT, Hartmann PA (2015) Atropelamentos de vertebrados em uma área de Pampa no sul do Brasil. **Ambiência** 11 (2): 307-320.
- Deffaci AC, Silva VP, Hartmann MT, Hartmann PA (2016) Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. **Ciência e Natura** 38 (3): 1205-1216.
- Dornas RAP, Kindel A, Bater A, Freitas SR (2012) Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias. In: BAGER, A (ed.) **Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: Ed. UFLA, 139-152 p.
- ahrig L, Rytwinski T (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. **Ecology and Society** 14 (1): 1-20.
- Fearnside P, et al. (1990) **Deforestation rate in Brazilian Amazônia**. Brasília: Secretaria Nacional de Ciências e Tecnologia, 8p.
- Ferreira AHB, Diniz CC (1994) CONVERGÊNCIA ENTRE AS RENDAS PER CAPITA ESTADUAIS NO BRASIL. TESE. UFMG BELO HORIZONTE 25 p.
- Figueiredo AP (2017) Novos métodos em Ecologia de Estradas: Correção da heterogeneidade espacial na análise de agregação de atropelamentos de fauna e definição da suficiência amostral. Dissertação (mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, Brasil, 118 p.
- Forman RTT, et al. (2003) **Road ecology: Science and solutions**. Island Press: Washington, 481p.
- Forman RTT (1998) Road ecology: A solution for the giant embracing us. **Landscape Ecology** 13 (4): III-V.
- Garriga N, Santos X, Montori A, Richter-Boix A, Franch M, Llorente GA (2012) Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. **Biodiversity and Conservation** 21 (11): 2761-2774.
- Gaisler J, Řehák Z, Bartonička T (2009) Bat casualties by road traffic (BrnoVienna). **Acta Theriologica** 54 (2): 147-155.
- Galetti M, et al. (2009) Priority areas for conservation of the Atlantic Forest large mammals. **Biological Conservation** 143 (6): 1229-1241.
- Grilo, CA (2012) Rede viária e a fauna – Impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 35-57 p.
- Hansbauer MM, et al. (2008) Movements of neotropical understory passerines affected by anthropogenic forest edges in the Brazilian Atlantic rainforest. **Biological Conservation** 141 (3): 782-791.
- Harison S (1991) Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. **Biological Journal of the Linnean Society** 42 (1-2): 73-88.
- Harrison S (1991) Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. **Biological**

- Journal of the Linnean Society 42, n. 1-2, p. 73–88.
- IUCN (2014) **International Union of Conservation of Nature**. Disponível em: <http://www.iucn.org/>. Acesso em: 16 set. 2019.
- Jordano P, et al. (2006) Ligando Frugivoria e Dispersão de Sementes à Biologia da Conservação. In: Duarte, C.F., et al. **Biologia da conservação: essenciais**. São Paulo: Editorial Rima, 411-436 p.
- Jones, DN (2010) **Safer, more permeable roads: Learning from the European approach**. Brisbane, Environmental Futures Centre, Griffith University. Disponível em: http://www.treat.net.au/projects/Safer_more_permeable_roads.pdf. Acesso em: 21 jul. 2018.
- Jones DN, Bakker M, Bichet O, Coutts R, Wearing T (2011) Restoring habitat connectivity over the road: Vegetation on a fauna land-bridge in south-east Queensland. **Ecological Management & Restoration** 12 (1): 76-79.
- Keller I, Excoffier L, Largiadèr CR (2005) Estimation of effective population size and detection of a recent population decline coinciding with habitat fragmentation in a ground beetle. **Journal of Evolutionary Biology** 18 (1): 90-100.
- Laurance WF, Goosem M, Laurance SGW (2009) Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution** 24: 659-669.
- Laurance SGW, Stouffer PC, Laurance WF (2004) Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia. **Conservation Biology** 18 (4): 1099-1109.
- Lima KCB (2013) IMPACTO DE ESTRADAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO BRASIL. Monografia. Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG – Brasil 94 p.
- Maia ACR (2013) EFEITOS MARGINAIS DE RODOVIAS EM MAMÍFEROS DE MÉDIO E GRANDE PORTE. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil.
- Maia ACR, Bager A (2013) Projeto Malha. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/imgs/images-CMS/publicacao/pdf/11.pdf>. Acesso em 21 jul. 2018.
- Martinelli MM, Volpi ta (2011) Mamíferos atropelados na Rodovia Armando Martinelli (ES-080), Espírito Santo, Brasil. *Natureza online* 9 (3): 113-116.
- Metro Jornal (2016). Só em MG, cerca de 35 milhões de animais são atropelados por ano. Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br>. Acesso em: 26 mai. 2019.
- Michalski F, Peres CA (2005) Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia. *Biological Conservation* 124 (3): 383-396.
- Oliveira PAS, Sousa EF, Silva FB (2017) Levantamento de animais vertebrados vítimas de atropelamentos em trechos das rodovias MG-223, MG-190 E BR-352. *GETEC* 6 (14): 128-148.
- Pereira LAG, LESSA SN (2011) O processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil. *Caminhos de Geografia* 12 (40): 26-46.
- Perz SG, Caldas M, Arima EY, Walker R (2007) Unofficial road building in the Amazon: socioeconomic and biophysical explanations. **Development and Changes** 38 (3): 529-551.
- Peres CA (2001) Synergistic Effects of Subsistence Hunting and Habitat Fragmentation on Amazonian Forest Vertebrates. **Conservation Biology** 15 (6) 1490-1505.
- Ramos-Abrantes MM, et al. (2018) Vertebrados silvestres atropelados na rodovia BR-230, Paraíba, Brasil. *PUBVET* 12 (1): 1-7.
- Rosa CA (2012) EFEITO DE BORDA DE RODOVIAS EM PEQUENOS MAMÍFEROS DE FRAGMENTOS FLORESTAIS TROPICAIS. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.
- Renctas (Rede Nacional Contra o Tráfico de Animais Silvestres) (2001). **1º Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre**. Disponível em: <http://www.renctas.org.br/pt/trafico/default.asp>. Acesso em: 08 dez. 2018.
- Renctas (Rede Nacional Contra o Tráfico de Animais Silvestres) (2007). **Vida silvestre: o estreito limiar entre preservação e destruição**. Diagnóstico do tráfico de animais silvestres na Mata Atlântica: Corredores Central e Serra do Mar. Disponível em: <http://www.renctas.org.br/wp-content/uploads/2014/10/livro-renctas-final.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2018.
- Rezzadori T, Hartmann MT, Hartmann PA (2016) Proximidade de rodovias pode influenciar a fragmentação florestal? Um estudo de caso no norte do Rio Grande do Sul. **Biotemas** 29 (3): 21-28.
- Schonewald-Cox C, Buechner M (1992) Park protection and public roads. In: **Conservation Biology - The Theory and practice of nature conservation, preservation and management**. London.
- Silva RM, Borba CHO, Leão VPC, Mineo MF (2011) O impacto das rodovias sobre a fauna de vertebrados silvestres no cerrado mineiro. *ENCICLOPÉDIA*

- BIOSFERA, Centro Científico Conhecer 7 (12): 1-9.
- Slater FM (2002) An assessment of wildlife road casualties - the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. **Web Ecology** 3: 33-42.
- Souza VE, Villa JP, Oliveira JS, Schalleberger LF, Buriol GA, Domingues AL (2017) Animais atropelados em um trecho da rodovia BR-158, região central do Rio Grande do Sul. *Disciplinarum Scientia* 18 (2): 265-276.
- Steffen W, et al. (2011) The Anthropocene: from global change to planetary stewardship. **Ambio** 40: 739-761.
- Stolle F, Chomitz KM, Lambin EF, Tomich TP (2003) Land Use and Vegetation Fires in Jambi Province, Sumatra, Indonesia. **Forest Ecology and Management** 179 (1-3): 277-292.
- Trombulak SC, Frissel CA (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology** 14 (1): 18-30.
- Van Wieren SE, Worm PB (2001) The use of a motorway wildlife overpass by large mammals. **Netherlands Journal of Zoology** 51 (1): 97-105.
- Zannin PHT, Calixto A, Diniz FB, Ferreira JAC (2003) A Survey of Urban Noise Annoyance in a Large Brazilian City: The Importance of a Subjective Analysis in conjunction with an Objective Analysis. **Environmental Impact Assessment Review** 23 (2): 245-255.