

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E
EDUCAÇÃO**

NATALY LORENZA BAPTISTELLA MEDEIROS

**Uma abordagem sobre passagens de fauna e ecologia de estrada como forma de mitigação e
conservação da biodiversidade**

**Araras-SP
2025
NATALY LORENZA BAPTISTELLA MEDEIROS**

**Uma abordagem sobre passagens de fauna e ecologia de estrada como forma de mitigação e
conservação da biodiversidade**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em
Ciências Biológicas da Universidade Federal de São
Carlos como requisito para obtenção do título de
licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a Dr^a Margareth Lumy Sekiama

Araras SP

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Agrárias – CCA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da candidata Nataly Lorenza Baptistella Medeiros, realizada em __/__/__

Orientador(a)

Dr. (a)

Instituição a que pertence

Examinador(a)

Dr. (a)

Instituição a que pertence

Examinador(a)

Dr.(a)

Instituição a que pertence

Examinador(a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu avô, que foi o primeiro a me apoiar na realização do sonho de ingressar na universidade. Aos meus pais, Vanessa e Saulo, que sempre me ensinaram o valor do estudo, meus irmãos Gabryel e Elyza e à espiritualidade, minha profunda gratidão por todo o suporte e força ao longo desta jornada. Também agradeço a mim mesma, por não desistir nos momentos difíceis, por enfrentar os desafios com coragem e por acreditar na minha capacidade de chegar até aqui. Sem dúvida, minha persistência foi essencial para alcançar este momento tão marcante e especial em minha vida.

Manifesto minha gratidão à Universidade Federal de São Carlos e a todos os seus colaboradores, especialmente aos professores do curso de Ciências Biológicas. Sou profundamente grata aos professores que, com suas abordagens humanitárias, desenvolveram significativamente a minha formação e inspiraram meus sonhos relacionados ao ensino e à aprendizagem.

Um agradecimento especial à professora Margareth Lumy Sekiama, orientadora deste trabalho de conclusão de curso, cuja orientação, paciência, compreensão e ensinamentos foram fundamentais.

Aos amigos que conquistei ao longo desses anos de graduação, meus sinceros agradecimentos. Em especial, agradeço aqueles que estavam ao meu lado, sempre dispostos a me ajudar nos momentos em que mais precisei de apoio.

Por fim, deixo meu reconhecimento a todos que, de alguma forma, participaram e desenvolveram para esta etapa tão importante da minha vida.

RESUMO

O presente trabalho tem como foco reunir estudos sobre ecologia de estradas e passagens de fauna, também conhecidas como ecodutos ou pontes verdes, seus objetivos, importância e efetividade para conservação e mitigação para animais silvestres. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória-descritiva, baseada em uma revisão bibliográfica de artigos científicos, dissertações e relatórios técnicos publicados. As passagens de fauna surgiram na Europa e América do Norte como resposta à fragmentação de habitats naturais e à elevada mortalidade de animais por atropelamentos. Essas estruturas desempenham um papel fundamental na restauração da conectividade entre fragmentos florestais, permitindo o deslocamento seguro de espécies e a manutenção dos processos ecológicos. No Brasil, embora o tema ainda seja inicial, pesquisadores têm contribuído significativamente com estudos sobre medidas mitigadoras e monitoramento de passagens de fauna em rodovias brasileiras. Este estudo aborda diferentes tipos de passagens, como viadutos vegetados, passagens subterrâneas e pontes aéreas, projetadas para atender às necessidades específicas de espécies terrestres e arborícolas. Os resultados indicam que essas estruturas são eficazes para a conectividade da fragmentação do habitat, minimizar atropelamentos e preservar a biodiversidade. Entretanto, desafios como custos elevados e a ausência de políticas públicas ainda limitam sua implementação. Este trabalho reforça a relevância das passagens de fauna como ferramentas essenciais para promover a coexistência sustentável entre o desenvolvimento viário e a conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: ecologia de estradas, deslocamento da fauna, movimentação da fauna, medidas de mitigação, conectividade de habitats, fragmentação do habitat, atropelamento de animais silvestres, rodovias.

ABSTRACT

The present study focuses on gathering research about wildlife crossings, also known as ecoducts or green bridges, their objectives, importance, and effectiveness in the conservation and mitigation of biodiversity loss among wild animals. The research adopted a qualitative and exploratory-descriptive approach, based on a bibliographic review of scientific articles, dissertations, and published technical reports. Wildlife crossings emerged in Europe and North America as a response to the fragmentation of natural habitats and the high mortality rates of animals due to roadkill. These ecoducts play a fundamental role in restoring connectivity between forest fragments, allowing species to move safely and maintaining ecological processes. In Brazil, although the topic is still developing, many authors have significantly contributed to studies on mitigation measures and the monitoring of wildlife crossings on Brazilian highways. This study discusses different types of crossings, such as vegetated overpasses, underground passages, and aerial bridges, designed to meet the specific needs of terrestrial and arboreal species. The results indicate that these structures effectively reduce habitat fragmentation, minimize roadkill, and preserve biodiversity. However, challenges such as high costs and the absence of public policies still limit their implementation. This research highlights the relevance of wildlife crossings as essential tools for promoting sustainable coexistence between road development and biodiversity conservation.

Keywords: road ecology, fauna displacement, fauna movement, mitigation measures, habitat connectivity, habitat fragmentation, wildlife road mortality, community ecology, highways.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO GERAL:.....	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.2 Objetivos Específicos.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
4.1. Fragmentação de habitats.....	11
4.2. Como iniciou-se o tema ecologia de estradas e alguns destaques no Brasil.....	12
4.3. Tipos de passagem de fauna.....	20
4.4. Panorama dos estudos sobre Ecologia de Estradas.....	26
4.5. Benefícios e efetividade das passagens de fauna.....	27
4.6. Educação Ambiental e atropelamentos.....	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento é definido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) como a transformação de florestas primárias em áreas para atividades agrícolas ou pastoris, detectadas por imagens de satélite. Além do desmatamento, a fragmentação das florestas, causada pela construção de estradas, extração de madeira e incêndios, também altera a cobertura vegetal. Aproximadamente 2,3 milhões de hectares dessas florestas são afetados anualmente pela fragmentação, o que impacta a biodiversidade (Maués e Oliveira, 2010). No estado de São Paulo, por exemplo, são raras as áreas naturais intocadas. Algumas áreas estão dentro de unidades de conservação, como por exemplo o Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), porém mesmo sendo unidade de conservação esse ambiente não é intocado já que serve de moradia para caiçaras, entre outros povos, além de serem utilizadas para agricultura como plantio de bananeiras, havendo a utilização de outros recursos para manter a economia, sendo importante para manutenção do povo local. O Regulamento de Parques Paulistas (Decreto Estadual Nº 25.341/1986) estabelece a área do Parque Estadual como área de conservação, menciona que a área é destinada a estudos científicos, entre fins recreativos de educação entre outros, porém, foi estabelecida depois da área já ter sido ocupada por habitações humanas, portanto, no momento enfrenta problemas para estabelecerem o seguimento da lei. (Raimundo e Simões, 2016) Após uma extensa busca por artigos que mencionassem áreas intocadas em São Paulo, não foram encontrados dados que comprovassem essa existência. Assim, a maior parte do território é composta por áreas alteradas, com diferentes graus de perturbação. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Natureza (ICMBio) vem promovendo debates sobre os serviços ecossistêmicos que as áreas de conservação promove, como recreação e lazer, conexão com a natureza, demonstrando sua grande importância na sociedade e o porque devemos mantê-la, esse estímulo e valorização da área e de grande contribuição para a educação ambiental. (Sancho-Pivoto e Raimundo, 2023).

Para preservação da natureza do desenvolvimento urbano e industrial, de sua biodiversidade de animais e fauna contra ações humanas, entre outros prejuízos realizados pela sociedade, as unidades de conservação (UCs), são essenciais para mitigar ou desacelerar os danos. Além disso, a criação de medidas ecológicas dentro dessas (UCs) como por exemplo o turismo ecológico, ajudam as populações nativas do local, a educação ambiental da população, a conservação da biodiversidade e os aspectos econômicos do local. (Risso, 2005).

A fauna desempenha um papel ecológico fundamental, contribuindo de maneira significativa para a biodiversidade e para os serviços ecossistêmicos. Tanto os animais quanto

a flora e seus dispersores criam um cenário dinâmico de diversificação de espécies. Um exemplo claro de serviço ecossistêmico é a polinização, realizada principalmente pelas abelhas. Essas criaturas desempenham um papel essencial não apenas para a economia, mas também para a alimentação humana e a manutenção da flora. A polinização feita pelas abelhas ocorre de forma natural, e, embora o trabalho humano possa tentar substituí-la, seria impossível alcançar a mesma qualidade natural proporcionada por esses insetos. Além disso, a tentativa de replicar esse serviço artificialmente exigiria investimentos bilionários, conforme um relatório da parceria entre a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES) e a Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador (REBIPP), apoiada pelo Programa BIOTA-FAPESP, que estima um custo de aproximadamente 43 bilhões de reais para um serviço que as abelhas realizam gratuitamente.

As abelhas polinizam uma grande variedade de alimentos essenciais para o consumo humano, como frutas, vegetais e sementes (Imperatriz-Fonseca; Saraiva; Gonçalves, 2007). No entanto, não são apenas as abelhas que desempenham essa função vital. Outro exemplo de polinizador natural no Brasil é o gambá, que, apesar de frequentemente ser atropelado em rodovias, também contribui para a polinização de plantas. Um exemplo disso é o gambá de orelha branca, que poliniza a planta arbórea *Mabea fistulifera*, uma espécie nativa do Brasil (Vieira, 2021).

Portanto, fica evidente a extrema importância dos animais para a manutenção da flora e para a alimentação humana, ressaltando a necessidade de preservar essas espécies e seus serviços ecossistêmicos.

Porém, sempre obtemos exemplos que interferem no ciclo natural, como por exemplo no interior do estado de São Paulo, houve muitos processos de fragmentação florestal e isso acaba afastando os animais de seu habitat natural, assim as passagens de fauna atuam como conectores possibilitando a movimentação dos animais silvestres em seus habitats (Valeri, Senô, 2004). A fragmentação além de fazer essa separação acaba influenciando na biodiversidade da área, como o corte de árvores por exemplo, para construção de rodovias, que afastam polinizadores, animais dispersores de sementes, os quais são responsáveis pela reprodução de muitas espécies de plantas. Os animais atuam fortemente na dispersão de sementes e no equilíbrio das áreas em recuperação. A disponibilidade de áreas verdes o ano todo é necessária para atraí-los e conseqüentemente o compartilhamento ocorre, assim, promovendo um resultado positivo que é a interação plantas e animais (Oliveira et al., 2018).

Ainda, o significado de fragmentação deve ficar claro e estabelecido, portanto:

“a fragmentação florestal é definida como uma separação ou desligamento de áreas amplas em fragmentos espacialmente segregados, promovendo a redução dos tipos de habitat e a divisão dos habitats remanescentes em unidades menores e isoladas”.
KORMAN, (2003, pg, 4.)

Um exemplo adicional da importância dos animais e que favorece o ecossistema é o exemplo do tatu, espécie que movimenta grandes quantidade de solo e sedimentos, o que ajuda no transporte de nutrientes no solo, além de criar abrigo para outros animais, com suas tocas. Ademais, culturalmente e turisticamente alguns mamíferos também criam conexão entre a natureza e os humanos, por meio dos serviços de ecoturismo, um exemplo é a onça-pintada (*Panthera onca*) na região do Pantanal. Portanto, não cuidar para que tais animais sejam protegidos é uma perda imensa para todos. (Menegassi, 2023). VALE (2023) alerta que: Infelizmente a capacidade dos mamíferos brasileiros de prover serviços ecossistêmicos está comprometida, pois muitas espécies estão hoje ameaçadas de extinção. Como por exemplo a onça pintada, o cachorro-do-mato-de-orelhas-curtas, a preguiça preta, o Lobo-guará, espécies de bioma da Mata Atlântica, entre muitas outras espécies. (ICMBio, 2025)

Vale ressaltar que é melhor manter áreas naturais e sua fauna, pois é difícil a reconstrução após sua degradação, exemplo disso é a degradação, desmatamento, a fragmentação ambiental, entre outros processos, pois pode levar anos para se restabelecerem ou pela gravidade do dano feito podem não ser mais reconstruídos, como por exemplo a extinção de uma espécie. Segundo Sousa et al., 2013, a recuperação de áreas é frequentemente um processo caro e, em alguns casos, inviável devido aos altos investimentos e ao tempo necessário. Após essa perturbação, a recuperação da área deve exigir técnicas específicas e caras.

O crescimento da infraestrutura viária tem levado à fragmentação e isolamento de habitats naturais, impedindo o fluxo gênico entre as populações de animais. Isso resulta em perda de biodiversidade, aumento do risco de atropelamentos e, em casos mais graves, à extinção local de espécies (Cemin, 2014).

Devido ao crescimento urbano e a industrialização, o deslocamento de automóveis nas estradas e rodovias vem aumentando consideravelmente. Com isso, diversas consequências

podem surgir, como acidentes rodoviários e atropelamentos de animais domésticos e silvestres. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo abordar o tema “passagem de fauna”, pois é de extrema importância devido ao significativo impacto que as estradas e rodovias têm sobre a fauna silvestre. Também conhecidas como ecodutos ou pontes verdes, e têm se mostrado uma das alternativas mais promissoras para possibilitar a conectividade entre os habitats, permitindo a livre circulação dos animais e a manutenção dos processos ecológicos naturais.

Ao abordar a construção e eficácia das passagens de fauna, o trabalho buscou revisar a literatura sobre o uso de passagem para mitigar os efeitos negativos das estradas sobre a vida selvagem. Além disso, o trabalho visa contribuir para o conhecimento científico, ao analisar a preferência dos animais por determinados tipos de passagens, sua eficácia na promoção do fluxo gênico e os desafios enfrentados na implementação dessas estruturas, o estudo poderá colaborar fornecendo subsídios para o planejamento e execução de futuros projetos de conservação e infraestrutura viária. A valorização da ideia reside no fato de que a passagem de fauna não apenas contribui para a preservação da biodiversidade, mas também promove a segurança dos usuários das estradas, reduzindo o risco de acidentes causados por colisões com animais de médio e grande porte. Além disso, a conectividade por meio de passagens de fauna pode trazer benefícios econômicos ao prevenir a perda de serviços ecossistêmicos realizados pelos animais e reduzir os custos com acidentes e atropelamentos em rodovias.

De acordo com estimativas do Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas, 475 milhões de animais silvestres morrem anualmente e 1,3 milhões diariamente nas estradas brasileiras devido a atropelamentos. (Silva, Lucas e Santos Júnior, s.d.) Desses, 56% ocorrem na região Sudeste e 29% no Sul, ou seja, 85% das mortes acontecem nas regiões Sul e Sudeste. A implementação de passagem de fauna é uma necessidade urgente e não somente em rodovias mas também em ferrovias e estradas, mesmo que os dados de mortes e suas consequências em ferrovias ainda não sejam totalmente evidenciados. (Bager, 2024).

Além disso, segundo Vita (2023), o estado de São Paulo possui cinco Unidades de Conservação (UCs) atravessadas por estradas ou rodovias, sendo:

- Estrada dos Castelhanos, no Parque Estadual de Ilhabela (UPI)
- Rodovia Nequinho Fogaça, SP-139, no Parque Carlos Botelho (UPI)
- Rodovia Arlindo Bétio SP-613, no Parque Estadual Morro do Diabo (UPI)
- Rodovia SP-312, ITU-TIETÊ, na APA Várzea do Rio Tietê (UUS)
- Estrada Turística SP-061, na APA Serra do Guararu (UUS)

A legislação ambiental, como o Decreto nº 53.146/2008 do estado de São Paulo, estabelece critérios para minimizar os impactos ambientais decorrentes da implantação de estradas em Unidades de Conservação (UCs). (Vita, 2023).

Mas não apenas os animais terrestres de médio e grande porte citados são atropelados, podemos nem imaginar, mas os morcegos também sofrem consequências. O estudo "Diversidade e Abundância de Morcegos Atropelados na Mata Atlântica Brasileira" analisou como os morcegos morrem atropelados em uma rodovia que atravessa áreas da Mata Atlântica. O estudo foi feito em um trecho de 25 km da rodovia BR-101, na reserva de Sooretama, e entre 2010 e 2015, foram encontrados 47 tipos de morcegos atropelados. Esses 47 tipos representam 40% das espécies de morcegos da Mata Atlântica, mostrando que muitos morcegos são afetados. O estudo ainda destaca que essa é a maior diversidade de morcegos atropelados já registrada no mundo.

A maioria dos morcegos atropelados pertence à guilda dos insetívoros, com 74% dos casos. Além disso, os morcegos que voam em áreas abertas são os mais vulneráveis, representando 41,9% dos atropelamentos.

O estudo também mostrou que caminhar pela estrada foi a maneira mais eficiente de encontrar os morcegos atropelados. Reduzir a velocidade dos carros, colocando radares e limitando a velocidade a 60 km/h, ajudou a diminuir os atropelamentos. Outras ações, como construir passagens para morcegos e restringir o tráfego à noite, também podem ser eficazes.

Em resumo, as rodovias representam um grande risco para a conservação dos morcegos, principalmente os insetívoros que voam em áreas abertas. Por isso, é importante adotar medidas para minimizar esse impacto.

A morte de animais silvestres por atropelamentos contribui com a diminuição da fauna no nosso país e supera outras causas de mortalidade como caça ilegal e desmatamento (Gordilho, Lima e Custódio, 2017).

A ausência de políticas públicas e falta de fiscalização ajudam a agravar a situação. O planejamento e construção de rodovias parece não dar a devida importância em relação aos animais e à biodiversidade. A construção de estradas, rodovias e linhas de transmissão exige a realização de EIA-RIMAs, mas o problema está na legislação, que não obriga as empresas a construir passagens de fauna em áreas críticas ou florestadas.

É importante antecipar esses riscos no plano de manejo sustentável das rodovias. Se falarmos cada vez mais sobre a proteção do meio ambiente, é crucial colocar em prática essas metas. Isso não deve ser responsabilidade apenas dos empreendedores e governos que

utilizam recursos naturais, mas também da conscientização da população que utilizam as rodovias. As pessoas precisam estar preparadas para lidar, por exemplo, com a travessia de animais caso não haja medidas mitigadoras na pista. Infelizmente, são raras as estradas que possuem medidas para proteger tanto os animais quanto os humanos, garantindo uma travessia segura.

Por mais que tenhamos todos esses problemas, medidas tecnológicas são criadas para monitorar esses atropelamentos e a população pode contribuir com esses dados, notificando através de aplicativos os acidentes que ocorrem. O Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE) foi quem criou esse aplicativo, chamado Urubu mobile, que fica de fácil acesso às pessoas por estar na palma da mão. Esses dados ajudam a construir o Banco de Dados Brasileiro de Atropelamento de Fauna Selvagem (BAFS) e podem identificar onde mais ocorrem os atropelamentos. (Gordilho, Lima e Custódio, 2017). Porém, o aplicativo foi recentemente inativado por falta de verba para a manutenção.

Saber quantas mortes de animais acontecem nas rodovias é importante, mas não é o suficiente. O ideal é que, a partir desses dados, sejam tomadas medidas concretas para minimizar os impactos, como a instalação de placas de sinalização, lombadas eletrônicas em áreas críticas e, eventualmente, a construção de passagens de fauna. Essas ações podem ajudar a proteger a fauna local enquanto se aguarda a implementação das passagens de fauna, que são fundamentais a longo prazo.

O plano de efetividade é uma maneira de evitar incertezas na hora de avaliar as medidas de mitigação. O modelo de plano foi inspirado e adaptado a partir do proposto por Van der Grift et al. (2013) segundo o guia de boas práticas para avaliação de efetividade. (Figura 1). A replicação de avaliações em diversos contextos permitirá o acúmulo de conhecimento sobre a eficácia das medidas de mitigação. Isso possibilitará discussões sobre os critérios adequados para validar o funcionamento dessas medidas para os objetivos planejados (GONÇALVES et al., 2023).

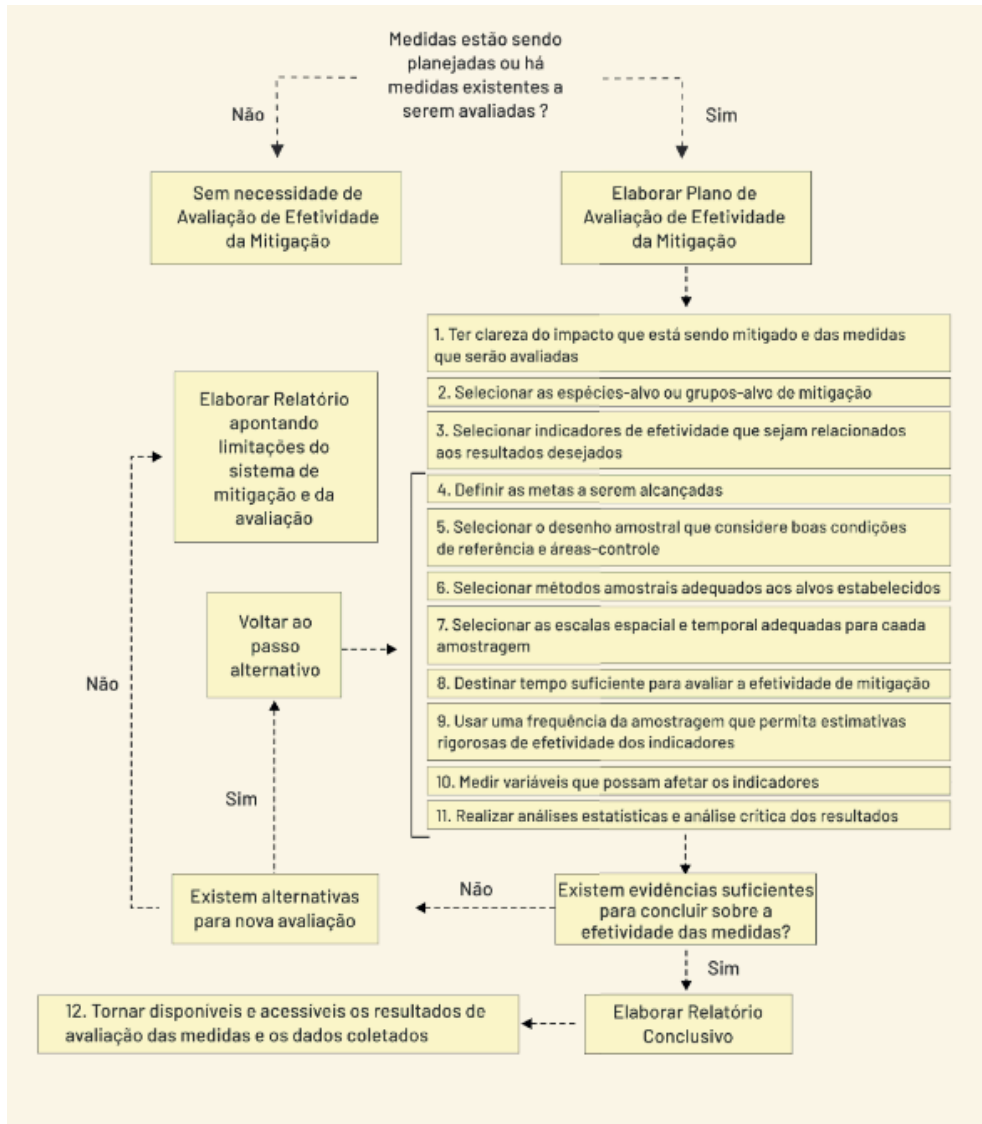


Figura 1. Mapa para elaborar um plano de avaliação de efetividade. (Fonte: Gonçalves et al., 2023).

Atualmente vem aumentando consideravelmente os trabalhos de monitoramento, avaliação e guias de boas práticas para mitigação de impactos sobre a fauna em rodovias, pois é necessário devido a quantidade de animais atropelados e risco de acidentes com pessoas e usuários das estradas e rodovias no Brasil.

Por conta dos altos impactos danosos que a rodovia causa nos animais, se faz necessário o uso de medidas mitigadoras para tentar salvar essas espécies, e tentar não interferir tanto no habitat natural que vivem. Essa colisão com os veículos é uma das causas da perda de indivíduos da fauna silvestre, que reflete também na diversidade biológica e na manutenção dos ecossistemas.

“No Brasil, temos números alarmantes de mortes de animais silvestres em rodovias: mais de oito milhões de aves e dois milhões de mamíferos mortos por ano (González-Suárez et al. 2018).”

Portanto, este trabalho sobre passagem de fauna busca contribuir para a construção de uma sociedade mais sustentável e consciente sobre a importância da coexistência harmoniosa entre ser humano e a fauna silvestre. A valorização dessa ideia reside na perspectiva de promover um futuro em que as estradas possam ser concebidas como corredores de mobilidade para todos os seres vivos, preservando a rica diversidade biológica de nosso planeta.

2. OBJETIVO GERAL:

2.1 Objetivo Geral

Realizou-se uma revisão da literatura sobre o tema passagem de fauna e suas implicações sobre a fauna silvestre.

2.2 Objetivos Específicos

Realizou-se uma abordagem englobando os seguintes temas:

- Fragmentação de habitats e seus impactos;
- Ecologia de Estradas: seu início, destaques no Brasil;
- Tipos de passagens de fauna, e seus benefícios e efetividade;
- Impactos das rodovias sobre a fauna silvestre;
- Foi feito uma análise sobre as dificuldades e impasses das passagens de fauna (como a falta de políticas públicas entre outras)
- A Educação ambiental e outras ferramentas na colaboração para mitigar os impactos de rodovias sobre a biodiversidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A atual pesquisa teve base qualitativa, caracterizada como exploratória-descritiva, onde a coleta de dados foi feita por meio de pesquisa bibliográfica, e as fontes bibliográficas foram buscadas em periódicos científicos, dissertações, trabalhos publicados, revistas e outras, além das plataformas científicas digitais, como Scielo, Google Acadêmico, CAPES. As buscas se referiram às principais abordagens aplicadas às pesquisas sobre passagem de fauna, presentes nas plataformas digitais científicas utilizando palavras-chave relevantes, como "passagem de fauna", "ecodutos", "pontes de dossel", "conservação da vida silvestre", entre outras. Os materiais selecionados foram analisados e suas informações consideradas relevantes para este trabalho foram coletadas e sintetizadas. Foram considerados estudos publicados nos últimos 10 anos, bem como aqueles superiores a 10 anos, para garantir a relevância e a consistência das informações utilizadas.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Fragmentação de habitats

“A teoria da biogeografia de ilhas proposta pelos biólogos MacArthur e Wilson em 1972, estuda a influência do tamanho e distância de ilhas e continentes, e do seu isolamento nas populações.” (Valeri e Senô, 2004). Baseando-se nessa teoria, de MacArthur e Wilson, 1972, podemos compreender que conseqüentemente as ilhas pequenas têm menos espécies do que ilhas grandes e apresentam taxas de extinção maiores. As ilhas que ficam mais próximas a colonizadores podem abrigar mais indivíduos pelas suas taxas de imigração. Portanto, fazendo um comparativo entre “ilhas” e fragmentos florestais, as passagens de fauna e corredores ecológicos facilitam o deslocamento dos animais e aumentam o número de espécies.

As atividades antrópicas como a expansão das atividades econômicas tem sido o maior causador de destruição dos habitats naturais. Muitas áreas de vegetação natural já foram um dia, áreas contínuas, porém diversas delas foram fragmentadas, separadas e isoladas principalmente pela ação do ser humano. Esse processo é chamado de fragmentação de habitats, sendo uma das maiores ameaças à biodiversidade global. A perda imediata de habitat pode levar à exclusão de algumas espécies, especialmente aquelas raras ou com distribuição restrita. Além disso, o isolamento pode diminuir ou eliminar a colonização de espécies de áreas vizinhas, restringindo o fluxo gênico e o acesso a recursos externos à mancha de habitat, causando visível diminuição de espécies. O tamanho, o tempo de isolamento e a conectividade entre as áreas remanescentes são fatores cruciais que influenciam a resposta a longo prazo das espécies à fragmentação (Pires; Fernandez; Barros, 2006).

A fragmentação afeta o habitat original, não podendo ser considerada parte dele, e impacta cada espécie de forma diferente. A influência dessa fragmentação depende da capacidade de movimentação da espécie e da quantidade de vegetação restante na área. Ou seja, quanto menos vegetação houver, menor será o espaço para que as espécies possam viver e cumprir seu ciclo de vida normalmente. (Rufino, 2016).

As perturbações externas afetam as espécies e afetam seu crescimento. Outro fator importante a ser abordado sobre a fragmentação de habitats, são fatores que sensibilizam ainda mais esse processo, como o tamanho populacional, especialização em relação ao habitat etc. Devemos notar que as características mudam o cenário e podem descrever a vulnerabilidade de uma espécie à fragmentação. Por exemplo, espécies generalistas, com grandes populações e alta mobilidade, tendem a ser menos sensíveis à fragmentação, enquanto especialistas com baixa taxa de crescimento e capacidade dispersora limitada são mais vulneráveis. Os efeitos gerados desses processos naturais e antrópicos podem levar a

perda de interações ecológicas e chegar a extinções em cascata, uma levando a outra, o que resultaria em um impacto negativo no ecossistema, esse abalo causa interrupções na rede de interações, que podem nunca mais serem restabelecidos (Pires; Fernandez; Barros, 2006).

É importante salientar que os órgãos ambientais apoiam estudos nessa área de abordagem. Como exemplo, no Brasil, o Programa Nacional de Biodiversidade (PRONABIO) apoiou estudos sobre fragmentação em todo o país, para que o conhecimento se espalhe e seja utilizado e conseqüentemente aprimorado para a conservação da natureza, que está cada dia mais fragmentada. É essencial que a sociedade considere essas informações enquanto ainda há tempo para proteger nossa biodiversidade, pois como não é uma maneira de interromper totalmente a degradação do meio ambiente, maneiras de mitigação e desaceleração são importantes e podem se tornar eficientes a longo prazo (Campos, 2014).

4.2. Como iniciou-se o tema ecologia de estradas e alguns destaques no Brasil

A passagem de fauna é um tema crescente na área ambiental e devido ao aumento de meios de transporte, os habitats naturais vem cada vez mais sendo fragmentados e impedem a circulação dos animais selvagens que ali residem e migram, resultando negativamente na reprodução, alimentação e distribuição dos animais. Muitos artigos citam medidas de mitigação, seus impactos e suas conseqüências, mas poucos falam da origem das passagens de fauna, é ainda um assunto recente e muitos estudos seguem em aberto ou não foram discutidos.

Os primeiros registros de passagens de fauna têm origem na Europa, onde esses viadutos foram construídos para mitigar os impactos ambientais sobre o bioma local e reduzir a elevada ocorrência de acidentes. Na América, os Estados Unidos e o Canadá se destacaram como pioneiros nesse tipo de estrutura, motivados pelos frequentes acidentes envolvendo veículos e animais de grande porte, como alces, veados e cervos. Inicialmente voltadas para essas espécies, as passagens posteriormente passaram a incluir viadutos vegetados, projetados para atender também animais de pequeno e médio porte, independentemente de estarem ameaçados de extinção. Além disso, ainda são poucos os estudos publicados no Brasil ainda que evidenciam essa positividade das medidas mitigadoras de forma geral (Gonçalves et al. 2021).

No Brasil, conforme Zanardo (2018), apenas em 23 de janeiro de 1986, por meio da Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 001/86, projetos de construções viárias começaram a ser examinados quanto aos seus possíveis impactos ao meio ambiente através dos processos de licenciamento ambiental, que exigem laudos técnicos, como laudo de fauna, laudo de cobertura vegetal e laudos geológicos.

Ademais, mesmo que o desenvolvimento viário tenha ocorrido em meados dos anos 50 e 60, somente com a resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro 1997, foi incluído as rodovias como áreas potencialmente poluidoras e ficaram sujeitas a licenciamento ambiental, algo muito positivo pois os órgãos de meio ambiente podem controlar os impactos causados no meio ambiente e podem exigir documentação que mitiguem tais atos.

O estudo e implementação de medidas para possibilitar a passagem segura de fauna se tornaram fundamentais para minimizar os efeitos negativos da fragmentação do habitat e promover a conectividade e a sobrevivência de espécies. Ao longo dos anos, diversos pesquisadores e estudiosos têm se dedicado a investigar esse tema, buscando compreender os padrões de movimentação da fauna, avaliar a eficácia de soluções de passagem, e propor diretrizes para a mitigação dos impactos ambientais.

O *Handbook of Road Ecology* (Van der Ree et al., 2015) é uma das obras mais completas sobre passagens de fauna, reunindo mais de 30 anos de estudos sobre os impactos das rodovias no meio ambiente ao redor do mundo, principalmente nos Estados Unidos, Ásia, África e América do Sul. O estudo aborda a implementação de medidas eficazes de mitigação, apresenta as melhores práticas para o desenvolvimento de projetos que conciliam biodiversidade e construção de rodovias, além de discutir sua gestão e os desafios ambientais envolvidos na execução desses projetos.

Entre os autores que contribuíram para o conhecimento sobre passagem de fauna, encontra-se o pesquisador Van der Ree et al. (2015), sugeriu por exemplo maneiras de monitoramento das passagens através dos registros de pegadas e monitoramento por câmeras, e conscientização da população. Ele adotou uma revisão abrangente sobre as expressões e soluções para a fragmentação do habitat por estradas e ferrovias, incluindo a importância das passagens de fauna. A compreensão e aplicação desses estudos é essencial para que possamos viver harmoniosamente com o meio ambiente.

Além disso, muitos outros estudos foram realizados por diversos países, segundo Bhandari et al. (2024), em todo o mundo, quase 40% de toda a literatura sobre colisões entre animais selvagens e veículos foi encontrada nos Estados Unidos, seguidos pelo Canadá, Austrália, Espanha, Reino Unido, Brasil, Portugal, Alemanha, Suécia e República Tcheca e um total de 82,1 milhões de incidentes ao analisar a literatura entre 1970 e 2020. No Brasil, a situação é igualmente preocupante, e, por isso, diversos pesquisadores têm se dedicado a buscar soluções para mitigar os atropelamentos e seus impactos. Dentre as iniciativas nacionais, destaca-se o estudo de GARCIA et al. (2022), o estudo “Funcionalidade de dois projetos de pontes de dossel (Figura 12) : testes bem-sucedidos para o mico-leão-preto em

perigo de extinção e outras espécies arbóreas.” que investigou, ao longo de três anos, a eficácia de duas estruturas de pontes de dossel distintas – uma construída com madeira e outra com corda – instaladas sobre Rodovia GRI 253, em Guareí, no estado de São Paulo, Brasil. O objetivo principal foi avaliar o potencial dessas estruturas na mitigação do atropelamento de micos-leões-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*), uma espécie ameaçada de extinção no estado de São Paulo, e de outras espécies arbóreas. A pesquisa avaliou três aspectos cruciais, a funcionalidade de cada tipo de ponte, quantificando o número de espécies que as utilizaram e o número total de eventos de travessia registrados, a preferência de cada espécie por um dos designs de ponte, buscando identificar qual estrutura era mais atrativa, e as diferenças sazonais no uso das pontes, verificando se o número de travessias variava entre as estações seca e chuvosa.

Os resultados revelaram que a ponte de madeira foi significativamente mais utilizada do que a ponte de corda. Esse padrão foi observado tanto no número total de eventos de travessia quanto na probabilidade de uso pelos animais. Especificamente, o mico-leão-preto demonstrou uma clara preferência pela ponte de madeira, utilizando-a exclusivamente para suas travessias. Adicionalmente, o estudo constatou que o número de travessias foi maior durante a estação seca.

A pesquisa ressalta a importância da escolha do design adequado de pontes de dossel para cada espécie-alvo, enfatizando que o design deve ser cuidadosamente selecionado com base no comportamento e nas necessidades específicas das espécies a serem protegidas. Adicionalmente, o estudo demonstra a necessidade de monitoramento de longo prazo para uma avaliação precisa da efetividade dessas estruturas na redução de atropelamentos e na promoção da conectividade entre fragmentos florestais. Por fim, o estudo destaca que a colaboração entre pesquisadores de instituições de ensino superior, órgãos governamentais e a comunidade local foi um fator crucial para o sucesso da implementação e do monitoramento das pontes. Essa abordagem multidisciplinar e colaborativa é fundamental para o desenvolvimento de ações eficazes de conservação da biodiversidade em paisagens modificadas pela ação humana.

O estudo de Zaleski et al. (2009), realizado na Fazenda Monte Alegre, situada no estado do Paraná, examina como a interligação entre plantações comerciais e corredores ecológicos com matas nativas de Floresta Estacional Semidecidual facilita o fluxo de fauna na área, especialmente de mamíferos carnívoros. Esses animais, muitos dos quais estão ameaçados de extinção por fatores como caça e atropelamentos, se beneficiam da

conectividade proporcionada pelos corredores ecológicos. O estudo demonstra que a presença de mosaicos de vegetação e a interligação das áreas de vegetação criam um ambiente mais seguro, permitindo que as espécies se desloquem entre diferentes áreas, como matas nativas e plantações. Essa conectividade facilita a passagem de fauna, promovendo a segurança necessária para a sobrevivência e reprodução desses animais, além de contribuir para a proteção e aumento da biodiversidade da região.

O documento também demonstra que a preservação de áreas nativas e o estudo da biodiversidade são fatores essenciais para a conservação de mamíferos, com um reconhecimento do papel importante que a Fazenda Monte Alegre desempenha como um refúgio para a vida selvagem. Portanto, levar em consideração os fatores que afetam os organismos ali presentes é de suma importância para construir ali um espaço viável para os animais.

Além das inúmeras pesquisas já realizadas, existem iniciativas que vão além, implementando projetos práticos que contribuem diretamente para esse processo. Como por exemplo, o Centro Brasileiro de Excelência em Ecologia de Estradas (CBEE) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) foi estabelecido no Departamento de Biologia (DBI), sob a liderança do professor Alex Bager, pioneiro no estudo de ecologia de estradas no Brasil, o centro desenvolve diversas pesquisas e projetos. Além disso, o professor utiliza plataformas como o YouTube para compartilhar conhecimentos e divulgar os avanços realizados, possibilitando maior acesso às iniciativas desenvolvidas (Figura 2). Este centro tem como propósito principal servir como um ponto de compartilhamento de conhecimento e ideias entre diversas áreas de conhecimento dentro da universidade, facilitando a colaboração em pesquisas, projetos de extensão e iniciativas inovadoras no campo da Ecologia de Estradas. O foco central do centro é a investigação do impacto da construção de estradas, com o intuito de criar um espaço para troca de ideias e o planejamento conjunto de ações entre os diferentes departamentos da instituição. A iniciativa acredita no poder da interdisciplinaridade, argumentando que a união de diversas disciplinas pode gerar resultados notáveis.

A inauguração do centro contou com a participação de professores dos departamentos de Ciências Florestais e Biologia, além de alunos de diversos cursos da universidade e membros do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE). Em essência, o Centro de Excelência busca integrar diversas áreas do conhecimento para aprofundar estudos e ações relacionadas ao impacto da construção de estradas, promovendo uma abordagem mais abrangente e colaborativa.

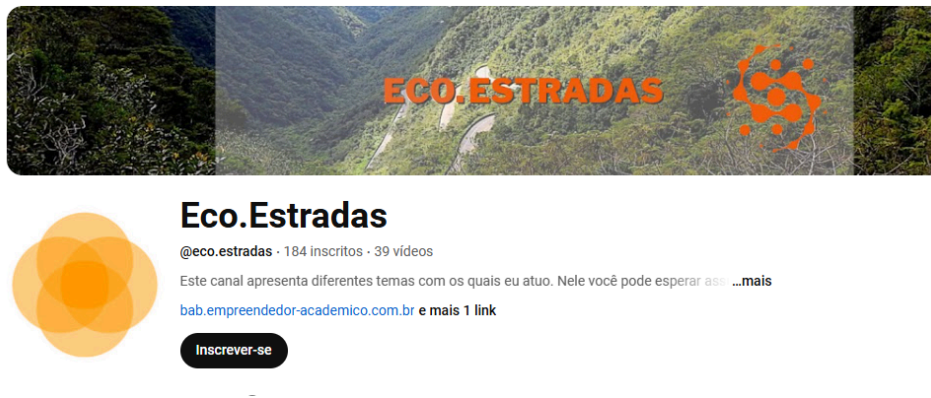


Figura 2. Perfil de acesso ao canal do professor Alex Bager.

Outro exemplo de projeto voltado para a mitigação de danos é a plataforma Civis (Figura 3), uma iniciativa inovadora de ciência cidadã desenvolvida pelo IBICT. Seu principal objetivo é incentivar a participação pública em projetos científicos, permitindo que cidadãos contribuam para a coleta, análise e compartilhamento de dados em áreas como meio ambiente e saúde. Desenvolvida em código aberto e inspirada na EU-Citizen.Science, a Civis busca democratizar o acesso à ciência, aproximando a sociedade das pesquisas e promovendo a colaboração e a conscientização científica. Na busca, foi inserida a palavra “atropelamento”, e foram encontradas 3 iniciativas de ciência cidadã sobre o tema no Brasil, que são: Sistema Urubu (atualmente desativado), Estrada amiga da fauna (Espírito Santo) e SOS fauna silvestre atropelada (Manaus).

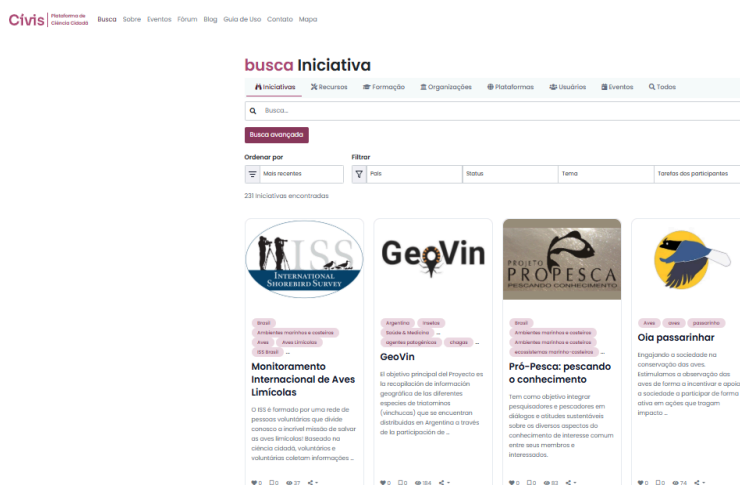


Figura 3. Imagem da plataforma Civis.

Atualmente no Brasil, a pesquisadora Fernanda Abra é uma referência na área de ecologia de estradas e conservação da biodiversidade, com ênfase no impacto das infraestruturas rodoviárias sobre a fauna. Sua trajetória inclui estudos voltados para a mitigação de atropelamentos de animais silvestres e estratégias para melhorar a conectividade entre habitats fragmentados. Um de seus trabalhos mais destacados é a aplicação de medidas como passagens de fauna e cercas para reduzir colisões entre veículos e animais, contribuindo para a proteção de espécies ameaçadas, como o estudo “Guia de boas práticas para avaliação de efetividade de medidas de mitigação dos impactos sobre a fauna em rodovias, Gonçalves et al., 2023”. A pesquisadora também atua em consultorias ambientais e projetos interdisciplinares, promovendo soluções sustentáveis que integram desenvolvimento e conservação.

A industrialização, o crescimento e desenvolvimento urbano e a infraestrutura para dar suporte a essa rápida urbanização vem causando impactos significativos na natureza e na biodiversidade (Lodé, 2000; Bergallo et al., 2001; Bond & Jones, 2008). Não se pode negar que os projetos de rodovias são importantes e benéficos para o melhoramento social e econômico, mantendo a qualidade de vida, e o mínimo para a sobrevivência humana, já que a grande parte da distribuição dos alimentos são feitos por caminhões (cerca de 60%), utilizando assim as rodovias, o que se faz de grande importância e indispensável (Medici, et al., 2016)

A conscientização sobre os impactos do meio ambiente e a busca por ações mais sustentáveis vem tomando espaço atualmente e ganha sua voz em conferências governamentais como a Rio +20, na qual um de seus planejamentos é a estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável. Tais discussões tomaram forças nos anos de 1970-80 em países desenvolvidos. Com a frequente preocupação com o meio ambiente, pôde-se observar que estudos sobre os impactos de construções eram necessários pois geram resíduos que tendem a permanecer no ambiente caso não sejam devidamente destinados. Os impactos causados por essas obras resultaram na criação da Ecologia de Estradas, onde se tem o estudo entre a interação das rodovias e do meio ambiente. (BAGER, 2012)

A Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como “Novo Código Florestal”, foi o primeiro grande diploma florestal construído no parlamento brasileiro sob a influência do consagrado Princípio do Desenvolvimento Sustentável, pelo qual se estabelece que o desenvolvimento econômico deve ocorrer de forma a se permitir que as atuais gerações supram suas necessidades sem comprometer, contudo, a

capacidade de as futuras gerações terem suas próprias necessidades atendidas. Tal princípio restou incorporado ao ordenamento jurídico brasileiro a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida por ECO 92 ou Rio 92, que ocorreu na cidade do Rio de Janeiro em 1992. (SMOLENTZOV, 2013, p. 17).

O Código Brasileiro de Trânsito diferencia “estrada” de “rodovia”, no qual a estrada é caracterizada por áreas rurais, e “rodovias” por áreas pavimentadas (Barbosa et. al., 2013)

A Ecologia de Estradas se faz importante pois estuda a segurança das pessoas que transitam pelas rodovias e a conservação e segurança da biodiversidade, em relação à mortalidade de animais silvestres por atropelamento, já que para construção é necessário realizar uma intervenção no meio ambiente, causando uma perturbação para os animais em seu ambiente natural. (Beckmann et al., 2011)

Assim, as rodovias causam impactos ambientais diretos e indiretos nos padrões e processos ecológicos, como efeitos de barreira para a fauna silvestre e a perda de conectividade entre ambientes naturais (Bissonette & Adair, 2008). As passagens de fauna ajudam a restabelecer essa conectividade com o fluxo gênico.

As rodovias têm efeitos que impactam consideravelmente a vida dos animais silvestres e no equilíbrio ecológico. Assim, os animais acabam cruzando estradas em funcionamento elevando as chances de atropelamentos e acidentes rodoviários (Domingues, et al., 2021).

É nesse momento que as passagens de fauna entram em ação como forma de mitigação dos atropelamentos de animais, conforme pode ser visto nas figuras 4 à 17.



Figura 4. Passagem de fauna aérea em corda cruzando o trecho da Rodovia Tamoios, no km 65+610, no trecho de planalto de Caraguatatuba, inaugurada no dia 09 de março de 2023, contendo 62 metros de comprimento. Foi feita com cabos de aço, madeiras suspensas e cordas. Fonte: Tamoios notícias



Figura 5. Passagem de Fauna aérea em corda, no km 70,4, no trecho de Serra da Rodovia dos Tamoios, para segurança de animais arborícolas que habitam o Parque da Serra do Mar, com 20 metros de extensão. Fonte: Tamoios notícias (s.d).



Figura 6. Passagem aérea vegetada de fauna em concreto, com cercas para guiamento dos animais, na Rodovia Tamoios, no município de Paraibuna, na região do Parque da Serra do Mar, em 2021 o viaduto estava totalmente adaptado. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 7. Passagem aérea vegetada de fauna em concreto, com cercas para guiamento dos animais, na Rodovia Tamoios, no município de Paraibuna, na região do Parque da Serra do Mar, 2021. Fonte: Arquivo pessoal

4.3. Tipos de passagem de fauna

A construção de estruturas que permitem a movimentação de animais entre áreas separadas ajuda a manter a dispersão, favorece o fluxo genético, reduz a endogamia e contribui para a sobrevivência das espécies. Isso resolve vários problemas causados pela fragmentação, ajudando na manutenção das populações das espécies afetadas por esse processo (Corlatti et al., 2009).

Biólogos, engenheiros e arquitetos têm trabalhado em conjunto para implementar medidas mitigadoras nas rodovias, considerando a paisagem, o tipo de habitat afetado e as espécies-alvo. Diversos mecanismos têm sido empregados, como refletores, placas de sinalização, diminuição da velocidade e outras informações para alertar os usuários sobre possíveis travessias de fauna. No entanto, as passagens de fauna são consideradas fundamentais e devem ser acompanhadas por cercas condutoras, que funcionam como guias para conduzir os animais até as passagens (Abra, 2012).

As passagens de fauna subterrâneas (Figuras 8 e 9), conhecidas como galerias, têm se mostrado eficazes para facilitar a travessia de animais que se deslocam por terra, pelo solo. Essas estruturas têm sido adaptadas para permitir o uso por diferentes espécies, desde pequenos até grandes mamíferos (Abra, 2012).



Figura 8. Passagem de fauna subterrânea na Rodovia Zeferino Vaz, no trecho conhecido como “Tapetão”, na altura do km 117, em Campinas, executada pela concessionária Rota das Bandeiras em 2022. (Foto: Eixo-SP/Divulgação).



Figura 9. Passagem de fauna subterrânea e drenagem, na BR-158, no município de Confresa (MT). (Foto: DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2014).

As caixas secas, acompanhadas de cerca condutora (Figura 10) são outra opção, projetadas para possibilitar a travessia de animais em ambientes secos ou úmidos, ao nível do solo (Abra, 2012).



Figura 10. Passagem de fauna do tipo caixa seca com cerca condutora, na rodovia SP-225, em Brotas, Brasil. (Foto: Fernanda Delborgo Abra)

Em relação às passagens aéreas é de importância evidenciar as:

Passagem aérea para vertebrados arborícolas (Figura 11) construídas de cabo de aço ou cordas e ficam na altura do dossel, sendo essas as camadas superiores das florestas, assim constroem-se um caminho contínuo. Dessa forma, conectam habitats fragmentados por rodovias, reúnem a fauna arbórea e semi-arbórea, como por exemplo: primatas, marsupiais, entre outros. Esse tipo de estrutura construída se encontra na Austrália, Madagascar e Brasil.

Esse método consiste em unir as copas das árvores por cordas, bambus, dentre outros, e fixadas em árvores ou postes de luz (Figueira, 2020).



Figura 11. Passagem aérea para vertebrados arborícolas. Pontes de corda na região zona norte da capital de São Paulo, Brasil, que conecta o Horto Florestal à área verde da Invernada do Barro Branco, pertencente à Polícia Militar do Estado de São Paulo. Construída para garantir a segurança dos animais que habitam a floresta da Serra da Cantareira e o Parque Estadual Alberto Löfgren (Horto Florestal). (SÃO PAULO, 2914) Foto: Fábio Ferrão Videira.



Figura 12. Foto de dois modelos de passagem de fauna do tipo “pontes de dossel” retirada do trabalho de Garcia et al (2022), feito para conservação do animal mico-leão-preto, em Guareí, SP. (a) ponte de corda, (b): ponte de madeira, feita com tronco de eucalipto. (Foto: Francini Garcia)

Um outro tipo de passagem, são os viadutos de fauna (Figuras 13 e 14), são estruturas que reconectam a paisagem, permitindo o fluxo de animais entre fragmentos cortados por rodovias de múltiplas faixas. Eles têm sido utilizados principalmente por mamíferos de grande porte, mas também podem ser usados por animais de menor porte, desde que o ambiente seja adequado (Abra, 2012).



Figura 13. Primeiro viaduto com travessia para fauna no Brasil foi instalado no Pará, em 2017, no Ramal Ferroviário Sudeste do Pará, num trecho da rodovia que corta a Floresta Nacional de Carajás. Crédito: Ibama



Figura 14. Viaduto vegetado criado para conectar a Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, com a faixa de Mata Atlântica do outro lado da BR-101. (ABDALA, 2020).

Além das passagens de fauna, as cercas-guia são as principais estruturas adotadas em rodovias e ferrovias para reduzir os impactos ambientais sobre a fauna. Dentre as soluções mais comuns, destacam-se as cercas, que impedem a travessia direta dos animais pelas rodovias, direcionando-os para passagens inferiores específicas. (Santos e Vieira, 2015). Os elevados são a maior estrutura de mitigação para rodovias de múltiplas faixas e são construídos acima do dossel da mata nativa, permitindo a travessia de vários grupos faunísticos por cima da estrutura. Mas, por terem um alto custo de implantação, eles são menos utilizados. O Brasil está começando a implementar suas primeiras passagens de fauna, sendo a passagem superior na Rodovia dos Tamoios, em São Paulo (Figura 15) a maior

porção contínua de Mata Atlântica do Brasil, uma inovação entre as medidas mitigatórias do país (Abra, 2012).

A estrutura de passagem de fauna superior localizada na Rodovia dos Tamoios, no km 25+800, em Paraibuna (SP), integra as ações de mitigação e compensação realizadas em virtude das obras de duplicação do trecho do planalto, considerada uma das maiores obras rodoviárias do Brasil (Ramos et al., 2023)

Apesar de extensas pesquisas, não foi possível encontrar dados específicos sobre a quantidade de unidades de conservação no Brasil que foram impactadas por rodovias. Essa lacuna na literatura aponta para a necessidade de mais estudos e coleta de dados sobre o tema, o que é essencial para uma compreensão completa dos impactos ambientais das infraestruturas de transporte em áreas de conservação.



Figura 15. Passagem aérea vegetada de fauna em concreto, com cercas para guiamento dos animais, na Rodovia Tamoios, no município de Paraibuna, na região do Parque da Serra do Mar, 2021. (Foto: Dersa/Sp)

As cercas ou alambrados de condução foram os primeiros tipos de estruturas de mitigação implantadas em vários países da Europa, como na Suíça, e na América do Norte, no Canadá e Estados Unidos, com o objetivo inicial de conter a entrada de animais nas rodovias para garantir a segurança dos usuários. No entanto, especialistas ao redor do mundo chegaram a um consenso de que as cercas (Figura 16) só devem ser implantadas em conjunto com passagens de fauna, pois, caso contrário, podem se tornar barreiras que impedem o fluxo de indivíduos e o fluxo gênico entre as populações silvestres, podendo levar a extinções locais (Abra, 2012).



Figura 16. Cerca de condução na Highway 93, Montana, Estados Unidos. (Foto: Fernanda Abra).

4.4. Panorama dos estudos sobre Ecologia de Estradas

A eficácia das passagens de fauna tem sido amplamente discutida, e questionamentos foram levantados em relação ao que seria necessário para promover o fluxo gênico entre fragmentos isolados pelas rodovias e a adequação das passagens para diferentes grupos faunísticos. Algumas questões também surgiram sobre o tamanho e extensão das cercas de condução e a possibilidade de efeito negativo em algumas situações, como impedimento da entrada dos animais na passagem (Abra et al., 2021).

Sendo um tema relativamente novo, a Ecologia de Estradas ainda possui áreas que precisam ser mais investigadas, como a eficiência de diferentes passagens para grupos faunísticos diversos, considerando a estrutura das passagens, o desenho e a paisagem do entorno, para englobar o máximo de animais diferentes usando as passagens (Oliveira et. al., 2020).

No Brasil, apesar da expansão das rodovias, especialmente nas regiões norte, nordeste e centro-oeste, ainda não existe um plano nacional para a mitigação dos impactos da expansão da infraestrutura rodoviária, mas é de grande importância a implementação do plano e poderia ser uma exigência no licenciamento ambiental de rodovias, a fim de evitar acidentes (Figuras 18 e 19), prezando pela vida animal e dos condutores de veículos (Abra, 2012).



Figura 18. Colisão entre um automóvel e um anta, na BR-262 entre Campo Grande e a ponte do Rio Paraguai, de uma matéria publicada em 2023. (Foto: ICAS - BBC News Brasil).



[Mais de 1,3 milhão de animais morrem atropelados nas estradas brasileiras diariamente. Foto: O Globo]

Figura 19. Tucano atropelado em estrada, animal deixado no acostamento da rodovia. Registrado por Alex Bager em uma de suas pesquisas percorrendo 30.000 km para evidenciar atropelamentos no Rio Grande do Sul. (BAGER, 2024).

4.5. Benefícios e efetividade das passagens de fauna

Projetos destinados a construir travessias para a fauna selvagem podem representar uma ferramenta significativa na preservação das espécies frente às ameaças decorrentes das estradas. Sua implementação é geralmente viável economicamente, simples e de execução relativamente rápida. Essas travessias podem ser adaptadas para estradas de maior porte,

desde que ocorram ajustes estruturais para ancoragem e estabilidade, assim como o processo de habituação dos animais locais ao material utilizado na construção das pontes é essencial. Cada espécie animal pode apresentar preferências em relação ao material utilizado nas passagens, uma vez que materiais familiares proporcionam maior sensação de segurança, incentivando os animais a utilizá-las (Garcia et al., 2022).

As passagens de fauna do tipo ponte de dossel podem diminuir a probabilidade de contato direto entre as pessoas e a vida selvagem e, assim, evitar a troca de patógenos e até diminuir a probabilidade de captura ilegal para comércio de animais de estimação, e esses benefícios são pouco discutidos na literatura científica e merecem uma maior atenção (Garcia et al., 2022).

Existem vários tipos de medidas mitigadoras e um ponto importante nesse uso e instalação delas é sua efetividade, se estão mesmo favorecendo nas estradas e diminuindo seus impactos. A maior evidência da efetividade foi uma meta-análise feita por Rytwinski et al. (2016). Ele demonstrou que as cercas com ou sem estruturas de travessia são as que mais funcionam para evitar colisões, reduzindo 54%, já que separam o animal da estrada (Figura 20).

Vale ressaltar que, ao mesmo tempo que as cercas diminuem as colisões, elas também fragmentam a passagem, desconectando o animal de uma parte da natureza, levando ao isolamento das populações a um lado da via. O ideal seriam as cercas trabalhando junto com as travessias.

Segundo estudo de Schmidt et al. (2021), ao qual foi realizada uma pesquisa sobre a eficácia de passagem de fauna, ele obteve resultados positivos em relação ao seu uso pelos felinos, ao longo do tempo. No estudo foram utilizados dois modelos de regressão logística que analisaram fatores que influenciam o uso das passagens, considerando variáveis estruturais, ambientais e temporais. Os dois modelos estatísticos analisados identificaram fatores que influenciam o uso de estruturas de travessia por animais. Os resultados mostram que a probabilidade de uso aumenta com o tempo desde a instalação da travessia, maior comprimento da cerca e maior cobertura de dossel. Em contrapartida, a presença de água na estrutura reduz essa probabilidade.

Os modelos explicam 25% da probabilidade de uso das passagens de fauna, com fatores como tempo de construção, comprimento da cerca, cobertura de dossel e presença de água. No entanto, 75% ainda permanecem sem explicação, indicando que existem outros fatores não detectados pelos modelos. Quanto ao desempenho, a especificidade foi alta (82% para o modelo 1 e 84% para o modelo 2), ou seja, os modelos identificam bem os casos em

que os animais não utilizam as passagens. A sensibilidade foi mais baixa (57% para o modelo 1 e 53% para o modelo 2), indicando dificuldades em prever quando os animais realmente usam as passagens. Isso sugere que há outros fatores influenciando o uso das passagens, não considerados pelos modelos.

Pode-se concluir então que a passagem de fauna obtém muitas particularidades, e mais modelos específicos de avaliação são necessários, pois, além de fatores estruturais e externos, há ainda fatores internos como comportamentais de cada espécie que irão influenciar o uso da passagem.

Um estudo de campo foi realizado ao longo de rodovias no oeste de Montana, nos Estados Unidos, especificamente na Flathead Indian Reservation, ao longo da rodovia US Hwy 93 North. Este local foi selecionado para investigar o uso de passagens de fauna por grandes mamíferos, incluindo cercas curtas e passagens subterrâneas, construídas entre 2005 e 2010. Constatou-se que os trechos de estrada mitigados mais curtos apresentaram maior variabilidade na redução de colisões com grandes mamíferos em comparação com os trechos mais longos. Em média, os trechos mitigados com mais de 5 km alcançaram uma eficácia de 84,1%. Já os trechos mitigados com menos de 5 km mostraram-se menos eficazes. Isso pode ser atribuído à insuficiência de extensão para guiar os animais até uma passagem de fauna segura ou ao aumento das chances de colisões nas áreas próximas às extremidades das cercas, onde os corredores terminam.



Figura 20. Cercas instaladas para evitar colisões dos animais com os carros na estrada, com a presença da lombada, que força a diminuição da velocidade dos veículos. Fonte (Gonçalves, 2023)

4.6. Educação Ambiental e atropelamentos

Diante do cenário apresentado neste trabalho, a educação ambiental surge como uma ferramenta fundamental para a conscientização da população sobre os impactos das rodovias na vida silvestre. O desenvolvimento de programas educativos voltados para essa temática pode contribuir significativamente para a redução dos atropelamentos de fauna e para a preservação dos ecossistemas.

Neste contexto, o estudo realizado por Forgiarini (2015), teve como objetivo elaborar um projeto educativo para sensibilizar a sociedade sobre os atropelamentos de animais silvestres, utilizando o acervo do Museu de Zoologia da UNESC. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória, analisando dados de animais recebidos pelo museu desde 1998 até 2015, provenientes de diferentes municípios da região.

O projeto de educação ambiental desenvolvido, intitulado "Semana do Trânsito no Museu de Zoologia: os bichos pedem passagem", foi estruturado em três etapas: planejamento, implementação e avaliação. Durante sua realização, houve participação de alunos, professores e membros da polícia ambiental e militar, além de melhorias na organização do acervo do museu e no seu banco de dados. O interesse de outras instituições na iniciativa demonstrou o potencial da proposta para ampliar a conscientização sobre o tema.

Dessa forma, o presente trabalho visa destacar a importância da educação ambiental como estratégia eficaz para mitigar os impactos das rodovias sobre a fauna silvestre. A incorporação de projetos como esse nos programas educativos de museus e escolas pode contribuir significativamente para a preservação da biodiversidade e para a construção de uma sociedade mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho explorou a temática das passagens de fauna como uma ferramenta crucial para a mitigação dos impactos negativos da fragmentação de habitats e da mortalidade de animais silvestres em rodovias. Ao longo da pesquisa, foi possível constatar a importância da ecologia de estradas para o entendimento da interação entre infraestruturas viárias e a biodiversidade. A fragmentação de habitats, causada pela expansão urbana e industrialização, representa uma das maiores ameaças à fauna, resultando em perda de biodiversidade e isolamento de populações. As rodovias, em particular, atuam como barreiras, impedindo o fluxo gênico e aumentando o risco de atropelamentos. Diante desse cenário, as passagens de fauna emergem como soluções promissoras, visando restabelecer a conectividade entre fragmentos florestais e garantir a sobrevivência das espécies.

A revisão bibliográfica revelou a diversidade de tipos de passagens de fauna, cada qual com suas particularidades e adequações às necessidades de diferentes espécies, desde viadutos vegetados e passagens subterrâneas até pontes aéreas, estas estruturas têm se mostrado eficazes na redução da fragmentação do habitat e na minimização de atropelamentos. A escolha do design adequado, considerando o comportamento e as necessidades específicas das espécies, é um fator crucial para o sucesso dessas medidas.

Além da diversidade de tipos, a efetividade das passagens de fauna foi amplamente discutida, com estudos demonstrando que cercas de condução, quando combinadas com passagens, são as medidas mais eficazes para evitar colisões, modelos estatísticos auxiliam a entender o uso dessas estruturas, mas mostram limitações na previsão de uso. Isso aponta para a necessidade de mais estudos que considerem fatores adicionais, como características comportamentais dos animais e condições ambientais específicas, por exemplo.

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação de passagens de fauna ainda enfrenta desafios, como os elevados custos e a falta de políticas públicas, a ausência de um plano nacional para a mitigação dos impactos da infraestrutura rodoviária é uma lacuna que precisa ser urgentemente preenchida. Além disso, a colaboração entre pesquisadores, órgãos governamentais e a sociedade civil é fundamental para o desenvolvimento de ações eficazes de conservação da biodiversidade em paisagens modificadas pela ação humana.

Este estudo ressalta a importância de uma abordagem multidisciplinar e colaborativa para a implementação de medidas de mitigação, como as passagens de fauna, conscientização da população sobre os impactos das rodovias na vida selvagem e a necessidade de coexistência harmoniosa entre seres humanos e fauna silvestre também são essenciais para o sucesso das iniciativas de conservação e mitigação. O uso de aplicativos para registro de

atropelamentos, embora inovador, mostra a urgência de medidas mais efetivas e financiamento para a manutenção dessas iniciativas, mas ainda é uma alternativa muito promissora.

Diante da relevância da conservação ambiental e da necessidade de mitigar os impactos das rodovias sobre a fauna e flora, a implementação de um plano de monitoramento e mitigação se torna fundamental. A inclusão desse plano como uma exigência no processo de licenciamento ambiental de rodovias poderia ser uma medida eficaz para garantir a preservação da biodiversidade e minimizar os impactos negativos da infraestrutura viária.

Portanto, sugere-se que órgãos como o ICMBio e o IBAMA considerem a obrigatoriedade desse plano como parte das diretrizes para o licenciamento, promovendo assim um desenvolvimento mais sustentável e alinhado com a conservação ambiental.

Para finalizar, este trabalho evidencia que as passagens de fauna são ferramentas indispensáveis para a conservação da biodiversidade em um mundo cada vez mais impactado pelas atividades humanas. A continuidade de pesquisas, a adoção de políticas públicas eficientes e o engajamento da sociedade são cruciais para garantir a coexistência sustentável entre o desenvolvimento viário e a preservação da vida selvagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, V. *Viaduto vegetado para trânsito de micos-leões é inaugurado no Rio*. Agência Brasil, 03 ago. 2020. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-08/viaduto-vegetado-para-transito-de-micos-leoes-e-inaugurado-no-rio>. Acesso em: 04 mar. 2025.

ABRA, F. D. *Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2012.

ABRA, F. D., HUIJSER, M. P., MAGIOLI, M., BOVO, A. A. A.; BARROS, K. M. P. M. (2021). *An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil*. *Heliyon*, 7(1).

Alisson, E. | Agência FAPESP. *Polinização é ameaçada por desmatamento e agrotóxicos no Brasil*. Agência FAPESP, 07 de fevereiro de 2019. Disponível em: URL do site da FAPESP. Disponível em:

<https://agencia.fapesp.br/polinizacao-e-ameacada-por-desmatamento-e-agrotoxicos-no-brasil/29730>. Acesso em: 03 de março de 2025.

BAGER, Alex. *Quando 2 são + que muitos*. Blog Empreendedor Acadêmico, 07 nov. 2024. Disponível em: <https://bab.empreendedor-academico.com.br/blog/quando-2-sao-que-muitos/>. Acesso em: 5 mar. 2025.

BAGER, A. (Ed.). *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Editora UFLA. 2012.

BAGER, Alex. *Atropelamento de animais em ferrovias: impacto ainda desconhecido no Brasil*. Empreendedor Acadêmico, 2024. Disponível em:

<https://bab.empreendedor-academico.com.br/news/atropelamento-de-animais-em-ferrovias-impacto-ainda-desconhecido-no-brasil/>. Acesso em: 4 mar. 2025.

BARBOSA, L. M.; et al. *Dez anos de pesquisas do instituto de botânica visando à restauração ecológica em áreas da International Paper do Brasil, em Mogi-Guaçu/SP*. Conference: V Simpósio de Restauração Ecológica - Políticas Públicas para a Conservação da Biodiversidade. 2013.

BBC NEWS BRASIL. *A rodovia que mata mais de 2 mil animais silvestres por ano*. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cxxy6jgpi6go>. Acesso em: 27 abr. 2023.

BECKMANN, J. P.; CLEVINGER, A. P.; HUIJSER, M. P.; HILTY, J. A. *Safe Passages: Highways, Wildlife, and Habitat Connectivity*. *Journal of Mammalogy*. 2011.

BERGALLO, H. G.; VERA y CONDE, C. F., 2001. *O Parque Nacional do Iguaçu e a Estrada do Colono*. *Ciência Hoje*, 29: 37-39.

BHANDARI, K., UPADHAYA, S., YADAV, N. K., POUDEL, P., HEYOJOO, B. P., TIMILSINA, Y. P., KOIRALA, P. *What factors drive wildlife-vehicle collisions on highways? A case study from Western Nepal*. *Journal for Nature Conservation*, Volume 81, 2024,

<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126678>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138124001274>)

BISSONETTE, J.A.; ADAIR, W., 2008. *Restoring habitat permeability to roaded landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings*. *Biological Conservation*, 141: 482-488.

BOND, A.R.; JONES, D.N., 2008. *Temporal trends in use of fauna-friendly underpasses and overpasses*. *Wildlife Research*, 35: 103-112

CAMPOS, A. L. G. *Políticas Públicas Ambientais: Conservação da Biodiversidade e Gestão dos Serviços Ecológicos*. 2014. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2133/tde-31072014-164829/publico/Dissertacao_Ana_Luiza_Garcia_Campos.pdf. Acesso em: 18 jun. 2024.

CEMIN, G. *Avaliação da fragmentação florestal no município de caxias do sul-rs: implicações ecológicas e proposição de cenários futuros*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014

CÍVIS - Citizen Science Platform: Organisations. Disponível em: <https://www.civis.ibict.br/organisation/61>. Acesso em: 25 jan. 2025.

CORLATTI, L.; HACKLÄNDER, K.; FREY-ROSS, F. *Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation*. Department of integrative biology and biodiversity research, Viena, Austria, 2009.

CRAMER, P. & CENTER, U. T. (2012). *Determining wildlife use of wildlife crossing structures under different scenarios* (No. UT-12.07). Utah. Dept. of Transportation. Research Division.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Atividades de fauna 2014*. Brasília, 2014. Disponível em:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/meio-ambiente/AtividadesdeFauna2014.pdf>. Acesso em: Acesso em: 10 maio 2024.

Damásio, L.; Ferreira, L. A.; Pimenta, V. T.; Paneto, G. G.; dos Santos, A. R.; Ditchfield, A. D.; Bergallo, H. G.; Banhos, A. *Diversidade e Abundância de Morcegos Atropelados na Mata Atlântica Brasileira*. *Diversity*, 13, no. 7: 335, 2021. <https://doi.org/10.3390/d13070335>

DOMINGUES, D. S.; HARTMANN, M. T.; MARCO, C. M.; HARTMANN, P. A. *As condicionantes nos licenciamentos ambientais para a fase de operação de rodovias: um estudo de caso no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil*. *Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.* 2021

FIGUEIRA, L. B. V. *Uso de passagens de fauna e sua efetividade na conservação da biodiversidade*. 2020. Disponível em:

<http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5096/1/Liara%20Beatriz%20Vitorio%20Figueira%20274932.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2024.

FORGIARINI, A. M. *A importância da educação ambiental na sensibilização sobre atropelamentos de fauna a partir do acervo do Museu de Zoologia Prof. Morgana Cirimbelli Gaidzinski, UNESC, Criciúma, SC*. Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc. 2015.

Garcia, F.d., Culot, L., de Carvalho, R.E.W.F. *et al.* *Functionality of two canopy bridge designs: successful trials for the endangered black lion tamarin and other arboreal species.* Eur J Wildl Res 68, 20 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10344-022-01569-8>

GONÇALVES, D. V., et al. *Soluções construtivas para travessia de animais: do contexto global ao cenário brasileiro* *Constructive solutions for animal crossings: from the global context to the Brazilian scenario.* Brazilian Journal of Development 7.1 (2021): 1.

González-Suárez, M., Zanchetta Ferreira, F., & Grilo, C. (2018). *Previsões espaciais e em nível de espécie do risco de mortalidade nas estradas usando dados de características.* Ecologia Global e Biogeografia, 27 (9), 1093-1105.

GORDILHO, H. J. S., LIMA, Y. F., & CUSTÓDIO, V. P. S. (2017). *Como reduzir os danos à biodiversidade decorrentes do atropelamento de animais selvagens nas estradas que cruzam a floresta atlântica brasileira?.* revista jurídica, 3(48), 225-242.

Guia de boas práticas para avaliação de efetividade de medidas de mitigação dos impactos sobre a fauna em rodovias. Disponível em:

<https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1099>. Acesso em: 30 março 2024.

GUIMARÃES, T. *A principal causa da morte de animais silvestres no Brasil.* BBC Brasil, Londres, 2015.

ICMBio, 2025. *Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE.* Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/>. Acesso em: 04 de Mar. de 2025.

IMPERATRIZ-Fonseca, V. L., Saraiva, A. M., & Gonçalves, L. (2007). *A iniciativa brasileira de polinizadores e os avanços para a compreensão do papel dos polinizadores como produtores de serviços ambientais.* Biosci. J., Uberlândia, 23, 100-106.

KORMAN, V. *Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP.* 131 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

LODÉ, T., 2000. *Effect of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations.* Ambio, 29: 163-166.

MAUÉS, M. A.; OLIVEIRA, R. S. *Consequências da fragmentação do habitat na biologia reprodutiva de árvores na Amazônia.* Biologia Reprodutiva de Árvores. 2010. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34982586/Maues__Oliveira_2010_Consequencias_Frag_Biologia_Reprodutiva_Arboreas_Amazonia-libre.pdf?1412340486. Acesso em: 6 mar. 2025.

MEDICI, E.P.; ABRA, F.D.; FERNANDES-SANTOS, R.C.; TESTA-JOSÉ, C. *Relatório Técnico Parcial: Atropelamentos de Anta Brasileira no MS.* 2016. Disponível em: https://www.primeiranoticia.jor.br/upload/ckeditor/files/Relatorio_Tecnico_Parcial_Atropelamentos_Anta_Brasileira_MS.pdf. Acesso em: 18 jun. 2024

MENEGASSI, D. *Mamíferos a serviço do ecossistema – e da sociedade!* O Eco, 27 nov. 2023. Disponível em: <https://oeco.org.br/noticias/mamiferos-a-servico-do-ecossistema-e-da-sociedade/>. Acesso em: 4 mar. 2025.

OLIVEIRA, B. L., de Brito Gomes¹, P. C., Ribeiro, A. L., Ribeiro, G. M. F., Pessoa, J., & Brasil, P. B. *Atropelamentos da fauna silvestre como uma consequência da fragmentação das paisagens e sua proximidade com rodovias e estradas.*

OLIVEIRA, Silvio Lacerda; BASTOS, Rogério Pereira; LACERDA, Kenia Alves Pereira; ALVES LACERDA, Sabrina Enzo. *Ecologia de estradas: estado da arte no Brasil e no mundo.* Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 12, p. 98546-98573, 2020.

PIRES, A. S., FERNANDEZ, F. A., & BARROS, C. S. (2006). *Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais.* *Biologia da Conservação: Essências.* São Carlos, São Paulo, Brazil, 231-260.

RAMOS, A. S.; ARAÚJO, A. R.; LEAL, D. R. R.; PERES, J. M. S.; MACHADO, T. L.; BITU, C. I.; ALVES, F. de A.; SILVA, W. A. de S. *Passagem de fauna em rodovias: fauna passage on highways.* Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade, v. 3, n. 2, p. 75–107, 2023. Recuperado de: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/299>.

RAIMUNDO, S.; Simões, E. *Dilemas e Desafios para Instalação de Sistemas Agroflorestais no Interior e Entorno do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Picinguaba – (SP).* CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária, v. 11, n. 22, p. 464-490, abr., 2016.

RISSO, Luciene Cristina. *Mapeamento de áreas suscetíveis à prática agroecológica no núcleo Picinguaba, Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba-SP.* Geografia, v. 30, n. 1, p. 141-157, jan./abr. 2005

RUFINO, F. P. S. *A paisagem da Mata Atlântica do estado do Rio Grande do Norte: remanescentes, configuração espacial e disponibilidade de habitat.* 2016. 100f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/21113>

RYTWINSKI T., Soanes K, Jaeger J. A. G., Fahrig L., Findlay C. S., et al. *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>. 2016

SÃO PAULO. Instituto Florestal. Passarela de fauna liga o Horto à Invernada do Barro Branco. 16 out. 2014. Disponível em:

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2014/10/passarela-de-fauna-liga-o-horto-a-invernada-do-barro-branco/>. Acesso em: 04 mar. 2025.

Vieira, R. V., & dos Santos, C. R. (2015). *PASSAGEM INFERIOR DE FAUNA E CERCA GUIA COMO FORMA DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.* Revista Internacional De Ciências, 5(2), 74–95. <https://doi.org/10.12957/ric.2015.19647>

Silva, L., & Júnior, S. *O atropelamento de fauna e a prática em educação ambiental.*

SOUSA, A. M. R. D., ALVES, D. F., FORNEAS, F. G., & SILVA, N. P. (2013). *Recuperação de Áreas Degradadas: Restauração de Áreas Degradadas por Técnicas de Nucleação.* Belo Horizonte.

SCHMIDT, G. M., LEWISON, R. L., SWARTS, H. M. *Pairing long-term population monitoring and wildlife crossing structure interaction data to evaluate road mitigation*

effectiveness, *Biological Conservation*, Volume 257, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109085>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320721001373>)

SMOLENTZOV, D. Breves questionamentos sobre a lei federal 12.651, de 25 de maio de 2012 – novo código florestal. Conference: V Simpósio de Restauração Ecológica - Políticas Públicas para a Conservação da Biodiversidade. 2013.

SMOLENTZOV, D. *Presente e futuro da legislação ambiental no âmbito da proteção dos recursos naturais – o novo código florestal brasileiro*. Revista da Procuradoria Geral do Estado de São Paulo, v. 79, p. 21-39, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. *Inaugurado na UFLA o Centro de Excelência em Ecologia de Estradas*. Disponível em: <https://ufla.br/arquivo-de-noticias/10713-inaugurado-na-ufla-o-centro-de-excelencia-em-ecologia-de-estradas>. Acesso em: 25 jan. 2025.

VAN DER REE, R., Smith, D. J., & Grilo, C. (Eds.). (2015). *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons.

VALERI, S. V.; SENÔ, M. A. A. F. *A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais*. In: Congresso Internacional de Direito Ambiental, 2004. Artigo.

VITA, E. B. (2023). *Regulamentação de estradas em unidades de conservação no estado de São Paulo*.

ZALESKI, T. *Atropelamentos de mamíferos nas estradas da fazenda Monte Alegre, município de Telemaco Borba, estado do Paraná*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

ZANARDO, G. L. de P. *Construção de passagens de fauna em rodovias para a sobrevivência de animais silvestres*. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Medicina Veterinária) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/193747>. Acesso em: 15 abril. 2025.