

Efetividade Questionável: Uso de Passagens de Fauna e Persistência de Atropelamentos na Rodovia SP-320 (SP)

Cleber Fernando Menegasso Mansano

Professor Doutor, UB, Brasil

cleber.mansano@ub.edu.br

ORCID iD 0000-0001-8415-1145

Marcela Eduarda Felix Dias

Graduanda, UB, Brasil

mahh-eduardah9@hotmail.com

ORCID Id 0009-0005-9516-0852

Maria Eduarda da Penha Godinho Costa

Graduanda, UB, Brasil

eueduarda.godinho@gmail.com

ORCID Id 0009-0006-6378-7447

Beatrice Ingrid Macente

Professora Doutora, UB, Brasil

beatrice.macente@ub.edu.br

ORCID iD 0000-0002-0582-9083

Luiz Sergio Vanzela

Professor Doutor, UEMS, Brasil

luiz.vanzela@ub.edu.br

ORCID Id 0000-0002-2192-9252

Efetividade Questionável: Uso de Passagens de Fauna e Persistência de Atropelamentos na Rodovia SP-320 (SP)

RESUMO

Objetivo - O presente estudo teve como objetivo monitorar o uso de passagens subterrâneas de fauna na Rodovia Euclides da Cunha (SP-320) e analisar espacialmente os dados históricos de atropelamentos, a fim de avaliar a efetividade das estruturas existentes e identificar fatores limitantes ao seu uso.

Metodologia - A pesquisa empregou um método integrado de coleta de dados. O monitoramento do uso de cinco passagens foi realizado por meio de armadilhas fotográficas, instaladas por períodos de sete dias, e busca por evidências indiretas (pegadas e fezes). Paralelamente, foram compilados e espacializados dados oficiais de atropelamentos (maio/2019 a abril/2021) fornecidos pela Polícia Ambiental, Polícia Rodoviária e DER/SP, permitindo a identificação de hotspots de mortalidade.

Originalidade/relevância - A pesquisa aborda uma lacuna crítica entre a implantação de infraestruturas mitigadoras e a avaliação pós-obra de sua efetividade ecológica real. Seus resultados são relevantes para o campo da ecologia de estradas, fornecendo evidências empíricas sobre os fatores operacionais (manutenção, vandalismo) que comprometem o sucesso dessas estruturas, um tema ainda pouco explorado em contextos rodoviários brasileiros.

Resultados - Os resultados revelaram uma variabilidade significativa no uso das passagens. Enquanto uma foi utilizada por diversas espécies (e.g., tatu-galinha, teiú), outra apresentou uso nulo devido à obstrução por água e vegetação. A análise espacial identificou hotspots de atropelamento (até 90 acidentes/10 km em Rubinéia), inclusive em municípios com passagens de fauna, demonstrando que sua mera existência não garante a redução da mortalidade.

Contribuições teóricas/metodológicas - O estudo reforça teoricamente que a efetividade de passagens de fauna é intrinsecamente ligada a um planejamento integrado que inclua manutenção periódica e cercas de direcionamento. Metodologicamente, demonstra a importância de combinar monitoramento in situ com a análise de dados secundários de atropelamento para uma avaliação robusta.

Contribuições sociais e ambientais - As conclusões do estudo fornecem subsídios técnicos concretos para gestores públicos, indicando a necessidade de investimentos em manutenção e medidas complementares. Isto pode direcionar recursos de forma mais eficiente, potencialmente reduzindo acidentes viários, prejuízos econômicos e, principalmente, promovendo a conservação da fauna regional e a conectividade dos fragmentos florestais.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia de Estradas. Mitigação. Atropelamento de Fauna. Conectividade. Infraestrutura Verde.

Questionable Effectiveness: Use of Wildlife Crossings and Persistence of Roadkill on Highway SP-320 (SP)

ABSTRACT

Objective – This study aimed to monitor the use of underground fauna passages on the Euclides da Cunha Highway (SP-320) and to spatially analyze historical roadkill data in order to evaluate the effectiveness of existing structures and identify limiting factors to their use.

Methodology – The research employed an integrated data collection method. Monitoring of five passages was conducted using camera traps, installed for seven-day periods, and searches for indirect evidence (footprints and feces). In parallel, official roadkill data (May 2019 to April 2021) provided by the Environmental Police, Highway Police, and DER/SP were compiled and spatialized, allowing for the identification of mortality hotspots.

Originality/Relevance – The research addresses a critical gap between the implementation of mitigation infrastructure and the post-construction assessment of its real ecological effectiveness. Its results are relevant to the field of road ecology, providing empirical evidence on operational factors (maintenance, vandalism) that compromise the success of these structures, a topic still underexplored in Brazilian road contexts.

Results – The results revealed significant variability in the use of the passages. While one was used by diverse species (e.g., nine-banded armadillo, tegu lizard), another showed no use due to obstruction by water and vegetation. Spatial analysis identified roadkill hotspots (up to 90 accidents/10 km in Rubinéia), including in municipalities with fauna passages, demonstrating that their mere existence does not guarantee a reduction in mortality.

Theoretical/Methodological Contributions – The study theoretically reinforces that the effectiveness of fauna passages is intrinsically linked to integrated planning that includes periodic maintenance and guidance fences.

Methodologically, it demonstrates the importance of combining in situ monitoring with the analysis of secondary roadkill data for a robust assessment.

Social and Environmental Contributions – The study's conclusions provide concrete technical support for public managers, indicating the need for investments in maintenance and complementary measures. This can direct resources more efficiently, potentially reducing traffic accidents, economic losses, and, most importantly, promoting the conservation of regional fauna and the connectivity of forest fragments.

KEYWORDS: Road Ecology. Mitigation. Wildlife-Vehicle Collision. Connectivity. Green Infrastructure.

Efectividad Cuestionable: Uso de Pasos de Fauna y Persistencia de Atropellamientos en la Carretera SP-320 (SP)

RESUMEN

Objetivo – El presente estudio tuvo como objetivo monitorear el uso de pasos subterráneos de fauna en la Carretera Euclides da Cunha (SP-320) y analizar espacialmente los datos históricos de atropellamientos, con el fin de evaluar la efectividad de las estructuras existentes e identificar factores limitantes de su uso.

Metodología – La investigación empleó un método integrado de recolección de datos. El monitoreo del uso de cinco pasos de fauna se realizó mediante cámaras trampa, instaladas por períodos de siete días, y búsqueda de evidencias indirectas (huellas y heces). Paralelamente, se compilaron y espacializaron datos oficiales de atropellamientos (mayo/2019 a abril/2021) proporcionados por la Policía Ambiental, Policía Rodoviária y DER/SP, permitiendo la identificación de puntos críticos de mortalidad.

Originalidad/Relevancia – La investigación aborda una brecha crítica entre la implementación de infraestructuras mitigadoras y la evaluación post-obra de su efectividad ecológica real. Sus resultados son relevantes para el campo de la ecología de carreteras, proporcionando evidencia empírica sobre los factores operacionales (mantenimiento, vandalismo) que comprometen el éxito de estas estructuras, un tema aún poco explorado en contextos viales brasileños.

Resultados: Los resultados revelaron una variabilidad significativa en el uso de los pasos de fauna. Mientras uno fue utilizado por diversas especies (ej. armadillo de nueve bandas, lagarto overo), otro presentó uso nulo debido a la obstrucción por agua y vegetación. El análisis espacial identificó puntos críticos de atropellamiento (hasta 90 accidentes/10 km en Rubinéia), incluso en municipios con pasos de fauna, demostrando que su mera existencia no garantiza la reducción de la mortalidad.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – El estudio refuerza teóricamente que la efectividad de los pasos de fauna está intrínsecamente ligada a una planificación integrada que incluya mantenimiento periódico y cercas de direccionamiento. Metodológicamente, demuestra la importancia de combinar el monitoreo in situ con el análisis de datos secundarios de atropellamientos para una evaluación robusta.

Contribuciones Sociales y Ambientales – Las conclusiones del estudio proporcionan subsidios técnicos concretos para gestores públicos, indicando la necesidad de inversiones en mantenimiento y medidas complementarias. Esto puede direccionar recursos de forma más eficiente, potencialmente reduciendo accidentes viales, pérdidas económicas y, principalmente, promoviendo la conservación de la fauna regional y la conectividad de los fragmentos forestales.

PALABRAS CLAVE: Ecología de Carreteras. Mitigación. Atropellamiento de Fauna. Conectividad. Infraestructura Verde.

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

As rodovias, embora essenciais para o desenvolvimento socioeconômico, representam uma das maiores ameaças à biodiversidade neotropical, atuando como agentes de fragmentação de habitats e causando mortalidade em massa da fauna por atropelamentos (Bomfim et al., 2024). No Brasil, estima-se que aproximadamente 475 milhões de vertebrados silvestres morram atropelados anualmente, um problema de escala continental que exige urgentes medidas de mitigação baseadas em evidências científicas (CBEE, 2014). Esses eventos não apenas causam declínios populacionais diretos, mas também exercem pressão seletiva sobre as espécies, interrompem fluxos gênicos e comprometem a integridade funcional dos ecossistemas (Kroeger et al., 2022).

A avaliação da efetividade das medidas mitigadoras existentes constitui uma etapa crucial para o manejo adaptativo de infraestruturas viárias. O monitoramento sistemático do uso de passagens de fauna através de métodos como armadilhas fotográficas, rastros em parcelas de areia e registros de vestígios fornece dados essenciais para compreender quais espécies as utilizam, com que frequência e em quais condições (Van Der Ree et al., 2015). Essas informações são vitais para validar o desenho e a localização das estruturas existentes, identificar possíveis barreiras comportamentais e orientar aprimoramentos futuros, garantindo que os investimentos em mitigação gerem os resultados conservacionistas esperados (Rytwinski et al., 2016).

Neste contexto, a elaboração de mapas de hotspots de atropelamento surge como uma ferramenta fundamental de planejamento conservacionista. A espacialização sistemática dos dados de mortalidade permite identificar trechos críticos da rodovia com maior incidência de colisões, revelando padrões ecológicos subjacentes e direcionando intervenções mitigatórias de forma eficiente e estratégica (Pessanha et al., 2023). Este diagnóstico espacial é um pré-requisito para o desenho de paisagens rodoviárias mais seguras, permitindo priorizar a instalação de estruturas de passagem de fauna e cercas de direcionamento nos locais onde são mais necessárias e terão o maior impacto na redução da mortalidade (Bueno et al., 2015; Rytwinski et al., 2016).

A integração entre os dados de monitoramento das passagens e a análise espacial dos atropelamentos oferece uma visão holística da efetividade das medidas de mitigação. Esta abordagem permite correlacionar a redução nas taxas de mortalidade com o uso efetivo das estruturas, identificar lacunas na conectividade que ainda persistem e avaliar se as passagens estão sendo utilizadas pela comunidade faunística local como um todo ou apenas por espécies generalistas (Zank et al., 2019). Tal análise integrativa é fundamental para desenvolver estratégias de manejo que vão além da instalação de estruturas isoladas, promovendo verdadeiramente a permeabilidade da paisagem rodoviária.

Entre as medidas mitigatórias, as passagens de fauna subterrâneas e aéreas, integradas a cercas de contenção, constituem a intervenção estrutural mais eficaz para restaurar a conectividade da paisagem e permitir a travessia segura de animais (Van Der Ree et al., 2015). A efetividade destas estruturas, no entanto, varia significativamente com o design, a localização e o grupo faunístico alvo, destacando a importância de programas de monitoramento pós-implantação para validar seu uso e ajustar projetos futuros (Dodd et al., 2021). A correta implantação dessas medidas não só protege a biodiversidade, como também mitiga riscos à segurança viária e expressivos prejuízos econômicos associados a acidentes com animais de médio e grande porte (Gomes et al., 2019).

2 OBJETIVOS

Diante desse panorama, o presente estudo objetivou monitorar o uso de cinco passagens subterrâneas de fauna na Rodovia SP-320 e analisar espacialmente os dados históricos de atropelamentos. Busca-se, com isso, avaliar a efetividade das estruturas existentes, identificar hotspots de mortalidade e propor um conjunto de medidas mitigatórias baseadas em evidências, fornecendo subsídios técnicos para gestores visando à redução da mortalidade da fauna e ao aumento da conectividade funcional entre os fragmentos florestais impactados pela rodovia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Brasil sob o protocolo nº 1900028, estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal adotados pelo comitê.

3.1 Local de estudo

A rodovia sugerida para ser analisada no presente estudo quanto as passagens subterrâneas de fauna foi a Euclides da Cunha (SP-320) que se encontra na jurisdição do DER/SP sendo o Estado de São Paulo responsável pela sua manutenção, estando localizada na região do noroeste paulista. A Rodovia Euclides da Cunha está localizada no noroeste de São Paulo, se inicia na cidade de Mirassol, saindo da Rodovia Washington Luís, terminado na Ponte Rodoferroviária sobre o rio Paraná, município de Rubinéia, onde se conecta com a BR-158 no estado de Mato Grosso do Sul.

O trecho da rodovia escolhido para o estudo está localizado entre as cidades de Mirassol a Rubinéia, totalizando 86 Km de malha viária, contemplando os municípios de Mirassol, Bálamo, Tanabi, Cosmorama, Votuporanga, Valentim Gentil, Meridiano, Fernandópolis, Estrela d' Oeste, Jales, Urânia, Santa Salete, Santana da Ponte Pensa, Santa Fé do Sul e Rubinéia (Figura 1).

O município de Fernandópolis foi o marco central da pesquisa e, de acordo com o IBGE, 2010, encontram-se nos municípios de estudo os seguintes grupos de vegetação no domínio da Mata Atlântica: encraves de cerrado com estepe e zonas de tensão ecológica (contato entre tipos de vegetação – áreas de transição situadas entre tipos distintos de vegetação possuindo características ambíguas, podendo haver locais com características predominantes de cerrado e outros de mata) e floresta estacional semidecidual (mata caducifolia – porcentagem de árvores decíduas varia entre 25 a 50%). No local podem ser encontrados animais que transitam nestas duas faunas, ou seja, mata atlântica e cerrado.

Figura 1 - Trecho de estudo para avaliação de passagens subterrâneas, SP 320, Euclides da Cunha, Fernandópolis a Rubinéia

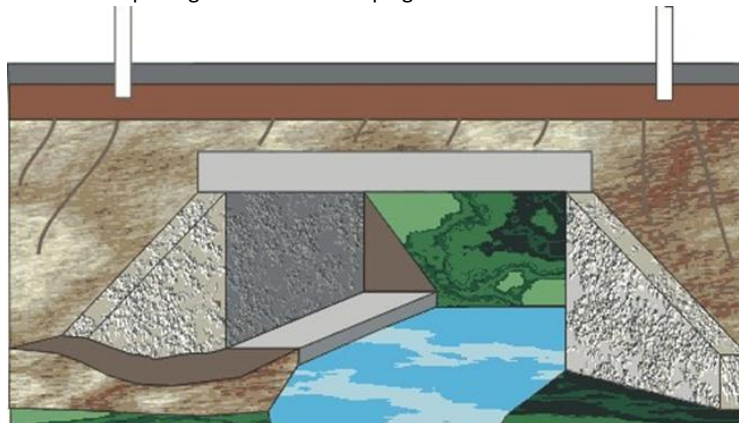


Fonte: Autores, 2022.

3.2 Monitoramento das passagens subterrâneas

A formatação da página (tamanho A4) deve seguir rigorosamente as seguintes orientações: O trecho Mirassol a Rubinéia foi escolhida devido à grande influência da fauna e flora dessa região, e principalmente devido ao número de espécies ameaçadas de extinção, que circulam livremente por esse trecho. Segundo o DER, na rodovia Euclides da Cunha, foram implantadas 13 passagens subterrâneas de animais (Figura 2) entre Mirassol a Rubinéia, na recente duplicação. Nas proximidades de cada passagem foram colocados alambrados na pista, em trecho de 150 a 300 metros com o objetivo de 'forçar' o animal a passar pelo local adequado, sem qualquer prejuízo para ele e o trânsito (DIÁRIO DA REGIÃO, 2015). Porém, embora o DER faça um levantamento superficial dos atropelamentos de animais silvestres, pouco sabe sobre as espécies que ocorrem com frequência na região, e ainda se as mesmas estão utilizando as passagens para travessia da malha viária.

Figura 2 - Modelo de passagem subterrânea tipo galeria utilizada na Rodovia Euclides da Cunha (SP- 320)



Fonte: Autores, 2025.

O monitoramento de cada passagem foi realizado durante sete dias, sendo que nos dias 0 e sete foram por visita in loco presencial, onde no dia 0 foi instalada uma câmera de monitoramento para observação dos animais durante esse período, e no dia sete foi retirada a câmera de monitoramento. Dentro de cada passagem, perto de uma de suas entradas, foi instalada uma câmera digital de vídeo com sensor de 120° infravermelho para detecção de movimentos (Modelo HC-800A, Marca Victory®). Os vídeos e fotos foram armazenados em cartões de memória e depois descarregadas no computador, para contabilizar as travessias e eventos.

As passagens amostradas foram classificadas quanto ao seu tipo de construção (celular de concreto, redonda de tubo Armco ou galeria). Além do tipo de estrutura, cada passagem teve suas dimensões anotadas, bem como a presença de água em seu interior. A fim de facilitar as análises, os locais das passagens foram identificados via GPS e também pelo número do quilômetro onde estão localizadas, ex: "KM xx".

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para testar a preferência no uso de travessias de mamíferos de médio e grande porte quanto ao tipo estrutural das passagens foi utilizada uma análise de variância one-way, onde o fator será o tipo da passagem e a variável-resposta foi o número de indivíduos por espécie.

Cada espécie foi considerada como uma repetição, no intuito de se ter maior variabilidade do uso de passagem por diferentes táxons. Os registros de travessias obtidos tanto por meio de vídeos quanto de pegadas foram comparados entre as passagens. Todos os testes todos realizados com o Software SAS, 9.4, 2014.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Uso variável e fatores limitantes das passagens de fauna

Na Tabela 1 são demonstradas as passagens que foram monitoradas, e também tiveram seus registros confrontados com os dados obtidos junto a Polícia Ambiental, Polícia Rodoviária e Departamento de Estradas e Rodagem (DER). O monitoramento das passagens de fauna na Rodovia Euclides da Cunha revelou uma grande variabilidade em sua efetividade ecológica, diretamente influenciada pelas condições estruturais e pelo contexto ambiental do entorno.

Tabela 1 - Demarcação das passagens monitoradas, e também tiveram seus registros confrontados com os dados obtidos junto a Polícia Ambiental, Polícia Rodoviária e DER

Km da passagem	Coordenadas GPS
560	20°16'13.76"S 50°19'59.22"O
561	20°16'13.92"S 50°20'1.51"O
562	20°16'11.09"S 50°21'55.12"O
600	20°13'39.72"S 50°42'4.33"O
609	20°13'19.03"S 50°46'53.22"O

Fonte: Autores, 2025.

A passagem localizada no KM 560 (Fernandópolis/SP) não registrou uso por fauna silvestre durante o período de monitoramento (Figura 3A). Esta subutilização é atribuída às condições físicas da estrutura, especificamente a obstrução parcial da entrada por vegetação densa e água empoçada (Figura 3B), que criaram uma barreira intransponível para a maioria das espécies. Este resultado está alinhado com os achados de Bomfim et al. (2024), que demonstram que a manutenção inadequada, incluindo o acúmulo de água e detritos, é um dos principais fatores que comprometem a permeabilidade das estruturas, impedindo a aproximação e o uso pela fauna. O único registro de um ser humano utilizando a estrutura como abrigo destaca um fator antrópico de perturbação que pode inibir ainda mais a presença de animais silvestres, conforme observado por Pedroso et al. (2021).

Figura 3- Passagens subterrâneas monitoradas durante o estudo. A- Modelo de passagem subterrânea do tipo galeria KM 560, utilizada na Rodovia Euclides da Cunha, localizada no município de Fernandópolis/SP, nas coordenadas de GPS 20°16'13.76"S 50°19'59.22"O. B- Entrada da passagem subterrânea do tipo galeria KM 609 com presença de mato e água empoçada, localizada no município de Estrela d'Oeste/SP, nas coordenadas de GPS 20°13'19.03"S 50°46'53.22"O



Fonte: Autores, 2022.

Nas outras passagens localizadas no KM 561, 562, 600, também são do tipo galeria, com as dimensões de 2 m de altura, 3,5 m de largura e 40 m de comprimento, nestas passagens foram encontradas movimentação e a presença de animais de diferentes espécies e hábitos alimentares alguns que são evidenciados na Figura 4. Em nítido contraste, a passagem no KM 561, também em Fernandópolis/SP, foi utilizada por uma diversidade de espécies, incluindo tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), teiú (*Salvator merianae*) e um morcego (*Chiroptera*), totalizando seis passagens em sete dias. Este padrão de uso por espécies de diferentes grupos taxonômicos e com hábitos circadianos distintos (diurnos e noturnos) indica que a estrutura, quando desobstruída, funciona como um corredor eficaz para a comunidade faunística local. Apesar da presença de lixo antrópico, o uso significativo sugere uma certa resiliência da fauna a distúrbios de baixa intensidade, desde que a funcionalidade básica da passagem seja mantida.

Figura 4 - Animais identificados nas passagens e áreas em torno. A- Teiú-branco (*Tupinambis teguixin* L.). Localizado no município de Fernandópolis/SP. B- Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Localizada no município de Estrela d'Oeste/SP. C- Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*). Localizado no município de Fernandópolis/SP. D- Tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*). Localizado no município de Fernandópolis/SP



Fonte: Próprio autor

Na passagem do KM 562 foi registrado a presença de uma capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Figura 4B, um mamífero de médio porte, indicando o potencial da estrutura para animais de maior porte. Já a passagem do KM 600 apresentou um caso paradigmático: a ausência de registros fotográficos diretos, que foi compensada por abundantes evidências indiretas de uso, como pegadas de diversos morfotipos (incluindo *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Cuniculus paca*) e fezes. Este cenário ressalta a importância de empregar métodos complementares de monitoramento, como a busca por vestígios, para evitar a subestimativa do uso real das passagens (Pedroso et al., 2021). A descoberta de um tucano-toco (*Ramphastos toco*) atropelado nas proximidades da passagem é um achado crucial. Ele evidencia que a mera existência de uma estrutura mitigadora não elimina o risco de atropelamento, especialmente para espécies volantes ou que não utilizam passagens inferiores, reforçando a necessidade de medidas integradas, como cercas de direcionamento que guiem a fauna para as passagens (Batista et al., 2022).

5.2 Correlação com dados de atropelamento e implicações para a mitigação

Para avaliação e mapeamento dos atropelamentos, os dados foram obtidos via Polícia Ambiental, Polícia Rodoviária e DER, os mesmos estão dispostos na Tabela 2. A análise espacial dos atropelamentos no período revelou hotspots de colisões (Figura 5), com destaque para o município de Rubinéia (90 acidentes/10 km) o que equivale a 0,012 indivíduos/Km/dia. A taxa de atropelamento registrada neste estudo mostrou-se inferior àquelas documentadas em pesquisas realizadas em outros contextos biogeográficos do Brasil. Entretanto, em um estudo de dois anos em uma rodovia federal que atravessa uma Unidade de Conservação na Amazônia, Batista et al. (2022) relataram uma taxa significativamente maior de 0,08 indivíduos/km/dia. Da mesma forma, Cavallet et al. (2023), ao investigarem rodovias inseridas em fragmentos de Mata Atlântica no Paraná, encontraram taxas ainda mais elevadas, de 0,105 e 0,111 indivíduos/km/dia nas rodovias PR-407 e PR-508, respectivamente. Essa disparidade pode estar associada a diferenças na metodologia de amostragem, no esforço amostral, na densidade populacional da fauna local ou no contexto paisagístico do entorno das rodovias.

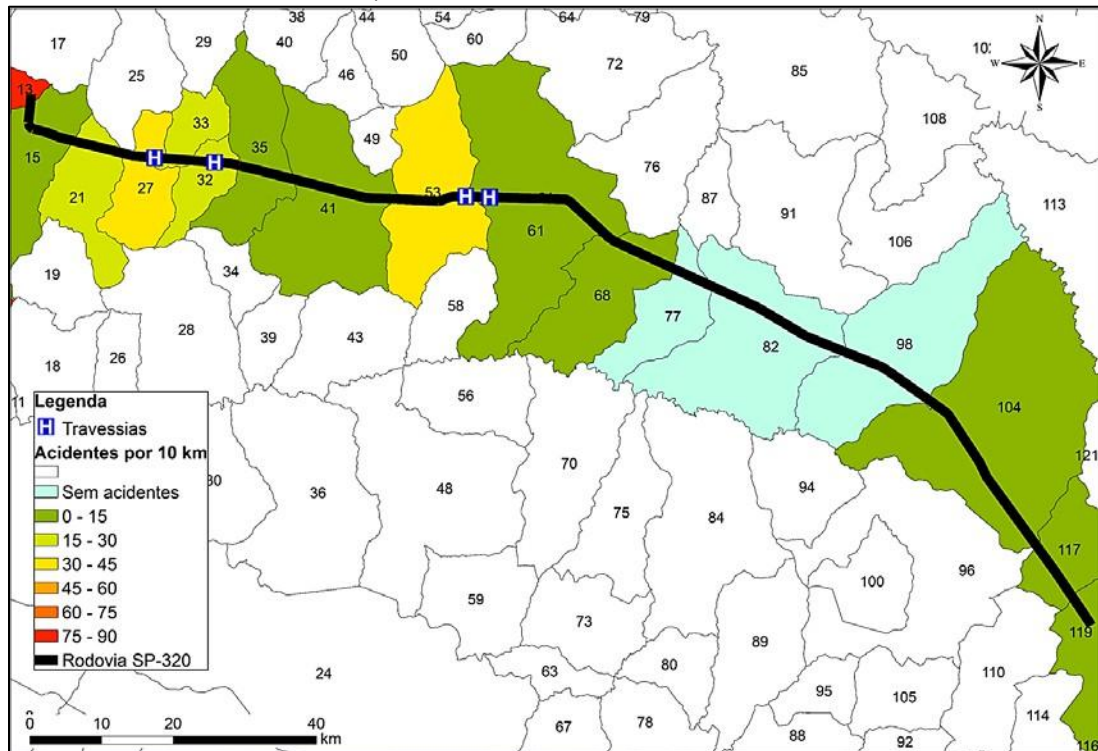
Tabela 2 - Identificação dos municípios, número de acidentes por município e acidentes descritos por 10 km, no período de maio de 2019 a abril de 2021.

Número	Município	UF	Acidentes	Acidentes por 10 km
13	Rubinéia	SP	13	90
15	Santa Fé do Sul	SP	11	12
21	Três Fronteiras	SP	14	19
27	Santana da Ponte Pensa	SP	23	44
32	Santa Salete	SP	15	24
33	Aspásia	SP	10	21
35	Urânia	SP	12	15
41	Jales	SP	17	12
53	Estrela D'Oeste	SP	33	31
61	Fernandópolis	SP	27	12
68	Meridiano	SP	2	2
77	Valentim Gentil	SP	0	0
82	Votuporanga	SP	0	0
98	Cosmorama	SP	0	0
104	Tanabi	SP	3	1
117	Bálsamo	SP	7	8
119	Mirassol	SP	2	4

Fonte: Próprio autor

A correlação entre a presença de passagens de fauna e a persistência de altas taxas de atropelamento em municípios como Estrela d'Oeste e Santana da Ponte Pensa é um indicativo claro de que as estruturas, por si só, são insuficientes para resolver o problema. Este fenômeno é amplamente documentado na literatura, Coelho et al. (2008) e Pracucci et al. (2012) argumentam que a efetividade de uma passagem de fauna é intrinsecamente ligada a um projeto adequado, à manutenção contínua e, sobretudo, à integração com cercas de contenção que direcionem os animais para a entrada da estrutura.

Figura 5 - Mapa de análise espacial dos hotspots de atropelamentos, indicando os trechos de ocorrência de Mirassol à Rubinéia no período de maio de 2019 a abril de 2021 a cada 10 Km.



Fonte: Próprio autor

Os fatores que limitaram a efetividade das passagens neste estudo, foram a obstrução por água e vegetação (KM 560), vandalismo e furto de equipamentos (KM 609), considerados na verdade, desafios operacionais comuns que, se não forem gerenciados, condenam qualquer medida mitigadora ao fracasso. A perda da câmera no KM 609 por vandalismo é mais do que um revés logístico; é um sintoma de interferência antrópica que pode espelhar o uso inadequado do entorno da passagem, perturbando a fauna e reduzindo a eficácia da estrutura.

Por outro lado, a ausência de atropelamentos em municípios como Valentim Gentil e Votuporanga sugere uma possível menor densidade ou permeabilidade de fauna silvestre nesses trechos, destacando a importância de priorizar a instalação e manutenção de estruturas mitigadoras nos hotspots de atropelamento identificados, onde a demanda é maior e o potencial de conservação é mais significativo (Van Der Ree et al., 2015).

Com esses dados (Tabela 2) foi estabelecida uma relação de atropelamentos por trechos a cada 10 Km, como é demonstrado na Figura 7, sendo observado que o trecho lotado no município de Rubineia apresentou o maior índice de atropelamento, demonstrando o fluxo de animais nesta área e a ineficácia da travessia ou meios utilizados para evitar atropelamentos ineficazes. Outro ponto a ser abordado é o furto de telas ao redor das travessias, assim como a falta de manutenção, que impede e não auxilia os animais nas travessias por estas estruturas. O trecho nas cidades de Estrela d'Oeste e Santana da Ponte Pensa, mesmo apresentando passagens de fauna não foram eficazes na diminuição de atropelamentos, sendo estes dois trechos apresentando altos índices de atropelamento de fauna.

Outro fato que chama a atenção são os altos índices de atropelamento no trecho em torno de Santana da Ponte Pensa, sendo eles abrangidos pelas cidades de Aspásia, Santa Salete

e Três Fronteiras. trecho que apresenta altos níveis de atropelamento é na região próxima a cidade de Urânia. Por outro lado, não foi constatado atropelamentos nos trechos das cidades de Valentim Gentil, Votuporanga e Cosmorama, o que também demonstra menor fluxo de vida selvagem nestas regiões.

6 CONCLUSÃO

Em síntese, os resultados demonstram que o sucesso das passagens de fauna como medida de mitigação depende de um ciclo contínuo que vai além da sua simples instalação: Projeto e localização, devem considerar a ecologia das espécies-alvo. Manutenção periódica é importante para evitar obstruções físicas como água e vegetação que tornem a estrutura intransitável. Medidas complementares como a instalação e conservação de cercas de direcionamento é fundamental para a fauna em direção às passagens e reduzir o acesso à via. Monitoramento integrado entre a combinação de métodos, como câmeras traps e busca por evidências indiretas, fornece uma avaliação mais robusta da efetividade das estruturas. Conclui-se desta forma que a integração de dados de monitoramento de passagens com registros oficiais de atropelamento é uma ferramenta poderosa para diagnosticar a efetividade das medidas mitigadoras existentes, identificar pontos críticos de conflito persistente e orientar investimentos futuros em infraestrutura

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BATISTA, G., RASCON, N. and ROSA, C., 2022. Vertebrados atropelados na BR-163, entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará: influência dos padrões espaciais e climáticos. **Biodiversidade Brasileira**, vol. 12, no. 01, pp. 200-219. Disponível em: <http://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i1.1802>. Acesso em: 24 ago 2025.

BOMFIM, D. A. S.; MELO, C. M.; MADI, R. R. Wildlife roadkill hotspots on roads crossing Conservation Units in the State of Sergipe, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e284807, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.284807>. Acesso em: 21 ago 2025.

CAVALLET, I.C.R. et al. Vertebrates' roadkill in the southern region of the Atlantic Forest, Paraná coast—Brazil. **Brazilian Journal of Biology** = **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 83, pp. e263311. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1519-6984.263311>. Acesso em: 23 ago 2025.

CBEE (Centro Brasileiro de Estudos de Ecologia de Estradas). Atropelômetro, 2014. Disponível em: <http://cbee.ufra.br/portal/atropelometro/>. Acesso em: 21 set 2025.

COELHO, I.P., KINDEL, A. and COELHO, A.V.P., 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, vol. 54, no. 4, pp. 689-699. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s10344-008-0197-4>. Acesso em: 23 ago 2025.

KROEGER, S.B. et al. Impacts of roads on bird species richness: A metaanalysis considering road types, habitats and feeding guilds. **The Science of the Total Environment**, vol. 812, pp. 151478. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151478>. Acesso em: 22 ago 2025.

PEDROSO, N. et al. **Guião de boas práticas para monitorização e registo de dados de mortalidade de fauna por atropelamento**. Portugal: Projeto LIFE LINES, Universidade de Évora. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360159243_Guiao_de_Boas_Praticas_para_Monitorizacao_e_Registo_de_Dados_de_Mortalidade_de_Fauna_por_Atropelamento. Acesso em: 25 ago 2025.

PRACUCCI, A., ROSA, C.A. and BAGER, A., 2012. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais–Brasil. **Biotemas**, vol. 25, no. 1, pp. 73-79. Disponível em: <http://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n1p73>. Acesso em: 24 ago 2025.

VAN DER REE, Rodney; SMITH, Daniel J.; GRILLO, Clara. The ecological effects of linear infrastructure and traffic: Challenges and opportunities of rapid global growth. *In: Handbook of Road Ecology*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. p. 1–9. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/9781118568170.ch1>. Acesso em: 23 ago 2025.

RYTWINSKI, T. et al. **How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis**. PLoS One, vol. 11, no. 11, pp. e0166941. Disponível em: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0166941>. PMID:27870889. Acesso em: 24 ago 2025.

PESSANHA, L.A. *et al.* Danger under wheels: mammal roadkills in the threaten lowland Atlantic Forest in southeast Brazil. **Iheringia. Serie zoologia**, v. 113, n. e2023007, 2023. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1678-4766e2023007>. Acesso em: 24 ago 2025.

BUENO, C., SOUSA, C.O.M. and FREITAS, S.R., 2015. Habitat or matrix: which is more relevant to predict road-kill of vertebrates? Brazilian Journal of Biology = **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 75, no. 4, suppl. 1, pp. 228-238. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1519-6984.12614>. Acesso em: 23 ago 2025.

ZANK, C., BEDUSCHI, J., PEREIRA, D. and HEIERMANN, D., 2019. Avaliação da mortalidade por atropelamento e proposição de medidas mitigadoras para anfíbios em um hotspot de biodiversidade no Rio Grande do Sul. **Revista Estradas N**, no. 24, pp. 26-32. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355953697_Avaliacao_da_mortalidade_por_atropelamento_e_proposicao_de_medidas_mitigadoras_para_anfibios_em_um_hotspot_de_biodiversidade_no_Rio_Grande_do_Sul. Acesso em: 23 ago 2025.

GOMES, L.P. et al. Medidas de mitigação ao atropelamento de fauna em rodovias federais concedidas no Brasil. **Heringeriana**, vol. 13, no. 1, pp. 10-20. Disponível em: <http://doi.org/10.17648/heringeriana.v13i1.917887>. Acesso em: 24 ago 2025.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Cleber Fernando Menegasso Mansano, Beatrice Ingrid Macente e Luiz Sergio Vanzela

Concepção e Design do Estudo, Curadoria de Dados, Investigação, Metodologia, Revisão e Edição Final, Supervisão.

Marcela Eduarda Felix Dias e Maria Eduarda da Penha Godinho Costa

Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Redação - Rascunho Inicial, Redação - Revisão Crítica.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Eu/Nós, Cleber Fernando Menegasso Mansano, Marcela Eduarda Felix Dias, Maria Eduarda da Penha Godinho Costa, Beatrice Ingrid Macente e Luiz Sergio Vanzela, declaro(amos) que o manuscrito intitulado "**Efetividade Questionável: Uso de Passagens de Fauna e Persistência de Atropelamentos na Rodovia SP-320 (SP)**":

Vínculos Financeiros: Nenhuma instituição ou entidade financiadora esteve envolvida no desenvolvimento deste estudo.

Relações Profissionais: Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.

Conflitos Pessoais: Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.
