



POLLYANA MAYARA ALVES MACHADO PEREIRA

**ANÁLISE DOS PROGRAMAS DE MONITORAMENTO E
MITIGAÇÃO DE ATROPELAMENTO DE FAUNA DA
FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA**

**LAVRAS – MG
2024**

POLLYANA MAYARA ALVES MACHADO PEREIRA

**ANÁLISE DOS PROGRAMAS DE MONITORAMENTO E MITIGAÇÃO DE
ATROPELAMENTO DE FAUNA DA FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais, área de concentração em Restauração e Conservação de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Alex Bager.

**LAVRAS – MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pereira, Pollyana Mayara Alves Machado.

Análise dos Programas de Monitoramento e Mitigação de
Atropelamento de Fauna da Ferrovia Centro Atlântica / Pollyana
Mayara Alves Machado Pereira. - 2024.

88 p.

Orientador(a): Alex Bager.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Monitoramento. 2. Atropelamento de Fauna. 3. Tráfego
Ferroviário. I. Bager, Alex. II. Borges, Luis Antônio Coimbra. III.
Chini, Helena Alves Soares. IV. Título.

POLLYANA MAYARA ALVES MACHADO PEREIRA

**ANÁLISE DOS PROGRAMAS DE MONITORAMENTO E MITIGAÇÃO DE
ATROPELAMENTO DE FAUNA DA FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA**

**ANALYSIS OF MONITORING AND MITIGATION PROGRAMS FOR FAUNA
RUNWAYS ON THE CENTRO ATLÂNTICA RAILWAY**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais, área de concentração em Restauração e Conservação de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Banca 01 de março de 2024.

Dr. Alex Bager

Dr. Luis Antonio Coimbra Borges UFLA

Dra. Helena Alves Soares Chini IFSULDEMINAS

MSc. Pollyana Mayara Alves Machado Pereira UFLA

Orientador: Prof. Dr. Alex Bager.

**LAVRAS – MG
2024**

*À minha família, em especial aos meus pais, e principalmente à minha
mãe, pelo auxílio e encorajamento.*

Você é o meu maior exemplo!

Ao meu primo Danilo Lima pôr ter me direcionado a essa jornada.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Eis que é chegado ao término de um período de descobertas e desafios, quando temos algo pelo qual queremos e precisamos lutar, ganhamos motivação. Foram momentos que abrigaram emoções indescritíveis e proporcionaram experiências singulares. Cheguei ao final com a certeza do dever cumprido. E é nessa certeza que agradeço, primeiramente, a Deus e àqueles que me ajudaram a vencer essa etapa cheia de desafios.

À minha família, peça chave que me representa, serei sempre grata. Pai, você é exemplo de profissional, seus conselhos são levados à risca e suas palavras me incitam a buscar sempre mais! Mãezona, seu afeto, preocupação e carinho são características que levo para a minha vida pessoal, modelo de equilíbrio e sabedoria, sempre incentivando e acreditando em mim, a senhora faz parte chave dessa vitória. Agradeço, por muitas vezes se abdicar de seu tempo e de projetos pessoais para que eu tivesse a oportunidade de sempre estar estudando e adquirindo cada vez mais conhecimento.

Ao meu primo Danilo Lima, que sempre acreditou e incentivou nessa jornada, senão fosse você, acredito que ficaria postergando a realização que hoje se tornou um sonho realizado. E à minha prima, Ludmila, por fazer parte dessa história, pelas conversas, aconchego e orientações nessa grande jornada. Com meus primos, tios, tias, amigos, madrinhas e padrinhos, eu vibrei a cada conquista, carregando a certeza que nunca estarei só.

Minha vizinha Nilza, que não está mais conosco, que perdi no meio dessa jornada, minha guerreira e amável que fez tudo o que estava ao seu alcance para poder me ajudar, uma segunda mãe para mim. A saudade é muito intensa, mas a lembrança de sua voz amiga, de seu sorriso e do seu abraço forte realimenta o amor que jamais se apagará em nossos corações.

A toda equipe da VLI Multimodal S.A da gestão ambiental, por ter me oferecido a oportunidade de trabalhar e fornecer os dados para elaboração do trabalho. Ao Pedro Nery e à Carol Silva, por terem dado o apoio, suporte, tempo e incentivo para elaboração dos mapas.

À minha eterna professora e inspiradora, Dra. Renata Felipe Silvino, que acompanha a minha trajetória desde a minha formação na Universidade FUMEC por nunca ter deixado de apoiar, orientar, incentivar e aconselhar.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA; ao meu orientador e à banca presente que, no propósito impessoal de ensinar, reavivaram a arte de questionar e contribuíram de uma maneira significativa para o meu crescimento. A vocês, que merecem não somente o meu muito obrigado, saibam que farão parte de minhas memórias, decisões e conquistas.

Agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram em minha caminhada.

“Se você não for atrás do que deseja, nunca terá; se você não perguntar, a resposta será sempre não; se você não der um passo à frente, estará sempre no mesmo lugar”

(Nora Roberts).

RESUMO

As ferrovias são estruturas viárias de grande importância para o transporte de cargas e contribuem para o desenvolvimento socioeconômico do país. No entanto, a cada quilômetro, as ferrovias agregam impactos ambientais diretos e indiretos à biodiversidade local, sendo que um dos mais visíveis desses impactos se refere ao atropelamento da fauna selvagem. Este estudo tem como objetivo principal avaliar os programas e metodologias empregados no monitoramento e mitigação de atropelamentos de fauna ao longo de 885 km do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Trata-se de um estudo exploratório, de abordagem qualitativa, voltado para o monitoramento dos atropelamentos da fauna, na referida extensão ferroviária, ocorreu em diferentes trechos e momentos entre os anos de 2012 e 2022, incluindo períodos de chuva e de seca, sendo analisados no contexto de três grupos de monitoramento, sendo: Grupo 1 pelo método de auto de linha, em duas campanhas, e Grupos 2 e 3 pelo método de caminhada sobre o gabarito, em duas e 10 campanhas, respectivamente. Foram analisados os resultados do contexto geral, de cada grupo individualmente e do comparativo entre os três grupos. Entre os resultados obtidos, foram identificadas 83 espécies de animais, pertencentes a quatro classes (mamíferos, anfíbios, répteis e aves), num total de 612 exemplares, com maior participação da classe de mamíferos ($n = 486$), correspondendo a 79,4% da amostra, sendo que os animais silvestres foram mais representativos ($n = 380$) em relação aos domésticos ($n = 145$) e significaram 62,0% do total registrado. Os mamíferos representaram maior riqueza e abundância, com a presença de 39 espécies e destaque para Tatupeba, Boi, Cachorro doméstico, Lobo-guará e Tamanduá-bandeira; e os anfíbios tiveram o menor registro de espécies e exemplares, sobressaindo sapo-martelo, Rã-quatro-olhos, Rã-manteiga e Sapocururu. Entre as espécies ameaçadas de extinção, foram registrados 47 exemplares das espécies de Lobo-guará ($n = 26$), Tamanduá-bandeira ($n = 20$) e Tatu-canastra ($n = 1$). Em relação aos grupos de monitoramento, o Grupo 2 (caminhamento sobre o gabarito) apresentou o maior número de registros de atropelamento, com 48 espécies e 220 exemplares. Em conclusão, constatou-se que o método por caminhada sobre o gabarito é mais eficiente para detecção de animais atropelados na ferrovia, mesmo com o esforço amostral do método de auto de linha sendo maior.

Palavras-chave: Monitoramento. Atropelamento de Fauna. Tráfego Ferroviário. Mitigação de Impactos.

ABSTRACT

Railways are road structures of great importance for the transport of cargo and contribute to the socioeconomic development of the country. However, with every kilometer, railways add direct and indirect environmental impacts to local biodiversity, with one of the most visible of these impacts being the trampling of wildlife. This study's main objective is to evaluate the programs and methodologies used in monitoring and mitigating wildlife run-overs along 885 km of the Central-East corridor of the Centro-Atlântica Railway. This is an exploratory study, with a qualitative-quantitative approach, aimed at monitoring fauna being run over on the aforementioned railway extension, which occurred in different sections and moments between the years 2012 and 2022, including periods of rain and drought, being analyzed in the context of three monitoring groups, namely: Group 1 using the line auto method, in two campaigns, and Groups 2 and 3 using the template walking method, in two and 10 campaigns, respectively. The results of the general context, of each group individually and of the comparison between the three groups were analyzed. Among the results obtained, 83 species of animals were identified, belonging to four classes (mammals, amphibians, reptiles and birds), in a total of 612 specimens, with a greater participation of the mammal class ($n = 486$), corresponding to 79.4 % of the sample, with wild animals being more representative ($n = 380$) compared to domestic animals ($n = 145$) and accounting for 62.0% of the total recorded. Mammals represented greater richness and abundance, with the presence of 39 species and emphasis on Tatupeba, Ox, Domestic Dog, Maned Wolf and Giant Anteater; and amphibians had the lowest number of species and specimens recorded, with hammerhead frogs, four-eyed frogs, butter frogs and cane toads standing out. Among the species threatened with extinction, 47 specimens of the species of Maned Wolf ($n = 26$), Giant Anteater ($n = 20$) and Giant Armadillo ($n = 1$) were recorded. In relation to the monitoring groups, Group 2 (walking on the template) presented the highest number of records of being run over, with 48 species and 220 specimens. In conclusion, it was found that the walking method on the template is more efficient for detecting animals run over on the railway, even with the sampling effort of the line track method being greater.

Keywords: Monitoring. Fauna Run Over. Rail Traffic. Impact Mitigation.

INDICADORES DE IMPACTO

O estudo realizado sobre os impactos do atropelamento de fauna ao longo de 885 km do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica revelou resultados significativos com implicações sociais, econômicas e ambientais. A identificação de 83 espécies de animais, com destaque para mamíferos como Tatupeba, Boi, Cachorro doméstico, Lobo-guará e Tamanduá-bandeira, oferece uma compreensão detalhada da biodiversidade afetada. Os registros de 47 exemplares de espécies ameaçadas de extinção, como Lobo-guará, Tamanduá-bandeira e Tatu-canastra, destacam a urgência de medidas de conservação. O método de caminhamento sobre o gabarito mostrou-se mais eficiente na detecção de animais atropelados, apesar do esforço amostral do método de auto de linha. Esses resultados não apenas fornecem uma base para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de impactos ambientais, mas também têm implicações sociais, tecnológicas e econômicas. A eficiência do método de monitoramento pode informar práticas futuras de gestão ambiental em infraestruturas similares, contribuindo para a redução de conflitos entre o desenvolvimento econômico e a conservação da biodiversidade. Além disso, ao caracterizar os territórios e grupos populacionais impactados, este estudo proporciona subsídios para políticas públicas mais eficazes no que diz respeito à preservação da fauna. Seus impactos estão alinhados com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, como conservação da vida terrestre (ODS 15), promoção da ação climática (ODS 13) e parcerias para implementação dos objetivos (ODS 17). Assim, o trabalho não apenas contribui para a compreensão dos impactos ambientais das ferrovias, mas também oferece insights valiosos para a promoção do desenvolvimento sustentável.

IMPACT INDICATORS

The study carried out on the impacts of wildlife being run over along 885 km of the Central-East corridor of the Centro-Atlântica Railway revealed significant results with social, economic and environmental implications. The identification of 83 animal species, with emphasis on mammals such as Tatupeba, Ox, Domestic Dog, Maned Wolf and Giant Anteater, offers a detailed understanding of the affected biodiversity. The records of 47 specimens of endangered species, such as the Maned Wolf, Giant Anteater and Giant Armadillo, highlight the urgency of conservation measures. The walking method on the template proved to be more efficient in detecting roadkill, despite the sampling effort of the auto-line method. These results not only provide a basis for developing strategies to mitigate environmental impacts, but also have social, technological and economic implications. The efficiency of the monitoring method can inform future environmental management practices in similar infrastructures, contributing to the reduction of conflicts between economic development and biodiversity conservation. Furthermore, by characterizing the impacted territories and population groups, this study provides support for more effective public policies with regard to fauna preservation. Its impacts are aligned with several UN Sustainable Development Goals (SDGs), such as conserving life on land (SDG 15), promoting climate action (SDG 13) and partnerships to implement the goals (SDG 17). Thus, the work not only contributes to the understanding of the environmental impacts of railways, but also offers important insights for promoting sustainable development.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Período (mês e ano) e estação da coleta realizada no Grupo 1, durante levantamento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica	29
Tabela 2: Municípios, seções segmentadas, coordenadas em graus decimais e suas extensões do monitoramento do corredor Centro-Leste, Grupo 2	31
Tabela 3: Período (mês e ano), estação da coleta realizada e dias de amostragem do Grupo 2, durante levantamento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica	31
Tabela 4: Municípios, seções segmentadas, coordenadas em graus decimais e suas extensões do monitoramento do corredor Centro-Leste, Grupo 3	34
Tabela 5: Período (mês e ano) e estação da coleta realizada no Grupo 3, durante levantamento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica	35
Tabela 6: Comparação de período, extensão total, metodologia, número de campanhas e esforço amostral entre os Grupos 1, 2 e 3	37
Tabela 7: Lista das classes e dos grupos amostrados durante os monitoramentos da Ferrovia Centro-Leste de forma integrada	47
Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI)	56
Tabela 9: Resumo do monitoramento do Grupo 2 realizado no corredor Centro-Leste, a partir das respectivas seções segmentadas	63
Tabela 10: Resumo do monitoramento do Grupo 3 realizado no corredor Centro-Leste, a partir das respectivas seções segmentadas	66
Tabela 11: Resumo da análise comparativa dos dados coletados pelos Grupos 1, 2 e 3 no corredor Centro-Leste	67
Tabela 12: Resumo comparativo dos trechos segmentados <i>versus</i> número de exemplares identificados entre os Grupos 1, 2 e 3	69
Tabela 13: Números de exemplares por seção de animais amostrados durante os monitoramentos nos grupos 1, 2 e 3	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Possíveis comportamentos das espécies em relação a uma rodovia ou estrada ..	21
Figura 2: Biomas de Minas Gerais e Localização do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica	27
Figura 3: Localização das diferentes áreas de estudo para os três períodos de coletas Grupo 1, 2 e 3 do corredor Centro Leste – FCA	28
Figura 4: Caminhamento em busca de registros de fauna atropelada no gabarito FCA	32
Figura 5: Ronda da VLi auxiliando os trabalhos de monitoramento de fauna atropelada .	32
Figura 6: Registro do Trecho 38 realizado na campanha de monitoramento	36
Figura 7: Registro do Trecho 38 realizado na campanha de monitoramento	36
Figura 8: Total de espécies atropeladas durante monitoramento, segundo as classes	49
Figura 9: Concentração de lobos-guarás atropelados em Ibiá (MG)	52
Figura 10: Concentração de tamanduás-bandeiras atropelados em Arcos (MG)	53
Figura 11: Resultados do Monitoramento no corredor Centro-Leste (Grupo 1)	55
Figura 12: Resultados do Monitoramento no corredor Centro-Leste (Grupo 2)	64
Figura 13: Resultados do Monitoramento no corredor Centro-Leste (Grupo 3)	65
Figura 14: Taxa de atropelamentos nas estações seca e chuvosa dos Grupos 1, 2 e 3	71
Figura 15: Número de exemplares versus esforço amostral	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	Biomass brasileiros e biomass de Minas Gerais	18
3.2	Os empreendimentos lineares/estradas/ferrovias e seus impactos	18
3.3	Impacto dos empreendimentos lineares/estradas/ferrovias: atropelamento e perda de biodiversidade	20
3.4	Ações mitigadoras dos impactos causados por infraestruturas	24
4	METODOLOGIA	27
4.1	Descrição da área de estudo	27
4.2	Coleta de dados	28
4.2.1	Grupo 1	28
4.2.1.1	Amostragem e identificação da fauna	29
4.2.2	Grupo 2	30
4.2.2.1	Amostragem e identificação da fauna	32
4.2.3	Grupo 3	34
4.2.3.1	Amostragem e identificação da fauna	35
4.2.4	Síntese dos três grupos analisados	37
4.3	Análise de dados	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Análise integrada das espécies identificadas no corredor Centro-Leste, com 885 km de extensão	40
5.1.1	Espécies ameaçadas	49
5.2	Análise individual dos três grupos de monitoramento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica	54
5.2.1	Análise individual do Grupo 1	54
5.2.2	Análise individual do Grupo 2	62
5.2.3	Análise individual do Grupo 3	64
5.3	Análise comparativa entre os grupos	66

5.4	Número de exemplares <i>versus</i> esforço amostral	72
5.5	Sugestão de protocolo de monitoramento de atropelamento da fauna e mitigação de impactos associados ao tráfego ferroviário	73
6	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

A perda da biodiversidade vem ocorrendo rapidamente em praticamente todas as regiões do planeta. Estima-se que essa perda seja mil vezes superior à taxa natural, e as ações como fragmentação de habitats e destruição dos mesmos tem causado o declínio de várias espécies, colocando-as em risco de extinção. A manutenção de refúgios para a biodiversidade é a melhor opção para auxiliar o combate à perda da biodiversidade. Dessa forma, a proteção de áreas de preservação permanente ao longo de cursos d'água e a reserva legal em propriedades contribuem para a manutenção da biodiversidade e conservação das diversas espécies da fauna que contribuem diretamente para a manutenção da cadeia alimentar e qualidade do meio ambiente (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012; FLORIANO, 2024).

Diversos fatores tendem a levar o meio ambiente à situação de degradação que hoje persiste, sendo em sua maior parte efetivados por meio de ações humanas. Entre esses fatores, destacam-se a fragmentação de habitats, a expansão do agronegócio, o processo de urbanização, o atropelamento de animais silvestres em rodovias e ferrovias, a caça esportiva e o tráfico ilegal de animais silvestres. Todos estes fatores acabam sendo dependentes do outro, como no caso dos acidentes viários que envolvem a fauna silvestre, derivando de um processo de urbanização que impacta diretamente na fragmentação de habitats e na extinção de diversas espécies de animais (AVELAR; SILVA; BATISTA, 2015; BAGER *et al.* 2016; FLORIANO, 2014).

A infraestrutura viária é responsável por promover uma melhor mobilidade para os carregamentos de grãos, minérios e produtos, além de facilitar a mobilidade urbana para os habitantes de uma cidade. As concessionárias realizam todo o planejamento e a construção de vias para uma melhor locomoção e interligação da sociedade, além do transporte de mercadorias, utilizando aeroportos, portos, estradas e ferrovias (CGM ENGENHARIA, 2021; LIMA *et al.*, 2022; MOTA *et al.*, 2022).

Segundo dados publicados pela Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), a extensão da rede ferroviária brasileira é mais de 32 mil km. As ferrovias desempenham um papel fundamental na logística, em 2022 mais de 91% do minério de ferro exportado chegou aos portos brasileiros por trilhos. O modal ferroviário responde pelo transporte de mais de 42% dos granéis sólidos agrícolas que têm como destino outros países do globo e, no caso do açúcar e milho, esse índice chega a 51%; em relação ao complexo de soja e farelo, as ferrovias transportaram quase 35% do volume total exportado (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS, 2022a; 2022b).

Apesar da importância da infraestrutura viária para a sociedade e seu desenvolvimento, ela provoca impactos na biodiversidade, especialmente em um país com grande variedade de fauna e flora, sendo que florestas e vegetações são de extrema importância para o equilíbrio ambiental (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021a; 2021b). A crescente ampliação da malha viária, das estradas e ferrovias, impacta significativamente o estado de conservação das populações faunísticas, que transitam nas marginais. O atropelamento de fauna é uma constante, sendo uma das maiores causas de mortandade (TEIXEIRA, 2011), e o impacto mais visível nas infraestruturas viárias (BAGER, 2017).

As ferrovias, rodovias e estradas causam impactos ambientais, separam o *habitat* natural, intervindo no deslocamento da fauna, modificando tanto o ambiente físico quanto o químico e o biológico (ROSA *et al.*, 2012). São impactos físicos gerados: alteração da superfície geomorfológica, modificação da superfície topográfica local, perda da cobertura vegetal, alteração na drenagem da água e erosão no leito do rio (ROSA *et al.*, 2012). Os efeitos químicos favorecem ao aumento de poluentes, como poeira no entorno da infraestrutura viária. As construções são geradoras de material particulado suspenso (*Suspended Particulate Matter* – SPM), partículas que reduzem a visibilidade, corroem metais e descolorem roupas e tinturas, além de serem prejudiciais à saúde humana (PINHEIRO; MONTEIRO, 1992; FORMAN; ALEXANDER, 1998; COFFIN, 2007; ROSA *et al.*, 2012).

Os principais efeitos biológicos se referem à fragmentação dos *habitats*, efeito de borda, efeito barreira, efeito repulsa/evitação, atração da fauna, atropelamento dos animais, predação elevada no entorno da infraestrutura, invasão de espécies exóticas e alteração da estrutura de comunidades biológicas (BAGER; SECCO, 2018; FORMAN; ALEXANDER, 1998; COFFIN, 2007; ROSA *et al.*, 2012).

As vegetações vão se tornando fragmentos pela paisagem, constituindo uma das principais consequências das atividades antrópicas em áreas de vegetação nativa, além do impacto da via, as espécies ficam mais expostas à infraestrutura viária, alterando a estrutura de comunidades biológicas (CEIA-HASSE *et al.*, 2017; BARBOSA *et al.*, 2020). Por meio da fragmentação do *habitat*, um dos mais importantes impactos antropogênicos que altera a estrutura e a composição das espécies na área marginal de uma estrada, rodovia ou ferrovia é o efeito de borda. Esse fenômeno constitui a porção do fragmento mais exposta a fatores externos, que alteram os níveis de luz, umidade, densidades da vegetação, temperatura, aumento de predadores e de espécies exóticas (RICO; KINDLMANN; SEDLÁČEK, 2007). O efeito de borda impede a movimentação de animais, provocando efeitos de barreira ao subdividir as

populações adjacentes às estradas (RICO; KINDLMANN; SEDLÁČEK, 2007; KUYKENDAL; KELLER, 2011).

A mortalidade por colisões com veículos é um dos principais contribuintes para os efeitos negativos das estradas e via férrea (BARBOSA *et al.*, 2020; CEIA-HASSE *et al.*, 2017). Além do impacto de atropelamento, pode ocorrer evitação quando o animal se afasta da rodovia ou ferrovia; por um lado, evita o atropelamento, mas, por outro, estabelece a ausência de conectividade: a espécie perde a capacidade de buscar recursos, parceiros, evita a estrada e gera um distanciamento entre grupos e espécies (FORMAN; ALEXANDER, 1998; ASCENSÃO *et al.*, 2017).

As populações locais podem sofrer alterações de comunidades biológicas, caso os índices de atropelamento ultrapassem as taxas de reprodução e imigração (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Já a atração da fauna ocorre devido à maior quantidade de recursos próximos a infraestrutura viária, além dos trens que deixam a carga cair, contribuindo, assim, para a atração dos animais como, por exemplo, macacos, roedores e aves (ROSA *et al.*, 2012; SOMBRA JUNIOR, 2019) e, conseqüentemente, potencializando o atropelamento dos animais, e superando o impacto da caça (FORMAN; ALEXANDER, 1998).

Araujo *et al.* (2020) investigaram o efeito das características da paisagem sobre os atropelamentos de mamíferos de médio e grande porte no sul do estado de Goiás. Os autores verificaram que quanto menor a distância para o curso d'água, maior é o número de espécies atropeladas e o percentual de cobertura vegetal nativa na paisagem influencia a composição da mastofauna atropelada. O curso d'água é a rota preferencial para a maioria das espécies, logo, a ocorrência de fragmentação da vegetação próxima de cursos d'água pode acarretar o aumento da mortalidade dos animais (BUENO; SOUSA; FREITAS, 2015).

Segundo Barbosa *et al.* (2020), mesmo taxas moderadas de mortalidade nas estradas levam a declínios severos no tamanho da população. De acordo com estimativas do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE), mais de 17 animais morrem nas estradas brasileiras a cada segundo, sendo que diariamente devem morrer mais de 1,3 milhões de animais e ao final de um ano mais de 475 milhões de animais selvagens são atropelados no país (CENTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS EM ECOLOGIA DE ESTRADAS, 2019). Essas ocorrências demonstram a importância de estudos e de pesquisas sobre o atropelamento de fauna para implantação de medidas de mitigação.

As medidas de mitigação são utilizadas para conectar *habitats*, reduzir a mortalidade da fauna selvagem nas infraestruturas viárias e aumentar a segurança dos motoristas. Os métodos de medidas de mitigação existentes são pontes de paisagem (*landscape bridge*) que são as

maiores estruturas de cruzamento de fauna e uma das mais onerosas, passagens superiores (*wildlife overpass*), passagens superiores multiuso (*multiuse overpass*), viadutos, refletos, passagens inferiores, passagens inferiores com fluxo de água, dutos modificados, entre outros (RYTWINKI *et al.*, 2016; BAGER; SECCO, 2018).

Uma das formas de verificação das medidas de mitigação e constatação dos impactos na biodiversidade é a realização de monitoramentos dos acidentes que envolvam os animais, tendo em vista ser um dos fatores que permitirá identificar e conhecer a dinâmica dos atropelamentos (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2012; CARVALHO, 2014; CIEZA, 2018).

Para essa análise ser mais efetiva, é adequado que haja monitoramento por pelo menos dois anos, dimensionando os impactos das perdas por atropelamento das espécies afetadas e o quanto tais perdas podem influir na viabilidade populacional, para que se consiga um resultado mais robusto, no sentido de permitir a definição de trechos prioritários para mitigação com maior exatidão (CARVALHO, 2014; PINTO *et al.*, 2021). É necessário que essa análise resulte em ações para proteger, restaurar a biodiversidade, auxiliar no planejamento e no manejo das áreas (RYTWINSKI *et al.*, 2016; BAGER; CASTRO, 2021; ROCHE *et al.*, 2022). Da mesma forma, no Brasil o conhecimento disponível sobre o tema é restrito às rodovias e estradas, havendo uma grande carência de informação relacionada aos empreendimentos ferroviários, assim como a indicação de medidas de controle e mitigação (BAGER *et al.*, 2016; ALMEIDA; RODRIGUES VIEIRA, 2019).

A eficácia das medidas instaladas é um dos fatores para mitigar os atropelamentos da fauna que irá depender de sua localização ao longo da infraestrutura viária (TEIXEIRA, 2017). Desse modo, para tentar solucionar esse problema, existem vários tipos de medidas de mitigação disponíveis que visam atenuar a mortalidade da fauna. Entretanto, decidir sobre qual método deve ser implementado tem sido uma questão controversa (RYTWINSKI *et al.*, 2016).

Uma das formas que contribuem para tomada de decisão para definir o tipo de medida de mitigação a ser utilizada é a identificação dos *hotspots*, ou seja, trechos de rodovias que identificam os maiores índices de atropelamentos (TEIXEIRA *et al.*, 2011). A identificação desses *hotspots* possibilita que sejam traçadas medidas de mitigação, a fim de minimizar os impactos às populações ou comunidades de animais silvestres (TAYLOR; GOLDINGAY, 2010). No entanto, apenas conhecer os *hotspots* de atropelamento não é o suficiente para estabelecer essas ações de mitigação, pois não se trata de simplesmente verificar o local de maior número de atropelamentos; mas avaliar a perda da fauna na persistência da população ao

longo prazo se mostra uma medida extremamente importante nesse contexto (TEIXEIRA *et al.*, 2011; GRILO *et al.*, 2020, BAGER, 2020).

O estudo realizado por Grilo *et al.* (2020), cujo escopo de pesquisa foi baseado em características para prever as taxas de atropelamentos para espécies de aves e mamíferos terrestres na Europa, utilizou um modelo populacional generalizado para estimar sua vulnerabilidade a longo prazo de mortalidade nas estradas. As espécies que foram previstas para experimentar as maiores taxas de mortalidade em função das estradas não eram necessariamente as mesmas cuja persistência de longo prazo era a mais vulnerável à mortalidade nas estradas. O estudo afirma que conhecer as taxas de atropelamento é importante, mas é fundamental avaliar a perda dos indivíduos na persistência da população em longo prazo.

A partir do cenário descrito, o presente estudo propõe o levantamento e a identificação das principais espécies afetadas nos três momentos do monitoramento realizado no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), analisando abundância, riqueza e taxa de atropelamento, em termos de análises técnicas qualitativas e quantitativas, da situação dos dados obtidos no decorrer do referido programa.

Nesse âmbito, considera-se a relevância e a contribuição de pesquisas e estudos voltados para a melhoria dos aspectos mencionados, quais sejam: impactos na infraestrutura viária, identificação das espécies e programas permanentes de mitigação de atropelamentos de animais em ferrovias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar os programas e metodologias empregados no monitoramento e mitigação de atropelamentos de fauna na Ferrovia Centro-Atlântica, com foco específico no corredor Centro-Leste.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos propostos são:

- Analisar os programas e metodologia empregados nos três períodos de monitoramento e mitigação de atropelamento de fauna do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica;
- Identificar as espécies com maior incidência e as suas características biológicas, avaliando aspectos como abundância, diversidade de espécies, fundamentada em métodos quantitativos e qualitativos, proporcionando uma compreensão detalhada da eficácia das estratégias de mitigação implementadas no programa.
- Qualificar e quantificar a perda de indivíduos da fauna por atropelamento ao longo do traçado do corredor Centro-Leste da FCA em diferentes anos;
- Identificar as taxas de atropelamento e espécies ameaçadas;
- Propor sugestões que aprimore as ações a serem implantadas para mitigação do impacto associado ao tráfego ferroviário.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Biomas brasileiros e biomas de Minas Gerais

O Brasil apresenta seis grandes domínios fitogeográficos: floresta amazônica, cerrado, mata atlântica, caatinga, pampa e pantanal (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Cabe ressaltar que, em cada domínio fitogeográfico, é possível observar uma grande variação dos tipos de vegetação, *habitats* e *micro-habitats* (BIOTA MINAS, 2009; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

Propicia-se uma grande biodiversidade devido às grandes variações ecológicas com suas características e composições distintas (STEHMAN; SOBRAL, 2017; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021a; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2021).

Devido à sua extensa área territorial, o estado de Minas Gerais possui características geomorfológicas diversas que proporcionam uma cobertura vegetal extremamente rica e diferenciada. No seu território, são observados os três grandes biomas: cerrado, mata atlântica e caatinga, que contribuem para a grande diversidade de paisagens, riqueza da flora e fauna (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2021).

3.2 Os empreendimentos lineares/estradas/ferrovias e seus impactos

Empreendimentos lineares transpassam grandes extensões de terra e países, influenciando diferentes modos geográficos, locacionais, biológicos tanto da fauna quanto da flora e da cultura ambiental. Entre os empreendimentos lineares presentes, estão hidrovias, linhas de transmissão, dutovias, rodovias e ferrovias, sendo que esses atravessam diversos capões de mata e de cerrado, alguns dos quais protegem córregos e rios (BALSAN, 2006; DODDE, 2012).

Em âmbito federal, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) tem competência à concessão de outorga da infraestrutura de ferrovias. Segundo dados publicados pela Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, a extensão da rede ferroviária brasileira é de aproximadamente 32.635 km, em mais de duas décadas de concessões, as associadas à ANTF apresentaram um crescimento de 98% na movimentação de cargas pelas ferrovias, em relação a 1997, época do início das concessões, quando foram movimentadas 253 milhões de toneladas úteis; o crescimento anual médio foi de 2,76%.

A cada ano, a malha ferroviária do país vem se ampliando e, por consequência, levando ao aumento dos impactos diretos no sistema ambiental, incluindo a fauna e flora local, (PORTAL ÚNICO DO GOVERNO, 2022). Conforme dados da InterB, em 2022, foi investido no setor 1,86% do Produto Interno Bruto (PIB) em infraestrutura, totalizando R\$ 158,4 bilhões, sendo que R\$ 105,6 bilhões desse total eram provenientes da iniciativa privada. A média de investimentos do setor entre 2019 e 2022 respondeu por R\$ 47,8 bilhões e 18% desse montante (R\$ 8,6 bilhões) foram destinados ao transporte ferroviário, sendo R\$ 8,1 bilhões de investimentos privados.

O setor teve constantes índices de crescimento na produção ferroviária, acima do Produto Interno Bruto (PIB), ano a ano. Desde o início das concessões, o crescimento em produtividade (medida em Tonelada por Quilômetro Útil — TKU) foi de 170,5%, gerando um crescimento anual de 4,1%. Referente aos investimentos, desde o início das concessões e até dezembro de 2022, as ferrovias já alocaram mais de R\$ 92 bilhões, utilizados especialmente para melhoria e recuperação da malha, compra e reforma de material rodante, e aquisição de novas tecnologias, capacitação profissional e qualificação das operações, entre outras áreas (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS, 2022b).

Importante mencionar que no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), criado pelo Governo Federal, um trecho de 537 km ligará as cidades baianas de Caetité e Ilhéus (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS, 2023). Com o elevado crescimento da malha e da produção ferroviária e apesar da sua importância da infraestrutura viária para a sociedade e seu desenvolvimento, ela causa impacto no ecossistema, alteração do habitat da fauna decorrente das ações da fragmentação e atropelamento dos animais (GRILO, 2020; BAGER 2017; TEIXEIRA 2011).

Dessa forma, desde a metade do século passado, a biodiversidade vem sofrendo alterações significativas, acarretando a perda de mais da metade de sua vegetação nativa devido a fatores como expansão das fronteiras, queimadas, rodovias, ferrovias, urbanização e fragmentação de paisagem (MITTERMEIER *et al.*, 2004; BALSAN, 2006). Entretanto, uma das principais atividades a ser destacada no contexto de tais modificações se refere aos empreendimentos lineares, que provocam um grande impacto tanto na flora quanto na fauna.

Conforme destacado por Bager (2012), os empreendimentos lineares, tais como estradas, rodovias, hidrovias e ferrovias, representam uma significativa fonte de impacto antropogênico sobre a biodiversidade. Esta influência negativa é reconhecida como uma das principais causas de perda de biodiversidade no país, com expectativas de agravamento dessa tendência nos anos futuros. Os impactos decorrentes desses empreendimentos podem ser

categorizados em dois tipos: agudos e crônicos. Os impactos agudos são aqueles imediatos, surgindo no decorrer da construção do empreendimento. Já os impactos crônicos referem-se às consequências de longo prazo, que afetam a fauna brasileira e contribuem para o desequilíbrio da biodiversidade. Um exemplo notório de impacto crônico é o atropelamento frequente de animais nessas vias.

3.3 Impacto dos empreendimentos lineares/estradas/ferrovias: atropelamento e perda de biodiversidade

A análise da magnitude das fatalidades de animais silvestres em ferrovias, rodovias e empreendimento lineares é de suma importância por diversos fundamentos. As mortes desses indivíduos representam um problema ético que nem sempre conseguem apontar soluções, e também podem ser considerados crimes pela legislação brasileira (BRASIL, 1998; CAMPOS, 2023). Além disso, essas fatalidades representam um risco à conservação, biodiversidade e ao habitat, pois podem levar algumas espécies ao decréscimo populacional (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009) e ainda desencadear um efeito cascata em outros níveis tróficos e redução do tamanho e qualidade do habitat (RYTWINSKI; FAHRIG, 2013; CAMPOS, 2023).

Dessa forma, as ferrovias alteram o comportamento da fauna e interferem em sua sobrevivência, conquanto, os impactos são mais pronunciados nas rodovias do que nas ferrovias. Pelo fato da maioria dos estudos se concentrarem nas rodovias e estudos comparativos serem excepcionalmente raros, é difícil atestar qual dessas infraestruturas causa maior mortalidade (POP *et al.*, 2023).

No caso de rodovias e estradas, a fauna pode apresentar diferentes comportamentos tanto no entorno quanto na travessia ou permanência nessas vias. A partir da Figura 1, pode observar que: algumas espécies são atropeladas (A) ao tentarem cruzar a via, constituindo um dos impactos mais visíveis; as espécies podem ser atraídas (B e C) pela presença de alimentos; a presença de barreiras (F e G), impedindo o deslocamento dos animais, tende a afetar o fluxo gênico das espécies, provocando o isolamento populacional ou o efeito de borda, que impede a movimentação dos animais e causa efeitos de barreira ao subdividir as populações adjacentes à via. As alterações na área marginal de uma estrada ou rodovia estabelecem o efeito de borda, que constitui a porção do fragmento mais exposta a fatores externos que, por sua vez, alteram o nível de luz, umidade, densidades da vegetação, temperatura, aumento de predadores e de espécies exóticas (RICO; KINDLMANN; SEDLÁČEK, 2007; VAN DER REE; SMITH; GRILO, 2015).

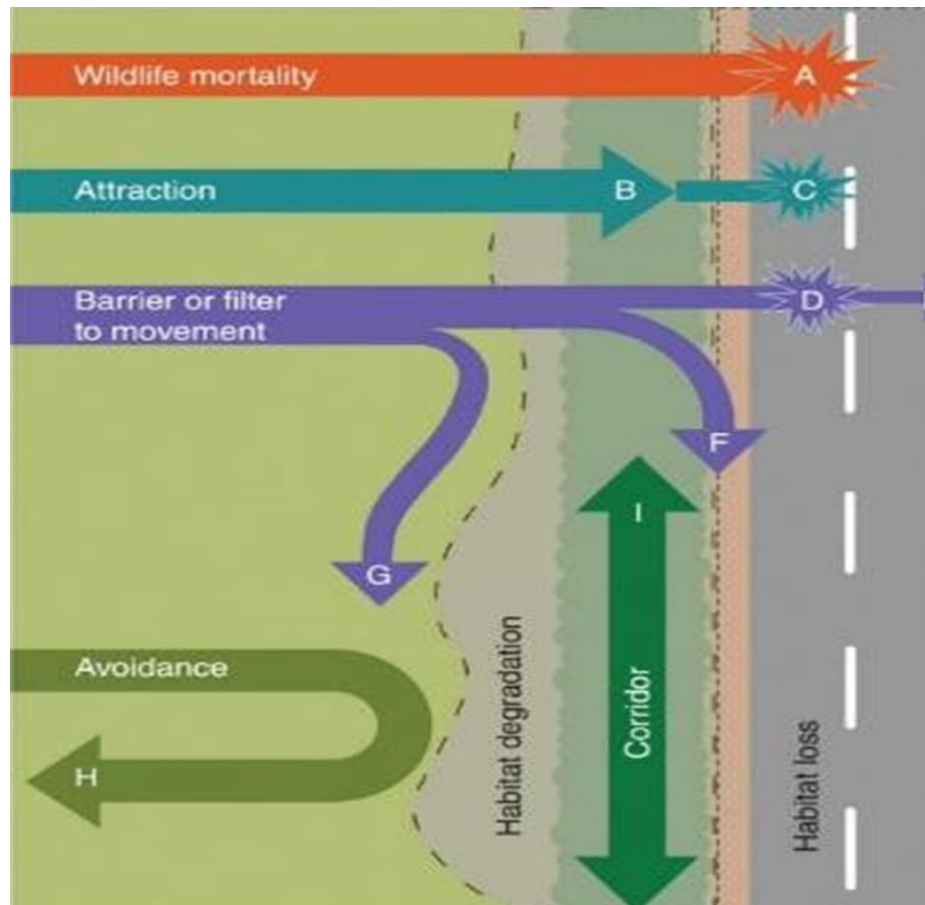


Figura 1: Possíveis comportamentos das espécies em relação a uma rodovia ou estrada.
 Fonte: Van Der Ree *et al.* (2015).

O estudo realizado por Pop *et al.* (2023), na Romênia, comparou a mortalidade monitorada a pé, ao longo de um ano, entre dois trechos paralelos com dois quilômetros de extensão, um de uma rodovia e outro de uma ferrovia, para avaliar qual é mais mortal para a fauna. Os autores concluíram que as duas redes de transporte afetam a fauna de forma complementar, com provável impacto negativo cumulativo. No entanto, a ferrovia preserva os cadáveres dos animais por muito mais tempo que a estrada, mostrando que o impacto negativo das ferrovias é, certamente, subestimado em comparação ao das estradas.

Esses resultados estão de acordo com estudos que já foram realizados no Brasil, identificando que carcaças de animais em ferrovias parecem persistir por muito mais tempo do que em rodovias (DASOLER *et al.*, 2020) e verificando carcaças de anfíbios que poderiam ter morrido presas entre os trilhos – e não atropelados (DORNAS *et al.*, 2019).

No estudo conduzido por Campos (2023) na Ferrovia Norte-Sul, com o objetivo de indicar as principais razões dos atropelamentos de Tatupeba (*Euphractus sexcinctus*), foi

observado que o aumento no número de pares de trem, conseqüentemente, aumenta o número de atropelamento, e a fragmentação do habitat causada pela construção, por exemplo, da ferrovia faz com que os animais silvestres, sejam forçados a se deslocar para áreas urbanizadas, aumentando de sobremaneira as chances de colisões com os trens.

Vários impactos negativos dos empreendimentos lineares emergem desta interação, incluindo colisões entre animais, que podem representar uma fonte significativa de mortalidade não natural em diversas espécies (ASCENSÃO *et al.*, 2017).

Referente aos impactos negativos e taxa de mortalidade, o estudo realizado por Pinto, Clevenger e Grilo (2020), que avaliou diversos artigos científicos publicados no período de 1997 a 2018, sendo que os grupos, por ordem de análise, incluíram aves, mamíferos, répteis e anfíbios, apresentou dados de taxa mortalidade para indivíduos por quilômetro por dia corresponde a uma média de 0,41 (ind./km/dia) para 681 espécies de animais, cabendo destacar que os anfíbios apresentaram a maior taxa de mortandade por atropelamento.

Dessa forma, foi identificado que os cinco maiores impactos causados por empreendimentos lineares com elevado grau de ameaça aos primatas foram: formação de áreas abertas, caça, atropelamento, introdução de espécies exóticas e ruído, sobrevivendo relatos de mortalidade para Macaco-prego (*Sapajus apella*), Bugio-de-mãos-ruivas (*Alouatta belzebull*) e Sagui-una (*Saguinus niger*) em Carajás, Pará, e Sagui-de-mãos-douradas (*Saguinus midas*) e Sauim-de-coleira (*S. bicolor*) na região de Manaus, sendo o Sauim-de-coleira o primata com os maiores registros de atropelamento. A espécie é definida como ameaçada pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) e criticamente ameaçada de acordo com a Lista Brasileira de Espécies Ameaçadas (BAGER; SECCO, 2018).

Em relação aos mamíferos, a análise apresentada no estudo de Cerqueira *et al.* (2021) identificou que os corredores potenciais de movimento e a alta probabilidade de atropelamentos não coincidem espacialmente para os mamíferos no Brasil, o que gera implicações para a mitigação de estradas. Foram comparados modelos de corredores e mortalidade rodoviária como forma de priorizar os segmentos rodoviários para mitigação entre cinco espécies de felinos no Brasil: Gatos-tigres (*Leopardus tigrinus* e *Leopardus guttulus*), Jaguatirica (*Leopardus pardalis*), Jaguarundi (*Puma yagouarundi*), e Puma (*Puma concolor*), com a utilização de dados de ocorrência para cada espécie e execução da teoria do circuito para verificar potenciais corredores de movimento atravessados pelas estradas. O estudo apresentou registros de atropelamentos para cada espécie mencionada anteriormente e aplicou entropia máxima para determinar onde a mortalidade era mais provável de ocorrer nas estradas. Os resultados sugerem que corredores de movimento e alta mortalidade em estradas não estão

especialmente associados. Por fim, os autores observam que as diferenças no estado comportamental dos indivíduos na ocorrência de espécies e os dados de atropelamentos possivelmente exemplificam esses resultados.

No que se refere aos anfíbios e répteis, segundo estudo de Attademo *et al.* (2011), essas são considerados as classes de animais que mais padecem por atropelamento em estradas construídas próximas a ambientes úmidos. Portanto, para verificar as melhores medidas de mitigação a serem utilizadas, é imprescindível conhecer a área e a sua sazonalidade, conforme as condições meteorológicas.

Outros dados atestados, entre 1988 e 2017, que se referem à mortandade de espécies que podem ser registradas com maior risco de atropelamento no Brasil, e classificadas em situação de perigo, vulnerabilidade ou quase ameaçadas, são: Tuco-tuco-das-dunas (*Ctenomys flamarioni*), Preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*), Ouriço-preto (*Chaetomys subspinosus*), Mutum-de-penacho (*Crax fasciolata*), Gato-do-mato-pequeno (*Leopardus guttulus*), Gato-do-mato (*Leopardus tigrinus*), Veado-anão (*Mazama nana*), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), Anta (*Tapirus terrestris*), Cágado-negro (*Acanthochelys spixii*), Papagaio-galego (*Alipiopsitta xanthops*), Jubacanga (*Aratinga auricapillus*), Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), Tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), Gato-palheiro (*Leopardus colocolo*), Gato-maracajá (*Leopardus wiedii*), Lontra-neotropical (*Lontra longicaudis*), Cigarra-do-campo (*Neothraupis fasciata*), Onça (*Panthera onca*), Macaco-prego (*Sapajus nigritus*), Cottinga-de-peito-amarelo (*Laniisoma elegans*) (GRILO *et al.*, 2018).

Além das espécies mencionadas, na análise realizada por Modkowski, (2015), foram verificados os principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros, a partir de um estudo de caso produzido durante a construção da BR 448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil. Foi constatado que os impactos na realização de construções de rodovias e de tráfego de veículos surgem como causa principal de mortalidade em populações de anfíbios anuros. Na BR 448, foram encontrados vários espécimes de Rã-manteiga (*Leptodactylus latrans*) mortos na estrada, verificando-se que, após altos períodos de chuvas, originaram-se ambientes aquáticos temporários ao redor da rodovia, propiciando a travessia desses animais e causando a sua morte.

Destaca-se que a pesquisa em ecologia de ferrovias é pouco investigada em comparação à ecologia de rodovias (POPP; BOYLE, 2017; CAMPOS, 2023). As ferrovias podem agir como armadilhas para alguns indivíduos, como anfíbios e quelônios, que ficam aprisionados entre os trilhos e acabam sucumbindo por desidratação e/ou inanição e acarretar fatalidades provenientes das colisões de trens com animais, formação de áreas abertas, além de introdução

de espécies exóticas. (BUDZIK, 2014; SANTOS; CARVALHO; MIRA, 2017; CAMPOS, 2023; BAGER; SECCO, 2018).

Para minimizar esses impactos sobre a fauna, é importante implantar estratégias que viabilizem a conservação da biodiversidade, e adotar ações mitigadoras dos impactos causados pelos empreendimentos lineares com objetivo de minimizar a mortalidade das espécies (ASCENSÃO *et al.*, 2017; DESBIEZ *et al.*, 2022).

3.4 Ações mitigadoras dos impactos causados por infraestruturas

Com o objetivo de evitar impactos na fauna e na sua biodiversidade, antes de realizar quaisquer construções, ou fragmentações, com o intuito de obter maior assertividade na implantação das medidas mitigadoras escolhidas, é preciso estudar o local que será construída a infraestrutura viária, realizando um levantamento dos principais animais e estudando os fatores comportamentais para cada espécie.

Assim sendo, é evidente a necessidade de estudo eficaz para tentar realizar a mitigação desses impactos supracitados. Para tentar solucionar essa deficiência, existem vários tipos de medidas de mitigação de estradas disponíveis que visam atenuar a mortalidade da fauna, porém, escolher qual método utilizar tem sido uma escolha difícil.

Existem diversos métodos de medidas de mitigação, como, barreiras de proteção, criação de passagens subterrâneas, pontes para fazer a interligação das terras cortadas pelas estradas, refletores, cercas, redutores de velocidades, sistemas de detecção e animais, passagem de dossel utilizada por espécies arborícolas, passagem inferior de concreto, passagem inferior com fluxo de água e entre diversas outras medidas utilizadas (RYTWINKI *et al.*, 2016; BAGER; SECCO, 2018).

O estudo de Rytwinki *et al.* (2016) constatou que, no geral, as medidas de mitigação reduzem os atropelamentos em 40% em comparação aos controles. Já as cercas, com ou sem estruturas de travessia, reduzem os atropelamentos em 54%. Foi constatado que medidas mitigadoras consideravelmente caras reduzem o atropelamento de grandes mamíferos muito mais do que medidas baratas. Por exemplo, a combinação de estruturas de cercas e cruzamentos levou a uma redução de 83% nos atropelamentos de grandes mamíferos, em comparação com uma redução de 57% para sistemas de detecção de animais e apenas 1% para refletores de vida selvagem. Já as placas de sinalização reduzem aproximadamente 3%. Os autores sugerem ainda que medidas baratas, como refletores, não deveriam ser utilizadas até que sua eficácia seja testada por meio de uma abordagem experimental de alta qualidade.

Outro aspecto-chave a ser analisado se refere aos pontos de *hotspots*, considerados os pontos críticos de atropelamento. O estudo realizado por Teixeira (2017) identificou certas situações em que os pontos críticos de atropelamento podem não ser indicadores adequados para a escolha dos melhores locais de mitigação dessas ocorrências, verificando que, devido à depressão populacional perto do segmento de alto tráfego, os mesmos podem ser alterados.

Os pontos críticos de atropelamento de fauna em rodovias podem variar ao longo do tempo, deslocando-se de áreas de tráfego intenso para áreas de menor tráfego. Esse fenômeno é frequentemente resultado de uma diminuição da população animal nas proximidades de trechos com tráfego intenso, devido à alta mortalidade causada pelos atropelamentos. Interessantemente, essa mudança pode ocorrer mesmo quando os segmentos de menor tráfego atravessam habitats de qualidade inferior em comparação aos de tráfego intenso. Isso sugere que, na construção de novas estradas, a identificação inicial de pontos críticos de atropelamento é crucial para determinar locais prioritários para a implementação de medidas de mitigação. Contudo, em estradas mais antigas, a utilidade desses pontos críticos pode ser limitada devido à depressão populacional já estabelecida pela mortalidade contínua. Nesses casos, avaliações mais detalhadas do impacto das estradas sobre as populações animais, como a taxa de mortalidade per capita, podem ser indicadores mais precisos para a seleção de locais adequados para a mitigação de atropelamentos, conforme apontado por Teixeira (2017).

Uma vez que há diversos fatores influentes na origem e nos hábitos dos animais em torno das rodovias ou ferrovias, para a tomada de decisões sobre ações de mitigação dos impactos causados, é de suma importância o conhecimento sobre a dinâmica dos atropelamentos (CARVALHO, 2014), a interligação do *habitat* e a permeabilidade dos sistemas da infraestrutura viária como aspectos relevantes a serem avaliados no desenvolvimento de sistemas de mitigação de mortalidade do empreendimento (GLISTA; DEVAULT; DEWOOD, 2009).

Qualquer decisão referente ao conjunto de medidas que estendem a conectividade deve se iniciar pela escolha das espécies a serem selecionadas e pela análise espaço-temporal dos pontos de agregação, denominados de *hotspots*. Da mesma forma, devem ser considerados os critérios de conectividade, sempre associando as medidas de redução de atropelamento ao fato de que a fauna pode demorar a se adaptar a elas. Espécies mais acostumadas ao convívio com seres humanos possivelmente iniciam o uso rapidamente, entretanto, outras podem levar meses ou anos para finalmente fazer uso das passagens (BAGER; SECCO, 2018).

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade da continuidade de realização de estudos no campo da ecologia principalmente nas ferrovias por haver uma grande carência de

informações, para tentar mitigar a extensão nos impactos biológicos, sociais e econômicos que a crescente malha viária acarreta na biodiversidade.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Ferrovia Centro-Atlântica, corredor Centro-Leste com um total de 885 km de extensão. O corredor passa por diversos municípios do estado de Minas Gerais, incluindo Belo Horizonte, Divinópolis, Ibiá, Patrocínio, Iraí de Minas, Araguari, entre outros, e atravessa áreas do bioma mata atlântica e predominantemente do cerrado (Figura 2).

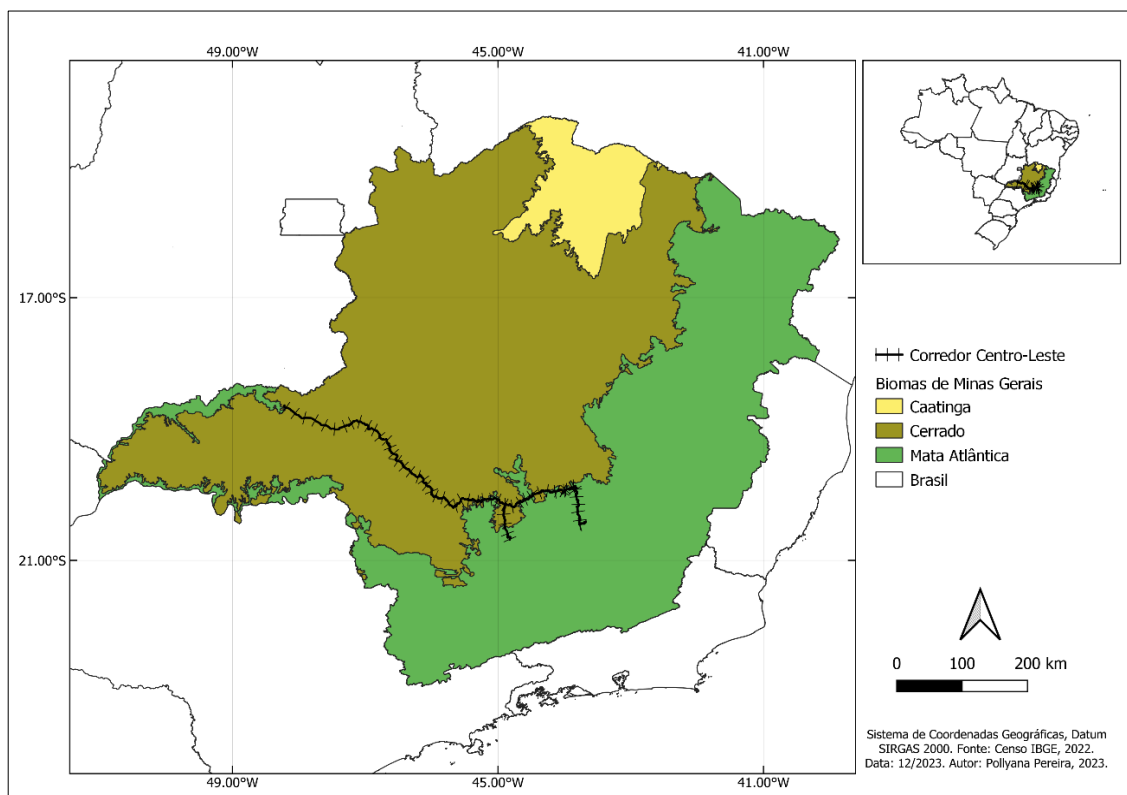


Figura 2: Biomas de Minas Gerais e Localização do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica.

Segundo análise de uso e ocupação do solo, realizada pela empresa Bicho do Mato (2023), ao longo do corredor Centro-Leste, as fitofisionomias que compõe a área são classificadas em: afloramento rochoso, área cultivada, área industrial, área rural edificada, banco de areia, campo limpo, campo sujo, cerradão, cerrado, mata atlântica, curso d'água, espelho d'água artificial, espelho d'água natural, estradas, eucaliptais, floresta ciliar, floresta estacional, mancha urbana, espécies de reflorestamento, pastagem, solo exposto e vegetação de áreas úmidas.

No corredor Centro-Leste, observa-se o domínio das fisionomias de áreas cultivadas (agricultura) e pastagens. Isto porque a região é um importante polo de produção e escoamento de grãos aliado a pecuária extensiva desenvolvida na região, perfazendo assim que essas fisionomias sejam as mais dominantes no entorno da malha ferroviária do corredor Centro-Leste. Em relação às fisionomias naturais que ainda existem na região, destaca-se o cerrado, que é um tipo de formação composta por campos gramíneos coexistentes com árvores e arbustos esparsos. Em relação às Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, no corredor Centro-Leste, destacam-se a APA Carste de Arcos e Pains, a Área Prioritária para Conservação da Serra do Salitre e os remanescentes lóticos do rio Paranaíba.

Na Figura 3, a seguir, pode-se verificar a localização das diferentes áreas de estudo para os três períodos de coleta.

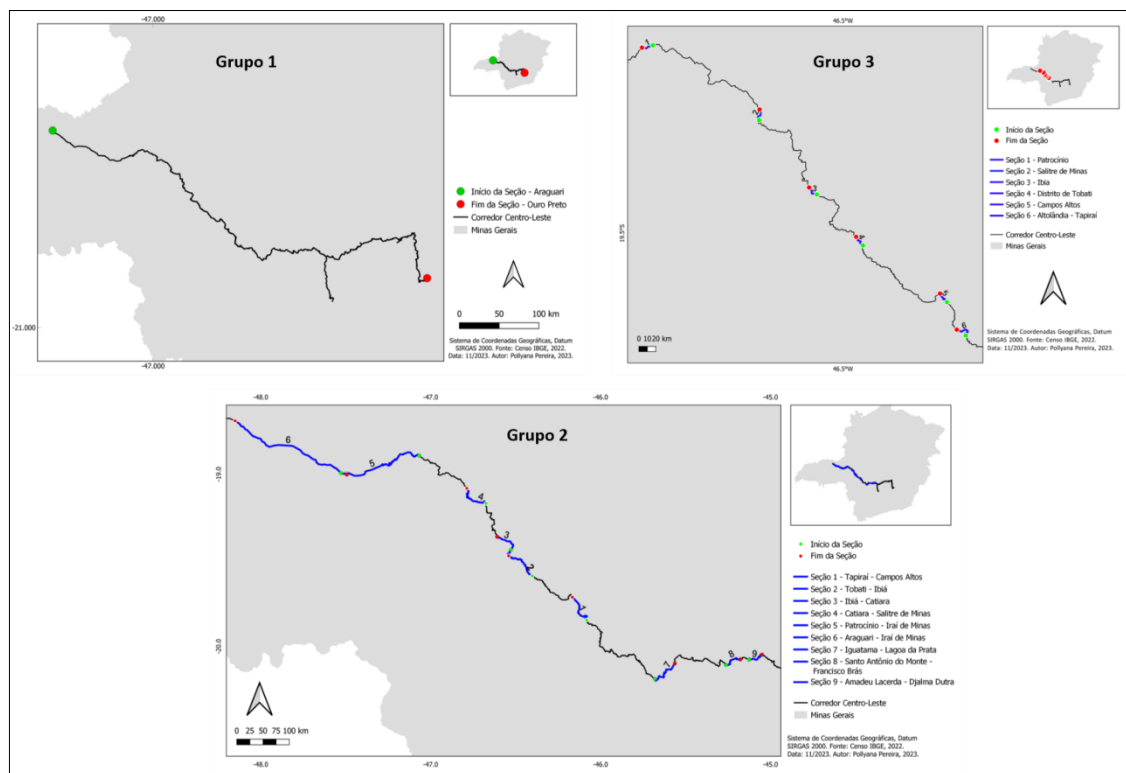


Figura 3: Localização das diferentes áreas de estudo para os três períodos de coletas Grupo 1, 2 e 3 do corredor Centro Leste – FCA.

4.2 Coleta de dados

Os registros de atropelamentos são do banco de dados cedido pela VLI Multimodal S.A., sendo que esses dados foram coletados por empresas contratadas pela Ferrovia Centro-Atlântica.

O registro de indivíduos atropelados se deu ao longo do trecho de 885 quilômetros da Ferrovia Centro Atlântica, corredor Centro-Leste, sob concessão da empresa VLI Multimodal S.A. Para cada indivíduo, foi preenchida uma ficha contendo informações referentes à data de registro, ano, identificação da espécie e coordenadas geográficas em Universal Transversa de Mercator (UTM/Graus Decimais).

A partir da consideração de três grupos de monitoramento, o banco de dados foi segmentado em três momentos distintos e três bases diferentes, sendo que, para cada grupo foi utilizado uma metodologia específica, e o monitoramento ocorreu em diferentes anos e extensões ao longo do corredor Centro-Leste.

4.2.1 Grupo 1

O estudo realizado no Grupo 1 ocorreu nos meses de abril, julho, novembro e dezembro do ano de 2012, e no mês de janeiro de 2013.

As campanhas do Grupo 1 foram percorridos em todo o trecho por auto da linha (ferroviário utilizado para inspeção e manutenção), totalizando 885 quilômetros por campanha, total de duas campanhas, uma amostragem por estação, seca e chuva, esforço amostral de 1.770 km.

A primeira campanha de seca e de safra, nos meses de abril e julho e segunda campanha de chuva e de entressafra, nos meses de novembro, dezembro e janeiro, com os objetivos de quantificar e qualificar a perda de indivíduos por atropelamento (com preenchimento do formulário) no período (Tabela 1).

Tabela 1: Período (mês e ano) e estação da coleta realizada no Grupo 1, durante levantamento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica.

Ano	Meses	Estação
2012	Abril	Seca
	Julho	Seca
	Novembro	Chuva
	Dezembro	Chuva
2013	Janeiro	Chuva

Fonte: Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna – Malha Ferroviária (ARCADIS Tetraplan).

4.2.1.1 Amostragem e identificação da fauna

O estudo foi realizado entre os anos de 2012 e 2013. Em cada campanha, as equipes foram compostas por pelo menos um especialista em fauna (biólogo, veterinário ou profissional de nível superior que comprove experiência na identificação de animais silvestres) e um ajudante de campo (profissional de nível médio ou superior, responsável por sistematizar em forma de planilhas os dados coletados).

Os animais atropelados foram fotografados, sempre que possível, anotando-se as coordenadas geográficas e quilometragem desses pontos. Foram contabilizados todos os animais que estavam sobre a linha ou na faixa de servidão, não sendo contabilizando o mesmo animal duas vezes.

Visando sempre cobrir um maior ângulo de visibilidade, a equipe se posicionou dentro do auto de linha de modo que um dos profissionais estivesse sempre sentado no banco da frente, com maior visibilidade da linha e faixa de servidão. O segundo profissional se posicionou no banco de trás, em alguns casos do lado oposto ao do primeiro profissional, realizando o controle sobre a velocidade de tráfego do veículo ferroviário e anotações de apoio.

No início da primeira campanha, foi definida a velocidade ideal do auto de linha para o monitoramento, ou seja, 30 km/h em média, sendo assim estabelecida no Programa.

Ao avistar um animal atropelado ou seus restos mortais (ossadas, carcaças ou carapaças), o auto de linha era parado, de maneira que possibilitasse as anotações dos requeridos no modelo de formulário de atropelamento e avistamento de fauna, que eram preenchidos em formulário próprio.

Os dados gerais coletados, foram: número do formulário, data em campo, seção

monitorada, horário de registro, município, Estado, coordenadas geográficas, km ferroviário (a partir de dados do maquinista do auto de linha) e nome de profissionais envolvidos. Cabe observar que o horário diz respeito a eventuais visualizações de animais nos trilhos ou próximos a este. Ressalta-se que, por ter sido o primeiro monitoramento realizado com esse modelo de metodologia aplicada, a mesma não foi descrita de forma detalhada.

4.2.2 Grupo 2

O estudo realizado no Grupo 2 ocorreu nos meses de setembro e outubro do ano de 2015, nos meses de março e maio de 2016.

As campanhas do grupo 2, para realização da amostragem, percorreram o trecho por caminhamento sobre o gabarito, sendo selecionadas nove seções no corredor Centro-Leste, em busca de evidências da fauna terrestre na área de influência direta do empreendimento, totalizando 294,2 quilômetros por campanha, num total de duas campanhas, e esforço amostral de 588,40 (Tabela 2).

A primeira campanha foi realizada no ano de 2015, nos meses de março e maio, e segunda campanha no ano de 2016, nos meses de setembro e outubro, sendo que, nos dois anos, as estações de seca e chuva foram contempladas (Tabela 3), com o objetivo de quantificar e qualificar a perda de indivíduos por atropelamento.

Tabela 2: Municípios, seções segmentadas, coordenadas em graus decimais e suas extensões do monitoramento do corredor Centro-Leste, Grupo 2.

Município	Seção	Coordenadas (graus decimais)		Extensão (km)
		Início	Fim	
Tapiraí – Campos Altos	Seção 1	-19.83470000 -46.08970000	-19.70579999 -46.17150000	25,9
Tobati – Ibiá	Seção 2	-19.59319999 -46.39970000	-19.48539999 -46.51839999	24,1
Ibiá – Catiara	Seção 3	-19.45959999 -46.54330000	-19.35670000 -46.60770000	21,1
Catiara – Salitre de Minas	Seção 4	-19.16339999 -46.67629999	-19.07120000 -46.79030000	24,3
Patrocínio – Iraí de Minas	Seção 5	-18.89969999 -47.05720000	-18.99620000 -47.52109999	62,2
Araguari – Iraí de Minas	Seção 6	-18.68890000 -48.14990000	-18.99496835 -47.49310586	79,9
Iguatama – Lagoa da Prata	Seção 7	-20.18790679 -45.67980002	-20.07908570 -45.56399296	26,4
Santo Antônio do Monte – Francisco Brás	Seção 8	-20.10310000 -45.26339999	-20.07489999 -45.17430000	15,3
Amadeu Lacerda – Djalma Dutra	Seção 9	-20.07550000 -45.12480000	-20.05844719 -45.03032456	15,00
Total Geral	-	-	-	294,2

Fonte: Programa de monitoramento e mitigação de atropelamento de fauna da FCA (2023).

Tabela 3: Período (mês e ano), estação da coleta realizada e dias de amostragem do Grupo 2, durante levantamento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica.

Ano	Meses	Estação	Amostragem (dias)
2015	Março	Chuva	14
	Maio	Seca	13
2016	Setembro	Seca	14
	Outubro	Chuva	13
Total			54

Fonte: Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna – Malha Ferroviária (ARCADIS Tetraplan).

4.2.2.1 Amostragem e identificação da fauna

O estudo foi realizado entre os anos de 2015 e 2016, em diversos municípios de Minas Gerais, compreendendo os biomas de cerrado e mata atlântica.

Em campo, os biólogos foram os responsáveis pelo caminhamento ao longo das seções para a obtenção dos registros da fauna atropelada ou visualizada viva sobre o gabarito. O caminhamento foi realizado sobre o gabarito da linha e sempre com o acompanhamento de um ronda (funcionário da FCA responsável por inspecionar a via permanente) designado pela VLI/FCA e responsável por acompanhar a equipe (Figuras 4 e 5).



Figura 4: Caminhamento em busca de registros de fauna atropelada no gabarito FCA.
Fonte: Relatório Bicho do Mato (2016).



Figura 5: Ronda da VLI auxiliando os trabalhos de monitoramento de fauna atropelada.
Fonte: Relatório Bicho do Mato (2016).

Todos os registros foram anotados em cadernetas padronizadas. A frente da caderneta foi composta pelos campos e modelo indicado pelo IBAMA na IN 13/2013, o verso é formado por variáveis adicionais, avaliadas como necessárias às possíveis análises posteriores, de acordo com os objetivos desse projeto

Os dados coletados foram posteriormente transcritos em planilha Excel padronizada e constituída por todos os campos que compõem a caderneta de campo. Estas informações compõem parte do banco de dados do projeto que foi alimentado com as informações coletadas durante as campanhas.

Durante as atividades de campo, a equipe esteve sempre munida de aparelho de GPS e máquina fotográfica para coleta das informações referentes ao registro. Os biólogos e o ronda caminharam ao longo do gabarito da Ferrovia, realizando as observações na porção entre trilhos e em uma faixa de aproximadamente cinco metros lateral à Ferrovia. Em locais onde a FCA é formada por duas ou mais linhas férreas, a amostragem considerou também toda a extensão da porção entre linhas.

Sempre que um animal era localizado, vivo ou atropelado, os seguintes passos eram seguidos:

- Primeiro: a planilha de campo foi devidamente numerada e preenchida;
- Segundo: foi tirada uma foto da página da planilha preenchida (frente e verso) onde o registro foi anotado. As planilhas foram numeradas individualmente (no campo “n° do formulário”), permitindo que as fotos fossem automaticamente associadas a elas;
- Terceiro: foi realizado o registro fotográfico do animal em sua posição original, sempre observando as questões de segurança da via. Para isso, a equipe posicionou uma escala (em cm) ou trena próxima ao corpo do animal e, sempre que possível, tirou fotos do animal: de corpo inteiro, em sua posição original; da cabeça do animal; das patas dianteiras e traseiras, principalmente quando se tratarem de mamíferos silvestres de médio e grande porte; outras fotos julgadas como necessárias pela equipe em campo para melhor identificação da espécie;
- Quarto: foram realizadas fotos do local (trilho e área adjacente): uma foto da paisagem adjacente do lado esquerdo e uma do lado direito, além de uma foto com vista parcial do local, observando-se o sentido do km zero ao final, para orientação.

Em todos os dias de coleta, foi preenchido um Protocolo de Amostragem (documento enviado pela VLI). Neste, foram anotadas eventualidades como obras, desvio de percurso, estradas com perigo, riscos verificados, ou ainda, o simples registro que nada de inconveniente ou inesperado aconteceu naquele dia. Diariamente, este Protocolo foi assinado pelo responsável

FCA/VLI (normalmente o ronda) e por um dos responsáveis pelo campo da Bicho do Mato Meio Ambiente.

4.2.3 Grupo 3

O estudo realizado no Grupo 3 ocorreu nos meses de setembro e outubro de 2020, janeiro, maio, julho, outubro e dezembro de 2021, e nos meses de março, abril, junho, setembro e novembro de 2022.

As campanhas do Grupo 3 percorreram o trecho por caminhamento sobre o gabarito e, embora os grupos 2 e 3 sejam uma parte do grupo 1, o grupo 2 e 3 não se sobrepõem ao grupo 1. As alterações envolveram uma nova metodologia para a coleta de dados e análises, visando a localização de Zonas Críticas de Fatalidades (ZCF's) para definição das medidas mitigadoras mais consistentes para cada grupo da fauna impactada por atropelamento.

Tabela 4: Municípios, seções segmentadas, coordenadas em graus decimais e suas extensões do monitoramento do corredor Centro-Leste, Grupo 3.

Município	Seção	Coordenadas (Graus Decimais)		Extensão (Km)
		Início	Fim	
Patrocínio	30	-18.874686°	-18.882527°	4,13
		-47.140535°	-47.177102°	
Serra do Salitre – Salitre de Minas	31	-19.123336°	-19.088055°	5,62
		-46.782460°	-46.780856°	
Ibiá	32	-19.370634°	-19.347530°	4,85
		-46.588123°	-46.614113°	
Distrito de Tobati	34	-19.540146°	-19.511359°	5,07
		-46.432866°	-46.455681°	
Campos Altos	36	-19.728409°	-19.699998°	6,06
		-46.150274°	-46.173206°	
Altolândia - Tapiraf	38	-19.839456°	-19.819899°	7,69
		-46.086828°	-46.116751°	
Total	-	-	-	33,42

Fonte: Programa de monitoramento e mitigação de atropelamento de fauna da FCA (2023).

Foram selecionadas seis seções no corredor Centro-Leste, em busca de evidências da fauna terrestre na área de influência direta, totalizando 33,4 quilômetros por campanha, correspondente a 4% de todo corredor, efetuando 10 campanhas, resultando num esforço amostral de 334,2 quilômetros, em 54 dias, para a amostragem no corredor (Tabela 4).

Tabela 5: Período (mês e ano) e estação da coleta realizada no Grupo 3, durante levantamento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica.

Ano	Meses	Estação
2020	Setembro/outubro	Seca
	Janeiro	Chuva
	Maio	Chuva
2021	Julho	Seca
	Outubro	Chuva
	Dezembro	Chuva
	Março/abril	Seca
2022 (4 campanhas)	Abril	Seca
	Junho	Seca
	Setembro	Chuva
	Novembro	Chuva

Fonte: Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna – Malha Ferroviária (ARCADIS Tetraplan).

4.2.3.1 Amostragem e identificação da fauna

O estudo foi realizado entre os anos de 2020, 2021 e 2022, percorrendo diversos municípios de Minas Gerais, compreendendo os biomas de cerrado e mata Atlântica. As Figuras 6 e 7 evidenciam o registro da seção 38 com 7,49 km, margeando uma Área de Preservação Permanente (APP).



Figura 6: Registro do Trecho 38 realizado na campanha de monitoramento.
Fonte: Equipe Vimef (2023).



Figura 7: Registro do Trecho 38 realizado na campanha de monitoramento.
Fonte: Equipe Vimef (2023).

Em cada amostragem, a riqueza, composição e abundância da fauna foram registradas através de transectos caminhamento sobre o gabarito na linha férrea, no decorrer do dia, bem como suas áreas adjacentes (entorno e gabarito), realizado por duas pessoas. Como esforço amostral, foi considerado a quantidade de quilômetros caminhados.

- Tablet de campo;
- Trena, fita métrica e régua;
- Saco plástico;
- Luva de látex;
- GPS;
- Câmera fotográfica (Nikon P900).

A identificação das espécies foi realizada por uma análise comparativa da anatomia do material registrado com espécimes de referência depositados em coleção, descritas em artigos científicos e/ou sites de anatomia animal. Quando não foi possível realizar a identificação de características mínimas, o registro foi categorizado como não identificado (n.i.).

4.2.4 Síntese dos três grupos analisados

A Tabela 6 traz a síntese das principais diferenças metodologias utilizadas nos grupos e momentos mencionados.

Tabela 6: Comparação de período, extensão total, metodologia, número de campanhas e esforço amostral entre os Grupos 1, 2 e 3.

Tópicos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Período	Ano de 2012 nos meses de: abril, julho, novembro e dezembro. Ano de 2013 no mês de janeiro.	Ano de 2015 nos meses de: setembro e outubro (1ª campanha). Ano de 2016 nos meses de: março e maio (2ª campanha).	Ano de 2020: meses de setembro/outubro (1 campanha). Ano de 2021: meses de janeiro, maio, julho, outubro e dezembro (5 campanhas). Ano de 2022: meses de março/abril, junho, setembro e novembro (4 campanhas).
Extensão total do corredor (Universo Amostral)	885 km	885 km	885 km
Metodologia	Por auto da linha (ferroviário utilizado para inspeção e manutenção).	Caminhamento sobre o gabarito (A pé)	Caminhamento sobre o gabarito (A pé)
Número de Campanhas	2 campanhas, em cada uma percorreu o corredor todo 885 km.	2 campanhas, em cada uma percorreu 294,2 km.	10 campanhas: em cada, foram percorridos 33,42 km.
Esforço amostral	Esforço amostral: (2 campanhas x 885 km percorridos) = 1.770 km	Esforço amostral: (2 campanhas x 294,2 km percorridos) = 588,40 km.	Esforço amostral: (10 campanhas x 33,42 km percorridos) = 334,2 km.

Fonte: Dados da pesquisa.

O método de registro de campo foi com base na Instrução Normativa 13/2013 do IBAMA que estabelece os procedimentos para padronização metodológica dos planos de amostragem de fauna exigidos nos estudos ambientais necessários para o licenciamento ambiental de rodovias e ferrovias.

4.3 Análise de dados

Entre os objetivos do Programa, buscou-se gerar informações que permitissem analisar, quantificar e avaliar os efeitos da ferrovia sobre a fauna local (animais domésticos e silvestres). Os dados foram compilados e analisados utilizando o programa Excel para qualificar, quantificar a perda de indivíduos da fauna por atropelamento ao longo do traçado da FCA. As coordenadas do trecho da Ferrovia Centro-Atlântica foram obtidas e importadas no formato kml através do programa *Google Earth*.

Para a exploração dos resultados, visando à comparação e análise dos três momentos e metodologias utilizadas no programa da Ferrovia Centro-Atlântica, no corredor Centro-Leste, primeiramente, foi analisado cada período separadamente, verificando riqueza, abundância e, principalmente, as taxas de atropelamento potencial, fato que permitirá comparar os métodos. No atropelamento potencial será adotado o avistamento como um animal com potencial de atropelamento, dessa forma será agrupado e tratado da mesma maneira como se tivesse sido atropelado naquele local.

Foi utilizado o número de espécies atropeladas por classe zoológica (abundância) e o número de espécies afetadas por grupo zoológico, estabelecendo comparação entre os diferentes grupos amostrais, indicando as espécies de maior incidência, mostrando que merecem atenção especial no estabelecimento de medidas de controle e mitigadoras, quando identificada a real necessidade. Dessa forma, buscou-se comparar os atropelamentos ocorridos entre as espécies de cada classe de animais incluídas no estudo, a partir dos três grupos de monitoramento.

Assim, a partir dos resultados obtidos com o monitoramento da fauna atropelada, foram apresentadas e analisadas as taxas de atropelamento (número de exemplares / extensão total percorrida), em detrimento dos valores absolutos, para a realização da discussão dos resultados. Visto que o comprimento dos trechos monitorados foi diferente em cada grupo, o monitoramento do trecho completo não ocorreu em dois momentos: Grupos 2 e 3. As espécies foram categorizadas quanto ao *status* de conservação, de acordo com a lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna no estado de Minas Gerais, sendo também relacionados os *status* de ameaça em âmbito nacional, segundo a lista oficial das espécies da fauna brasileira

ameaçadas de extinção, e em contexto global, de acordo com os critérios de classificação estabelecidos pela União Internacional para Conservação da Natureza, para identificar o *status* de ameaça.

A riqueza total de espécies foi dada pelo número de táxons registrados separadamente realizados nos três períodos, considerando os eventos de atropelamento. A abundância relativa foi expressa em porcentagem, considerando o número de registros do grupo avaliado e o total de registros para todas as espécies, para indicar as espécies com maior incidência e as suas características biológicas.

O cálculo do número de exemplares *versus* esforço amostral foi realizado a partir da consideração do total da quantidade de dias de monitoramento de cada ano e do número de exemplares (riqueza) encontrados nesse período, sem que houvesse a repetição de espécies, ou seja, não se referindo à quantidade total de animais encontrados, mas ao número de exemplares, riqueza e diversidade que foi detectado.

Dessa forma, torna-se possível verificar a distribuição dos dados, gerar mapas com outras informações ecológicas, realizar análises, visualizar informações dos índices de atropelamento, indicar as espécies com maior incidência, as suas características biológicas e apontar quais as melhores ações a serem implantadas para mitigação do impacto associado ao tráfego ferroviário.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise integrada das espécies identificadas no corredor Centro-Leste, com 885 km de extensão

Ao abranger todas as amostragens, sem distinção de ano ou método, foram identificadas 83 espécies de animais que passaram pelo corredor. Entretanto, um total de 86 indivíduos não pôde ser identificado no corredor Centro-Leste. De acordo com a Tabela 7, a classe dos mamíferos foi a que concentrou a maior quantidade de indivíduos ($n = 486$; 79,4%), e os animais silvestres constituíram a espécie com maior número de exemplares ($n = 380$), quando comparados aos animais domésticos ($n = 145$), representando 62% de toda a amostragem.

Diversos fatores podem contribuir para a ocorrência dos atropelamentos de mamíferos silvestres. As estradas podem funcionar como atrativos para espécies animais que buscam recursos alimentares ou fonte de calor (HEGEL; CONSALTER; ZANELLA, 2012; BERNARDO, 2021).

As malhas ferroviárias, por sua vez, se estabelecem como barreiras à circulação da fauna, com conseqüente fragmentação e redução do tamanho do habitat natural dos animais. Nesse caso, os principais fatores que influenciam a travessia de animais em ferrovias e concorrem para o atropelamento das espécies são: características das paisagens do entorno; nível de linha em relação à geomorfologia do terreno circundante; idade das ferrovias e movimentos direcionados pela busca de alimentos e abrigos. Nesse sentido, a proximidade de estradas e ferrovias com habitats naturais e corredores de migração dos animais também se estabelece como um fator preponderante na vulnerabilidade de espécies a atropelamentos (SILVA *et al.*, 2015; DASOLER, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021; CORREA *et al.*, 2022).

De acordo com os dados coletados pelo presente estudo, os mamíferos sobressaem entre as classes animais no que diz respeito à riqueza e abundância, quando comparados a anfíbios, aves e répteis. Esse aspecto é evidenciado pela presença de 39 espécies distintas de mamíferos, conforme indicado na Tabela 7.

Estudo conduzido por Tsuda (2018), com o propósito de identificar padrões espaciais no atropelamento de fauna por espécie, em uma rodovia privatizada na região oeste do estado de São Paulo, entre 2011 e 2015, verificou que os mamíferos representaram 89,2% do total de 1.669 animais atropelados no período. Além disso, os animais silvestres eram maioria, correspondendo a 94,6% da amostra, em comparação aos animais domésticos que representaram 5,4% do total. Esses resultados demonstram similaridade com aqueles obtidos

no presente estudo, no que diz respeito à riqueza predominante em relação às classes registradas.

Também o estudo realizado por Medeiros (2019), que analisou os registros de 21 anos de monitoramento de vertebrados atropelados em um trecho de 21 km da rodovia BR-174, no estado do Amazonas, evidenciou a predominância da classe de mamíferos, com 5.752 espécies, representando 49,4% do total de atropelados, sendo que os animais silvestres também significaram maioria em relação aos domésticos. Da mesma forma, esses dados corroboram os resultados verificados no presente estudo em relação à maior riqueza relacionada aos mamíferos e silvestres presentes na amostra.

No estudo de Cravo (2018), que realizou o monitoramento de atropelamentos da fauna de vertebrados em 74 km da Rodovia Engenheiro Lauri Simões de Barros, em Itapetininga (SP), entre 2016 e 2017, foi constatado que, dos 172 registros, 158 (91,8%) eram de animais silvestres, entre os quais os mamíferos tinham representação de 27,8%, atrás apenas das aves que significaram 43,6% da amostra. Em relação à maior presença de silvestres, esses resultados também se assemelham aos que foram obtidos no presente estudo.

Da mesma forma, o estudo de Dasoler (2020), que buscou estimar a fatalidade de animais em duas ferrovias, sendo uma a Malha Norte, na região Centro-Oeste, e a Estrada de Ferro Carajás, localizada na região Norte, entre 2015 e 2016, observou que os mamíferos são a classe de animais que mais sofre com atropelamentos nessas ferrovias, com registro de 1.950 carcaças localizadas na ferrovia da Malha Norte e de 1.855 carcaças na Estrada de Ferro Carajás, no período de janeiro de 2015 a novembro de 2016.

Por sua vez, Pinto *et al.* (2022), ao desenvolverem estudo para evidenciar o estado de conhecimento sobre mamífero de médio e grande porte atropelados no Brasil, por meio de literatura compilada, constataram que, das 102 espécies constantes na lista da União Internacional para Conservação da Natureza (IUNC), 62 espécies (61,0%) têm registro de atropelamento em estradas do país.

Em suas análises, esses estudos reforçam que muitos mamíferos exibem padrões de deslocamento significativos, seja em busca de alimentos, território ou parceiros para reprodução. Essa mobilidade pode resultar em uma interação mais frequente com ambientes urbanos e, conseqüentemente, potencializar os riscos de atropelamento ao cruzarem estradas e/ou ferrovias (PAINKOW NETO; SILVA, 2017; TSUDA, 2018; DASOLER, 2020).

No presente estudo, a maior abundância da amostra foi verificada nas espécies de Tatupeba (*Euphractus sexcinctu*; n = 80), Boi (*Bos taurus*; n = 75), Cachorro doméstico (*Canis lúpus familiaris*; n = 45), Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; n = 26) e Tamanduá-bandeira

(*Myrmecophaga tridactyla*; n =20). Somadas, essas cinco espécies representaram 51% da classe de mamíferos registrada.

No estudo de Desoler (2020), os resultados revelaram que, entre 1.950 registros de animais atropelados na Malha Norte, o tatupeba aparece como a espécie mais afetada, com significância de 74,8% no âmbito amostral. Igualmente, entre os registros de atropelamento de animais relacionados à Estrada de Ferro Carajás, o Tatupeba lidera com uma taxa de 74,0% de representação da amostra das 1.855 ocorrências, seguido pelo Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e Tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*), com correspondências respectivas de 37,0% e 31,0%,.

O estudo desenvolvido por Campos (2023), cujo propósito foi determinar as principais causas de atropelamento de animais na Ferrovia Norte-Sul, compreendendo 720 quilômetros entre as cidades de Porto Nacional (TO) e Açailândia (MA), revelou o Tatupeba foi a espécie de mamífero mais afetada no período compreendido entre 2013 e 2021, com um total de 339 atropelamentos (63,4% da amostra analisada), sendo que o ano de 2021 apresentou a maior taxa de mortalidade dessa espécie, totalizando 95 registros. O estudo relata que a alta taxa de mortalidade dos animais dessa espécie está associada à sua limitada mobilidade e flexibilidade, além do risco de ficarem presos aos trilhos durante os deslocamentos em busca de alimentos.

Por sua vez, o estudo de Silva *et al.* (2015), que registrou o atropelamento de 52 espécies de mamíferos de grande e médio porte, mostrou que o Gambá (*Didelphis albiventris*) foi a espécie que sofreu maior número de atropelamentos por trens, totalizando 17 casos (32,7%), seguida pelo Veado (*Mazama*) que totalizou seis registros (11,5%). Em relação ao presente estudo, observa-se que essas duas espécies mostram pouca representatividade, visto que o Gambá corresponde a 1,1% dos mamíferos atropelados e o Veado não aparece nos registros, indicando não haver similaridade entre os resultados do presente estudo e os do estudo de Silva *et al.* (2015).

Cabe ainda mencionar o estudo de Cravo (2018) que, entre 44 mamíferos de grande e médio porte registrados, evidenciou o Cachorro-do-mato como a espécie mais atingida, com 11 ocorrências (25,0%), seguida pelo Gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) que teve 10 registros (22,7%). Em relação ao tatupeba, foram registrados seis atropelamentos da espécie, representando 13,6% dos registros dos mamíferos de grande e médio porte da amostra.

Nesse contexto, Pinto *et al.* (2022) acrescentam que os mamíferos de grande e médio porte têm sido gravemente afetados pela mortalidade no país, considerando que o número desses animais atropelados somente em rodovias pode chegar a 8,7 milhões por ano, representando uma biomassa de mais de 10 mil toneladas. Dessa forma, considera-se que são

necessárias mais investigações em nível local e populacional de abundância, de forma a permitir a inclusão de infraestrutura viária como uma ameaça importante para as espécies-alvo impactadas por atropelamentos no território nacional, a fim de desenvolver planos adequados para mitigar esses impactos.

Os dados do presente estudo indicaram que a classe com menor número de espécies registradas foi a de anfíbios, com apenas quatro: Sapo-martelo (*Boana faber*; n = 1), Rã-quatro-olhos (*Physalaemus nattereri*; n = 1), Rã-manteiga (*Leptodactylus sp.*; n = 2) e Sapo-cururu (*Rhinella sp.*; n = 15), sendo este último o mais abundante, representando 55,5% dessa classe (Tabela 7).

Esse pequeno número de espécies reflete a dificuldade de identificação dos animais devido ao atropelamento. Nesse sentido, cabe destacar que a fauna de pequeno porte e com mobilidade reduzida pode ser particularmente afetada pelas ferrovias, mais especificamente pelo efeito barreira e por fatalidades diretas, como atropelamento, ressecamento ou barotrauma. Além disso, embora sejam reconhecidos como um dos grupos de animais mais ameaçados pela atual crise de biodiversidade e possam ser particularmente afetados pelas estradas, os anfíbios constituem a classe menos estudada entre as publicações de ecologia ferroviária (DORNAS *et al.*, 2019).

É importante ainda considerar que o impacto sobre os anfíbios pode ser o mais subestimado e, uma vez que esses animais apresentam menor tamanho, sua visualização por parte dos observadores se torna difícil devido à condição das carcaças, aos efeitos do tempo, consumo por outros animais ou remoção pelo fluxo de veículos (FISCHER, 1997; GUINARD; JULLIARD; BARBRAUD, 2012; TEIXEIRA *et al.*, 2013; VASCONCELOS; SILVA; CARVALHO, 2021). Tais fatores podem ter influenciado o baixo número de anfíbios registrados no presente estudo, da mesma forma que em outros estudos analisados o número de registro de atropelamentos de espécies dessa classe também se mostra reduzido.

Alguns estudos consultados corroboram os resultados aqui verificados, indicando a pouca representatividade da classe de anfíbios dentro do espectro das amostras registradas.

No estudo de Oliveira *et al.* (2021), que registrou 143 animais atropelados, foi verificado que os anfíbios, com registro de seis espécies (4,2%), constituíram a classe com menor presença na amostra, e os mamíferos e as aves foram as mais representativas, com 86 exemplares (60,1%) e 39 indivíduos (27,3%), respectivamente.

O estudo publicado por Vasconcelos, Silva e Carvalho (2021), que avaliou pontos críticos de atropelamentos de animais silvestres na BR 153 no trecho de ligamento dos municípios de Guaraí e Tabocão (TO) e analisou os táxons mais afetados, identificou que os

anfíbios, totalizando dois exemplares, representaram apenas 5,1% da amostra composta por 39 animais, enquanto as aves foram a classe mais afetada pelos atropelamentos, com 15 animais (38,4%), seguidos por 14 espécies de mamíferos (35,9%).

Cravo (2018), que realizou estudo analisando uma amostra composta por 172 animais atropelados, identificou o registro de 22 anfíbios, representando 12,8% desse total, sendo que as aves, com 69 espécies, constituíram a espécie de maior incidência (40,1%), seguidas pelos mamíferos, que totalizaram 44 exemplares, correspondendo a 25,6% da amostra total.

Também o estudo de Steil, Düpont e Lobo (2016), que teve a finalidade de monitorar os atropelamentos da fauna silvestre no entorno de um trecho da BR 290 e da Ferrovia Malha Sul, município de Pântano Grande (RS), entre dezembro de 2013 e dezembro de 2014, registrou um total de 228 animais mortos, entre os quais anfíbios foram menos afetados, totalizando 14 exemplares (6,1%), todos da espécie *Rhinella* ou sapo cururu, sendo que a classe de aves foi a que mais sofreu atropelamentos, com 106 espécies representando 46,5% da amostra, seguida pelos mamíferos com 55 animais (24,1%).

Em sentido contrário, no estudo realizado por Cavallet *et al.* (2023), que avaliou os padrões de atropelamentos de vertebrados em duas estradas na região litorânea de Mata Atlântica do estado do Paraná, a partir de uma amostra de 209 animais, a classe de anfíbios apareceu como a segunda mais afetada pelos atropelamentos, registrando 64 espécies que significaram 30,6% do total avaliado, sendo superada apenas pelas aves, com 69 espécies e uma representação de 33,0% da amostra.

Da mesma forma, o estudo conduzido por Batista (2019), que buscou caracterizar os animais atropelados quanto à sazonalidade e paisagem, identificando *hotspot* de atropelamento na rodovia BR-163, no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, no estado do Pará, constatou que, entre um total de 387 animais, os anfíbios registraram maior incidência na amostra, com 127 espécies (32,8%) atropeladas, seguidos por 104 mamíferos (26,9%) e 86 aves (22,2%).

Os resultados do presente estudo também identificaram 57 répteis, sendo Cágado-de-barbicha (*Phrynops geoffroanus*; n = 10), Teiú (*Salvator merianae*; n = 7) e Cascavel sul-americana (*Crotalus durissus*; n = 5) os mais abundantes, representando 40% dos números de exemplares dessa classe (Tabela 7).

No caso dos répteis, os atropelamentos são mais frequentes na estação chuvosa, com uma forte tendência de elevadas taxas de mortalidade nas espécies associadas a áreas úmidas, banhados e lagoas (CAMPOS, 2023). Além disso, as áreas de mata fechada ou de floresta no entorno de rodovias e ferrovias tendem a contribuir para o aumento da taxa de atropelamento de répteis, que se locomovem por grandes distâncias à procura de alimento e água (BATISTA,

2019; MEDEIROS, 2019). Considerando aspectos como região, relevo, clima e sazonalidade (período seco ou chuvoso), a quantidade de répteis atropelados, comparada a outras classes de vertebrados, pode variar significativamente.

Diversas publicações corroboram os resultados aqui apresentados, entre os quais se encontra o estudo de Batista (2019) em que, entre os 387 vertebrados analisados, os répteis foram os animais com menor número de atropelamentos, num total de 65 espécies, que representaram 16,8% da amostra ampla, sendo superados pelas outras três classes incluídas: anfíbios (n = 127; 32,8%); mamíferos (n = 104; 26,9%); e aves (n = 86; 22,2%), sendo que houve ainda cinco espécies não identificadas (1,3%).

Já o estudo de Cavallet *et al.* (2023) inferiu que, entre os 209 animais atropelados, a classe de répteis, com o registro de 40 exemplares (19,1%), foi mais atingida que a de mamíferos, com 36 espécies atropeladas (17,2%), atrás das aves (33,0%) e dos anfíbios (30,6%).

Também o estudo realizado por Vasconcelos, Silva e Carvalho (2021), com uma amostra de 39 animais atropelados, incluindo quatro classes, verificou que os répteis só foram mais afetados que os anfíbios, tendo registrado oito exemplares que representaram 20,5% do total, e sendo superados pelos mamíferos (35,9%) e aves (38,4%).

Resultado análogo foi encontrado no estudo de Cravo (2018), que totalizou o atropelamento de 172 animais vertebrados, onde os répteis, com 23 indivíduos atropelados (13,6%), foram mais atingidos que os anfíbios, mas em quantidade inferior aos 44 mamíferos (25,6%) e aos 69 exemplares de aves (40,1%).

No mesmo sentido, Steil, Düpont e Lobo (2016) relataram que, entre os 228 animais registrados na amostra, os 53 répteis (23,2%) identificados foram bem mais afetados que os anfíbios (6,1%), mas menos incidentes em comparação à classe das aves (46,5%) e dos mamíferos (24,1). As espécies de répteis mais atropeladas foram as de Lagarto (*Tupinambis merianae*; n = 23) e Tartaruga-tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*; n = 22).

Apenas o estudo de Medeiros (2019), que analisou 21 anos de monitoramento de vertebrados atropelados em um trecho de 121 quilômetros da BR 174, entre os estados de Roraima e Amazonas, com uma amostra de 11.635 registros de atropelamentos, revelou um número mais robusto de répteis: 3.910 ocorrências, correspondendo a 33,6% do total; superados somente pelos mamíferos, com 5.752 espécies atingidas, representando 49,4% da amostra.

Por fim, a classe de aves teve 19 espécies identificadas, sendo Ururubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*; n = 7), Seriema (*Cariama cristata*; n = 6), Jacupemba (*Penelope superciliaris*; n = 3) e Pomba-asa-branca (*Patagioenas picazuro*; n = 2) os mais abundantes,

representando 46% dos números de exemplares. Do total de espécies, 15 foram representadas por um único exemplar e seis não identificados (Tabela 7).

Ao contrário do que ocorreu no presente estudo, a classe das aves foi identificada como a mais atingida por atropelamentos nos estudos de: Cavallet *et al.* (2023), com registro de 69 espécies, representando 33,0% da amostra; Steil, Düpont e Lobo (2016), com 106 exemplares que correspondem a 46,5% do total analisado; Cravo (2018), relatando 69 indivíduos que totalizaram 40,1% da amostragem; e Vasconcelos, Silva e Carvalho (2021), onde a classe teve registro de 15 espécies com significância de 38,4% no total de animais incluídos.

O estudo de Oliveira *et al.* (2021), mostrou as aves como a segunda classe mais afetada pelos atropelamentos, com 39 espécies e um percentual de 60,1% da amostra, sendo superada apenas pelos mamíferos que corresponderam a 60,1% dos animais registrados na amostra.

Por outro lado, nos estudos de Medeiros (2019) e Batista (2019), entre quatro classes registradas, as aves foram a terceira mais atingida por atropelamentos, com registro de 1.409 exemplares (11,7% da amostra) e 86 espécies (22,2% da amostra), respectivamente.

Em contexto amplo, torna-se relevante destacar que a abundância total de animais atropelados nas infraestruturas viárias tem sido frequentemente subestimada, considerando que alguns indivíduos podem não ser registrados por desaparecem rapidamente ou não serem detectados. Isso ocorre porque animais que se alimentam de carcaças podem remover os pequenos espécimes mortos, além do que animais muito pequenos podem não ser observados, dependendo do modelo de monitoramento adotado, ou não identificados adequadamente em razão do estado crítico da carcaça, ficando visíveis apenas restos orgânicos (ANTWORTH *et al.*, 2005).

Tabela 7: Lista das classes e dos grupos amostrados durante os monitoramentos da Ferrovia Centro-Leste de forma integrada.

Classes e Espécies	Grupos			Nº de Exemplares
	Silvestre	Doméstico	Não Identificado	
Mamíferos	268	142	76	486
<i>Euphractus Sexcinctus</i>	80			80
<i>Bos Taurus</i>		75		75
<i>Canis Lupus Familiaris</i>		45		45
<i>Chrysocyon Brachyurus</i>	26			26
<i>Myrmecophaga Tridactyla</i>	20			20
<i>Dasypus Novemcinctus</i>	19			19
<i>Dasypus Sp.</i>	17			17
<i>Coendou Prehensilis</i>	14			14
<i>Equus Caballus</i>		13		13
<i>Cercopithecus Thous</i>	12			12
<i>Conepatus Amazonicus</i>	9			9
<i>Hydrochoerus Hydrochaeris</i>	9			9
<i>Nasua Nasua</i>	7			7
<i>Carollia Sp.</i>	6			6
<i>Callithrix Penicillata</i>	5			5
<i>Galictis Cuija</i>	4			4
<i>Tamandua Tetradactyla</i>	4			4
<i>Carollia Perspicillata</i>	3			3
<i>Coendou Sp.</i>	3			3
<i>Didelphis Albiventris</i>	3			3
<i>Felis Catus</i>		3		3
<i>Cabassous Sp.</i>	2			2
<i>Didelphis Aurita</i>	2			2
<i>Leopardus Pardalis</i>	2			2
<i>Procyon Cancrivorus</i>	2			2
<i>Puma Yagouaroundi</i>	2			2
<i>Cervidae Sp.</i>	1			1
<i>Bubalus Bubalis</i>		1		1
<i>Cabassous Unicinctus</i>	1			1
<i>Canis Familiaris</i>		1		1
<i>Capra Aegagrus</i>		1		1
<i>Conepatus Semistriatus</i>	1			1
<i>Cuniculus Paca</i>	1			1
<i>Dasypus Septemcinctus</i>	1			1
<i>Dicotyles Tajacu</i>	1			1
<i>Felidae Sp.</i>	1			1
<i>Marsupialia Sp.</i>	1			1
<i>Oligoryzomys Sp.</i>	1			1
<i>Priodontes Maximus</i>	1			1
<i>Sapajus Sp.</i>	1			1
<i>Sus Scrofa</i>		1		1
Não Identificado	6	2	76	84
Répteis	56		1	57
<i>Phrynosoma Geoffroanus</i>	10			10
<i>Salvator Merianae</i>	7			7
<i>Crotalus Durissus</i>	5			5
<i>Boa Constrictor</i>	2			2
<i>Bothrops Moojeni</i>	2			2
<i>Bothrops Neuwiedi</i>	2			2
<i>Crotalus Sp.</i>	2			2

Tabela 7: Lista das classes e dos grupos amostrados durante os monitoramentos da Ferrovia Centro-Leste de forma integrada (continua).

Classes e Espécies	Grupos				Nº de Exemplares
	Silvestre	Doméstico	Não Identificado	Exótico	
<i>Oxyrhopus Guibei</i>	2				2
<i>Tropidurus Hispidus</i>	2				2
<i>Tropidurus Sp.</i>	2				2
<i>Tupinambis Sp.</i>	2				2
<i>Ameivulla Ocellifera</i>	1				1
<i>Ameivulla Sp.</i>	1				1
<i>Amphisbaena Sp.</i>	1				1
<i>Leptodeira Annulata</i>	1				1
<i>Mesoclemmys Vanderhaegei</i>	1				1
<i>Philodryas Olfersii</i>	1				1
<i>Polychrus Acutirostris</i>	1				1
<i>Testudines</i>	1				1
Não Identificado	10		1		11
Aves	29	3	6	1	39
<i>Coragyps Atratus</i>	7				7
<i>Cariama Cristata</i>	6				6
<i>Penelope Superciliaris</i>	3				3
<i>Patagioenas Picazuro</i>	2				2
<i>Cairina Moschata</i>		1			1
<i>Caracara Plancus</i>	1				1
<i>Cariamidae</i>	1				1
<i>Columbina Talpacoti</i>	1				1
<i>Falco Sp.</i>	1				1
<i>Gallus Domesticus</i>		1			1
<i>Gnorimopsar Chopi</i>	1				1
<i>Meleagris Gallopavo</i>		1			1
<i>Passer Domesticus</i>				1	1
<i>Piaya Cayana</i>	1				1
<i>Thamnophilus Torquatus</i>	1				1
<i>Turdus Leucomelas</i>	1				1
<i>Turdus Rufiventris</i>	1				1
<i>Tyto Furcata</i>	1				1
<i>Vanellus Chilensis</i>	1				1
Não Identificado			6		6
Anfíbios	27				27
<i>Rhinella Sp.</i>	15				15
<i>Leptodactylus Sp.</i>	2				2
<i>Boana Faber</i>	1				1
<i>Physalaemus Nattereri</i>	1				1
Não Identificado	8				8
Não Identificado			3		3
Não Identificado			3		3
Total Geral	380	145	86	1	612

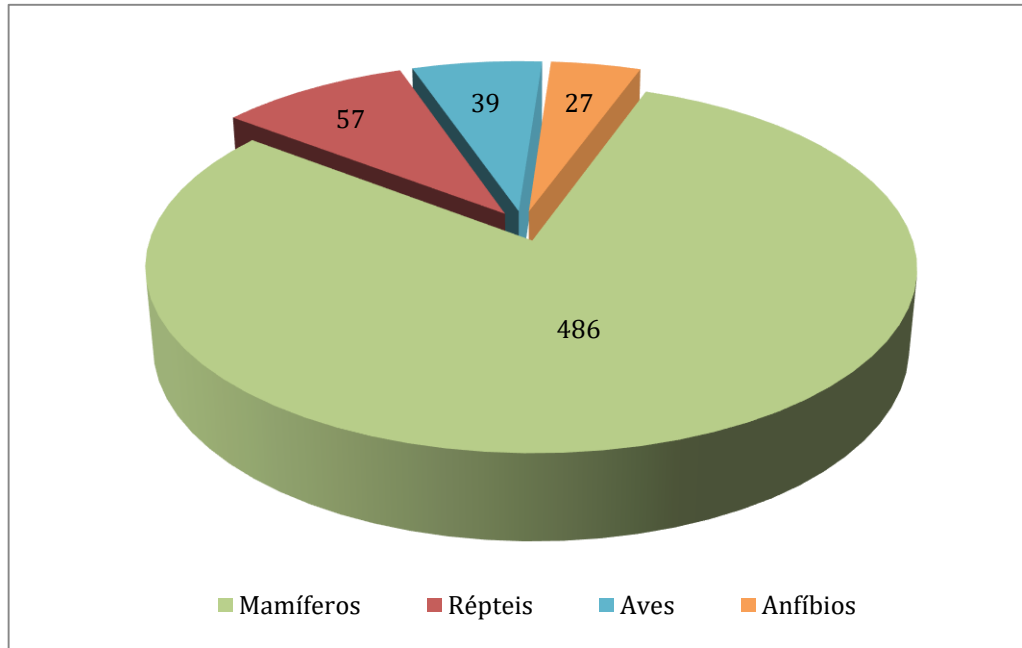


Figura 8: Total de espécies atropeladas durante monitoramento, segundo as classes.

5.1.1 Espécies ameaçadas

Durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica, foi possível identificar as espécies com maior indicação do atropelamento e também aquelas com status de ameaça de extinção em nível nacional (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2018; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022) e global (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, 2022; CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE OF ENDANGERED SPECIES, 2022).

No que tange aos animais ameaçados de extinção, foram registradas três espécies: Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; n = 26), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*; n = 20) e Tatu-canastra (*Priodontes maximus*; n = 1), totalizando 47 exemplares. Segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2018) e o Ministério do Meio Ambiente (2022), essas espécies estão classificadas como vulnerável, sendo o tatu canastra considerado em perigo.

A literatura preconiza que há uma grande variedade de espécies ameaçadas de extinção que são atropeladas em rodovias e ferrovias do país, com maior destaque para as da classe dos mamíferos, aspecto considerado preocupante especialmente para a sobrevivência de algumas espécies da fauna brasileira (SILVA *et al.*, 2015; DESOLER *et al.*, 2020; VASCONCELOS; SILVA; CARVALHO, 2021; PINTO *et al.*, 2021; POP *et al.*, 2023).

O estudo de Medeiros (2019) verificou que, em relação aos animais ameaçados de extinção, houve registro de 1.788 exemplares de Ariranha (*Pteronura brasiliensis*), correspondendo a 15,3% da amostra; duas espécies quase ameaçadas: Gato-maracajá (*Leopardus wiedi*) com 1.821 exemplares (15,6%) e a Onça-pintada (*Panthera onca*), com 1.758 registros (15,1%); além de quatro espécies classificadas como vulneráveis: Anta brasileira (*Tapirus terrestris*), com 1.758 registros (15,1%); Tamanduá-bandeira, com 1.758 exemplares (15,1%); Tatu-canastra, com 1.792 espécies (15,4%); e o Tucano-de-papo-branco (*Ramphastos tucanus*) com 1.758 registros (15,1%).

Outra espécie de grande importância no contexto dos animais ameaçados de extinção é o tatu-canastra, que, no Brasil, pode ser encontrado em quatro biomas: Amazônia, cerrado, Pantanal e mata atlântica. Considerados engenheiros do ecossistema, proporcionando abrigo e proteção, esses animais estão entre os mais impactados pela infraestrutura viária e fragmentação do habitat. Isso se deve ao fato de que eles se deslocam em grandes distâncias, aumentando a possibilidade de travessia e, conseqüentemente, sujeitando-se a atropelamentos (FONTES *et al.*, 2020; SANTOS, 2020; DESBIEZ; KLUYBER, 2013).

O estudo realizado por Santos (2020) demonstra que as escavações possuem um papel ecológico importante para as espécies ameaçadas de extinção. Sem o tatu-canastra no ecossistema, a qualidade do habitat para essas espécies pode diminuir. Portanto, a mortandade de apenas um tatu-canastra, tem grande significado para a estabilidade do ecossistema local.

De acordo com pesquisa realizada entre 2007 e 2020, publicada pela Revista Científica Biotrópica, com a participação de pesquisadores brasileiros e estrangeiros, ocorreram 24 atropelamentos da espécie tatu-canastra em 12 rodovias e seis ferrovias do país, nos biomas de Cerrado, Pantanal e Amazônia. Entre esses, o Cerrado apresenta o maior número de mortalidade dessa espécie de mamífero, com 22 animais mortos nos últimos 14 anos, sendo que, somente no estado do Mato Grosso do Sul, 15 tatus-canastra foram atropelados entre 2016 e 2020. O estudo ainda estima que, nas últimas três gerações, o declínio populacional da espécie foi de, pelo menos, 30% (LOURENÇO, 2020).

Os animais ameaçados de extinção obtidos pertencem ao grupo dos mamíferos. Nesse grupo, o lobo-guará se mostrou mais presente entre os mamíferos em risco de extinção, com registro com 26 exemplares, correspondendo a 55,0% desses animais. Aproximadamente 16 indivíduos foram encontrados no município de Ibiá (MG), representando 62% da amostragem (Figura 9), em uma área caracterizada pela prática agrícola, incluindo plantio e plantações.

Os lobos-guará são onívoros, alimentam-se de frutas, principalmente da lobeira (*Solanum lycocarpum*), conhecida como a fruta do lobo, presente no cerrado; também se alimenta de

pequenos e médios vertebrados, como roedores, aves e répteis, além de insetos e vegetais diversos (SCHMIDT; GABRIEL, 2016).

O atropelamento do Lobo-guará foi registrado no Estado de Minas Gerais, onde há lista estadual de espécie ameaçada disponível (DN nº147, 2010). Ainda em termos de ameaça, essas espécies são classificadas no Apêndice II do CITES (2021), igualmente a outras espécies de mamíferos de médio porte, como o Cachorro-do-mato. O Apêndice II do CITES inclui espécies não necessariamente ameaçadas de extinção, mas em relação às quais o comércio e a caça devem ser controlados para evitar utilizações incompatíveis com sua sobrevivência. Isso significa que, caso não se tenha um controle mais rigoroso na proteção dessas espécies, as suas populações não são sustentáveis em longo prazo.

As colisões com os veículos são um dos principais contribuintes para os efeitos negativos das estradas sobre os Lobos-guará (CEIA-HASSE *et al.*, 2017; PAULA; DESBIEZ, 2013; BARBOSA *et al.*, 2020). Os dados do Sistema Urubu mostram que a terceira espécie mais afetada por atropelamento é o Lobo-guará, o maior canídeo do Brasil (BAGER, 2018). Embora a pesquisa revele que os lobos-guará no Brasil passem por mortalidade nas estradas e os habitats que ocupam por considerável fragmentação, o grau em que esses distúrbios estão impactando a viabilidade da espécie é desconhecido.

Devido ao significativo estado de vulnerabilidade do lobo-guará, classificado como espécie com alto risco de extinção e vulnerabilidade pelos padrões nacionais, poucos estudos identificam exemplares dessa espécie atropelados em estradas ou rodovias brasileiras.

O estudo de Gonçalves (2017), cujo objetivo foi identificar a frequência atropelamento de animais silvestres em quatro rodovias federais e uma estadual (GO) que cortam o Cerrado, no período de 2011 a 2015, registrou um total de 3.316 espécies atropeladas, sendo que, entre os animais ameaçados de extinção, o lobo-guará teve seis registros de mortes, com correspondência de 0,2% em relação à amostra.

Buscando mapear os índices de atropelamentos de vertebrados silvestres ocorridos nas rodovias do entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, no Distrito Federal, durante 17 meses entre 2004 e 2005, o estudo realizado por Bagatini (2006) registrou um total de 170 mortes entre animais de quatro classes (mamíferos, aves, anfíbios e répteis). Entre as espécies ameaçadas de extinção, o lobo-guará teve apenas uma ocorrência de atropelamento, correspondendo a 0,6% do contingente amostral.

Paula e Desbiez (2013) estimaram que a contínua perda e fragmentação de *habitat* causarão uma redução de até 56% da população de Lobos-guará no país nos próximos 100 anos. A Figura 9 reflete a concentração da espécie no município de Ibiá (MG).

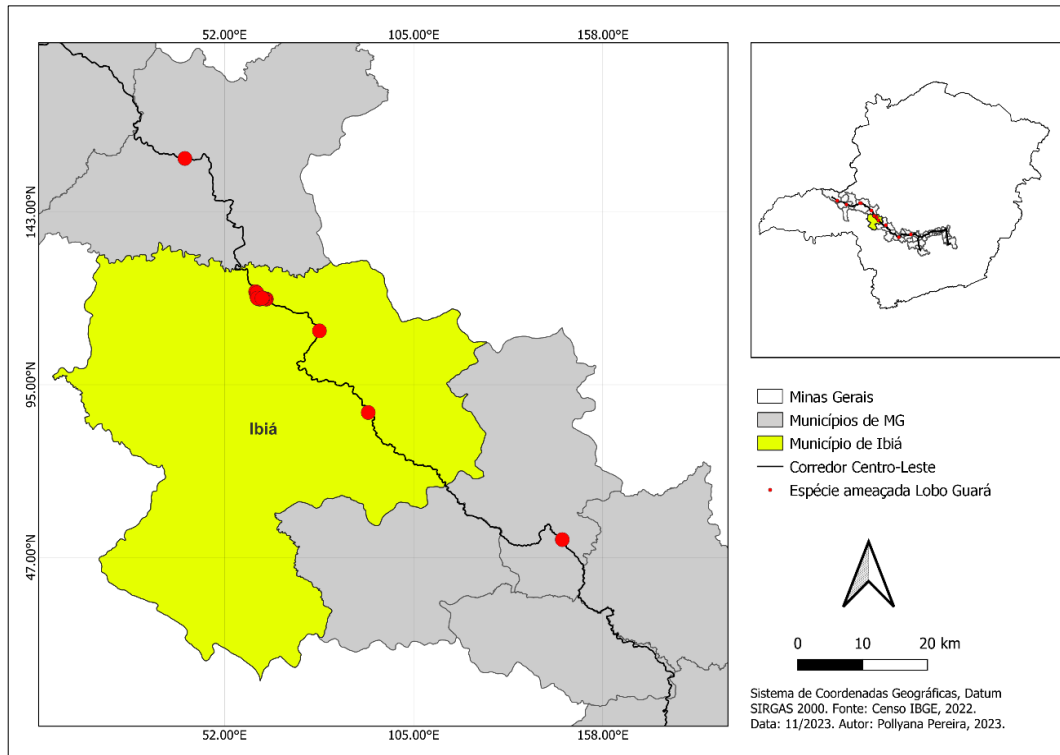


Figura 9: Concentração de lobos-guarás atropelados em Ibiá (MG).

De acordo com os dados deste estudo, o Tamanduá-bandeira foi o segundo animal ameaçado de extinção, com 20 (43,0%) registros, também pertencente ao grupo dos mamíferos.

Segundo o estudo de Medrano-Vizcaíno (2023), Tamanduás, pertencentes ao grupo de mamíferos, são bastante vulneráveis a atropelamentos, com relatos da ordem de 80,0% de registros, em comparação a apenas 8,5% para todos os mamíferos.

O estudo conduzido por Pinto *et al.* (2022) mostrou que, entre as 62 espécies atropeladas, nove (14,5%) foram consideradas ameaçadas (vulneráveis), e outras 10 espécies (16%) classificadas como quase ameaçadas. O Tamanduá-bandeira foi a espécie ameaçada com maior número de registros, com 19 exemplares (30,6%), com a maior taxa de atropelamentos (0,2268 ind./dia/100 km) observada na região central do país, seguida pela região norte.

O estudo de Silva *et al.* (2015) evidenciou que o Tamanduá-bandeira foi identificado como o mamífero ameaçado de extinção mais suscetível a atropelamentos, com quatro registros (7,7%).

Da mesma forma, o estudo de Gonçalves (2017), incluindo um total de 3.316 animais e quatro classes, identificou o Tamanduá-bandeira como a espécie ameaçada de extinção com a maior taxa de atropelamento nas rodovias analisadas, com registro de 104 exemplares, perfazendo uma correspondência de 3,1% no âmbito amostral.

Conforme dados do Sistema Urubu, o tamanduá-bandeira é a primeira espécie mais afetada por atropelamento (BAGER, 2018). É provável que seus movimentos letárgicos e a característica dessas espécies de caminhar longas distâncias à procura de alimento aumentem a probabilidade de colisões ao cruzar estradas (MEDRANO-VIZCAÍNO, 2023; PINTO *et al.*, 2018).

A sobrevivência desses animais é constantemente ameaçada por fragmentação da paisagem (SUPERINA; MIRANDA; ABBA, 2010). Pinto *et al.* (2018) observam que a fragmentação do *habitat* tem um impacto maior na persistência da população de Tamanduá-bandeira no Brasil do que a mortalidade observada devido a colisões de veículos. É evidente que extensas porções do *habitat* dessa espécie estão abaixo do tamanho mínimo necessário para sustentar populações viáveis.

Destaca-se ainda que, no presente estudo, seis indivíduos foram encontrados no município de Arcos, representando 30% da amostragem, área também com característica de agricultura. A Figura 10 evidencia a concentração da espécie ameaçada de Tamanduá-bandeira no referido município mencionado.

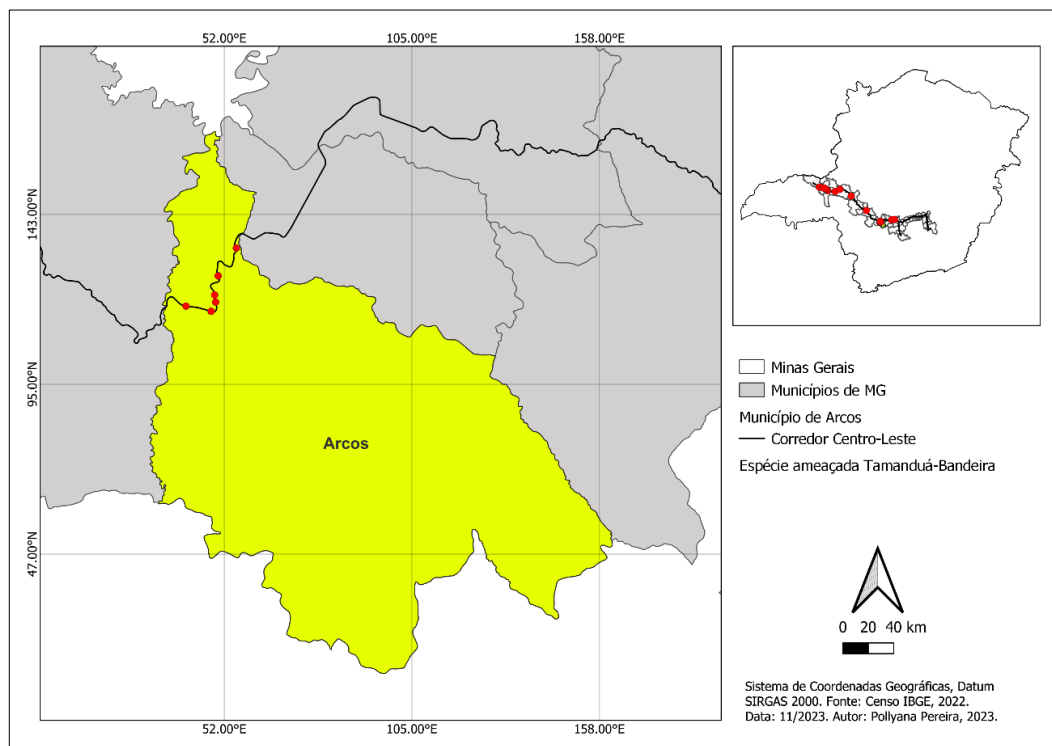


Figura 10: Concentração de tamanduás-bandeiras atropelados em Arcos (MG).

5.2 Análise individual dos três grupos de monitoramento no corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica

5.2.1 Análise individual do Grupo 1

O primeiro programa de monitoramento revelou que, entre os animais silvestres, foram identificadas 24 espécies (Grupo 1), totalizando 88 indivíduos atropelados.

Neste grupo, foram identificadas sete espécies de animais domésticos, totalizando 23 indivíduos. Entre esses, destaca-se que 10 indivíduos atropelados pertenciam à espécie Cachorro doméstico e seis eram da espécie Boi, representando conjuntamente 69,5% do total de animais domésticos atropelados.

A classe de mamíferos, com taxa (ind/km) = 0,042, foi encontrada com maior riqueza e abundância no levantamento. A espécie com maior abundância corresponde a vinte e dois indivíduos de Tatupeba, perfazendo 42% do total de indivíduos identificados nesta classe.

A classe com menor número de espécies foi a de anfíbios, com apenas uma espécie identificada, a de Sapo-cururu, com dois exemplares, à taxa (Ind/km) = 0,001, considerada irrisória quando comparada às classes de réptil, à taxa (Ind/km) = 0,010, e de aves, com taxa (Ind/km) = 0,010.

Quando se utiliza o monitoramento no auto de linha, observam-se muito menos anfíbios do que outras classes de animais – por estarem andando em uma velocidade distante do animal, visualizando predominantemente animais de médio e grande porte. Esse pequeno número de riqueza e abundância reflete a dificuldade de identificação dos animais devido à metodologia de auto de linha.

Em relação à análise do levantamento amostral *versus* taxa de atropelamento do Grupo 1, verifica-se neste grupo uma taxa de atropelamento por quilômetro (total de exemplares/esforço amostral – km) de 0,06 (Ind/km) (Tabela 8), com um total, no período de um ano, corresponde a 19.381,5 indivíduos atropelados.

A Figura 11 apresenta os resultados do monitoramento realizado no Grupo 1.

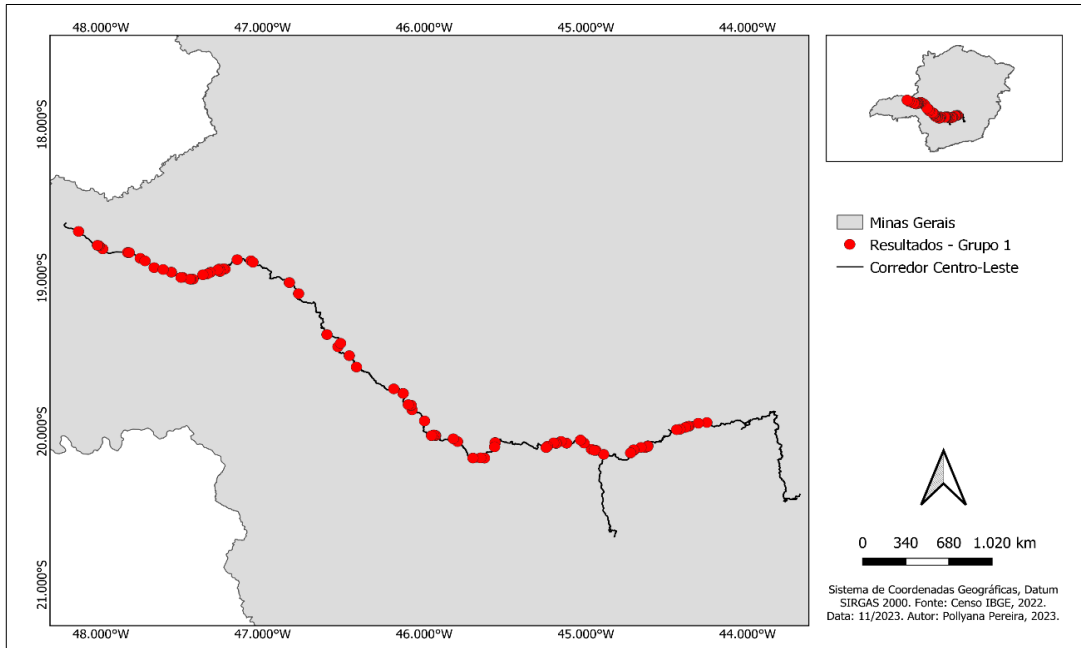


Figura 11: Resultados do Monitoramento no corredor Centro-Leste (Grupo 1).

Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI).

Classes e Espécies	Tipo	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)
Mamíferos		74	0.042	282	0.479	130	0.389
Euphractus sexcinctus	S	22	0.012	54	0.092	4	0.012
Bos taurus	D	6	0.003	36	0.061	33	0.099
Canis lúpus familiaris	D	10	0.006	15	0.025	20	0.060
Chrysocyon brachyurus	S	2	0.001	8	0.014	16	0.048
Myrmecophaga tridactyla	S	3	0.002	17	0.029	0	0.000
Dasypus novemcinctus	S	9	0.005	3	0.005	7	0.021
Dasypus sp.	S	0	0.000	17	0.029	0	0.000
Coendou prehensilis	S	4	0.002	8	0.014	2	0.006
Equus caballus	D	2	0.001	6	0.010	5	0.015
Cerdocyon thous	S	0	0.000	4	0.007	8	0.024
Conepatus amazonicus	S	1	0.001	8	0.014	0	0.000
Hydrochoerus hydrochaeris	S	3	0.002	3	0.005	3	0.009
Nasua nasua	S	0	0.000	7	0.012	0	0.000
Carollia sp.	S	0	0.000	0	0.000	6	0.018
Callithrix penicillata	S	3	0.002	0	0.000	2	0.006
Tamandua tetradactyla	S	1	0.001	2	0.003	1	0.003

Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI) (continua).

Classes e Espécies	Tipo	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)
<i>Galictis cuja</i>	S	3	0.002	1	0.002	0	0.000
<i>Coendou sp.</i>	S	0	0.000	3	0.005	0	0.000
<i>Didelphis albiventris</i>	S	0	0.000	3	0.005	0	0.000
<i>Felis catus</i>	D	1	0.001	2	0.003	0	0.000
<i>Carollia perspicillata</i>	S	0	0.000	0	0.000	3	0.009
<i>Didelphis aurita</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
<i>Puma yagouaroundi</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
<i>Procyon cancrivorus</i>	S	0	0.000	1	0.002	1	0.003
<i>Leopardus pardalis</i>	S	1	0.001	1	0.002	0	0.000
<i>Cabassous sp.</i>	S	0	0.000	0	0.000	2	0.006
<i>Cervidae sp.</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Bubalus bubalis</i>	D	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Cabassous unicinctus</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Cuniculus paca</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Felidae sp.</i>	D	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Marsupialia sp.</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Oligoryzomys sp.</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000

Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI) (continua).

Classes e Espécies	Tipo	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)
<i>Priodontes maximus</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Sapajus sp.</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Capra aegagrus</i>	D	0	0.000	0	0.000	1	0.003
<i>Conepatus semistriatus</i>	S	0	0.000	0	0.000	1	0.003
<i>Dicotyles tajacu</i>	S	0	0.000	0	0.000	1	0.003
<i>Canis familiaris</i>	D	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Dasypus septemcinctus</i>	S	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Sus scrofa</i>	D	1	0.001	0	0.000	0	0.000
Não identificado	-	0	0.000	70	0.119	14	0.042
Répteis		17	0.010	29	0.049	11	0.033
<i>Phrynops geoffroanus</i>	S	10	0.006	0	0.000	0	0.000
<i>Salvator merianae</i>	S	3	0.002	0	0.000	4	0.012
<i>Crotalus durissus</i>	S	2	0.001	3	0.005	0	0.000
<i>Boa constrictor</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
<i>Bothrops moojeni</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
<i>Bothrops neuwiedi</i>	S	1	0.001	1	0.002	0	0.000
<i>Crotalus sp.</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000

Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI) (continua).

Classes e Espécies	Tipo	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)
<i>Oxyrhopus guibei</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
<i>Tropidurus hispidus</i>	S	0	0.000	0	0.000	2	0.006
<i>Tropidurus sp.</i>	S	0	0.000	0	0.000	2	0.006
<i>Tupinambis sp.</i>	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
<i>Ameivulla ocellifera</i>	S	0	0.000	0	0.000	1	0.003
<i>Ameivulla sp.</i>	S	0	0.000	0	0.000	1	0.003
<i>Amphisbaena sp.</i>	S	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Leptodeira annulata</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Mesoclemmys vanderhaegei</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Philodryas olfersii</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Polychrus acutirostris</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Testudines	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Não identificado	S	0	0.000	10	0.017	1	0.003
Aves		18	0.010	18	0.031	3	0.009
<i>Coragyps atratus</i>	S	4	0.002	3	0.005	0	0.000
<i>Cariama Cristata</i>	S	5	0.003	0	0.000	1	0.003
<i>Penelope superciliaris</i>	S	3	0.002	0	0.000	0	0.000

Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI) (continua).

Classes e Espécies	Tipo	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)
<i>Patagioenas picazuro</i>	S	2	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Cairina moschata</i>	D	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Caracara plancus</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Cariamidae	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Columbina talpacoti</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Falco sp.	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Gallus domesticus</i>	D	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Gnorimopsar chopi</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Meleagris gallopavo</i>	D	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Passer domesticus</i>	E	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Piaya cayana</i>	S	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Thamnophilus torquatus</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
<i>Turdus leucomelas</i>	S	0	0.000	0	0.000	1	0.003
<i>Turdus rufiventris</i>	S	0	0.000	0	0.000	1	0.003
Tytofurcata	S	1	0.001	0	0.000	0	0.000
<i>Vanellus chilensis</i>	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Não identificado	NI	0	0.000	6	0.010	0	0.000

Tabela 8: Comparativo entre os Grupos 1 (auto da linha), 2 (caminhamento sobre o gabarito) e 3 (caminhamento sobre o gabarito) , incluindo as espécies identificadas durante o monitoramento da fauna atropelada do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica. Silvestres (S); Domésticos (D); Exótico (E); Não Identificado (NI) (continua).

Classes e Espécies	Tipo	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)	Total Atropelamento	Taxa (Ind/Km)
Anfíbios		2	0.001	24	0.041	1	0.003
Rhinella sp.	S	2	0.001	12	0.020	1	0.003
Leptodactylus sp.	S	0	0.000	2	0.003	0	0.000
Boana faber	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Physalaemus nattereri	S	0	0.000	1	0.002	0	0.000
Não identificado	S	0	0.000	8	0.014	0	0.000
Não identificado	NI	0	0.000	2	0.003	0	0.000
Não identificado	NI	0	0.000	2	0.003	0	0.000
Total Geral		111	0.063	355	0.603	146	0.437

5.2.2 Análise individual do Grupo 2

O segundo programa de monitoramento mostrou que, entre os animais silvestres, foram identificadas 48 espécies (Grupo 2), totalizando 220 indivíduos com potencial para atropelamentos. Entre esses, destacam-se que 88 indivíduos, correspondendo a 40,0% do total de silvestres, referem-se a três espécies: Tatupeba (*Euphractus sexcinctus*; n = 54), Tatu (*Dasybus sp.*; n = 17) e Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*; n = 17) (Tabela 8).

Neste grupo, foram identificadas seis espécies de animais domésticos, totalizando 61 indivíduos. Entre esses exemplares, destaca-se que 51 indivíduos atropelados pertenciam às espécies Boi (*Bos taurus*; n = 36) e Cachorro doméstico (*Canis lupus familiaris*; n = 15), representando conjuntamente 83,6% do total dos animais domésticos atropelados.

Entre as classes, os mamíferos se destacam com taxa (ind/km) = 0,479, tanto referente à riqueza quanto à abundância, quando comparados a anfíbios, aves e répteis. Referente à riqueza, foram verificadas 29 espécies, sendo que outros 64 indivíduos não foram identificados em relação à espécie (Tabela 8).

A maior abundância foi verificada para três espécies: Tatupeba (*Euphractus sexcinctus*; n = 54), Boi (*Bos taurus*; n = 36) e Tatu (*Dasybus sp.*; n = 17), sendo que as três espécies representaram 37,9% da classe de mamíferos.

A classe com menor número de espécies foi a dos anfíbios, com apenas quatro identificadas: Sapo-cururu, Rã-manteiga, Sapo-martelo e Rã-quatro-olhos. A mais abundante foi o Sapo-cururu, com 12 exemplares e representando 50% da classe de anfíbios (Tabela 8). Esse pequeno número de espécies reflete a dificuldade de identificação dos animais devido às consequências do atropelamento.

Foram identificados 29 répteis, com taxa (ind/km) = 0,049, sendo a espécie Cascavel (*Crotalus durissus*; n = 3) a mais abundante. Nas demais espécies de répteis não houve variação entre um ou dois atropelamentos, devendo-se considerar ainda que, nesta classe, 10 indivíduos não foram identificados (Tabela 8).

Por fim, entre as aves com taxa (ind/km) = 0,031, com 10 espécies identificadas, sendo Urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*; n = 3), e as demais espécies não apresentaram variação entre um ou dois atropelamentos.

Em relação à análise do levantamento amostral *versus* taxa de atropelamento do Grupo 2, verifica-se uma taxa de atropelamento por km (total de exemplares/esforço amostral – km) de 0,60 (Ind/km) neste grupo (Tabela 8), no período de um ano, corresponde a 193.815 indivíduos atropelados.

Nas seções da Tabela 9, identifica-se que a maior taxa de atropelamento por km (total de exemplares/esforço amostral - km) foi na seção 7: Iguatama a Lagoa da Prata de 1,08 (Ind/km).

Na figura 12, verificam-se os resultados do monitoramento realizado no Grupo 2.

Tabela 9: Resumo do monitoramento do Grupo 2 realizado no corredor Centro-Leste, a partir das respectivas seções segmentadas.

Município	Seção	Coordenadas (graus decimais)		Extensão percorrida (km)	Esforço amostral (km)	Total de exemplares (N°)	Taxa de atropelamento por Km (total de exemplares / extensão percorrida)
		Início	Fim				
Tapiraí – Campos Altos	Seção 1	-19.83470000 -46.08970000	-19.70579999 -46.17150000	25,90	51,80	22	0,42
Tobati – Ibiá	Seção 2	-19.59319999 -46.39970000	-19.48539999 -46.51839999	24,10	48,20	12	0,25
Ibiá – Catiara	Seção 3	-19.45959999 -46.54330000	-19.35670000 -46.60770000	21,10	42,20	16	0,38
Catiara – Salitre de Minas	Seção 4	-19.16339999 -46.67629999	-19.07120000 -46.79030000	24,30	48,60	39	0,80
Patrocínio - Iraí de Minas	Seção 5	-18.89969999 -47.05720000	-18.99620000 -47.52109999	62,20	124,40	66	0,53
Iraí de Minas - Araguari	Seção 6	-18.68890000 -48.14990000	-18.99496835 -47.49310586	79,90	159,80	88	0,55
Iguatama – Lagoa da Prata	Seção 7	-20.18790679 -45.67980002	-20.07908570 -45.56399296	26,40	52,80	57	1,08
Santo Antônio do Monte – Francisco Brás	Seção 8	-20.10310000 -45.26339999	-20.07489999 -45.17430000	15,30	30,60	21	0,67
Amadeu Lacerda – Djalma Dutra	Seção 9	-20.07550000 -45.12480000	-20.05844719 -45.03032456	15,00	30,00	13	0,43
Total Geral	-	-	-	294,20	588,40	355	0,60

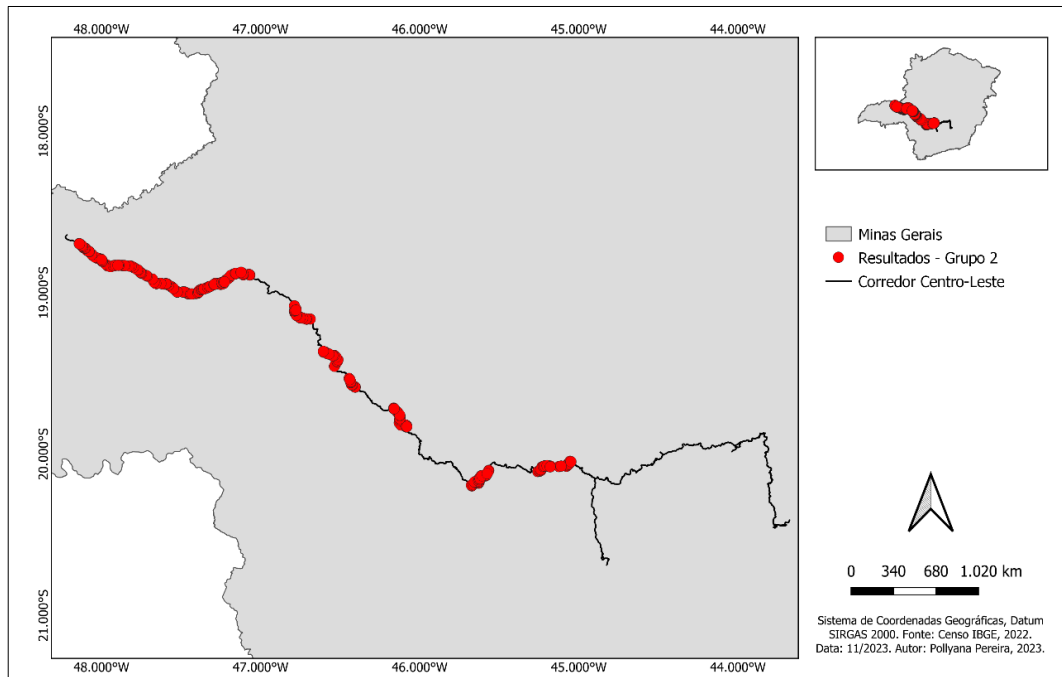


Figura 12: Resultados do Monitoramento no corredor Centro-Leste (Grupo 2).

5.2.3 Análise individual do Grupo 3

O terceiro programa de monitoramento evidenciou que, entre os animais silvestres, foram identificadas 23 espécies (Grupo 3), totalizando 72 indivíduos com potencial para atropelamentos. Entre esses, destaca-se que 31 indivíduos, representando 43,0% do total de silvestres, referem-se a três espécies: Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; $n = 16$), Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*; $n = 8$) e Tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*; $n = 7$) (Tabela 8).

Neste grupo, foram identificadas seis espécies de animais domésticos, totalizando 61 indivíduos. Entre esses, ressalta-se que 53 indivíduos atropelados pertenciam às espécies Boi (*Bos taurus*; $n = 33$) e Cachorro doméstico (*Canis lúpus familiaris*; $n = 20$), representando conjuntamente 86,9% do total de animais domésticos atropelados.

Entre as classes, os mamíferos se destacam, tanto referente à riqueza quanto em abundância, quando comparado com os anfíbios, aves e répteis, com taxa (ind/km) = 0,389. Referente à riqueza, foram observadas 18 espécies, sendo que doze indivíduos não foram identificados em relação à espécie (Tabela 8).

A maior abundância foi verificada em três espécies: Boi (*Bos taurus*; $n = 33$), Cachorro doméstico (*Canis lúpus familiaris*; $n = 20$) e Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; $n = 16$), que, juntas, representaram 53,1% da classe de mamíferos.

Entre os répteis, foram identificadas cinco espécies e 11 indivíduos, com taxa (ind/km)

= 0,033, com o Teiú (*Salvator merianae*; $n = 3$) aparecendo como o mais abundante, sendo que as demais espécies não apresentaram variação entre um ou dois atropelamentos. Nesta classe, apenas um indivíduo não foi identificado em relação à espécie (Tabela 8).

Na classe das aves, foram identificadas três espécies, com taxa (ind/km) = 0,009: Seriema, Sabiá-barranco (*Turdus leuchomelas*) e Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), e cada uma delas registrou apenas um indivíduo atropelado.

A classe com menor número de exemplares foi a de anfíbios, com apenas uma espécie identificada: o Sapo-cururu, com um exemplar. Esse número reduzido reflete a dificuldade de identificação dos animais devido ao estado da carcaça após atropelamento.

Em relação à análise do levantamento amostral *versus* taxa de atropelamento do Grupo 3, verifica-se nesse grupo uma taxa de atropelamento por km (total de exemplares/esforço amostral - km) de 0,437 Ind/km (Tabela 8), no período de um ano corresponde a 141.161,9 indivíduos atropelados.

A figura 13 reflete os resultados do monitoramento realizado no Grupo 3.

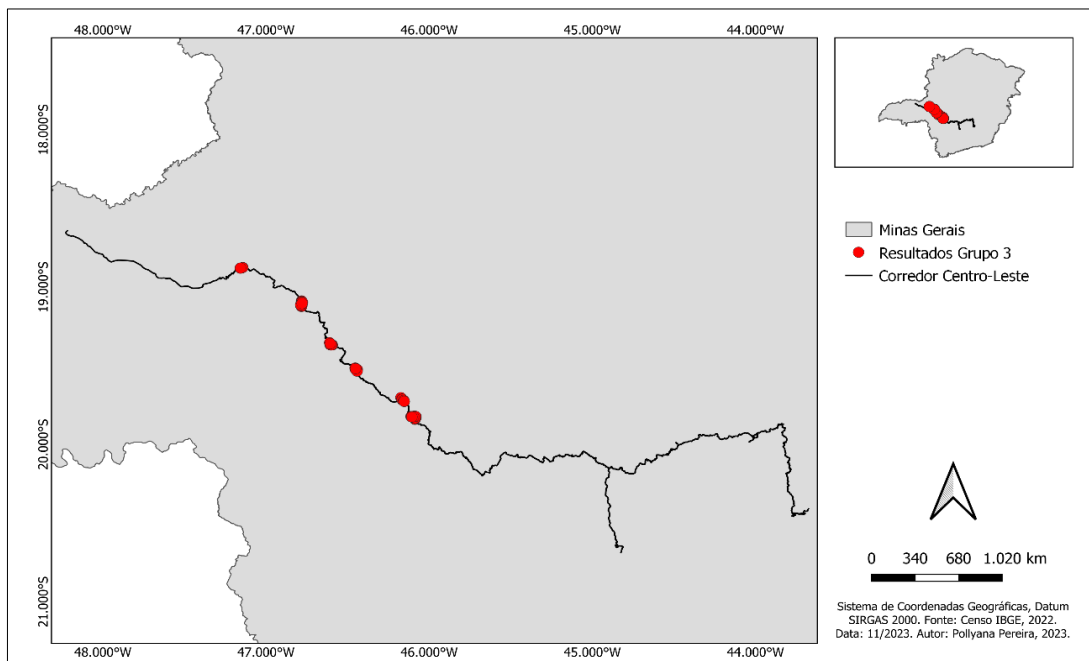


Figura 13: Resultados do Monitoramento no corredor Centro-Leste (Grupo 3).

A partir das seções da Tabela 10, identifica-se que a maior taxa de atropelamento por km (total de exemplares/esforço amostral - km) foi na seção 38 Altolândia a Tapiraí de 0,69.

Tabela 10: Resumo do monitoramento do Grupo 3 realizado no corredor Centro-Leste, a partir das respectivas seções segmentadas.

Município	Seções	Coordenadas (graus decimais)		Extensão (Km)	Campanhas (n°)	Esforço amostral	N° de exemplares por trecho	Taxa de atropelamento (Total de exemplares / esforço amostral)
		Início	Fim					
Patrocínio	30	-18.874686° -47.140535°	-18.882527° -47.177102°	4,13	10	41,30	12	0,29
Serra do Salitre – Salitre de Minas	31	-19.123336° -46.782460°	-19.088055° -46.780856°	5,62	10	56,20	25	0,44
Ibiá	32	-19.370634° -46.588123°	-19.347530° -46.614113°	4,85	10	48,50	25	0,52
Distrito de Tobati	34	-19.540146° -46.432866°	-19.511359° -46.455681°	5,07	10	50,70	11	0,22
Campos Altos	36	-19.728409° -46.150274°	-19.699998° -46.173206°	6,06	10	60,60	20	0,33
Altolândia - Tapiraí	38	-19.839456° -46.086828°	-19.819899° -46.116751°	7,69	10	76,90	53	0,69
Total				33,42	10	334,20	146	0,44

5.3 Análise comparativa entre os grupos

Inicialmente, pode-se observar diferenças significativas entre os três grupos analisados, considerando que, quando é realizado o monitoramento por caminhamento sobre o gabarito, percorrendo maior extensão e esforço do corredor no Grupo 2 (Tabela 11), tornam-se mais perceptíveis a diversidade e abundância das espécies, facilitando a análise do trecho para uma identificação minuciosa as espécies (Tabela 8).

O que é esperado porque no Grupo 1, conforme informado o monitoramento foi realizado no trecho todo, entretanto, no auto da linha e no Grupo 3 o monitoramento foi executado por caminhamento sobre o gabarito, mas um esforço amostral de apenas 57% comparado ao grupo 2.

Em contrapartida, a amostragem por caminhamento no Grupo 2 também elevou o número de eventos de animais não identificados, isso porque carcaças e ossadas de animais de menor porte ou com poucos restos sobre o gabarito puderam ser detectadas.

No grupo 2 a classe de mamíferos encontra-se com maior abundância, com taxa

(ind/km) = 0,479. Do mesmo modo para a classe de Réptil (ind/km) = 0,049, anfíbios (ind/km) = 0,041 e Aves (ind/km) = 0,031.

Nos demais grupos 1 e 3 obteve-se apenas uma variedade de espécie de anfíbios, sendo encontrado no grupo 2 maior riqueza com quatro espécies (Tabela 8).

No Grupo 2, o Tamanduá-bandeira foi a espécie de mamífero de grande porte registrada com maior participação entre os atropelamentos levantados. No grupo 1, o Lobo-guará foi a espécie da classe de mamíferos que teve maior representatividade (Tabela 8). Cabe destacar que essas duas espécies de mamífero de grande porte encontram-se ameaçadas de extinção, tanto em nível nacional quanto global.

Mamíferos de médio e grande porte como, por exemplo, o Lobo-guará e o Tamanduá-bandeira, são mais sensíveis aos efeitos adversos da mortalidade em rodovias, devido a suas grandes necessidades espaciais, como a de se deslocar entre diferentes habitats, além de características específicas de história de vida, como baixas taxas reprodutivas e reduzidas densidades populacionais (RYTWINSKI; FAHRIG, 2015). A mortalidade adicional, devido aos atropelamentos, pode levar as populações à extinção com facilidade (PINTO *et al.*, 2022).

Tabela 11: Resumo da análise comparativa dos dados coletados pelos Grupos 1, 2 e 3 no corredor Centro-Leste.

Grupos	Metodologia	Extensão km Percorrido	Esforço	Extensão km Percorrido	Total de Exemplares	Taxa de Atropelamento por Km
Grupo 1	Auto de Linha	885	2	1.770	111	0,06
Grupo 2	Caminhamento sobre o gabarito	294,20	2	588,40	355	0,60
Grupo 3	Caminhamento sobre o gabarito	33,44	10	334,40	146	0,44

A partir da comparação entre os três grupos, nota-se maior abundância, riqueza e diversidade de espécies nos grupos 2 e 3 em relação ao grupo 1, que foi o único realizado por auto de linha com maior esforço amostral.

Comparando-se os dados obtidos no monitoramento por auto de linha e por caminhamento sobre o gabarito da ferrovia, verifica-se com facilidade que o método por caminhamento é mais eficiente para detecção de animais atropelados na ferrovia, mesmo com o esforço amostral do auto de linha sendo maior. Isso se justifica porque, se por um lado, o auto de linha apresenta a vantagem de permitir que todo o traçado seja percorrido e analisado, por

outro, não permite parada para coleta de informações detalhadas sobre os animais atropelados.

Nos três grupos, cerca de 83,0% dos domésticos atropelados referiu-se a duas espécies: boi e cachorro doméstico (Tabela 8).

Referente aos animais silvestres, nos grupos 1, 2 e 3 aproximadamente 38,0% referiram-se a quatro espécies: Tatupeba (*Euphractus sexcinctus*; n = 80), Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; n = 26), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*; n = 20) e Tatu-galinha (*Dasybus novemcinctus*; n = 19).

A taxa de atropelamento (Total de exemplares/esforço amostral-km) percorrido registrado por auto de linha (Grupo 1) foi de 0,06 indivíduos a cada quilometro percorrido, enquanto que no monitoramento com caminhamento, a taxa registrada no Grupo 2 foi de 0,60 (Ind/km), 10 vezes maior em comparação ao grupo 1. Já no Grupo 3, essa taxa foi de 0,44 indivíduos a cada quilômetro percorrido, ou seja, sete vezes maior quando comparada à do Grupo 1 (auto de linha) (Tabela 8).

Durante o monitoramento realizado com auto de linha, no Grupo 1, foram registrados 111 eventos de atropelamento (Tabela 8), enquanto que, em período similar e com menor esforço amostral (km percorridos), houve registro de 355 atropelamentos por meio do caminhamento sobre o gabarito, referente ao Grupo 2. Dessa forma, constata-se que o auto de linha possibilitou o registro de apenas 31,3% dos eventos registrados por caminhamento em uma malha de amostragem três vezes menor, indicando este último método como mais efetivo.

O estudo do Grupo 3, foi segmentado em seis trechos, sendo realizado por intermédio de caminhamento sobre o gabarito, metodologia mais recente utilizada.

O Grupo 3 realizou 10 campanhas, implicando em uma amostra cinco vezes maior que a dos grupos 1 e 2 que realizaram duas campanhas, com dados que precisam ser multiplicados por cinco para se aproximarem do grupo 3. Dessa forma, verifica-se o número de animais equivalentes. Percebe-se, então, que os números ficam mais próximos, embora, o auto de linha engloba apenas com 30 indivíduos, novamente comprovando que o método de auto de linha é menos eficiente. Mesmo com restrição geográfica, o Grupo 3 demonstra nitidamente que a amostragem por caminhamento sobre o gabarito é mais eficiente, ainda que seja regionalizada (Tabela 12).

Tabela 12: Resumo comparativo dos trechos segmentados *versus* número de exemplares identificados entre os Grupos 1, 2 e 3.

Seções	Extensão (Km)	GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3*	
		Total Geral	Total (5x)	Taxa de Atropelamento (Total de ind./km)	Total Geral	Total (5x)	Taxa de Atropelamento (Total de ind./km)	Total Geral	Taxa de Atropelamento (Total de ind./km)
30	4,13	1	5	0,121	4	20	0,484	12	0,291
31	5,62	1	5	0,089	14	70	1,256	25	0,445
32	4,85	1	5	0,103	4	20	0,412	25	0,515
34	5,07	-	-	-	2	10	0,197	11	0,227
36	6,06	-	-	-	4	20	0,330	20	0,330
38	7,69	3	15	0,195	12	60	0,780	53	0,690
Total	33,42	6	30	0,090	40	200	0,598	146	0,447

(*): O último local do banco de dados mais atualizado.

Por meio das seções listadas na Tabela 13, nota-se que o exemplar em maior número é o animal doméstico, principalmente na seção 38, correspondendo a 21 exemplares de Boi (*Bos taurus*), representando 49,0% do total de bois identificados

Tabela 13: Números de exemplares por seção de animais amostrados durante os monitoramentos nos grupos 1, 2 e 3.

GRUPOS 1, 2 e 3								
Espécies	Nome Popular	30	31	32	34	36	38	Nº de exemplares
<i>Bos Taurus</i>	Boi	3	9	1	1	8	21	43
<i>Canis Lupus Familiaris</i>	Cachorro doméstico	1	5	3	1	1	11	22
<i>Chrysocyon Brachyurus</i>	Lobo-guará	1		14	1	1	-	17
<i>Cuniculus Paca</i>	Paca	-	-	-	-	-	10	11
<i>Cerdocyon Thous</i>	Cachorro-do-mato	-	2	2	-	2	3	9
<i>Carollia Perspicillata</i>	Morcego	-	-	-	4	1	4	9
<i>Dasypus Novemcinctus</i>	Tatu-galinha	2	4	-	2	-	1	9
<i>Salvator Merianae</i>	Tatupeba	2	1	4	1	-	1	9
<i>Salvator Merianae</i>	Teiú	-	-	2	-	-	6	8
<i>Equus Caballus</i>	Cavalo	-	-	-	-	2	3	5
<i>Rhinella Sp.</i>	Sapo-cururu	-	5	-	-	-	-	5
<i>Tropidurus Sp.</i>	Calango	-	-	-	-	2	2	4
<i>Hydrochoerus Hydrochaeris</i>	Capivara	-	-	-	-	-	3	3
<i>Oxyrhopus Guibei</i>	Falsa-coral	-	-	-	-	2	-	2
<i>Leopardus Pardalis</i>	Jaguatirica	1		-	-	-	1	2
<i>Conepatus Semistriatus</i>	Jaritataca	1		-	-	-	1	2
<i>Conepatus Semistriatus</i>	Mico	-	1	-	-	-	1	2
<i>Coendou Prehensilis</i>	Ouriço-cacheiro	-	2	-	-	-	-	2
<i>Tamandua Tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim	-	1	1	-	-	-	2
<i>Cabassous Sp.</i>	Tatu-de-rabo-mole	1	-	1	-	-	-	2
<i>Ameivulla Ocellifera</i>	Tijubina	-	2	-	-	-	-	2
<i>Capra Aegagrus</i>	Cabra	-	-	-	-	-	1	1
<i>Mesoclemmys Vanderhaegei</i>	Cágado-de-barbicha	-	1	-	-	-	-	1
<i>Capra Aegagrus</i>	Cateto	-		-	1	-	-	1
<i>Philodryas Olfersii</i>	Cobra-verde	-	1	-	-	-	-	1
<i>Galictis Cuja</i>	Furão	-	-	-	-	-	1	1
<i>Sapajus Sp.</i>	Macaco-prego	-	-	-	-	-	1	1
<i>Procyon Cancrivorus</i>	Mão-pelada	-	-	-	-	-	1	1
<i>Marsupialia Sp.</i>	Marsupial	-	1	-	-	-	-	1
<i>Oligoryzomys Sp.</i>	Rato-do-mato	-		-	-	-	1	1
-	Roedor	-	1	-	-	-	-	1
<i>Turdus Leuchomelas</i>	Sabiá-barranco	-	-	-	-	-	1	1
<i>Turdus Rufiventris</i>	Sabiá-laranjeira	-	-	-	1	-	-	1
-	Serpente	-	-	1	-	-	-	1
<i>Cariama Cristata</i>	Seriema	-	-	-	-	-	1	1
<i>Myrmecophaga Tridactyla</i>	Tamanduá-bandeira	-	-	-	-	1	-	1
<i>Sylvilagus Sp.</i>	Tapiti	-	-	-	-	-	1	1
-	Não Identificado	5	4	1	1	4	4	19
Total		17	40	30	13	24	81	205

Comparando os períodos de seca e chuva, a análise dos Grupos 2 e 3 mostram uma ínfima diferença no número de atropelamentos, apontando que a sazonalidade não influenciou exponencialmente nos eventos de atropelamentos. Entretanto, no Grupo 1, os registros no

período de chuva representaram 72,0% do total de atropelamentos, indicando um risco maior de atropelamento de animais nesse período do ano.

No Grupo 1, foram realizadas três campanhas no período chuvoso e duas no de seca. Dessa forma, não existem evidências que confirmem que a variação observada seja efeito do período de amostragem. O maior número de registros para o período de chuva pode ser explicado em razão do maior esforço de amostragem empregado.

Entende-se que esforços devem ser orientados para reforçar os monitoramentos, com amostragens frequentes e a consideração de períodos de sazonalidade climática e de safra. A continuação de desenho amostral adequado, tanto em termos espaciais quanto de recorrência temporal, é a configuração mais eficaz para sustentar resultados que tornem a tomada de decisão ser factualmente baseada em evidências.

No período chuvoso ou de entressafra, quando há maiores concentrações de precipitações, os animais se deslocam mais nas ferrovias para eventos de dispersão e reprodução, sobretudo répteis e anfíbios, por serem animais ectotérmicos (BONNET *et al.*, 1999; ROE; GIBSON; KINGSBURY, 2006; CAMPOS; SILVA, 2023).

A disponibilidade sazonal de fontes de alimentos, como frutos e vegetais, e as condições climáticas diferenciais de temperatura e umidade ao longo do corredor Centro-Leste são aspectos que influenciam nos movimentos das espécies, sendo que as mesmas tendem a se aproximar do gabarito da ferrovia pela disponibilidade de grãos oriundos dos vagões ou disponibilidade de poças d'água temporárias no entorno.

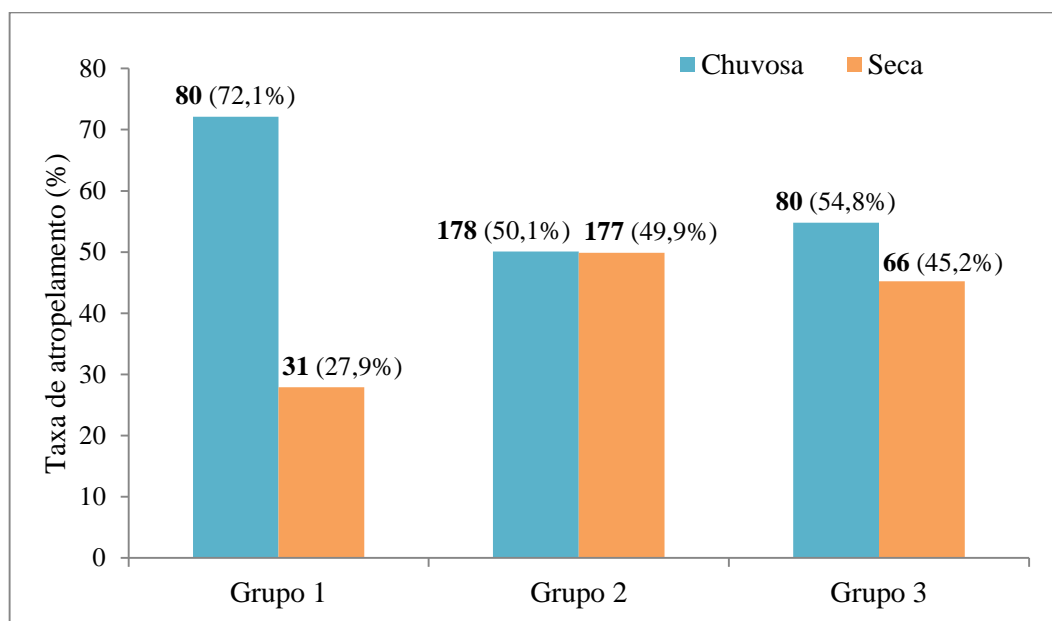


Figura 14: Número de atropelamentos nas estações seca e chuvosa dos Grupos 1, 2 e 3.

5.4 Número de exemplares *versus* esforço amostral

Quando o monitoramento é realizado, há uma tendência à obtenção de registros de determinados tipos de espécies com certa frequência. Inicialmente, a curva é rápida em relação ao crescimento, mas, posteriormente, ela se estabiliza, e o esforço começa a identificar as espécies que são menos presentes. Existem espécies que, por sua raridade ou porque são atropeladas em momentos muito específicos, podem demorar a serem identificadas.

Com base na Figura 15, é possível observar os seguintes pontos:

- Com o aumento do esforço, há um aumento na riqueza;
- Alguns anos apresentam sobreposições de espécies que se repetem ao longo do período;
- Quanto maior o esforço, melhor a qualidade descritiva dos dados;
- A riqueza e a abundância estão correlacionadas ao esforço;
- Na linha de tendência, há uma correlação entre o esforço amostral e o número de exemplares, ou seja, quanto mais esforço amostral houver em um monitoramento maior será o aumento de riqueza e melhor será o resultado descritivo dos dados;
- Verifica-se que o resultado da linha de tendência é $R^2 = 0,713$.

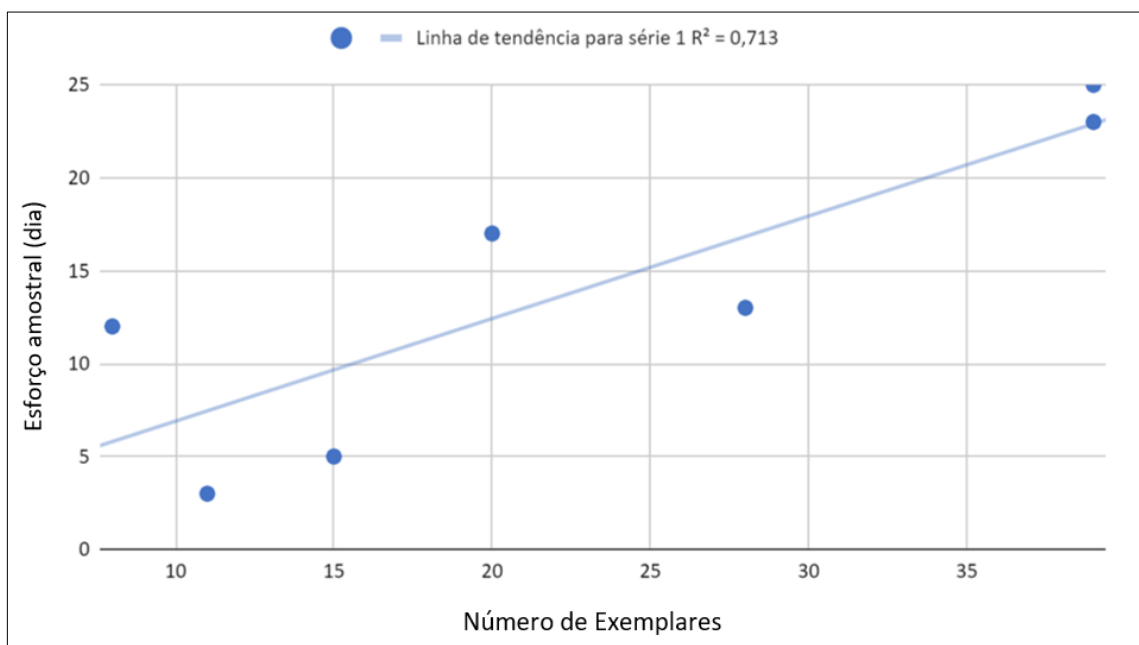


Figura 15: Número de exemplares versus esforço amostral.

5.4.1 Sugestões de monitoramento de atropelamento da fauna e mitigação de impactos associados ao tráfego ferroviário

A partir das análises realizadas, com base nos dados coletados por intermédio dos três Grupos de monitoramento do corredor Centro-Leste da Ferrovia Centro-Atlântica, entende-se que o modelo de monitoramento que se mostra mais eficaz é o de caminhamento sobre o gabarito, visto que, quando comparado ao método de auto de linha, obtém-se uma taxa de atropelamento quase dez vezes superior. Por sua vez, o protocolo de monitoramento de alto de linha se mostra pouco eficaz, tanto do ponto de vista de esforço amostral quanto no que diz respeito à viabilidade de identificação e avaliação das espécies atropeladas.

Além disso, entende-se que, quanto maior for o esforço amostral, melhor será a riqueza, número e diversidade de espécies encontradas e, nesse sentido, recomenda-se que o monitoramento de grandes extensões ferroviárias, como é o caso do corredor Centro-Leste, com mais de 800 km, seja subdividido em trechos menores, com vistas a facilitar o processo, no sentido de desonerar e aprimorar a coleta de dados em períodos temporais mais longos. Também cabe observar que todos os trechos devem ser monitorados em todos os períodos sazonais do ano, ou seja, igualmente nas épocas de seca e de chuva, com o propósito de abranger um número maior de espécies.

No âmbito da mitigação de impactos relacionados ao tráfego ferroviário, destaca-se a importância da construção e manutenção de passagens de fauna como mecanismo de redução dos atropelamentos de animais silvestres, evidenciando, por exemplo, a preferência de canídeos por passagens secas, subterrâneas, com presença de passarelas e cercas direcionadoras, assim como a relevância das cercas-guia para a eficácia das passagens de fauna. A combinação dessas duas estruturas proporciona resultados superiores em comparação com a utilização isolada de cada uma delas. Por fim, entende-se que um modelo eficaz de monitoramento aliado a ações de mitigação de atropelamentos tende a melhorar o cenário de atropelamentos de animais relacionados ao tráfego rodoviário e ferroviário que, atualmente, é considerado preocupante nas diversas regiões geográficas do país.

6 CONCLUSÃO

Ao comparar os dados obtidos no monitoramento com auto de linha e por caminhamento sobre o gabarito da ferrovia, este estudo constatou com facilidade que o método por caminhamento é mais eficiente para detecção de animais atropelados na ferrovia, mesmo com o esforço amostral do método de auto de linha sendo maior. Assim, sugere-se que a ferrovia continue adotando o modelo de caminhamento em toda a extensão de seu trajeto, subdividindo o monitoramento em pequenos trechos e realizando esse protocolo continuamente em todas as épocas do ano, ou seja, igualmente nos períodos de seca e de chuva.

Os dados coletados indicam que os mamíferos se destacam em termos de riqueza e abundância em comparação com anfíbios, aves e répteis. Os anfíbios foram a classe com menor diversidade, registrando apenas quatro espécies.

A partir da comparação entre os três grupos, nota-se maior abundância, riqueza e diversidade de espécies nos grupos 2 e 3 em relação ao grupo 1, que foi o único realizado por auto de linha com maior esforço amostral. Por sua vez, a taxa de atropelamento por quilômetro percorrido registrada pelo método de auto de linha (Grupo 1) foi inferior às taxas auferidas no monitoramento por caminhamento (Grupos 2 e 3), indicando uma eficácia significativamente maior deste último método.

Entre os animais ameaçados de extinção, foram registradas três espécies: Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e Tatu-canastra (*Priodontes maximus*), classificadas como vulneráveis, sendo o tatu-canastra considerado em perigo.

De forma geral também foi possível concluir que são necessárias maiores e mais aprofundadas investigações em âmbito local e populacional de abundância, de forma a permitir a inclusão da rede ferroviária na observação detalhada em relação às espécies-alvo impactadas por atropelamentos no território regional, e a fim de desenvolver planos específicos e adequados às características locais para mitigar tais impactos. É importante ressaltar que a combinação de passagens e cercas direcionadas oferece resultados superiores em comparação com o uso isolado de cada uma delas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Alexandre Nascimento de; RODRIGUES, Nikolas Gebrim; VIEIRA, Ludgero Cardoso Galli; COUTO JUNIOR, Antonio Felipe. Problemas nos estudos de impacto ambiental de rodovias e ferrovias. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 12, p.129-136, 2019.
- ANTWORTH, Rebecca L.; PIKE, David A.; STEVENS, Ernest E. *Hit and run: effects of scavenging on estimates of road killed vertebrates*. **Southeastern Naturalist**. v. 4, n. 4, p.647-656, 2005.
- ARAUJO, Larissa Aparecida de Freitas; HANNIBAL, Wellington; COSTA, Raoni Ribeiro Guedes Fonseca; ROSSI, Reile Ferreira; CLARO, Hermes Willyan Parreira. Efeito da paisagem sobre os atropelamentos de mamíferos de médio e grande porte no sul de Goiás, Brasil. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 1, p.164-172, 2020.
- ASCENSÃO, Fernando; LUCAS, Priscila Silva; COSTA, Aline; BAGER, Alex. *The effect of roads on edge permeability and movement patterns for small mammals: a case study with Montane Akodont*. **Landscape Ecology**, v. 32, p.781-790, 2017.
- ASCENSÃO, Fernando; DESBIEZ, Arnaud L. J.; MEDICI, Emília P.; BAGER, Alex. Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Wildlife Research**, v. 44, n. 2, p. 13-146, 2017.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. **Mapa Ferroviário – 2022a**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>>. Acesso em 05 de out. 2023.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. **O setor ferroviário de carga brasileiro – 2022b**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em 26 de out. 2023.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. **Novos Projetos Ferroviários – 2023**. Disponível em: < <https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em 26 de out. 2023.
- ATTADEMO, Andrés M.; PELTZER, Paola M.; LAJMANOVICH, Rafael C.; ELBERG, Gustavo; JUNGES, Celina; SANCHEZ, Laura C. *et al. Wildlife vertebrate mortality in roads from a Santa Fe, Province, Argentina*. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 82, n. 3, p.915-925, 2011.
- AVELAR, Érica Rodrigues; SILVA, Rafael; BAPTISTA, Luiz Alfredo Martins Lopes. Ameaças à sobrevivência de animais silvestres no Estado de Goiás. **Uniciências**, v. 19, n. 2, p.13-140, dez. 2015.
- BAGATINI, Tathiana. **Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entrono da Estação Ecológica das Águas Emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras**. Dissertação [Mestrado em Ecologia]. 74f. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

BAGER, Alex. **Ecologia de estradas**: Principais espécies ameaçadas afetadas por atropelamento. 2018. Disponível em: <<https://bab.empreadedor-academico.com.br/especies-ameacadas-e-estradas/>>. Acesso em 14 de novembro 2023.

BAGER, Alex. **Ecologia de estradas**: alternativa para diminuição de impactos ambientais. 2012. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/biotaminas/publicacao/biotaminas.pdf>>. Acesso em 29 de maio 2022.

BAGER, Alex. **Sumário executivo da estratégia nacional para a mitigação de impactos da infraestrutura viária na biodiversidade**. Lavras: Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas; Universidade Federal de Lavras, 2017.

BAGER, Alex. **Atropelamento de fauna selvagem**. 2020. Disponível em: <<http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>>. Acesso em 22 maio 2020.

BAGER, Alex; CASTRO, Érika. Banco de dados da comunidade de mamíferos de médio e grande porte da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Latin American Data in Science**, v. 1, n. 1, p. 2-7, 2021.

BAGER, Alex; LUCAS, Priscila da Silva; BOURSCHEIT, Aldem; KUCZACH, Ângela; MAIA, Brenda. Os caminhos da conservação da biodiversidade brasileira frente aos impactos da infraestrutura viária. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p.75-86, 2016.

BAGER, Alex; PIEDRAS, Sérgio R. N.; MARTIN, Tainana San; HÓBUS, Quelen. Fauna selvagem e atropelamento: diagnóstico do conhecimento brasileiro. In: BAGER, Alex (org.). **Áreas protegidas**: repensando as escalas de atuação. Porto Alegre: Armazém Digital, 2007. p.49-62.

BAGER, Alex; SECCO, Hélio. **Impactos de rodovias sobre primatas no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2018.

BALSAN, Rosane. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p.123-150, 2006.

BATISTA, Gabriela da Silva. **Monitoramento da fauna Silvestre atropelada no entorno da Floresta Nacional do Tapajós**. Relatório Final 2018 – 2019. Santarém: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2019.

BARBOSA, Priscilla, SCHUMAKER, Nathan H.; BRANDON, Kristin R.; BAGER, Alex; GRILO, Clara. 2020. *Simulating the consequences of roads for wildlife population dynamics*. **Landscape and Urban Planning**, v. 193, 103672, 2020.

BERNARDO, Luís Renato Rezende. **Influência dos fatores naturais e antrópicos no atropelamento de mamíferos na BR-163, Mato Grosso**. Tese [Doutorado em Ecologia]. 236f. Brasília: Universidade de Brasília, 2021.

BIOTA MINAS. **Diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais**: subsídio ao Programa Biota Minas. [E-book]. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009.

BONNET, Xavier; NAULLEAU, Guy; SHINE, Richard. *The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes*. **Biological Conservation**, Boston, v. 89, n. 1, p. 39-50, 1999.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Brasília: Diário Oficial da União, 1998.

BUDZIK, Karolina A.; BUDZIK, Krystian M. *A preliminary report of amphibian mortality patterns on railways*. **Acta Herpetologica**, v. 9, n. 1, p. 103-107, 2014.

BUENO, Cecília; SOUSA, Claudia O. M.; FREITAS, Simone R. *Habitat or matrix: which is more relevant to predict road-kill of vertebrates?* **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, supl. 1, p.228–238, 2015.

CEIA-HASSE, Ana; BORDA-DE-ÁGUA, Luís; GRILO, Clara; PEREIRA, Henrique Miguel. **Global exposure of carnivores to roads**. *Global ecology and biogeography: a journal of macroecology*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.

CAMPOS, Amanda DE; SILVA, Antônio Guilherme Cândido da. Análise da fauna silvestre atropelada e da efetividade das estruturas de proteção da fauna na BR-487 ao lado da Reserva Biológica das Perobas, no Sul do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 13, n. 1, p.1-17, 2023.

CAMPOS, Gabriela Rausse. **Ecologia de ferrovias: análises de lacunas e padrões espaciais de impactos na vida silvestre**. Dissertação [Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais]. 70f. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2023.

CARVALHO, Carine Firmino. **Atropelamento de vertebrados, hotspots de atropelamentos e parâmetros associados, BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba**. Dissertação [Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais]. 86f. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

CAVALLET, Izabel; DIELE-VIEGAS, Luisa; MARIOTTO, P. B.; LANGE, R. R. *Vertebrates' roadkill in the southern region of the Atlantic Forest, Paraná coast – Brazil*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e263311, 2023.

CENTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS EM ECOLOGIA DE ESTRADAS. **Atropelamento de Fauna Selvagem**. 2019. Disponível em: <<http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>>. Acesso em 29 maio 2021.

CERQUEIRA, Rafaela Cobucci; LEONARD, Paul B.; SILVA, Lucas Gonçalves da; BAGER, Alex; CLEVENGER, Anthony P.; JAEGER, Jochen A. G. *et al. Potential movement corridors and high road-kill likelihood do not spatially coincide for felids in Brazil: implications for road mitigation*. **Environmental Management**, v. 67, p.412-423, 2021.

CGM ENGENHARIA. **Infraestrutura**: por que é tão importante para o desenvolvimento? 18. Jun. 2021. Disponível em: <<https://cgmengenharia.com.br/infraestrutura-por-que-e-tao-importante-para-o-desenvolvimento/>>. Acesso em 18 jan. 2021.

CIEZA, Lucila Nathali Pinto. **Mitigação, monitoramento e efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental**: análise da qualidade de Estudos de Impacto Ambiental no Brasil. Dissertação [Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental]. 139f. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2018.

COFFIN, Alisa W. *From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads*. *Journal of Transport Geography*, v. 15, n. 5, p.396-406, 2007.

CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE OF ENDANGERED SPECIES. **Checklist of CITES Species 2022**. Disponível em: <<https://cites.org/eng>>. Acesso em 01 dez. 2022.

CORREA, Paloma Franco do Nascimento Floriano; ANDRADE, Thamires Marques de; ALMEIDA, Gabriela Zinn Oliveira de; ARAUJO, Verônica Garcez de; GUIMARÃES, Juliana Plácido; CHUCRI, Thais Martins. Cirurgia reconstrutiva em cadela atropelada por veículo ferroviário: relato de caso. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 7, p.51884-51899, 2022.

CRAVO, Adriana Paula Bernardo. **Dos impactos à conservação da fauna**: a implantação do campus Lagoa do Sino e a incidência de atropelamentos de animais silvestres. Dissertação [Mestrado em Conservação de Fauna]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2018.

DASOLER, Bibiana Terra. **Fatalidades de mamíferos em ferrovias**: como estimar quantos morrem e planejar mitigação? Dissertação [Mestrado em Ecologia]. 85f. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

DASOLER, Bibiana Terra; KINDEL, Andreas; BEDUSCHI, Júlia; BIASOTTO, Larissa D.; DORNAS, Rubem A. P.; GONÇALVES, Larissa Oliveira *et al.* *The need to consider searcher efficiency and carcass persistence in railway wildlife fatality studies*. *European Journal Wildlife Research*, v. 66, n. 81, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Monitoramento e Mitigação de Atropelamento de Fauna**. [E-book]. Brasília: Ministério dos Transportes; DNIT, 2012.

DESBIEZ, Arnauld Leonard Jean; KLUYBER, Danilo. *The role of giant armadillos (Priodontes maximus) as physical ecosystem engineers*. *Biotropica*, v. 45, n. 5, p.537-540, 2013.

DESBIEZ, Arnaud Leonard Jean; KLUYBER, Danilo; MASSOCATO, Gabriel F.; BARRETO, Lucas Mendes; ATTIAS, Nina. O que sabemos sobre os tatus do Pantanal? Revisão do conhecimento sobre ecologia, biologia, morfologia, saúde, conservação, distribuição e métodos de estudo. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Ciências Naturais**, v. 17, n. 1, p. 11-69, 2022.

DODDE, Paula Arrais Moreira. **Impactos de empreendimentos lineares em terras indígenas na Amazônia Legal**: o caso da BR-230/PA e das Terras Indígenas Mãe Maria, Nova Jacundá

e Sororó. Dissertação [Mestrado em Planejamento Energético]. 184f. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

DORNAS, Rubem A. P.; TEIXEIRA, Fernanda Z.; GONSIOROSKI, Gustavo; NÓBREGA, Rodrigo A. A. *Strain by the train: patterns of toad fatalities on a Brazilian Amazonian railroad. Science of the Total Environ.*, v. 660, p.493-500, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Preservação e conservação da biodiversidade.** [E-book]. Brasília: Embrapa, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Biomass do Brasil.** Disponível em <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-amazonia>> Acesso em 08 fev. 2021.

FAHRIG, L.; RYTWINSKI, T. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, v. 14, n. 1, 2009.

FISCHER, Wagner Augusto. **Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres:** síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal/MS. Dissertação [Mestrado em Ecologia e Conservação]. 43f. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 1997.

FLORIANO, Eduardo Pagel. **Conservação e manejo da fauna silvestre.** [E-book]. Rio Largo: Edição do Autor, 2024.

FONTES, Bruno Lucas; DESBIEZ, Arnauld Leonard Jean; MOSSOCATO, Gabriel Fávero; SRBEK-ARAÚJO, Ana Carolina; SANAIOTTI, Tânia Margarete; BERGALLO, Helena Godoy *et al.* *The local extinction of one of the greatest terrestrial ecosystem engineers, the giant armadillo (Priodontes maximus) in one of its last refuges in the Atlantic Forest will be felt by a large vertebrate community. Global Ecology and Conservation*, v. 24, e01357, 2020.

FORMAN, Richard T. T.; ALEXANDER, Lauren E. *Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics*, p. 207-232, 1998.

GLISTA, David J.; DEVAULT, Travis L.; DEWOOD, J. Andrew. *A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. Landscape and Urban Planning*, v. 91, n. 1, p.1-7, 2009.

GONÇALVES, Rogéria Luzia Wolpp. **Impacto do atropelamento em rodovias sobre a fauna do cerrado.** Dissertação [Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado]. 116f. Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2017.

GRILO, Clara; COIMBRA, Michely R.; CERQUEIRA, Rafaela C.; BARBOSA, Priscilla; DORNAS, Rubem A. P.; GONÇALVES, Larissa O. *et al.* *BRAZIL ROADKILL: a data set of wildlife terrestrial vertebrate roadkills. Ecology*, v. 99, n. 11, p.2625, 2018.

GRILO, Clara; KOROLEVA, Elena; ANDRÁSIK, Richard; BÍL, Michal; GONZÁLEZ-SUÁREZ, Manuela. *Roadkill risk and population vulnerability in European birds and mammals. Ecology*, v. 18, n. 6, p. 323-328, 2020.

GUINARD Éric; JULLIARD, Romain; BARBRAUD, Christophe. *Motorways and bird traffic casualties: carcasses surveys and scavenging bias*. **Biological Conservation**., v. 147, n. 1, p.40-51, 2012.

HAGEL, Carla Grasielle Zanin; CONSALTER, Gabriela Cássia; ZANELLA, Noeli. Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul. **Biotemas**, v. 25, n. 2, p.165-170, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas brasileiros**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS>. Acesso em 18 nov. 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. [E-book]. Brasília: ICMBio; MMA, 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Cobertura vegetal de Minas Gerais**. Disponível em< <http://www.ief.mg.gov.br/florestas>>. Acesso em 17 nov. 2021.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2022-2. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em 03 dez. 2022.

KUYKENDALL, M. Todd; KELLER, Gregory S. *Impacts of roads and corridors on abundance and movement of small mammals on the Llano Estacado of Texas*. **The Southwestern Naturalist**, v. 56, n. 1, p.9-16, 2011.

LIMA, Wallerson Alexandre de Sousa; SOUSA, Jhonatan Peres de; MATOS, Otainan da Silva; SILVA, Fernanda Gabrielle Soares da; OLIVEIRA, Maxwell machado de; PACHECO, Giselle Vieira. Sistemas de drenagem: a importância para a infraestrutura do transporte rodoviário brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p.17813-17831, 2022.

LOURENÇO, Beatriz. **Atropelamentos em rodovias brasileiras ameaçam existência do tatu-canastra**. Revista Galileu, 17 jun. 2020. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Biologia/noticia/2020/06/atropelamentos-em-rodovias-brasileiras-ameacam-existencia-do-tatu-canastra.html#:~:text=%C3%89%20o%20que%20mostra%20um,biomas%20Cerrado%2C%20Pantanal%20e%20Amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 02 jan. 2024.

MEDEIROS, Aline Souza de Menezes. **Vertebrados atropelados na Amazônia: monitoramento em longo prazo, influência do fluxo de veículos e alternância de hotspots em um trecho da Rodovia BR-174, Brasil**. Dissertação [Mestrado em Ecologia]. 48f. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2019.

MEDRANO-VIZCAÍNO, Pablo; GRILO, Clara; GONZÁLEZ-SUÁREZ, Manuela. *Research and conservation priorities to protect wildlife from collisions with vehicles*. **Biological Conservation**, v. 280,109952, 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade brasileira**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>>. Acesso em 17 jan. 2021a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Unidades Conservação – SNUC**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html>>. Acesso em 29 maio 2021b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria GM/MMA nº 300, de 13 de dezembro de 2022. **Reconhece a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção**. Brasília: Diário Oficial da União, 2022.

MITTERMEIER, Russell A.; GIL, Patrício Robles; HOFMANN, Michael; PILGRIM, John. *Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Washington: Cemex, 2004.

MODKOWSKI, Suzielle Paiva. **Revisão dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e proposição de uma nova modalidade a partir de um estudo de caso realizado durante a construção da BR 448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso [Especialização em Inventariamento e Monitoramento de Fauna]. 41f. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

MOTA, T. G.; TELINO, W. R. J.; BAGER, A.; TENÓRIO, J. C. S.; NEVES, R. M. L. Definição de hotspots e estratégias de mitigação para atropelamento de animais vertebrados silvestres. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.8, p.202-214, 2022.

OLIVEIRA, Silvio Lacerda de; BASTOS, Rogério Pereira; LACERDA, Kenia Alves Pereira; LACERDA, Sabrina Enzo Alves; LACERDA, Kevin Enzo Alves. Como a velocidade de avaliação interfere no número de registro de animais atropelados? **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p 63045-63065, 2021.

PAINKOW NETO, Ennio; SILVA, Rodrigo Mariano da. Monitoramento de passagens inferiores de fauna presentes na Ferrovia Norte-Sul, entre os municípios de Porto Nacional/TO e Anápolis/GO (2015 e 2016). **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 11, n. 6, p.36-66, 2017.

PAULA, Rogério Cunha de; DESBIEZ, Arnauld Leonard Jean. *Population viability analysis*. In: CONSORTE-MCCREA, Adriana G.; SANTOS, Eliana Ferraz. **Ecology and conservation of the maned wolf: multidisciplinary perspectives**. London: CRC Press, 2013. p.15-34.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança; MONTEIRO, Ana Lúcia F. B. P. André. **Ciências do ambiente: ecologia, poluição e impacto ambiental**. Rio de Janeiro: Makron Books, 1992.

PINTO, Fernando A. S.; BAGER, Alex; CLEVINGER, Anthony P.; GRILO, Clara. *Giant anteater (Myrmecophaga tridactyla) conservation in Brazil: analysing the relative effects of fragmentation and mortality due to roads*. **Biological Conservation**, v. 228, p.148-157, 2018.

PINTO, Fernando Antônio Silva; BAGER, Alex; CERQUEIRA, Rafaela Cobucci; MILAGRES, Adriana Pereira; MORAIS, Bianca Cruz; SILVA, Priscilla Barbosa Alcantara da *et al.* Diagnóstico do atropelamento de mamíferos silvestres em estradas na bacia do alto

Paraguai. **Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi – Ciências Naturais**, v. 16, n. 3, p.441-458, 2021.

PINTO Fernando Antônio Silva; CIRINO, Douglas William; CERQUEIRA, Rafaela Cobucci; ROSA, Clarissa; FREITAS, Simone Rodrigues. *How many mammals are killed on brazilian roads? Assessing impacts and conservation implications*. **Diversity**, v. 14, n. 10, p.835, 2022.

PINTO, Fernando A. S.; CLEVINGER, Anthony P.; GRILO, Clara. *Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America*. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 81, 106337, 2020.

POP, Daniel-Răzvan; PETRUȘ-VANCEA, Adriana; CICORT, Abigail; MOȘ, Andreea Selena; CUPȘA, Diana. *Road or railway: which is more deadly for the fauna? A puzzling answer from western Romania, 2023*. **North-Western Journal of Zoology**, v. 19, n. 1, p.62-70, 2023.

POPP, J. N.; BOYLE, Sean P. *Railway ecology: underrepresented in science?* **Basic and Applied Ecology**, v. 19, n. 2, p. 84-93, 2017.

PORTAL ÚNICO DO GOVERNO. **DNIT encerra 2021 com diversas entregas pelo país**. 18 de janeiro de 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2022/01/dnit-encerra-2021-com-diversas-entregas-pelo-pais#:~:text=Respons%C3%A1vel%20pela%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20recupera%C3%A7%C3%A3o%20e,quil%C3%B4metros%20de%20rodovias%20novas%20e>>. Acesso em: 08 jun. 2022.

RICO, Adriana; KINDLMANN, Pavel; SEDLÁČEK, Frantisek. *Barrier effects of roads on movements of small mammals*. **Folia Zoologica**, v. 56, n. 1, p.1-12, 2007.

ROCHE, Dominique G.; O'DEA, Rose E.; KERR, Kecia A.; RYTWINSKI, Trina; SCHUSTER, Richard; NGUYEN Vivian M. *et al. Closing the knowledge-action gap in conservation with open science*. **Conservation Biology**, v. 36, n. 3, e13835, 2022.

ROE, John H.; GIBSON, Joanna; KINGSBURY, Bruce A. 2006. *Beyond the wetland border: estimating the impact of roads for two species of water snakes*. **Biological Conservation**, v. 130, n. 2, p.161-168, 2006.

ROSA, Clarissa Alves da; CARDOSO, Thálita de Resende; TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann; BAGER, Alex. *Atropelamento de fauna selvagem: amostragem e análise de dados em ecologia de estradas*. In: BAGER, Alex (org.). **Ecologia de estradas**. Lavras: Editora Universidade Federal de Lavras, 2012, p.79-100.

RYTWINSKI, Trina; SOANES, Kylie; JAEGER, Jochen A. G.; FAHRIG, Lenore; FINDLAY, C. Scott; HOULAHAN, Jeff *et al. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis*. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, e0166941, 2016.

RYTWINSKI, Trina; FAHRIG, Lenore. *Why are some animal populations unaffected or positively affected by roads?* **Oecologia**, v. 173, n. 3, p. 1143-1156, 2013.

RYTWINSKI, Trina; FAHRIG, Lenore. *The impacts of roads and traffic on terrestrial animal populations*. In: VAN DER REE, Rodney; SMITH, Daniel J.; GRILO, Clara (ed.). **Handbook of road ecology**. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015. p. 237-246.

SANTOS, Bruno Lucas Fontes dos. (2020). **Presença e importância do tatu-canastra, *Priodontes maximus* (kerr, 1792), em um dos últimos refúgios para espécie na mata atlântica**: o Complexo Florestal Linhares-Sooretama. Dissertação [Mestrado em Biologia Animal]. 87f. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2020.

SANTOS, Sara M.; CARVALHO, Filipe; MIRA, António. *Current knowledge on wildlife mortality in railways*. In: BORDA-DE-ÁGUA, Luís; BARRIENTOS, Rafael; BEJA, Pedro; PEREIRA, Henrique M. (ed.). **Railway Ecology**. [E-book]. Cham: Springer Open, 2017. p.11-22.

SCHMIDT, Elizabeth M. dos Santos; GABRIEL, Eliana Maria Nicolini. **Lobo-guará: *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) – (Maned-wolf)**. In: Escola do Meio Ambiente Com Vida [online]. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. p.37-38.

SILVA, Fabio Cavitione; PETERS, Felipe Bortolotto; ROTH, Paulo Ricardo de Oliveira; CHRISTOFF, Alexandre Uarth. Mamíferos de médio e **grande porte atropelados por trens no extremo sul do Brasil**. Revista de Iniciação Científica da ULBRA, n. 13, p.19-29, 2015.

SOMBRA JUNIOR, Carlos Antônio. **Ecologia de estradas: problemáticas e medidas de mitigação**. Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade. Campina Grande: Realize Editora, 2020.

STEHMANN, João Renato; SOBRAL, Marcos. Biodiversidade no Brasil. In: SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira; SCHENKEL, Eloir Paulo; MENTZ, Lilian Auler; PETROVICK, Pedro Ros (orgs.). **Farmacognosia do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017, p.3-8.

STEIL, Leoni; DÜPONT, Adriana; LOBO, Eduardo A. Levantamento da fauna silvestre na BR-290 (km 201 a 240), município de Pântano Grande, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa**, v. 28, n. 1, p.13-23, 2016.

SUPERINA, Mariella; MIRANDA, Flávia Regina; ABBA, Agustín Manuel. *The 2010 anteatery red list assessment*. **Edentata**, v.11, n. 2, p.96-114, 2010.

TAYLOR, Brendan D.; GOLDINGAY, Ross L. *Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia*. **Wildlife Research**, v. 37, n. 4, p.320-331, 2010.

TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann. **Fauna atropelada**: estimativas de mortalidade e identificação de zonas de agregação. Dissertação [Mestrado em Ecologia]. 64f. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

TEIXEIRA Fernanda Zimmermann, COELHO, Artur Vicente Pfeifer; ESPERANDIO, Isadora Beraldi; KINDEL, Andreas. *Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal*. **Biological Conservation**, v. 157, p.317-323, 2013.

TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann. *When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation*. *Journal of Applied Ecology*, v. 54, n. 5, p.1544-1551, 2017.

TSUDA, Larissa. **Análise dos atropelamentos de mamíferos em uma rodovia no Estado de São Paulo utilizado Self-Organizing MAPS**. Dissertação [Mestrado em Engenharia de Transportes]. 125f. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018.

VAN DER REE, Rodney; SMITH, Daniel J.; GRILO, Clara (eds.). *Handbook of road ecology*. Chichester: Wiley Blackwell, 2015.

VASCONCELOS, Ana Rita Porto; SILVA, Érika Inácio da; CARVALHO, Aluísio Vasconcelos de. Avaliação dos atropelamentos de animais silvestres na BR-153, trecho Guaraí-Tabocão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, e332101523834, 2021.

VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL FILHO, Antônio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.