

Rodovias sem acostamento e cortes na vegetação têm mais atropelamentos de fauna?

Felipe Santana Machado¹, Fernanda Martins Jerônimo², Ludmila Braga de Oliveira³,
Mayra Gabrielly de Oliveira Batista⁴, Wellington Heleno Flauzino⁵, Aloysio Souza de Moura⁶

¹ Professor, Governo do Estado de Minas Gerais. Escola E. Profa. Celina de R. Vilela. Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Sapucaí. Pesquisador, Laboratório de Ecologia Florestal, Departamento de Ciências Florestais (DCF), Universidade Federal de Lavras (UFLA). epilefsama@hotmail.com

² Estudante Iniciação Científica – ICEB MG (Iniciação Científica na Educação Básica do Estado de Minas Gerais) Escola E. Profa. Celina de R. Vilela. fermjero13@gmail.com

³ Estudante Iniciação Científica – ICEB MG (Iniciação Científica na Educação Básica do Estado de Minas Gerais) Escola E. Profa. Celina de R. Vilela, rua Francisco Valia, 50, Centro, 37498-000, Cordislândia, MG, Brasil. ludmilabragadeoliveira@gmail.com

⁴ Estudante Iniciação Científica – ICEB MG (Iniciação Científica na Educação Básica do Estado de Minas Gerais) Escola E. Profa. Celina de R. Vilela. batistamayragabrielly@gmail.com

⁵ Estudante Iniciação Científica – ICEB MG (Iniciação Científica na Educação Básica do Estado de Minas Gerais) Escola E. Profa. Celina de R. Vilela, rua Francisco Valia, 50, Centro, 37498-000, Cordislândia, MG, Brasil. helenow317@gmail.com

⁶ Doutorando, Laboratório de Ecologia Florestal, Departamento de Ciências Florestais (DCF), Universidade Federal de Lavras (UFLA). thraupidaelo@yahoo.com.br

Recebido em: 04/01/2023

Aceito em: 10/04/2023

Resumo

As rodovias eliminam a diversidade de animais devido aos atropelamentos, alterando padrões ecológicos. O aumento da malha rodoviária não acompanha os avanços da área. A situação é ainda pior para rodovias vicinais, que não recebem a devida atenção dos gestores públicos, pois não possuem acostamento e não tem a vegetação cortada periodicamente. Não se sabe qual a influência da ausência do acostamento e dos cortes periódicos da vegetação no atropelamento de animais, portanto este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar se a ausência de acostamento e vegetação sem cortes periódicos influenciam no número de atropelamentos de animais. Em seguida, descreve-se a diversidade de vertebrados atropelados na LMG-878, bem como sua sazonalidade. Foram comparados os atropelamentos das rodovias MG-265, com acostamento e cortes periódicos da vegetação, e a LMG878, que não possui acostamento e nem cortes periódicos da vegetação. Foram usados testes t com valores totais, bem como os dados relativizados pelo esforço amostral para verificar essa diferença. A LMG878 foi analisada com curvas de acúmulo de espécie, estimador de riqueza para verificar o potencial para atropelamentos e sazonalidade. A comparação com outros relatos de atropelamentos foi realizada por meio dos índices descritos preteritamente em literatura. Assim, conclui-se que as rodovias sem acostamento e com vegetação sem manutenção provocam mais atropelamentos de fauna. A LMG-878 teve 83 atropelamentos de fauna que compreendiam 25 registros de anfíbios, 28 para aves, 25 para mamíferos e cinco para répteis. A diversidade de fauna atropelada pode ser ainda maior que a encontrada, uma vez que as estimativas de animais atropelados não atingiram a estabilidade. A implantação de redutores de velocidade ou passagens de fauna para os locais com maiores atropelamentos é recomendada.

Palavras-chave: Conservação, biodiversidade, redutores de velocidade, padrões ecológicos.

Introdução

Rodovias são divisoras de comunidades de animais, uma vez que a supressão de vegetação, degradação de cursos d'água e desconexões de fragmentos florestais resultam em degradação do habitat, alteração do clima local e consequente aumento da mortalidade da vida silvestre (GRILO et al., 2018; COSTA et al., 2022). As rodovias possuem o aspecto negativo dos atropelamentos, que maximizam perdas da biodiversidade, principalmente quando eliminam indivíduos, afetam os padrões de biodiversidade

e os processos ecológicos (IBISCH et al., 2016; MAXWELL et al., 2016).

Os atropelamentos estão entre as principais causas de mortalidade de espécies animais no Brasil, juntamente com a expansão urbana, produção de energia, atividades mineradoras, poluição e agricultura (IUCN, 2022). Diversos fatores influenciam o número de atropelamentos, como o tipo de rodovia (MACHADO et al., 2016), conectividade da paisagem (GRILO et al., 2011), barreira para movimentos (BHATTACHARYA et al., 2003), comportamentos (KERLEY et al.,

2002), entre outros. No Brasil, esses fatores geram mais de 475 milhões de atropelamentos por ano (SISTEMA URUBU, 2023), afetando dinâmicas populacionais e estruturas de comunidades, com aumento do risco de extinções locais e regionais (GRILO et al., 2018).

A malha rodoviária federal brasileira possui 75.553 mil km (BRASIL, 2022), contudo, aproximadamente 62% têm problemas de conservação (CNT, 2021). Por esse motivo, as grandes rodovias têm sido transferidas para concessionárias que cobram diferentes valores para a manutenção tanto da rodovia, quanto de seus acostamentos e outras adjacências (e.g. vegetação), deixando-as em melhores condições. Essa situação não acontece para as rodovias vicinais, que permanecem em estado de conservação mediano ou ruim (EM, 2023). O baixo rendimento financeiro gerado por essas rodovias com menor fluxo de veículos gera descasos, como a ausência de acostamento e a falta de manutenção (cortes) da vegetação marginal. A falta de acostamento e ausência de cortes periódicos da vegetação nas rodovias vicinais são negligências (SALOMÃO et al., 2019; LIMA, 2022) e não se sabe o seu efeito nos atropelamentos de fauna.

Em Minas Gerais, mais especificamente no sul do estado, a situação das rodovias está particularmente ruim (EM, 2023) e poucos trabalhos abordam resultados de atropelamentos de fauna, inclusive em rodovias vicinais. Estes apenas relatam a diversidade atropelada, ou tecem comparações entre rodovias pavimentadas e não pavimentadas, ou possuem metodologia distinta de demais artigos científicos, como o uso de bicicletas (PRACUCCI et al., 2012; MACHADO et al., 2015).

Assim, suspeita-se que a rodovia sem acostamento e sem cortes periódicos da vegetação possui maior número de atropelamentos, bem como maior registro de atropelamentos em período quente e úmido.

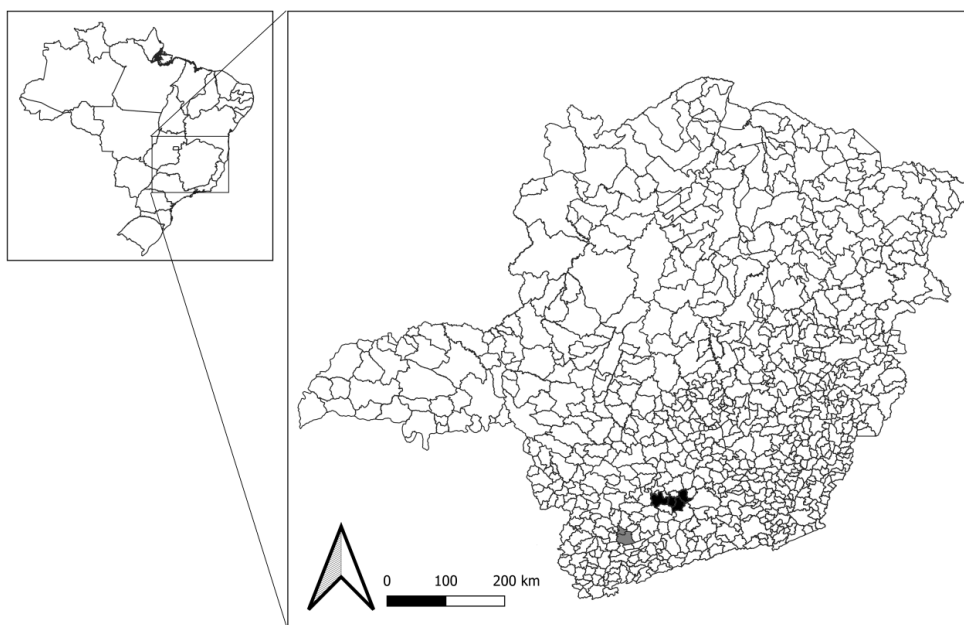
Diante desse contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar se a ausência de acostamento e vegetação sem cortes periódicos influenciam no número de atropelamentos de fauna. Secundariamente, objetivou-se descrever a diversidade de vertebrados atropelados na LMG-878 entre os municípios de São Gonçalo do Sapucaí e Cordislândia (sul do estado de Minas Gerais), bem como a sazonalidade dos registros de atropelamento.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida na LMG-878, que liga os municípios de São Gonçalo do Sapucaí e Cordislândia, no sul do estado de Minas Gerais (Figura 1). A região possui clima do tipo CWA, segundo a classificação de Köppen, com verões chuvosos e invernos secos (ALVARES et al., 2013), sendo que a média de pluviosidade alcança entre 1300 e 1700 mm (SANTOS et al., 1998).

A paisagem da região indicada é multicomposta com cultivo de café, milho e soja, bem como inúmeros fragmentos florestais semidecíduais e diferentes tipos de cerrados. A rodovia possui faixa simples em ambos os sentidos, em torno de 20 m de largura, e tráfego médio de 80 veículos/dia (Figura 2A). O teste para verificar se há diferença significativa entre as rodovias com e sem acostamento e corte da vegetação (conservação marginal) foi realizada com os dados das rodovias asfaltadas de Machado et al. (2015). Este estudo foi realizado na rodovia MG-265, que liga os municípios de Lavras e Nazareno, no sul do estado de Minas Gerais. A região também possui clima do tipo CWA, segundo a classificação de Köppen, com verões chuvosos e invernos secos (ALVARES et al., 2013), clima similar ao da região deste estudo. A MG-265 possui faixa simples em ambos os sentidos, em torno de 20 m de largura e tráfego aproximado de 180 veículos/dia (Figura 2B) (MACHADO et al., 2015).

Figura 1. Mapa da área de estudo. Em preto, a localização da MG 265 entre os municípios de Lavras e Nazareno, e em cinza, a LMG-878 entre os municípios de São Gonçalo do Sapucaí e Cordislândia.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A condição de conservação de ambas as rodovias é precária e há elevado número de buracos na pista, que aumentam a cada estação chuvosa. Contudo, as condições da rodovia LMG-878 são piores, pois ela não possui acostamento e a vegetação é cortada esporadicamente (frequência de corte acima de dois anos). Em algumas regiões da rodovia, a vegetação ocupa um metro e meio em direção ao centro da pista de rodagem (Figura 3).

A LMG-878 foi percorrida duas vezes ao dia. A ida acontecia por volta das 11 h da manhã e o retorno por volta das 18 h da noite. O trecho percorrido contempla 2188,8 km por estação (uma seca e outra chuvosa) e 4377,6 km no total. A amostragem aconteceu para 46 dias na estação chuvosa e quente (final de 2021), bem como outros 46 dias para a seca e fria (meio de 2022). Para cada carcaça avistada foram registradas as coordenadas e a identificação do material *in*

Figura 2. Rodovias usadas comparativamente neste estudo. A letra A representa a rodovia LMG-878 e a B a rodovia MG-265.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 3. Trecho da LMG-878 com falta de manutenção relativa à vegetação das margens. A linha vermelha é referente a 1,5 metros em direção ao centro da pista de rodagem.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

loco. As rodovias foram monitoradas com veículo motorizado com velocidade máxima de 50 km h⁻¹ e dois observadores analisaram tanto o centro quanto as áreas laterais da via (área de fuga).

Informações sobre as espécies seguiram Paglia et al. (2012) e Quintela et al. (2020), com a listagem da Sociedade Brasileira de Mastozoologia (SBM, 2020) para mamíferos. Para anfíbios e répteis foram usadas informações da Sociedade Brasileira de Herpetologia (SBH, 2018), e para aves foram usadas informações do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO, 2021). Dados sobre grau de ameaça foram usados da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2022).

Análises estatísticas

Para avaliar o potencial de novos atropelamentos uma curva de acúmulo de espécies foi criada, baseada no número de registros de atropelamentos pelo número de espécies e seu respectivo intervalo de confiança de 95% (BURNHAM; OVERTON, 1978). Em conjunto, foi criada a curva de estimativa de riqueza, usando o Jackknife de primeira ordem. Para comparar as estações seca e chuvosa com a fria e seca foram criadas duas curvas de acúmulo de espécies, de modo a verificar padrão sazonal de atropelamentos. As curvas foram criadas usando o software EstimateS (COLWELL et al., 2012).

A diferença entre rodovias com e sem acostamento e o corte da vegetação das margens foi apresentada por meio de gráficos de barra. A análise de dados descritivos (gráficos de barra) sintetiza e mostra a tendência central e a dispersão desses dados (REIS, 1996). Essa tendência foi testada por meio de testes t com valores totais e com os dados relativizados pelo esforço amostral. O software Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007) foi utilizado com nível de significância de 95%.

A comparação com outros relatos de atropelamentos no Brasil em literatura científica foi realizada por meio dos índices de Zanzini et al. (2018). Os índices são: IEAS = Índice Espacial de Espécies Atropeladas; IEAN = Índice de Atropelamento de Indivíduos; ITAS = Índice Temporal de Atropelamento de Espécies; ITAN = Índice Temporal de Atropelamento de Indivíduos; IKAS = Índice Linear de Espécies Atropeladas; e IKAN = Índice Linear de Indivíduos Atropelados.

Resultados

Foram registrados 83 atropelamentos de fauna, que compreendiam 25 registros de anfíbios, 28 de aves, 25 de mamíferos e cinco répteis (Figuras 4 e 5). Destaque para três trechos da rodovia com acúmulo de registros de atropelamentos: um dentro do município de Cordislândia, um no município de São Gonçalo do Sapucaí e outro na região limítrofe entre os dois municípios. Esses locais tiveram destaque por provocar mais de 10 atropelamentos acumulados em um trecho de somente dois quilômetros (Figura 6) (Tabela 1).

A espécie identificada com maior número de atropelamentos foi o anfíbio *Rhinella icterica* com 17 registros, seguido da ave *Passer domesticus* (seis registros) e os mamíferos *Felis catus* (5), *Canis familiaris* (4) e *Dasyus novemcinctus* (4) (Tabela 1).

Figura 4. Seis dos registros de atropelamentos deste estudo. "A" representa *Nasua nasua* (21°53'27.33"S 45°36'59.06"O), "B" *Guira guira* (21°53'17.04"S 45°36'10.68"O), "C" *Felis catus* (21°53'53.09"S 45°39'38.66"O), "D" *Sicalis flaveola* (21°53'28.31"S 45°37'2.63"O), "E" *Equus caballus* (21°52'20.19"S 45°40'35.42"O), e "F" *Didelphis albiventris* (21°51'49.19"S 45°40'49.36"O).



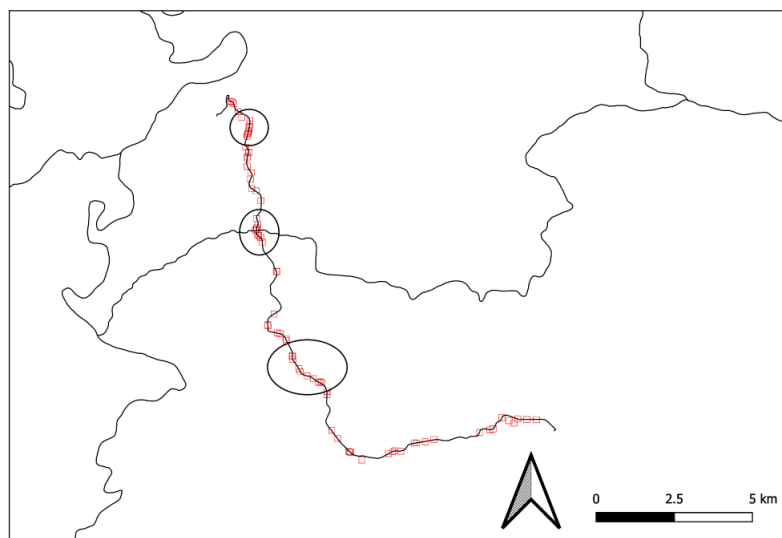
Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 5. Seis dos registros de atropelamentos deste estudo. "A" representa *Rhinella icterica* (21°53'51.70"S 45°38'48.50"O), "B" *Salvator merianae* (21°47'23.17"S 45°41'49.95"O), "C" *Tyrannus savana* (21°53'33.64"S 45°36'35.72"O), "D" *Lepus europeus* (21°52'5.59"S 45°40'42.60"O), "E" *Dasybus novemcinctus* (21°52'28.23"S 45°40'26.31"O), e "F" *Erythrolamprus miliaris* (21°50'32.19"S 45°41'0.50"O).



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 6. Locais dos registros de atropelamentos (marcados com quadrado vermelho). Destaque com o círculo para três regiões com maior número acumulado de atropelamentos.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

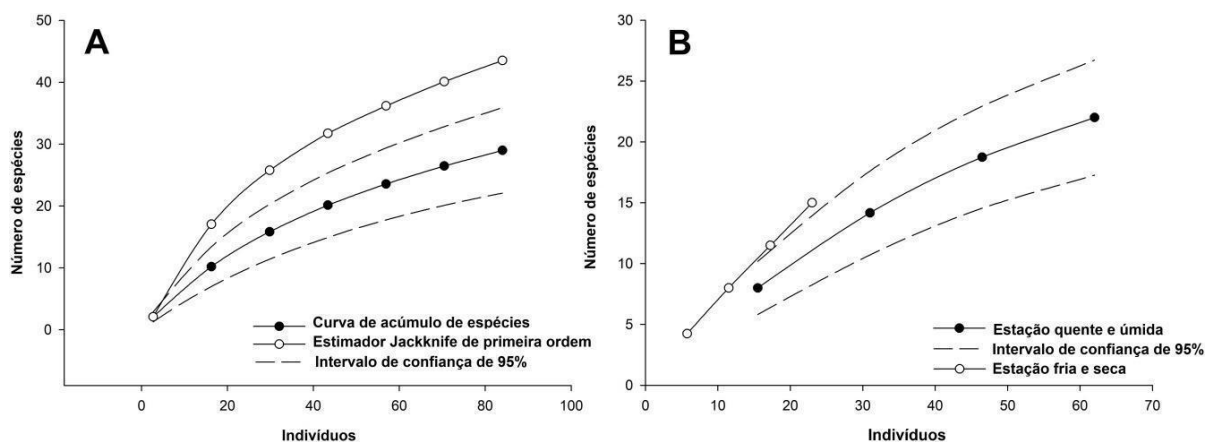
Tabela 1. Lista de espécies de animais atropelados, seu respectivo número de atropelamentos e o status de conservação segundo a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) para os atropelamentos registrados entre os municípios de Cordislândia e São Gonçalo do Sapucaí. NT = Próximo de ameaçado.

Classe	Espécie	Nº de atropelamentos	IUCN
Anfíbios	Família Bufonidae <i>Rhinella icterica</i> (Spix, 1824)	17	-
	Não identificado	8	-
Aves	Família Phasianidae <i>Gallus domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	2	-
	Família Columbidae <i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	3	-
	Família Cuculidae <i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	3	-
	<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	2	-
	Família Apodidae <i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907	1	-
	Família Cathartidae <i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	3	-
	Família Tyrannidae <i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	2	-
	<i>Tyrannus savana</i> Daudin, 1802	1	-
	Família Passeridae <i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	6	-
	Família Icteridae <i>Pseudoleistes guirahuro</i> (Vieillot, 1819)	1	-
	Família Thraupidae <i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	3	-
	Não identificado	1	-

Classe	Espécie	Nº de atropelamentos	IUCN
Mamíferos	Família Didelphidae <i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	3	-
	Família Dasypodidae <i>Dasypus novemcinctus</i> (Lineu, 1758)	4	-
	Família Equidae <i>Equus caballus</i> Boddaert, 1785	3	-
	Família Canidae <i>Canis familiaris</i> Linnaeus, 1758	4	-
	<i>Lycalopex vetulus</i> (Lund, 1842)	1	NT
	Família Felidae <i>Felis catus</i> (Linnaeus, 1758)	5	-
	Família Mephitidae <i>Conepatus semistriatus</i> Boddaert, 1785	1	-
	Família Procyonidae <i>Nasua nasua</i> Lineu, 1766	1	-
	Família Leporidae <i>Lepus europeus</i> Pallas, 1778	1	-
	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	1	-
Família Cricetidae <i>Oligoryzomys</i> sp. (Olfers, 1818)	1	-	
Répteis	Família Teiidae <i>Salvator merianae</i> AM.C. Duméril & Bibron, 1839	1	-
	Família Colubridae <i>Erythrolamprus miliaris</i> (Linnaeus, 1758)	1	-
	<i>Ophiodes striatus</i> (Spix, 1824)	1	-
	Família Viperidae <i>Crotalus durissus</i> Linnaeus, 1758	2	-

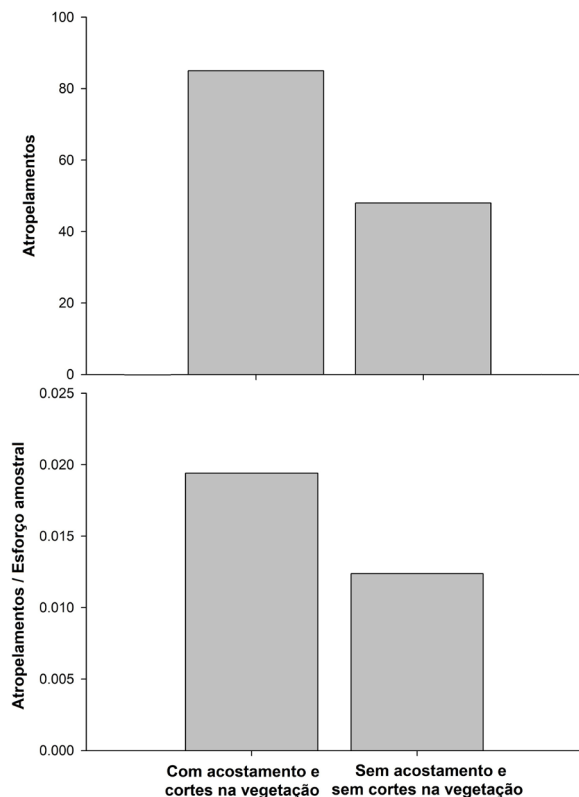
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 7. Curvas de acúmulo de espécies, intervalos de confiança de 95% e estimador de riqueza de primeira ordem para a área de estudo. “A” representa a curva de acúmulo de espécies geral do estudo e seu respectivo intervalo de confiança e estimador de riqueza. “B” representa duas curvas das estações, separadamente, sendo que a estação quente e úmida apresenta seu respectivo intervalo de confiança.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 8. Diferenças entre os atropelamentos em rodovia com e sem acostamento, com valores totais (acima) e relativizados pelo esforço amostral (abaixo).



Fonte: Elaborada pelos autores (2023) e Machado et al. (2015).

A curva de acúmulo de espécies não alcançou a assíntota, e de acordo com o estimador Jackknife de primeira ordem o número de atropelamentos alcançou 66,64% do que poderia ser encontrado (Figura 7A). Houve mais atropelamentos no período quente e chuvoso (Figura 7B).

O número de atropelamentos na rodovia deste estudo, sem acostamento e manutenção, é maior em relação àquele registrado por Machado et al. (2015), em rodovia com acostamento e poda regular da vegetação marginal. Essa situação acontece tanto para os valores totais quanto para os valores relativizados pelo esforço amostral, comprovado pela significância do teste t (Figura 8) (Tabela 2).

Os índices de atropelamentos possuem valores intermediários quando comparados com outros estudos desenvolvidos no Brasil, pois obteve-se 0,0066 espécies/km; 0,0189 indivíduos atropelados/km; 0,63 espécies/campanha de monitoramento; 1,8 indivíduos/campanha de monitoramento; 150,95 km/espécie atropelada e 52,74 km viajados/indivíduo atropelado (Tabela 3).

Tabela 2. Teste t para a comparação de valores totais e relativizados pelo esforço amostral da rodovia com e sem acostamento/manutenção (corte) da vegetação.

	Teste	Valor
Valores totais	T	4.52
	P	<0.05
Relativizados	T	3.60
	P	<0.05

Fonte: Elaborada pelos autores (2023) e Machado et al. (2015).

Tabela 3. Tabela comparativa com os índices de atropelamentos entre artigos publicados no Brasil.

Índice	Este estudo	Machado et al., 2015	Zanzini et al., 2018	Bastos et al., 2019
IEAS	0,01	0,01	0,01	0,12
IEAN	0,02	0,12	0,01	0,29
IKAS	150,95	215,41	306,66	8,53
ITAS	0,63	0,43	0,38	1,71
ITAN	1,80	1,14	1,00	4,17
IKAN	52,74	80,78	115	3,50

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Discussão

O reduzido investimento nas rodovias brasileiras gera aumento no número de acidentes (KRAMER, 2021). A deficiência de recursos para essa infraestrutura resulta na ausência de acostamento e vegetação marginal sem cortes periódicos, principalmente em rodovias vicinais, como é o caso da LMG-878. Os resultados desta pesquisa revelam que há diferença significativa, com maior número de atropelamentos em rodovias sem acostamento e com vegetação marginal. Isso sugere que os animais não percebem o limite entre a rodovia e a vegetação, logo, invadem a área de rodagem, mesmo estando cobertos de gramíneas. Isso acontece porque as gramíneas laterais possuem alguns metros de altura e seu decaimento lateral avança sobre a rodovia, invadindo-a alguns metros e dando a impressão de proteção para o animal, porém já em área com possibilidade de atropelamento.

Do ponto de vista regional, a área de estudo merece atenção especial, pois se trata de uma região pouco urbanizada com elevado número de fragmentos florestais de médio e grande porte. Os municípios de Cordislândia e São Gonçalo do Sapucaí contêm aproximadamente 3000 e 25000 habitantes, respectivamente (IBGE, 2022). Logo, mesmo a rodovia não tendo previsão de construção de acostamento e sem datas previstas para a manutenção da vegetação marginal, a construção de redutores de velocidade, bem como trabalho de educação no trânsito enfatizando o respeito à fauna podem mitigar tais efeitos.

A área que circunda a LMG-878 tem diversidade faunística de destaque no cenário regional, uma vez que a composição das espécies atropeladas inclui espécies também registradas em inventários faunísticos no sul de Minas Gerais e no Sudeste brasileiro (ALVES et al., 2022; MACHADO et al., 2016; MACHADO et al., 2017; MORAIS et al., 2018 para mamíferos; MOURA et al., 2022; MOURA et al., 2021a; MOURA et al., 2021b; MOURA et al., 2020 para aves;

CARVALHO, 2010; SOUZA et al., 2010; NOVELLI et al., 2012; para reptéis; e GUIMARÃES et al., 2020; MONTEIRO-LEONEL, 2004, para anfíbios).

Assim, os atropelamentos são fator de preocupação quando se nota que nenhuma curva de acúmulo de espécies deste estudo possui assíntota. Portanto, a diversidade atropelada pode ser ainda maior que a encontrada, o que demanda novos estudos para fins de conservação e preservação. Houve mais atropelamentos no período quente e chuvoso, uma vez que a curva do período frio e seco está fora do intervalo de confiança de 95%. Somente para os mamíferos, por exemplo, Zanzini et al. (2018) registraram atropelamentos de indivíduos de 18 espécies e Machado et al. (2015) registraram atropelamentos de indivíduos de oito espécies, neste trabalho foram registrados atropelamentos de indivíduos de 11 espécies, demonstrando estar em consonância com outros estudos no Brasil. Além disso, os índices da Tabela 3 têm alguns valores aproximados entre diferentes pesquisas realizadas em território brasileiro.

O maior número de atropelamentos na estação quente e chuvosa é resultado de maior produção primária da vegetação marginal. O aumento da produção primária gera maior disponibilidade de recursos alimentares para a fauna. Essas reservas são comumente utilizadas para fins reprodutivos, ou seja, para maior quantidade de filhotes e adaptação para os períodos de estiagem. Esse comportamento na base da teia alimentar gera um efeito cascata para os demais níveis tróficos. Assim, o número de deslocamentos durante a estação chuvosa aumenta devido aos comportamentos de forrageamento e acasalamento (MACHADO et al., 2015), acentuado pela ausência de acostamento e vegetação marginal.

Entre as espécies registradas, somente *L. vetulus* está alocada na categoria de ameaça NT (Near Threatened - Espécie quase ameaçada) da IUCN. Isso merece destaque,

pois demonstra a necessidade de intervenções dos poderes estaduais, e principalmente dos municipais, para redução dos atropelamentos e conservação da fauna regional (sugestão de mitigação similar a MACHADO et al., 2015). Enfatiza-se a conservação da área também por estar alocada em região ecotonal entre dois domínios morfoclimáticos considerados *hotspots* de conservação mundial, a Mata Atlântica e o Cerrado (MYERS et al., 2000).

Também constatou-se neste estudo que a alta taxa de atropelamentos para *R. icterica* está em consonância com Grilo et al. (2018), visto que é uma das cinco espécies com maior número de atropelamentos no Brasil, contudo contradiz os resultados de Machado et al. (2015), diante da ausência de registros de anfíbios. De fato, há duas explicações para o maior registro de atropelamentos de anfíbios, sendo a primeira pela elevada precipitação do período amostral (início de 2022) (INMET, 2022), o que gera um maior número de atropelamentos (PEREIRA et al., 2018), bem como maior número de fragmentos florestais que margeiam a rodovia. Há relatos de que os anfíbios não são atraídos pelas rodovias, porém têm necessidade de deslocamento nos períodos reprodutivos (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009), que coincidem majoritariamente com períodos chuvosos.

Os demais registros de alta incidência de atropelamentos deste estudo são para animais sinantrópicos ou domésticos, como *P. domesticus*, *F. catus* e *C. familiaris*. O aumento dessas populações está associado à ampla plasticidade fenotípica e a presença acentuada de gramíneas com sementes, que é alimento abundante para aves (SICK, 1997), bem como pela presença de carcaças, que podem servir como alimentos de alguns cães e gatos (FREITAS, 2009). Além disso, estas espécies possuem elevada mobilidade dentro das suas áreas de vida e atração pelo habitat da rodovia, o que aumenta o número de atropelamentos (FORMAN et al., 2003) e por estarem associados a ambientes humanos com fluxo de transportes (MONJE-NAJERA, 1996).

Este estudo é uma iniciativa pioneira sobre impactos dos atropelamentos de vertebrados em região ecotonal entre o Cerrado e Mata Atlântica no sul do estado de Minas Gerais. O registro da composição desta pesquisa demonstra que novos estudos precisam ser desenvolvidos para apontar os *hotsites* de atropelamentos para inclusão de métodos mitigatórios a fim de reduzir atropelamentos e auxiliar na manutenção da fauna silvestre. Este trabalho foi desenvolvido em rodovias vicinais, porém os estudos com rodovias maiores podem gerar um panorama mais grave, diante do maior fluxo de veículos.

Conclusões

Finalmente, conclui-se que as rodovias sem acostamento e com vegetação sem manutenção possuem mais atropelamentos de fauna. Além disso, a LMG-878 que compreende os municípios de São Gonçalo do Sapucaí e Cordislândia tem fauna atropelada relevante regionalmente. Contudo, diversidade ainda superior pode ser encontrada atropelada, uma vez que todas as curvas de acúmulo de espécies não estabilizaram, com maiores índices de atropelamentos no período do verão quente e chuvoso. Diante desse cenário, a implantação de redutores de velocidade ou passagens de fauna para os três locais com maiores atropelamentos é recomendado, bem como o incentivo de mais estudos para compreensão dos fatores intrínsecos relacionados aos atropelamentos. A instalação de métodos de proteção à fauna tem se mostrado eficaz na redução da mortalidade de diferentes grupos taxonômicos, porém não são totalmente eficientes e requerem constante manutenção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Governo do Estado de Minas Gerais, que por meio da Resolução Secretaria Estadual de Educação (SEE) no. 4.725, de 03 de maio de 2022 instituiu o

Programa de Iniciação Científica na Educação Básica e por meio do edital 09/2021 da SEE foi parcialmente financiado.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, C. S.; SOUZA, J. P. M. E.; MOURA, A. S.; MACHADO, F. S.; ZANZINI, A. C. S.; FONTES, M. A. L. Diversidade de mamíferos de médio e grande porte do Parque Estadual Serra de Boa Esperança, Minas Gerais, Sudeste Brasileiro. **Biodiversidade Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2022.

AYRES, M.; AYRES JR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: IDSM, 2007. 364p.

BASTOS, D. F. O.; SOUZA, R. A. T.; ZINA, J.; ROSA, C. A. Seasonal and spatial variation of road-killed vertebrates on BR-330, southwest Bahia, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 23, n. 3, p. 388-402, 2019.

BHATTACHARYA, M.; PRIMACK, R. B.; GERWEIN, J. Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area. **Biological Conservation**, v. 109, n. 1, p. 37-45, 2003.

BRASIL. 2022. **Malha rodoviária federal**. Disponível em https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre_antigo/rodovias-federais/rodovias-federais-informacoes-gerais-sistema-federal-de-viacao. Acesso em: 05 de dez. 2022.

BURNHAM, K. P.; OVERTON, W. S. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. **Biometrika**, v. 65, n. 3, p. 625-633, 1978.

CARVALHO, J. A. Diversidades de serpentes do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. **Acta Tecnológica**, v. 5, n. 1, p. 55-69, 2010.

CBRO. Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2021. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s43388-021-00058-x> Acesso em: 26 mar. 2023.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de Rodovias. Disponível em <https://cnt.org.br/pesquisa-rodovias> Acesso em: 05 dez. 2021.

COLWELL, R. K.; CHAO, A.; GOTELLI, N. J.; LIN, S.; MAO, C. X.; CHAZDON, R. L.; LONGINO, J. T. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology**, v. 5, n. 1, p. 3-21, 2012.

COSTA, C. R.; MILHOMEM, R. S.; DE SOUSA ALMEIDA, W. M.; OLIVEIRA, P. P. Rodovias brasileiras: Importância dos dispositivos para passagem de fauna. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, e58911730487, 2022.

EM. Estradas estaduais de Minas à base de tapa-buraco. 2023. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/02/15/interna_gerais,1457605/estradas-estaduais-de-minas-a-base-de-tapa-buraco.shtml Acesso em: 16 mar. 2023.

FAHRIG, L.; RYTWINSKI, T. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. **Ecology and Society**, v. 14, n. 1, p. 1-20, 2009.

FORMAN, R. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. C. Road ecology: science and solutions. Island press, Washington. 2003. 481p.

FREITAS, C. H. **Atropelamento de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da fauna.** 2009. 92 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, SP.

GRILO, C.; ASCENSÃO, F.; SANTOS-REIS, M.; BISSONETTE, J. A. Do well-connected landscapes promote road-related mortality? **European Journal of Wildlife Research**, v. 57, n. 1, p. 707-716, 2011.

GRILO, C.; COIMBRA, M. R.; CERQUEIRA, R. C.; BARBOSA, P.; DORNAS, R. A.; GONÇALVES, L. O.; TEIXEIRA, F. Z.; COELHO, I. P.; SCHMIDT, B. R.; PACHECO, D. L. K.; SCHUCK, G.; ESPERANDO, I. B.; ANZA, J. A.; BEDUSCHI, J.; OLIVEIRA, N. R.; PINHEIRO, P. F.; BAGER, A.; SECCO, H.; GUERREIRO, M.; CARVALHO, C. F.; VELOSO, A. C.; CUSTÓDIO, A. E. I.; MARÇAL JR., O.; CIOCHETI, G.; ASSIS, J.; RIBEIRO, M. C.; FRANCISCO, B. S. S.; CHEREM, J. J.; TRIGO, T. C.; JARDIM, M. M. A.; FRANCESCHI, I. C.; ESPINOSA, C.; TIRELLI, F. P.; ROCHA, V. J.; SEKIAMA, M. L.; BARBOSA, G. P.; ROSSI, H. R.; MOREIRA, T. C.; CERVINI, M.; ROSA, C. A.; SILVA, L. G.; FERREIRA, C. M. M.; CÉSAR, A.; CASELLA, J.; MENDES, S. L.; ZINA, J.; BASTOS, D. F. O.; SOUZA, R. A. T.; HARTMANN, P. A.; DEFFACI, A. C. G.; MULINARI, J.; LUZZI, S. C.; REZZADORI, T.; KOLCENTI, C.; REIS, T. X.; FONSECA, V. S. C.; GIORGI, C. F.; MIGLIORINI, R. P.; BENHUR KASPER, C.; BUENO, C.; SOBANSKI, M.; PEREIRA, A. P. F. G.; ANDRADE, F. A. G.; FERNANDES, M. E. B.; CORRÊA, L. L. C.; NEPOMUCENO,

A.; BANHOS, A.; HANNIBAL, W.; FONSECA, R.; COSTA, L. A.; MEDICI, E. P.; CROCE, A.; WERTHER, K.; OLIVEIRA, J. P.; RIBEIRO, J. M.; SANTI, M.; KAWANAMI, A. E.; PERLES, L.; COUTO, C.; FIGUEIRÓ, D. S.; EIZIRIK, E.; CORREIA JR., A. A.; CORRÊA, F. M.; QUEIROLO, D.; QUAGLIATTO, A. L.; SARANHOLI, B. H.; GALETTI JR., P. M.; RODRIGUEZ-CASTRO, K. G.; BRAZ, V. S.; FRANÇA, F. G. R.; BUSS, G.; REZINI, J. A.; LION, M. B.; CHEIDA, C. C.; LACERDA, A. C. R.; FREITAS, C. H.; VENÂNCIO, F.; ADANIA, C. H.; BATISTELI, A. F.; HEGEL, C. G. Z.; MANTOVANI, J. A.; RODRIGUES, F. H. G.; BAGATINI, T.; CURI, N. H. A.; EMMERT, L.; ERDMANN, R. H.; COSTA, R. R. G. F.; MARTINELLI, A.; SANTOS, C. V. F.; KINDEL, A. Brazil Road-kill: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills. **Ecology**, v. 99, n. 11, p. 2625, 2018.

GUIMARÃES, M. V. B.; PEREIRA, J. A.; FRANCISCO, J. P.; DE SOUZA, M. M.; BARROS, A. B. Anurofauna (Amphibia) do sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 4, p. 54-66, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações sobre os municípios de Cordislândia e São Gonçalo do Sapucaí, MG. 2022.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 31 dez. 2022.

IBISCH, P. L.; HOFFMANN, M. T.; KREFT, S.; PE'ER, G.; KATI, V.; BIBER-FREUDENBERGER, L.; DELLASALA, D. A.; VALE, M. M.; HOBSON, P. R.; SELVA, N. A global map of roadless areas and their conservation status. **Science**, v. 354, n. 6318, p. 1423–1427, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aaf7166> Acesso em: 31 dez. 2022.

INMET. **Balanco Climatológico.** 2022. Disponível em https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/boletim_5dis_20220307-este-final.pdf Acesso em: 13 set. 2022.

IUCN. **The IUCN red list of threatened species.** Version 2021-3. 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

KERLEY, L. L.; GOODRICH, J. M.; MIQUELLE, D. G.; SMIRNOV, E. N.; QUIGLEY, H. B.; HORNOCKER, M. G. Effects of roads and human disturbance on Amur tigers. **Conservation Biology**, v. 16, n. 1, p. 97–108, 2002.

KRAMER, V. **Falta de dinheiro público e problemas em concessões reduzem investimento em rodovias.** 2021. Disponível em <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/investimento-rodovias-cai-falta-dinheiro-publico-problema-concessoes/> Acesso em: 13 set. 2022

LIMA, E. **Estradas abandonadas.** 2022. Disponível em: <https://istoe.com.br/estradas-abandonadas/> Acesso em: 20 mar. 2023.

MACHADO, F. S.; ALMEIDA, A. F.; BARROS, D. A.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, R. A.; PEREIRA, A. A. S. Diversity of medium and large -sized mammals at Atlantic Forest remnants in the south of Minas Gerais State, Brazil. **Check List**, v. 12, n. 5, p. 1-7, 2016.

MACHADO, F. S.; FONTES, M. A. L.; MENDES, P. B.; MOURA, A. S.; ROMAO, B. S. Roadkill on vertebrates in Brazil: seasonal variation and road type comparison. **North-Western Journal of Zoology**, v. 11, n. 2, p. 151702, 2015.

MACHADO, F. S.; MOURA, A. S.; SANTOS, K. K.; MENDES, P. B.; ABREU, T. C. K.; FONTES, M. A. L. Registros ocasionais de mamíferos de médio e grande porte na microrregião de Lavras e São João del Rei, Campo das Vertentes, Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 1, p. 35-44, 2017.

MAXWELL, S. L.; FULLER, R. A.; BROOKS, T. M.; WATSON, J. E. M. Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. **Nature**, v. 536, n. 7615, p. 143-145, 2016.

MONJE-NAJERA, J. Vertebrate mortality on tropical highways: the Costa Rican case. Mortalidad de vertebrados en las carreteras tropicales: el caso de Costa Rica. **Vida Silvestre Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 154-156, 1996.

MONTEIRO-LEONEL, A. C. **Herpetofauna do planalto de Poços de Caldas, sul de Minas Gerais.** 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 84 p.

MORAIS, T. A.; ROSA, C. A.; MACHADO, F. S.; PASSAMANI, M. Mamíferos de médio e grande porte da Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, Sul de Minas Gerais, Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia**, v. 83, n. 2, p. 152-158, 2018.

MOURA, A. S.; MACHADO, F. S.; MARIANO, R. F.; LEITE, L. H.; FONTES, M. A. L. Comunidade de aves em campos rupestres de um ecótono de Mata Atlântica- Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2021a.

MOURA, A. S.; MACHADO, F. S.; MARIANO, R. F.; SOUZA, C. R.; FONTES, M. A. L. Bird community of upper-montane rupestrian fields in South of Minas Gerais State, Southeastern Brazil. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 42, n. 1, p. e48765, 2020.

MOURA, A. S.; MACHADO, F. S.; MARIANO, R. F.; SOUZA, C. R.; MENGEZ, U. C. L.; FONTES, M. A. L. Mesoscale bird distribution pattern in montane phytophysionomies along an ecotone between two hotspots. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 43, p. e56931, 2021b.

MOURA, A. S.; MARIANO, R. F.; MACHADO, F. S.; SOUZA, C. R.; SILVEIRA JUNIOR, W. J.; CORRÊA, B. S.; FONTES, M.A.L. Do bird communities of neotropical monodominant forests have their own identity? The case of *Eremanthus erythropappus* forests. **Cerne**, v. 28, n. 1, p. e-103015, 2022.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NOVELLI, I. A., LUCAS, P. D. S., CARVALHO, R. G. D., SANTOS, R. C., SOUSA, B. M. D. Lagartos de áreas de Cerrado na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, Ingaí, sul de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, p. 147-153, 2012.
- PAGLIA, A. P., DA FONSECA, G. A., RYLANDS, A. B., HERRMANN, G., AGUIAR, L. M., CHIARELLO, A. G.; PATTON, J. L. Annotated checklist of Brazilian mammals. **Occasional Papers in conservation biology**, v. 6, n. 1, p. 1-82, 2012.
- PEREIRA, A. N.; CALABUIG, C.; WACHLEVSKI, M. Less impacted or simply neglected? Anuran mortality on roads in the Brazilian semiarid zone. **Journal of Arid Environments**, v. 150, n. 1, p. 28-33, 2018.
- PRACUCCI, A.; DA ROSA, C. A.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais-Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-79, 2012.
- QUINTELA, F.; DA ROSA, C. A.; FEIJO, A. Updated and annotated checklist of recent mammals from Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. Suppl. 2, p. e20191004, 2020.
- REIS, E. **Estatística descritiva**. Lisboa: Edições Sílabo, 1996. 248p.
- SALOMÃO, P. E. A.; DE MELLO PEREIRA, R.; DE CARVALHO, P. H. V.; RIBEIRO, P. T. A importância dos serviços de conservação em rodovias pavimentadas. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 8, p. e16881189, 2019.
- SANTOS, M.; NETO, A. T. B.; PELEGRINI, L. R. **Relatório técnico para licenciamento ambiental**. Prefeitura Municipal de Pouso Alegre. 1998. 107 p.
- SBH. Sociedade Brasileira de Herpetologia. 2018. Disponível em <https://sbherpetologia.org.br/lista-repteis-sbh-copy-copy> Acesso em: 26 mar. 2023.
- SBM. Sociedade Brasileira de Mastozoologia. Lista de mamíferos do Brasil. 2020. Disponível em https://www.sbmz.org/mamiferos-do-brasil/?fbclid=IwAR2I2UeUQpZHv2P38_run4ACeZlsdv13lvhv-PTOM1rN8NZWxOYQtDCT6Hk Acesso em: 31 dez. 2022.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 910 p.
- SISTEMA URUBU. **Atropelamento de animais em rodovias brasileiras**. 2023. Disponível em <https://sistemaurubu.com.br/dados/> Acesso em: 14 mar. 2023.
- SOUSA, B. M. D.; NASCIMENTO, A. E. R. D.; GOMIDES, S. C.; RIOS, C. H. V.; HUDSON, A. D. A.; NOVELLI, I. A. Répteis em fragmentos de Cerrado e Mata Atlântica no Campo das Vertentes, estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 129-138, 2010.
- ZANZINI, A. C. S.; MACHADO, F. S.; OLIVEIRA, J. E.; OLIVEIRA, E. C. M. Roadkills of medium and large-sized mammals on highway Br-242, Midwest Brazil: a proposal of new indexes for evaluating animal roadkill rates. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 3, p. 248-257, 2018.