

ANIMAIS NA ESTRADA: *HOTSPOTS* DE ATROPELAMENTO NA RODOVIA MG 491 E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM

Danna Perondi Ferreira¹
Érica Hasui²

Biodiversidade e Conservação

Resumo

As rodovias podem gerar impactos negativos no meio ambiente, fragmentando o espaço, alterando habitats, criando barreiras à dispersão de indivíduos e provocando colisões de veículos com animais, resultando em atropelamentos fatais. O intuito deste trabalho foi avaliar os atropelamentos de animais silvestres na rodovia MG 491 entre Alfenas e Varginha, Minas Gerais, a fim de determinar os *hotspots* (pontos críticos de atropelamento) e os *coldspots* (pontos com menor taxa de atropelamento), e sua relação com a paisagem. Foram coletados dados de atropelamentos no trecho, incluindo identificação do animal e coordenadas geográficas. A análise do padrão de atropelamentos foi realizada através do Hot Spot Analysis - ArcGis, e da comparação dos modelos de variáveis da paisagem: (1) porcentagem de vegetação florestal e de vegetação natural para quatro dimensões de buffer; (2) distância para vegetação natural, cursos d'água, silviculturas, áreas urbanas, pastos, e corpos d'água; e (3) área de vegetação florestal e vegetação natural e área conectada de vegetação natural. Foram encontrados 189 animais atropelados entre outubro de 2023 e abril de 2024, e os *hotspots* concentraram-se entre o km 210 e km 218 da rodovia. Os modelos selecionados pela regressão logística foram a porcentagem de vegetação florestal e a distância para silvicultura. Através dos resultados obtidos, foi confirmada a presença de *hotspots* de atropelamento na rodovia e sua relação com elementos da paisagem, evidenciando assim a necessidade de medidas mitigadoras que sejam eficazes para a redução de atropelamentos, para preservação da fauna e para a segurança dos viajantes.

Palavras-chave: Ecologia de estradas; Ecologia de paisagem; Fragmentação; Movimento de fauna; Mortalidade.

¹Graduada em Ciências Biológicas Bacharelado - Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL MG, dannaperreira@hotmail.com

²Profa. Dra. da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL MG, Instituto de Ciências da Natureza, ericahasui@gmail.com

INTRODUÇÃO

Ao longo de décadas a cobertura da vegetação e o uso da terra são alterados para atender às demandas do ser humano, como a expansão de áreas de cultivo e pastagem, construção de indústrias, crescimento de áreas urbanas e abertura de novas rodovias (Dobrovolski et al., 2011; Freitas et al., 2010; Soares-Filho et al., 2004). Embora as rodovias sejam essenciais para o desenvolvimento humano, sua construção provoca a fragmentação e a perda de habitats, e durante sua operação, elas comprometem a segurança dos deslocamentos naturais dos animais, os colocando em risco de atropelamento (Laurence et al., 2009; Goosem et al., 1997). Quando o movimento da fauna pela paisagem não é bem-sucedido, diversos processos biológicos podem ser comprometidos, como forrageamento, acasalamento e fluxo gênico, impossibilitando também que os indivíduos realizem uma redistribuição em resposta às mudanças no ambiente (Zeller et al., 2012). Os atropelamentos, por sua vez, alteram a dinâmica de populações ao reduzir o número de indivíduos, podendo levar a extinções locais (Ceia-Hasse et al., 2017; Laurence et al., 2009).

Para reduzir os impactos que as rodovias causam na vida silvestre e promovendo também a segurança dos viajantes, surgiu o ramo de Ecologia de Estradas voltada para encontrar meios de mitigação e integração das rodovias com a paisagem (Abra, 2012). Estudos envolvendo monitoramento de estradas e coletas de dados de atropelamentos mostram que em alguns locais onde as ocorrências não são aleatórias, é possível determinar *hotspots* - pontos críticos de atropelamentos (Malo et al., 2004; Ramp et al., 2005), ou seja, diagnosticar quais pontos da rodovia apresentam maiores taxas de atropelamento, para garantir uma melhor avaliação das possíveis medidas mitigadoras.

A rodovia MG 491, antes sob administração estadual, foi leiloadada em setembro de 2023 no Programa de Concessões Rodoviárias do Governo do Estado de Minas Gerais para o grupo EPR Vias do Café (Parcerias MG, 2023), cujo contrato terá duração de 30 anos. O trecho em questão não possui medidas mitigadoras para o atropelamento de

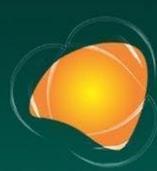
animais, e dessa forma, surge a necessidade de levantar dados atualizados sobre os atropelamentos de animais na via, incluindo a localização dos *hotspots*, o ranking de espécies atropeladas e as características da paisagem que podem estar relacionadas com os atropelamentos.

Neste contexto, nossa hipótese assume a existência de pontos críticos de atropelamento de animais silvestres na rodovia MG 491 entre os municípios de Alfenas - MG e Varginha - MG, e que eles devem estar relacionados com determinados elementos da paisagem, tais como proximidade com matas florestais e cursos d'água. A partir da combinação dessas informações, é possível avaliar quais e onde as medidas mitigadoras poderiam ser implantadas, garantindo eficácia para o movimento de espécies na paisagem e reduzindo a frequência de atropelamentos de vida silvestre, além de também garantir maior segurança aos motoristas e passageiros.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado na rodovia MG 491, no sul de Minas Gerais, entre os municípios de Alfenas e Varginha, com extensão de 63,5 km. Foram realizadas buscas ativas de animais atropelados na rodovia semanalmente durante 7 meses, entre outubro de 2023 e maio de 2024, totalizando 20 coletas. Nos locais onde foi encontrada alguma carcaça de animal, foi realizado o registro da data, do horário e das coordenadas geográficas do ponto através de GPS (Global Positioning System), além de medição do comprimento do animal (em centímetros) e registro fotográfico para identificação. Os animais foram identificados e organizados de acordo com a classe (mamífero, ave, réptil ou anfíbio) e natureza (silvestre ou doméstico). As espécies também foram classificadas quanto ao grau de ameaça de extinção de acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2024), com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022) e com Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM, 2010).

A partir das coordenadas geográficas dos pontos de atropelamento (pontos de presença), foi criado um buffer de 200 metros para cada ponto utilizando o software QGIS



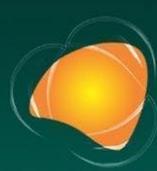
EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

(QGIS Team Developer, 2014) versão 3.28.2 e foram gerados 50 pontos aleatórios distribuídos fora do buffer de atropelamento (pontos de ausência). As análises de *hotspots* e *coldspots* de atropelamentos foram realizadas pelo cálculo de estatística *Getis-Ord Gi*, através da ferramenta *Hot Spot Analysis* da plataforma ArcGIS (ESRI 2010), que determinou os pontos críticos de atropelamento na rodovia e também as zonas com baixa incidência, com base nos pontos de ausência de atropelamento. A análise de *hotspots* foi realizada utilizando: (1) total de animais atropelados; (2) animais silvestres atropelados; e (3) animais domésticos atropelados.

As métricas da paisagem para os pontos de presença e ausência de atropelamento foram extraídas utilizando os mapas do banco de dados *Atlantic Spatial* (Vancine et al., 2023). As métricas testadas foram: (1) porcentagem de fragmento de vegetação florestal e de vegetação natural para quatro dimensões de buffer (100m, 500m, 1000m e 2500m, considerando a variação da área de vida entre as classes); (2) distância para vegetação natural, cursos d'água, silviculturas, áreas urbanas, pastos, e corpos d'água; e (3) área de fragmento de vegetação florestal e vegetação natural e área conectada de vegetação natural. Através do software RStudio, foi utilizada a Função *Multifit* para encontrar a escala espacial mais adequada para analisar as ocorrências de atropelamentos, de acordo com o AIC - Critério de Informação de Akaike (Akaike, 1974), onde o modelo com menor AIC fornece melhor suporte. Já para descobrir quais os melhores preditores para os atropelamentos, foi feita a regressão logística, utilizando como variável dependente os pontos de atropelamentos e como variável independente as métricas da paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 189 animais atropelados durante o estudo, todos sem vida (Figura 01). Os indivíduos mais encontrados foram mamíferos (66,65 %), seguidos pelas aves (25,4%), enquanto os répteis (5,3%) e anfíbios (1,05%) foram menos encontrados. Foram identificadas 36 espécies (Tabela 01), onde as mais atropeladas entre as silvestres foram a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), o porco-espinho (*Coendou prehensilis*) e



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

o gambá-de-orelha-preta (*Didelphis aurita*) entre os mamíferos; o canário-da-terra (*Sicalis flaveola*) entre as aves e o lagarto-teiú (*Salvator merianae*) entre os répteis. Entre os animais domésticos, os mais atropelados foram o cachorro doméstico (*Canis familiaris*) e o gato doméstico (*Felis catus*). O único animal encontrado que está na Lista Vermelha da União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN, 2024) é o tapeti (*Sylvilagus brasiliensis*), classificado como “em perigo de extinção”. Quanto às classificações de ameaça de extinção nacional e estadual (MMA e COPAM), nenhum animal encontrado consta nas listas.

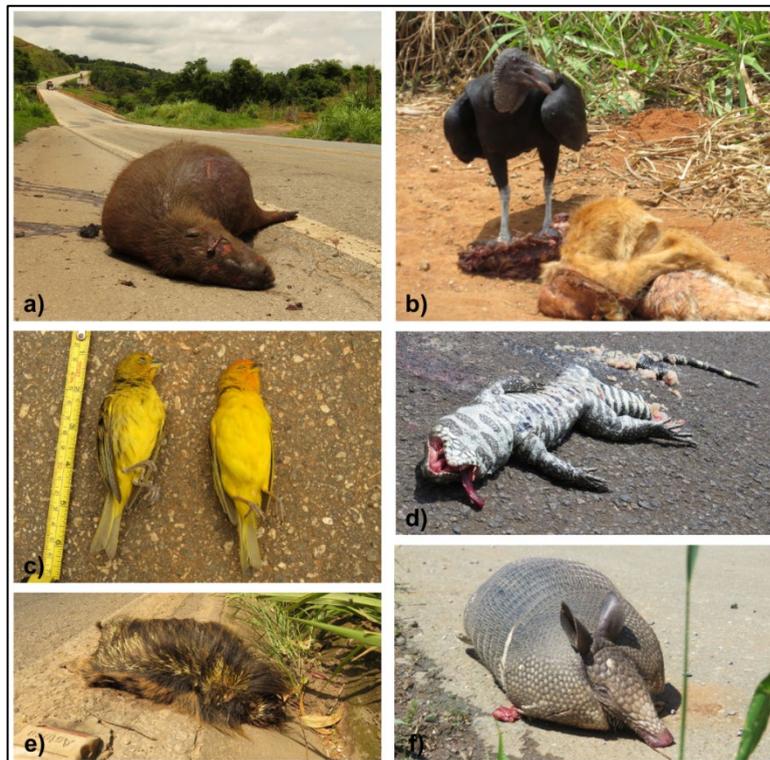


Figura 01 - Registros fotográficos de animais encontrados na rodovia durante a realização da pesquisa. A) Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*); B) urubu-preto (*Coragyps atratus*) se alimentando de carcaça de cachorro doméstico (*Canis familiaris*); C) casal de canários-da-terra (*Sicalis flaveola*); D) lagarto-teiú (*Salvator merianae*); E) porco-espinho (*Coendou prehensilis*); F) tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*). Fonte: da autora (2023/2024).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Tabela 01 - Espécies de animais atropelados na rodovia MG 491: nome científico, nome popular, número de indivíduos e classificação de acordo com a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (2024). LC = pouco preocupante; EN = em perigo

AVES	Nome popular	Nº	IUCN
<i>Aratinga auricapillus</i>	Jandaia-de-testa-vermelha	1	LC
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja-buraqueira	1	LC
<i>Colaptes campestris</i>	Pica-pau-do-campo	2	LC
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-preto	2	LC
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	1	LC
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Caburé	1	LC
<i>Guira guira</i>	Anu-branco	1	LC
<i>Mackenziaena leachii</i>	Borrallhara-assobiadora	1	LC
<i>Numida meleagris</i>	Galinha-d'angola	1	LC
<i>Patagioenas picazuro</i>	Pomba-asa-branca	1	LC
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi	1	LC
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário-da-terra	4	LC
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Andorinha-serradora	1	LC
<i>Thraupis sayaca</i>	Sanhaço-cinzento	1	LC
<i>Turdus rufiventris</i>	Sabiá-laranjeira	1	LC
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	1	LC



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

MAMÍFEROS	Nome popular	Nº	IUCN
<i>Canis familiaris</i>	Cachorro-doméstico	20	-
<i>Coendou prehensilis</i>	Porco-espinho	6	LC
<i>Cuniculus paca</i>	Paca	1	LC
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Tatu-galinha	2	LC
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá-de-orelha-branca	2	LC
<i>Didelphis aurita</i>	Gambá-de-orelha-preta	5	LC
<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba	2	LC
<i>Felis catus</i>	Gato-doméstico	13	-
<i>Galictis cuja</i>	Furão-pequeno	1	LC
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	Capivara	6	LC
<i>Lepus europaeus</i>	Lebre-europeia	3	LC
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Tapiti-comum	1	EN

RÉPTEIS	Nome popular	Nº	IUCN
<i>Amphisbaena alba</i>	Anfisbena	1	LC
<i>Erythrolamprus aesculapii</i>	Coral-falsa	1	LC
<i>Philodryas olfersi</i>	Cobra-boiubu	2	LC
<i>Philodryas patagoniensis</i>	Cobra-parelheira	1	LC
<i>Salvator merianae</i>	Lagarto-teiú	3	LC

O alto índice de atropelamento de algumas espécies em comparação a outras pode estar relacionado, entre outros fatores, com a dieta, ocorrência e área de vida desses animais, já que espécies generalistas, mais abundantes localmente, e que apresentam maior movimentação pela paisagem tendem a ser mais atropeladas (Forman et al., 2003; Deffaci et al. 2016). Em geral, os mamíferos foram os mais atropelados entre os animais silvestres, assim como em outros trabalhos, provavelmente devido à sua ampla distribuição e área de vida, apresentando maior movimento pela paisagem e frequentemente entrando em contato com as estradas (Forman et al., 1998). Outro fator que pode ter influenciado o atropelamento de mamíferos como capivaras e porcos-espinhos na rodovia é sua atividade noturna, já que a visibilidade do motorista na rodovia é reduzida à noite e os faróis podem desorientar animais em travessia, impossibilitando-os de fugir (Dos Reis et al., 2006; Cáceres, 2002). Animais generalistas e oportunistas, como os gambás, podem ser atraídos para a estrada em busca de alimento (Cáceres, 2000), onde podem encontrar caçambas de lixo e restos de alimentos deixados por humanos. Animais generalistas com hábitos necrófagos, como tatus (*D. novemcinctus* e *E. sexcinctus*) e urubus (*Coragyps atratus*) (Anacleto, 2006; Lambertucci et al., 2009), também são atraídos pela presença de carcaças de animais atropelados, sendo expostos ao risco de também serem atropelados (Bueno et al., 2010). Entre as aves, as ocorrências ficaram bem distribuídas entre as espécies, onde a maioria foi encontrada apenas uma vez. As espécies mais encontradas foram o canário-da-terra (*Sicalis flaveola*) provavelmente devido a sua alta abundância na região.

Quanto aos animais domésticos, o alto índice de cachorros (*Canis familiaris*) e gatos (*Felis catus*) atropelados na rodovia pode estar relacionado com alguns fatores como: (1) presença de roças e sítios próximos da rodovia, onde os animais vivem soltos; (2) abandono destes animais na rodovia; e (3) oferta de alimento, já que foram observados cachorros se alimentando de lixo e de carniça na beira da rodovia.

De acordo com a análise de *hotspot*, o maior índice de atropelamento de animais considerando silvestres e domésticos ocorreu entre os km 210 e km 218 da rodovia (Figura 02), entre os municípios de Paraguaçu e Elói Mendes. Foram encontrados 46



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

indivíduos atropelados nesta área de 8 km, ou seja, 24% das coletas realizadas em toda a via (63,5 km), onde a maior parte é silvestre. Já os *coldspots* encontrados com maior confiança estão concentrados próximos do município de Varginha, onde a incidência de atropelamentos foi menor comparado ao restante do trecho.

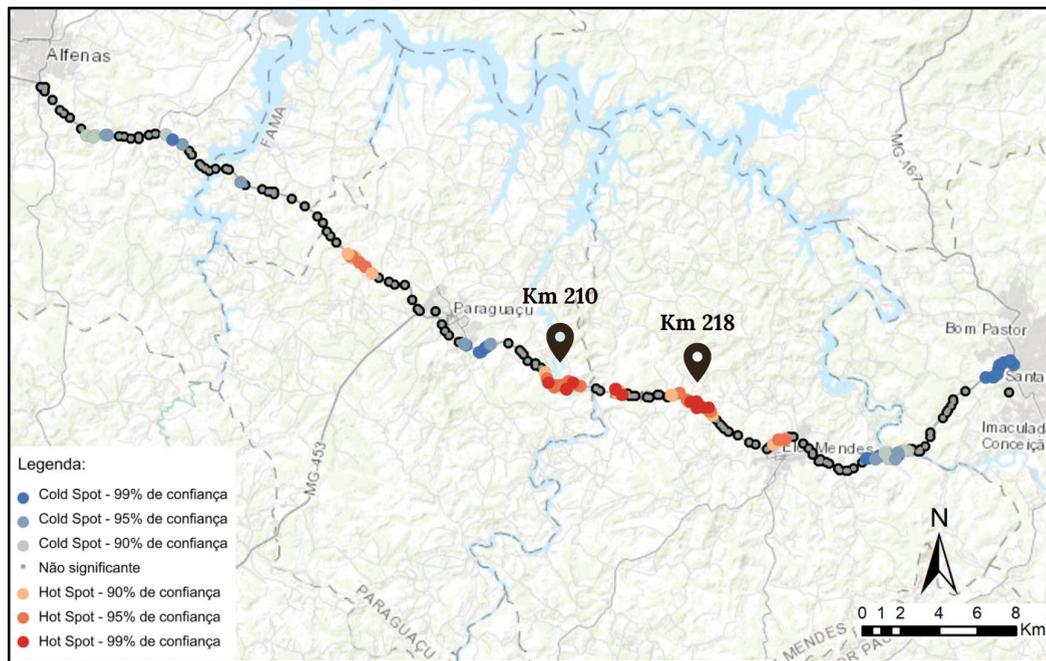


Figura 02 - Mapa dos *hotspots* de atropelamentos para animais silvestres e domésticos. Os pontos de cor vermelho escuro representam os pontos críticos de atropelamento com 99% de confiança, enquanto os pontos de cor azul escuro representam os pontos com baixo índice de atropelamento, com 99% de confiança. Os pontos menores e cinzas representam os dados que não apresentaram significância para a análise de *hotspot*.

Foram selecionados dois melhores preditores que explicam o padrão espacial de distribuição dos atropelamentos: a distância para silvicultura e a porcentagem de fragmento de vegetação florestal em buffer de 500 metros. Isso significa que a probabilidade de um animal ser encontrado atropelado aumenta onde há maior porcentagem de vegetação natural florestal, representando uma maior abundância em áreas com essa característica na paisagem em estudo. Por outro lado, a probabilidade de ocorrer colisão entre veículos e animais aumenta com a distância para as silviculturas, e

também com a distância para cursos d'água presentes ao redor da rodovia. A relação entre os atropelamentos e a distância para silviculturas pode representar uma menor abundância de animais em geral nessas áreas.

Através desta pesquisa, foi possível determinar o local da rodovia 491 (Alfenas - Varginha) com maior ocorrência de atropelamentos de animais silvestres (km 210 - km 218), sendo este o ponto sugerido para aplicação de medidas mitigadoras para reduzir a mortalidade por atropelamento e melhorar a conectividade funcional entre os fragmentos. Entre as medidas imediatas que podem ser tomadas não só na região dos *hotspots*, mas em toda a via, estão: 1) manutenção da limpeza, incluindo retirada de lixos e de carcaças, para evitar atropelamentos de animais que são atraídos por estes; 2) instalação de placas, alertando presença de animais e sugerindo redução de velocidade; 3) educação ambiental, através de programas que conscientizem sobre o problema e a importância de proteger a fauna local; e 4) monitoramento, para que haja atualização das informações sobre as ocorrências. Nos *hotspots* de atropelamento é de suma importância a reconexão da paisagem, através de passagens de fauna que sejam eficazes para a travessia dos animais.

CONCLUSÕES

O estudo confirmou a existência de *hotspots* de atropelamento de animais no respectivo trecho da rodovia MG 491, correlacionando esses pontos críticos à vegetação florestal nas proximidades. Também foram identificados os grupos e espécies silvestres mais atropelados, possibilitando uma avaliação sobre as possíveis causas. Torna-se assim de suma importância investimentos pela concessionária atual para reduzir os acidentes envolvendo animais na rodovia, oferecendo maior segurança aos usuários da via e reduzindo a mortalidade de animais por atropelamento. Essas ações, juntamente com a restauração da conectividade da paisagem interligando os fragmentos, permitem o movimento e dispersão de espécies, que, junto com a conservação de habitats, são essenciais para combater a perda da biodiversidade local (Lamounier, 2024).

REFERÊNCIAS

ABRA, Fernanda Delborgo. Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo. 2012. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo.

AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.

BUENO, Cecília; DE ALMEIDA, Paulo José AL. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). **Revista brasileira de zootecias**, v. 12, n. 3, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Altera os anexos das Portarias MMA nº 443, 444 e 445, de 17 de dezembro de 2014, que atualizam a lista das espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção. Brasília, DF, 2022.

CÁCERES, N. C. Food habits and seed dispersal by the white-eared opossum, *Didelphis albiventris*, in Southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.37, p.97-104, 2002.

CÁCERES, Nilton Carlos. Population ecology and reproduction of the white-eared opossum *Didelphis albiventris* (Mammalia, Marsupialia) in an urban environment of Brazil. **Ciência e Cultura (São Paulo)**, v. 52, n. 3, p. 171-174, 2000.

CEIA-HASSE, Ana et al. Global exposure of carnivores to roads. **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, n. 5, p. 592-600, 2017.

DA SILVEIRA, Anacleto, Teresa Cristina. Ecologia alimentar de tatus (*Xenarthra: Dasypodidae*) em uma área de cerrado, no Mato Grosso. Distribuição, dieta e efeitos das alterações antrópicas do cerrado sobre os tatus, p. 115, 2006.

DEFFACI, Angela Camila et al. Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1205-1216, 2016.

DOBROVOLSKI, Ricardo et al. Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, p. 2445-2459, 2011.

DOS REIS, Nelio R. et al. Mamíferos da Fazenda Monte Alegre, Paraná. 2006.

FORMAN, Richard TT; ALEXANDER, Lauren E. Roads and their major ecological effects. **Annual review of ecology and systematics**, v. 29, n. 1, p. 207-231, 1998.

FORMAN, Richard TT. Road ecology: science and solutions. **Island press**, 2003.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

FREITAS, Simone R.; HAWBAKER, Todd J.; METZGER, Jean Paul. Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest ecology and management**, v. 259, n. 3, p. 410-417, 2010.

GOOSEM, Miriam; MARSH, Helene. Fragmentation of a small-mammal community by a powerline corridor through tropical rainforest. **Wildlife Research**, v. 24, n. 5, p. 613-629, 1997.

GOVERNO de Minas assina contrato de concessão do lote Varginha-Furnas. Parcerias MG, Minas Gerais, 11 de setembro de 2023. Disponível em: <<http://www.parcerias.mg.gov.br/component/content/article/117-novas-noticias/917-governo-de-minas-assina-contrato-de-concessao-do-lote-varginha-furnas-e-anuncia-sinal-4g-para-mais-de-mil-quilometros-de-rodovias?Itemid=437>>. Acesso em: 04/10/2023.

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 15/06/2024.

LAMBERTUCCI, Sergio A. et al. Como as estradas afetam o uso do habitat de um conjunto de aves de rapina necrófagas?. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, p. 2063-2074, 2009.

LAMOUNIER, Wanderson Lopes et al. Defining priority areas for conservation based on multispecies functional connectivity. **Biological Conservation**, v. 290, p. 110438, 2024.

LAURANCE, William F.; GOOSEM, Miriam; LAURANCE, Susan GW. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.

MALO, Juan E.; SUÁREZ, Francisco; DÍEZ, Alberto. Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models?. **Journal of applied ecology**, v. 41, n. 4, p. 701-710, 2004.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 147, de 30 de abril de 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2010.

RAMP, Daniel et al. Modelling of wildlife fatality hotspots along the snowy mountain highway in New South Wales, Australia. **Biological conservation**, v. 126, n. 4, p. 474-490, 2005.

SOARES-FILHO, Britaldo et al. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém–Cuiabá corridor. **Global change biology**, v. 10, n. 5, p. 745-764, 2004.

VANCINE, Maurício Humberto et al. ATLANTIC SPATIAL: a dataset of landscape, topographic, hydrologic and anthropogenic metrics for the Atlantic Forest. 2023.

ZELLER, Katherine A.; MCGARIGAL, Kevin; WHITELEY, Andrew R. Estimating landscape resistance to movement: a review. **Landscape ecology**, v. 27, p. 777-797, 2012.