

CARACTERÍSTICAS DAS RODOVIAS E DO RELEVO INFLUENCIAM A OCORRÊNCIA DE ATROPELAMENTOS DE *LEOPARDUS GEOFFROYI* (D'ORBIGNY & GERVAIS, 1844) NO BRASIL

¹Danna Perondi Ferreira, ²Clara Grilo

¹Universidade Federal de Lavras, e-mail: danna.ferreira@estudante.ufla.br;

²Universidade de Lisboa, e-mail: clarabentesgrilo@gmail.com.

*Biodiversidade e preservação
Resiliência dos ecossistemas naturais frente
aos extremos climáticos e uso de Inteligência
Artificial para conservação*

Resumo

As rodovias representam crescente ameaça à fauna silvestre, especialmente para espécies com alta mobilidade e ocorrência em ambientes modificados. O gato-do-mato-grande (*Leopardus geoffroyi*) é um felídeo considerado vulnerável à extinção no Brasil, sendo o atropelamento uma das principais ameaças à sua conservação. Este estudo avaliou a influência de características das rodovias e do relevo sobre a ocorrência de atropelamentos de *L. geoffroyi* no Brasil, utilizando registros provenientes dos bancos de dados “Brazil Roadkill Data” e “Global Roadkill Data”. As ocorrências foram relacionadas a características da rodovia e do relevo, incluindo volume de tráfego, sinuosidade da rodovia, elevação média e grau de declividade. Foram ajustados modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição binomial para testar hipóteses envolvendo características da rodovia, do relevo e a combinação de ambos. O modelo integrado apresentou maior suporte, indicando que a ocorrência de atropelamentos é influenciada conjuntamente por fatores rodoviários e atributos do relevo. Além disso, foi identificada uma relação não linear entre volume de tráfego e atropelamentos, com maior probabilidade de ocorrência em valores intermediários de tráfego. Os resultados reforçam a importância de considerar características da rodovia e do relevo na identificação de áreas prioritárias para mitigação de impactos sobre a espécie.

Palavras-chave: Ecologia de estradas; Felinos; Pampa; Mortalidade; Conservação.

Introdução

O gato-do-mato-grande, também conhecido como gato-de-geoffroyi (*Leopardus geoffroyi*) é um felídeo endêmico da América do Sul, cuja distribuição abrange desde a Bolívia até o extremo sul do Chile e Argentina (IUCN, 2026). No Brasil, a espécie se restringe ao bioma Pampa, no Rio Grande do Sul, habitando campos naturais, áreas de savana e arbustivas, e fragmentos florestais. O Pampa é o bioma brasileiro que proporcionalmente mais perdeu área nativa entre 1985 e 2020 (MapBiomas, 2023), principalmente devido à expansão agrícola. Apesar de ser classificado como "pouco preocupante" para o risco de extinção de acordo com a IUCN (2026), o *Leopardus geoffroyi* é considerado "vulnerável" à extinção no Brasil (MMA, 2022), devido principalmente à perda e fragmentação de habitat, hibridização, caça e retaliação, e atropelamentos (Tirelli et al., 2023).

De acordo com estudos, o gato-do-mato-grande pode apresentar alta plasticidade espacial e ocupar ambientes modificados (Tirelli et al., 2019), porém ele é afetado de diversas formas, incluindo a exposição às estradas, acarretando ao risco de morte por atropelamento. Considerado o felino mais atropelado no sul do país (Tirelli et al., 2023), estimativas indicam perda de 1,15% da população por atropelamento por ano (Koenemann et al., 2009; DNIT/SNV). Há diversos fatores que ajudam a explicar a ocorrência de atropelamento de animais silvestres nas estradas, como as características da rodovia, atributos do relevo, características da paisagem ao redor e condições sazonais e climáticas (Zevgolis et al., 2023). Estudos vêm sendo desenvolvidos para melhor entender a ocorrência de atropelamentos do gato-do-mato-grande, como o estudo de Elis Felipeto (2023), que investigou a relação dos atropelamentos da espécie com a paisagem e identificou uma maior chance de atropelamento próximo de manchas florestais mais isoladas e em menor quantidade.

Entretanto, ainda são escassos estudos que avaliem a influência das características das rodovias nos padrões de atropelamento de animais silvestres. Analisar a influência da rodovia e do relevo é tão importante quanto analisar a paisagem e uso do solo (Miranda et al., 2025), para compreender e contribuir para o planejamento de medidas de mitigação eficazes. Dessa forma, o intuito deste trabalho foi analisar a influência de características da rodovia e do relevo sobre o padrão de atropelamentos do gato-do-mato-grande (*Leopardus geoffroyi*) no Brasil, analisando as ocorrências de acordo com o volume de tráfego médio do local, da sinuosidade da rodovia, da elevação e da declividade. Para isso foram elaboradas 3 hipóteses sobre quais fatores melhor explicam o padrão de ocorrências: 1) as características da rodovia

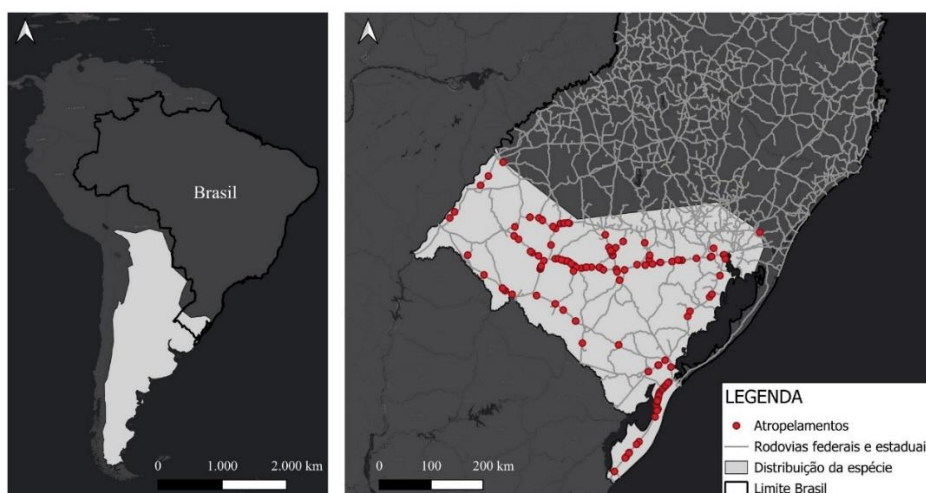
(volume de tráfego e sinuosidade); 2) as características do relevo (elevação e declividade); ou 3) todas as variáveis em conjunto.

Metodologia

Para analisar a influência de características das rodovias e do relevo na ocorrência de atropelamentos de *Leopardus geoffroyi* no Brasil, assumimos o atropelamento como variável resposta e as características da rodovia e relevo como variáveis explicativas, sendo elas: 1) volume de tráfego médio anual (DNIT, 2021); 2) sinuosidade (calculada através do software R); 3) elevação e 4) declividade (Ambdata/INPE). Os dados de atropelamentos foram obtidos através de dois bancos de dados: “BRAZIL ROAD-KILL: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills” (Grilo et al., 2018) e “Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles” (Grilo et al., 2025) (Figura 1).

Os dados foram filtrados de acordo com o ano da ocorrência (a partir de 2000), incerteza espacial em metros ($\leq 150\text{m}$) e tipo de rodovia (federais e estaduais). Em seguida foram extraídas as coordenadas geográficas de cada ocorrência (latitude e longitude), com base no sistema de referência WGS84 (World Geodetic System 1984). As variáveis utilizadas foram padronizadas em rasters de resolução de 1km x 1km, e de acordo com o Sistema de Coordenadas de Albers (Projeção Cônica Equivalente de Albers). Também foi produzido um raster binário indicando a presença (1) ou ausência (0) de registros de atropelamento em cada pixel. Foi utilizado o software RStudio para preparação e análise dos dados.

Figura 1 - Mapa da distribuição de *Leopardus geoffroyi* na América do Sul (à esquerda) e Brasil (à direita), destacando as rodovias federais e estaduais e os registros de atropelamento.



Fonte: produzido pela autora através do QGIS (2026).

Para cada hipótese (H1, H2 e H3) foram ajustados modelos lineares generalizados (GLMs) com distribuição binomial: M1) combinação de atropelamentos com características da rodovia (volume de tráfego médio anual e sinuosidade do trecho); M2) combinação de atropelamentos com características do relevo (elevação média e grau de declividade); e M3) combinação de atropelamentos com as características da rodovia e do relevo.

A seleção dos modelos foi realizada com base no Critério de Informação de Akaike corrigido para pequenas amostras (AICc). Como a inspeção inicial dos dados indicou uma possível relação não linear entre volume de tráfego e atropelamentos, foi avaliado adicionalmente um modelo integrado contendo um termo quadrático para essa variável.

Resultados e Discussão

Foram analisados 158 registros de atropelamentos de gato-do-mato-grande (*Leopardus geoffroyi*), coletados entre 2002 e 2016, compilados nos bancos de dados. Durante a exploração dos modelos, foi observado um comportamento não linear do volume de tráfego em relação aos atropelamentos, sendo necessário ajustar o modelo considerando um efeito quadrático ($\chi^2 = 13,11$; $p < 0,001$), para melhor representar a realidade dos dados. De acordo com as análises, o modelo que apresentou maior suporte de acordo com o Critério de Akaike foi o que combinou as quatro variáveis preditoras: volume de tráfego, sinuosidade, elevação e declividade (AICc = 1050,18), sugerindo que a ocorrência de atropelamentos de *Leopardus geoffroyi* é melhor explicada pela ação conjunta destes fatores do que por características da rodovia ou do relevo analisadas isoladamente.

O comportamento não linear do volume de tráfego em relação aos atropelamentos, ou seja, em forma de curva, revela um padrão onde a probabilidade de atropelamentos da espécie aumenta em trechos com volumes intermediários e diminui tanto em trechos com menor volume de tráfego quanto em trechos com maior volume. A sinuosidade, a elevação e a declividade apresentaram associação negativa com a probabilidade de atropelamentos, ou seja, os atropelamentos de gato-do-mato-grande podem estar associados a trechos mais retos, com menor altitude e menor inclinação. Essa relação pode estar relacionada com a velocidade dos veículos, já que em velocidades mais altas tanto o motorista quanto o animal têm tempo menor de reação, impossibilitando o desvio.

Considerações Finais

Os resultados obtidos através deste trabalho reforçam a importância da avaliação dos múltiplos fatores envolvidos no atropelamento de animais silvestres, incluindo as características da rodovia e do relevo. Compreender como a interação de fatores influencia no atropelamento e conduzir análises a nível de espécie são essências para melhor entender os padrões de ocorrências, contribuindo assim com subsídios para identificação de trechos prioritários para ações de mitigação voltadas à conservação da biodiversidade.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo apoio institucional. Este estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA no. 148, de 7 de junho de 2022. Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>.

DA SILVA, L. G. et al. Mapping wild cat roadkills in southern Brazil: baseline data for species conservation. CATnews 61: 4–7 [em linha]. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Base geográfica do Sistema Nacional de Viação (SNV). Brasília, DF: DNIT.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Plano Nacional de Contagem de Tráfego – Dados de Volume Médio Diário Anual (VMDa), 2021. Brasília, DF: DNIT.

FELIPETO, E. H. da S. Atropelamentos de *Leopardus geoffroyi* (gato-do-mato-grande) em rodovias do Pampa brasileiro. 2023.

GRILO, C. et al. Brazil Road-Kill: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills. Ecology, v. 99, n. 10, p. 2625, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ecy.2464>.

GRILO, C. et al. Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles. Scientific data, v. 12, n. 1, p. 505, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04207-x>.

International Union For Conservation Of Nature (IUCN). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. 2025. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>.

KOENEMANN, J.G. 2009. Mamíferos nativos atropelados em uma área do bioma pampa: variação sazonal e efeito do tipo de habitat. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. São Leopoldo - RS. p.59.

MAPBIOMAS. Pampa Sul-Americano segue perdendo a vegetação nativa. São Paulo: MapBiomas, 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/11/28/pampa-sul-americano-segue-perdendo-a-vegetacao-nativa/>.

MIRANDA, J. E. S. et al. The influence of landscape and road characteristics on the roadkills in Cerrado. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, v. 60, n. 3, p. 411-420, 2025.

TIRELLI, F. P. et al. Density and spatio-temporal behaviour of Geoffroy's cats in a human-dominated landscape of southern Brazil. *Mammalian Biology*, v. 99, n. 1, p. 128-135, 2019.

TIRELLI, F.P.; MAZIM, F.D.; GUILHERME, M.B.F.; SILVA, R.C.; RIBEIRO, R.L.A.; OLIVEIRA, T.G. 2023. *Leopardus geoffroyi*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.37002/salve.ficha.14005.2>.

TUMELEIRO, L. K. et al. Notas sobre mamíferos da região de Uruguaiana: estudo de indivíduos atropelados com informações sobre a dieta e conservação. *Biodiversidade Pampeana*, v. 4, n. 1, 2006.

VALERIANO, M. M. (2008). TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfométricos locais. INPE.

ZEVGOLIS, Y. G.; KOURIS, A.; CHRISTOPOULOS, A. Spatiotemporal patterns and road mortality hotspots of herpetofauna on a Mediterranean island. *Diversity*, v. 15, n. 4, p. 478, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d15040478>.