



MARDIANY RIBEIRO DOS REIS

**ANÁLISE DOS ATROPELAMENTOS DE
VERTEBRADOS TERRESTRES EM
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
BRASILEIRAS À ESCALA DA PAISAGEM**

LAVRAS-MG

2016

MARDIANY RIBEIRO DOS REIS

**ANÁLISE DOS ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS
TERRESTRES EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
BRASILEIRAS À ESCALA DA PAISAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Alex Bager

LAVRAS-MG

2015

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

Reis, Mardiany Ribeiro dos.

Análise dos atropelamentos de vertebrados terrestres em
unidades de conservação brasileiras à escala da paisagem /
Mardiany Ribeiro dos Reis. – Lavras : UFLA, 2016.

68 p.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): Alex Bager.

Bibliografia.

1. Ecologia de Estradas. 2. Paisagem. 3. Atropelamento de
fauna. 4. Passagem. 5. Vertebrados. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

MARDIANY RIBEIRO DOS REIS

**ANÁLISE DOS ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS
TERRESTRES EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
BRASILEIRAS À ESCALA DA PAISAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de dezembro de 2015

Dr. Marcelo Passamani UFLA

Dr. Simone Rodrigues de Freitas UFABC

Dr. Alex Bager

Orientador

LAVRAS – MG

2016

Ao meu pai Geraldo Longuim dos Reis

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Acredito que fazer uma dissertação é uma oportunidade de desenvolver tantas outras habilidades profissionais e pessoais. O mestrado proporcionou-me o sentimento gratificante de fazer Ciência. Mas como nada se consegue sozinha, agradeço primeiramente a Deus pela proteção e coragem. A Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Ecologia Aplicada pela possibilidade de realizar meu mestrado. Ao Fundo Brasileiro Para a Biodiversidade – FUNBIO e Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsa e também ao Grupo Boticário de Proteção à Natureza, Tetra Parck, Fundo de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do Projeto Malha ao qual minha pesquisa está inserida.

Aos gestores, funcionários e estagiários responsáveis pelos monitoramentos de fauna selvagem atropelada nas Unidades de Conservação parceiras do Projeto Malha.

Ao meu orientador Dr. Alex Bager, por confiar parte do Projeto Malha a mim e pelo aprendizado gerado durante os anos de mestrado. A Dra. Clara Grilo, Dr. Fausto Weimar Acebi Júnior, Nicolas Pereira de Souza, Dr. Fernando Ascensão e Dra. Carla Ribas pelas contribuições no meu trabalho.

Aos professores Dr. Marcelo Passamani e Dra. Simone R. Freitas por aceitarem fazer parte da minha banca e pelas sugestões no meu artigo.

Aos professores e alunos do setor de Ecologia Aplicada por me receberem de forma tão acolhedora. Destaque para Antônio, André, Javali, Paula, Natália, Nayara e Thamires.

As minhas colegas de república, especialmente Grazi e os agregados Ernesto e Fabrício por todas as risadas infinitas, confraternizações e apoio.

Aos alunos que tive, durante a Docência Voluntária, os quais são responsáveis pelos melhores momentos que tive durante o mestrado.

Aos colegas do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas pelo convívio diário.

Aos meus amigos que mesmo estando ausentes fisicamente na maior parte do tempo, sempre estiveram presentes: Bruna Araújo, Eliézer Lucas, Irene Machado, Julliane Bastos, Karen Felix, Letícia Maróstica, Lucas Queiroz, Maria Carolina, Maria Laura, Nathâny Biela, Rafael Alves e Ramon Gusmão.

A todas (os) professoras (es) que passaram por mim durante minha jornada de estudos. As minhas professoras de graduação Dra. Katia Gomes Facure Giaretta por me ensinar ecologia e me auxiliar no que for preciso e a Dra. Gabriela Lícia Santos Ferreira (Mãe Gabi), por tudo que fez por mim profissionalmente através do PET e por todo carinho, conversas e coincidências que compartilhamos.

A minha família, meu pai que é minha maior referência para tudo, ao Carlos Henrique por honrar fielmente a palavra irmão, a minha mãe pela preocupação e por estar sempre na torcida pelo meu sucesso e minha irmã por ter dividido a infância e a adolescência comigo e por ter nos dado a Maria Fernanda, que trouxe muita vida e brilho para os meus dias, arrancando sorrisos nas horas mais difíceis.

A todos que torceram por mim, meu muito obrigada.

Na vida, não existe nada a temer, mas a entender

Marie Curie

RESUMO GERAL

Dentre os impactos negativos sobre a biodiversidade o atropelamento de animais silvestres vem sendo considerado um dos mais preocupantes recentemente. Por isso é necessário compreender quais os fatores que levam a uma maior incidência de atropelamentos em determinados trechos. As características da paisagem e da estrada têm sido consideradas como fatores que podem promover a incidência de atropelamentos. O objetivo deste trabalho foi compreender a relação da paisagem circundante às rodovias e a presença/ausência de estruturas viárias com a ocorrência de atropelamento de anfíbios, répteis e mamíferos. Utilizamos dados de atropelamentos de animais silvestres dos anos de 2013 e 2014 de cinco Unidades de Conservação brasileiras. Foram construídos modelos lineares generalizados mistos para avaliar a relação entre a ocorrência de atropelamentos e as variáveis da paisagem (tipo de uso e cobertura do solo) e a presença de passagens (pontes e tubos de drenagem). A paisagem circundante mostrou-se mais importante para a maioria dos grupos taxonômicos: o atropelamento de anfíbios está positivamente relacionado com a silvicultura e negativamente com o campo e agricultura; a mortalidade de répteis está associada à agricultura e vegetação nativa e os escansoriais pequenos têm uma associação negativa com a silvicultura. No grupo de semi-fossoriais, a presença de pontes está relacionada com a redução de probabilidade de atropelamentos e a presença de tubos de drenagem com o aumento. Dependendo do grupo alvo sugere-se adotar medidas para reduzir a probabilidade de atropelamento baseadas no uso do solo.

Palavras-chave: Ecologia de estradas. Estrutura da paisagem. Atropelamento de fauna. Passagem de fauna. Vertebrados terrestres.

ABSTRACT

Among its negative impacts on biodiversity, the roadkill of wild animals is being considered one of the most worrying recently. For this reason, it is necessary to understand what are the factors that lead to a greater incidence of roadkill on certain stretches. The characteristics of the landscape and of the road have been considered as factors that may promote the incidence of roadkill. The main objective of this work is to understand the relationship between surrounding landscape and road structures with the occurrence of roadkill of amphibians, reptiles and mammals. We used roadkill data from the years 2013 and 2014 of five Brazilian protected areas. They were built generalized linear models mixed to assess the relationship between the occurrence of roadkill with the landscape variables (type of use and land cover) and the presence / absence of transport infrastructure (bridges and drainage pipes). The surrounding landscape was more important for the majority of taxonomic groups: The roadkill of amphibians is positively related to silviculture and negatively with the grassland and agriculture; mortality of reptiles is associated to increase of agriculture and native forest and “small escansoriais” has a negative association with the silviculture. In the group of “semi-fossorial” the presence of bridges was related to the possibility reduction of roadkill and presence of drainage pipes with the increasing. Depending on the target group suggests to adopt measures to reduce the probability of roadkill on the basis of soil use.

keywords: Road ecology. Landscape structure. Roadkill. Wildlife passage. Terrestrial vertebrates.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Mapa da área do estudo destacando a localização das Unidades de Conservação nas quais foram realizados os monitoramentos de fauna silvestre atropelada. 31
- Figura 2 Estradas das UCs que foram monitoradas a) BR 116 do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. b) Estrada Interna da Floresta Nacional de Pirai do Sul. c) RS 110 do Parque Estadual de Tainhas. d) MT 251 do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. e) GO 010 da Floresta Nacional de Silvânia. d) GO 437 da Floresta Nacional de Silvânia. 33
- Figura 3 Exemplos de estruturas viárias (ponte e tubos de drenagem) localizados dentro das Unidades de Conservação. a) Tubo de drenagem no Parque Nacional da Serra das Órgãos. b) Tubo de drenagem no Parque Nacional da Serra dos Órgãos. c) Ponte no Parque Estadual de Tainhas. d) Tudo de drenagem no Parque Estadual de Tainhas. e) Tubo de drenagem na Floresta Nacional de Silvânia. f) Tubo de drenagem na Floresta Nacional de Silvânia 42
- Figura 4 Atropelamento em relação as variáveis com maior poder de explicação. a) anfíbios, conforme a proporção de silvicultura aumenta, aumenta o número de atropelamentos, o contrário acontece para proporção de agricultura e campo. b) répteis, conforme a proporção de agricultura e nativa aumentam, aumenta o número de atropelamentos. c) escansoriais pequenos, conforme a proporção de silvicultura aumenta, diminui o número de atropelamentos. d) semi-fossorial, a presença de pontes diminui o número de atropelamento o contrário acontece com a presença de túneis 51
- Figura 5 Dendograma gerado pela análise de agrupamento da classe mamíferos de acordo com a similaridade das características das espécies avaliadas. Grupos com número de registros suficientes para análises estatísticas relacionando atropelamentos com com variáveis de paisagem foram denominadas pelos nomes: carnívoros, semi-fossoriais e escansoriaispequenos, respectivamente..... 67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Características dos monitoramentos realizados pelas Unidades de Conservação: NA - n° de amostragem, N (n° de registros)32
- Tabela 2 Média da porcentagem de cobertura das variáveis explicativas selecionadas para gerar os Modelos Lineares Generalizadas Mistos39
- Tabela 3 Número de pontos com presença/ausência de estruturas viárias: para cada classe/grupo analisado40
- Tabela 4 Conjunto de variáveis explicativas selecionadas para os modelos candidatados. Foram utilizadas as siglas: Nat, Sil, Cam, Agr, Urb, Ponte e Tubos para representar respectivamente: proporção de nativa, proporção de silvicultura, proporção de campo, proporção de agrícola, proporção de urbana, ocorrência de ponte próxima e ocorrência de tubo de drenagem próximo.....41
- Tabela 5 Melhores modelos selecionados pelo ΔAIC (<2) para as hipóteses de influência da Paisagem, Estruturas e Paisagem+Estruturas nos atropelamentos de anfíbios, répteis e mamíferos44
- Tabela 6 Parâmetros das variáveis dos modelos mais explicativos($\Delta AIC < 2$) para atropelamentos de anfíbios, répteis, escansoriais pequenos e semi-fossoriais, Coeficientes estimados (β); erro padrão (SE); estimativa Z (Z-value) e significância (P-Value). As variáveis significativas ($p < 0,05$) estão marcadas em negrito. (* modelo de média quando foi obtido mais de um modelo suportado [(Burnham & Anderson, 2002; ZUUR et al. 2009)]).....47

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	14
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	16
REFERÊNCIAS.....	20
SEGUNDA PARTE.....	24
ARTIGO.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 Área de estudo	30
2.2 Coleta de dados.....	31
2.2.1 Banco de dados das espécies atropeladas.....	31
2.2.2 Variáveis da paisagem.....	34
2.3 Análise dos dados	35
3 RESULTADOS	38
3.1 Definição de grupos de espécies	38
3.2 Efeito das variáveis na probabilidade de atropelamento	38
4 DISCUSSÃO	52
AGRADECIMENTOS.....	57
5 CONCLUSÃO GERAL	58
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE	67

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensa pressão antrópica sobre o ambiente vem resultando num processo de substituição de paisagens naturais em diferentes formas de uso da terra. As estradas constituem um fator que promove essas alterações da paisagem (LIU et al. 2014). No entanto, são necessárias para o desenvolvimento social e econômico das populações e seu número vem crescendo globalmente. Estas estruturas possibilitam a conexão entre diferentes locais, o comércio e a locomoção de pessoas, o que tem causado vários impactos negativos na sua área de entorno e o grande número de mortes de animais silvestres, devido à colisão com veículos (LAURENCE & BALMFORD 2013; JOCHIMSEN et al. 2014).

O atropelamento de animais silvestres vem sendo considerado um dos mais drásticos impactos de estradas (EIGENBROD et al. 2008). Este efeito tem despertado interesse de pesquisadores, culminando com o surgimento do campo de estudos em Ecologia de Estradas, com um nítido aumento nos estudos a partir de 1990 (TROMBULAK & FRISSEL, 2001). Mas ainda hoje existem lacunas sobre seus impactos em nível de comunidade e ecossistemas, e também sobre os fatores envolvidos que promovem os atropelamentos (VANTHOMME et al. 2013).

Vários estudos mostram que as características da paisagem contribuem para o risco de atropelamento (PHILCOX et al. 1999; SAEKI & MACDONALD, 2004; GUTER et al. 2005; NIEMI et al. 2007; CUSHMAN & LEWIS, 2010; CLEVINGER et al. 2010; GUNSON et al. 2011; PUIG, al. 2012; MEDINAS et al. 2013; JOCHIMSEN et al. 2014; NIEMMI et al. 2014). A composição e a

configuração da paisagem circundante (GUNSON et al. 2011; CLEVENGER & FORD, 2010; JOCHIMSEN et al. 2014), são parâmetros que podem definir a distribuição da fauna, determinando os padrões de ocupação das espécies em ambientes sob influência de rodovias (CUSHMAN & LEWIS, 2010). Boitet & Mead (2014), observaram que o aumento no tráfego e a largura do limite da borda da rodovia aumentavam o número de atropelamento. Jochimsen et al. (2014) mostraram que a travessia de serpentes é facilitada ao longo de estradas com alta cobertura vegetal de gramíneas nativas. Niemmi et al. (2014), verificou que a presença de caminhos próximos a córregos sobre estradas-ponte, reduzem a mortalidade de pequenos e médios vertebrados (resultados mais significativos para os anfíbios). O estudo de Medinas et al. (2013), mostrou que características da paisagem eram o conjunto de variáveis mais importante para explicar a morte de morcegos por atropelamento, estradas que cruzavam ou eram próximas a habitats de alta qualidade para os morcegos possuíam um maior número de vítimas. Outro estudo verificou que o número de atropelamentos era menor em paisagens heterogêneas e com maior permeabilidade da matriz, do que paisagens homogêneas como áreas agrícolas ou outro tipo de modificação antrópica (Puige, al. 2012). Pesquisas mostraram que os rios são *hotspots* de atropelamento, pois corpos d'água funcionam como recurso e rota preferencial, fato observado com a lontra-europeia (*Lutra*) (PHILCOX et al. 1999; GUTER et al. 2005), cão-guaxinim (*Nyctereutes procyonoides*) (SAEKI & MACDONALD, 2004) e vertebrados terrestres no geral de pequeno e médio porte (NIEMI et al. 2007).

Para a correta compreensão da interferência da paisagem nos atropelamentos, deve-se possuir informações geográficas dos registros de atropelamentos e conhecer a estrutura da paisagem circundante

(PRADA, 2004). Para tanto, são necessários mapas das classes de uso e ocupação do solo, criados através da classificação de imagens de satélite ou por técnicas de fotointerpretação (DUARTE & BRITO, 2007). O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e também de dados de sensoriamento remoto são técnicas facilitadoras para a elaboração de mapas temáticos de cobertura vegetal (DUARTE & BRITO, 2007), e o emprego dessa ferramenta no estudo de atropelamentos permite uma análise acurada de variáveis espaciais.

A escolha da escala de trabalho pode influenciar diretamente os resultados encontrados (WHEATLEY & JOHNSON, 2009; DE KNEGT et al. 2010), devido as espécies selecionarem o habitat em diversas escalas (BARRIENTOS & DIOS MIRANDA, 2012). A percepção da escala dependerá do porte físico e particularidades como história de vida e comportamento da espécie (WIENS, 1989).

Conhecer os fatores que promovem os atropelamentos é importante para propor medidas de mitigação mais adequadas (GUNSON et al. 2011; NEUMANN et al. 2012). Essas medidas beneficiarão tanto a biodiversidade quanto a segurança dos usuários das rodovias (GUNSON et al. 2011). Existem vários tipos de medidas para redução da mortalidade rodoviária, as do tipo barreira como cercas, muros e telas e as para amenizar a fragmentação, que funcionam ampliando a conectividade como pontes e passagens de fauna (ASHLEY et al. 2007).

Para a efetiva redução de atropelamentos, medidas mitigatórias como viadutos, pontes, túneis, tubos de drenagem e outros tipos de passagens superiores e inferiores devem ser combinados com cercas ou telas que impeçam a fauna silvestre de movimentar pela rodovia e que também direcionam esses animais para essas estruturas. A utilização

destas estruturas permitem reestabelecer a conectividade do habitat, que foi interrompida pelas estradas e vem recebendo atenção nos últimos anos por parte de concessionárias de transporte (VAN DER GRIFT et al., 2013).

Estudos que permitem conhecer os padrões de atropelamentos, podem funcionar como uma ferramenta facilitadora na tomada de decisões de manejo e nas medidas mitigadoras e/ou compensatórias pelos órgãos responsáveis pelo licenciamento de rodovias em construção ou implantadas. A avaliação e mitigação dos efeitos de estradas na biodiversidade são urgentes e a eficiência dessas medidas envolve o local onde as mesmas serão implantadas assim como a distância entre elas (SEILER, 2003), pois não é economicamente viável estabelecer estratégias para amenizar o impacto destes empreendimentos em todas as estradas e ao longo de toda sua extensão.

REFERÊNCIAS

ASHLEY, P. E. Incidence of Intentional Vehicle–Reptile Collisions. **Human Dimensions of Wildlife**, v.12, p.137–143, 2007.

BARRIENTOS, R; MIRANDA, J. D. Can we explain regional abundance and road-kill patterns with variables derived from local-scale road-kill models? Evaluating transferability with the European polecat. **Diversity and distributions**, v.18, p. 635-647, 2012.

BOITET, E. R.; MEAD, A. J. Application of GIS to a Baseline Survey of Vertebrate Roadkills in Baldwin County, Georgia. **Southeastern Naturalist**, v.13, p.176-190, 2014.

CLEVINGER, A. P; FORD, A. T. Wildlife crossing structures, fencing, and other highway design considerations, In Safe passages: highways, wildlife, and habitat connectivity. **Island Press**, Washington, p. 17-49. 2010.

CUSHMAN, S. A; LEWIS, J. S. Movement behavior explains genetic differentiation in American black bears. **Landscape Ecology**, v.25, p.1613-1625, 2010.

DE KNEGT, V. H. J et al. Spatial autocorrelation and the scaling of species-environment relationships. **Ecology**, v. 91, p. 2455–2465, 2010.

DUARTE, W. O; BRITO, J. L. S. Mapeamento da Cultura do Café no município de Araguari-MG, utilizando imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Florianópolis. Anais**, São José dos Campos: INPE, 2007. p.161-167.
EIGENBROD, F; HECNAR, S. J; FAHRIG, L. Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. **Landscape Ecology**, v.23, p.159-168, 2008.

GUNSON, K. E; MOUNTRAKIS, G; QUACKENBUSH, L. J. Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. **Journal of Environmental Management**, v.92, p.1074–1082, 2011.

GUTER, A; DOLEV, A; SALTZ, D; KRONFEDL-SCHOR, N. Temporal and spatial influences on road mortality in otters: conservation implications. **Israel Journal of Zoology**, v.51, pp.199-207, 2005.

JOCHIMSEN, D.M; PETERSON, C.R; HARMON, L.J. Influence of ecology and landscape on snake road mortality in a sagebrush-steppe ecosystem. **Animal Conservation**, v. 10.1111, p.12-25, Apr, 2014.

LAURANCE, W. F; BALMFORDE, A. Land use: a global map for road building. **Nature**, v.495, p.308-309, 2013.

LIU, S. et al. Landscape network approach to assess ecological impacts of road projects on biological conservation. **Chinese Geographical Science**, China, v.24, p.5-14, 2014.

MEDINAS, D; MARQUES, T. J; MIRA, A. Assessing road effects on bats: the role of landscape, road features, and bat activity on road-kills. **Ecological research**, v.28, p.227-237, 2013.

NIEMI, M. et al. Dry paths effectively reduce road mortality of small and medium-sized terrestrial vertebrates. **Journal of environmental management**, v.144, p.51-57, 2014.

NIEMI, M .et al. Road kills of small vertebrates – can we do something? **Suomen Riista**, v.53 , p.89–103, 2007.

NEUMANN, W. et al. Difference in spatio temporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife – vehicle collisions. **Biological Conservation**, v.145, p.70 – 78, 2012.

PHILCOX, C.K; GROGAN, D.W; MACDONALD. Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. **J Applied Ecology**, v.36, p.748-762, 1999.

PRADA, C. S. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análises de fatores envolvidos. M. Sc. **Dissertação**, UFSCAR, São Carlos, SP, Brasil, 2004.

PUIG, J; ARINHO, A. H; SANZ, L. The link between roadkills distribution and the surrounding landscape in two highways in Navarre, Spain. **Environmental engineering and management journal**, v.11, p.1171-1178, 2012.

SAEKI, M; MACDONALD, D.W. The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. **Biological Conservation**, v.118, p. 559–571, 2004.

SEILER, A. The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden. **Thesis**, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2003.

TROMBULAK, S. C; FRISSEL, C.A. Review of ecological effects the roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, v.14, p.18-30, 2001.

VAN DER GRIFT, E. A. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. **Biodiversity and Conservation**, v.22, p.425–448, 2013.

VANTHOMME, H et al. Distribution of a community of mammals in relation to roads and other human disturbances in Gabon, Central Africa. **Conservation Biology**, v.27, p.281-291, 2013.

WHEATLEY, M. T; JOHNSON, C. J. Factors limiting our understanding of ecological scale. **EcologicalComplexity**, v.6, p.150–159, 2009.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO

Para: Landscape Ecology

Fator de impacto: A1

ARTIGO

**ANÁLISE DOS ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS
TERRESTRES EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
BRASILEIRAS À ESCALA DA PAISAGEM**

Mardiany Ribeiro dos Reis¹, Alex Bager², Clara Grilo²

1, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras-MG, Brasil.

2 Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, Departamento de Biologia, Setor de Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste estudo é compreender o papel da cobertura do solo e/ou a presença passagens (pontes e tubos de drenagem), na probabilidade de atropelamento de vertebrados silvestres não-voadores. Para isso foram utilizados dados de atropelamento de animais dos anos de 2013 e 2014 de cinco Unidades de Conservação brasileiras pertencentes aos biomas Mata Atlântica e Cerrado. As análises foram feitas para as classes anfíbios, répteis e mamíferos, sendo que para a última classe as espécies foram agrupadas conforme as características físicas e comportamentais. Construímos modelos lineares generalizados mistos para compreender a relação da paisagem com a ocorrência de atropelamentos. Os atropelamentos de anfíbios estavam relacionados com a redução da porcentagem das classes agricultura e campo e o aumento da porcentagem de ocupação de silvicultura. Para répteis as classes mais importantes para a ocorrência de colisão foram o incremento de agricultura e vegetação nativa. Já para a classe mamíferos os atropelamentos do grupo escansoriais pequenos sofria decréscimo a medida que a proporção de silvicultura aumentava e do grupo semi-fossoriais o aumento da probabilidade de atropelamento estava associada com a presença de tubos de drenagem e a ausência de pontes. Nossos resultados permitirão orientar as ações mitigadoras para os locais com maior possibilidade de ocorrência de atropelamento para cada grupo taxonômico de acordo com o tipo de cobertura do solo da paisagem circundante e com as estruturas viárias presentes.

Palavras-chave: Colisão com veículos. Meso-escala. Mapas de ocupação do solo.

ABSTRACT

The objective of this study is to understand as the type of soil and/or the presence transport structures (bridges and drain tubes) interfere on the roadkill probability of wild non-volant vertebrates. For this reason, were used data from roadkill of wild animals of the years 2013 and 2014 of five brazilian protected area into mata atlântica and cerrado biomes. The analyses were made for classes amphibians, reptiles and mammals, being that for the last class, the species were organized according to physical and behavioral similarities. We build mixed linear models to understand the relationship of the variables of the landscape with the occurrence of roadkill. The roadkill of amphibians was related with categories of land use, agriculture (reduction in the percentage), silviculture (increase of the percentage) and grassland (reduction in the percentage). The most important class, reptiles, it was associated with the increment agriculture and native forest. Already for the class mammals roadkill escansoriais- small group was related to decrease as the proportion of silviculture increased and semi-fossoriais group increased probability of roadkill was associated with the presence of the drain tubes and the absence of bridges. Our results may direct searches and the mitigating actions for locations with greater possibility of occurrence of roadkill for each taxonomic group according to the type of soil and with the highway infrastructures present.

keywords: Road ecology. Roadkill. Meso-escala. Maps of use and occupation of soil. Linear structures.

1 INTRODUÇÃO

O aumento de atropelamentos de animais silvestres acontece em decorrência da expansão da rede viária e consequente fragmentação dos seus habitats, obrigando os indivíduos a cruzarem rodovias (NEWMAN et al. 2014). O risco de mortalidade está associado a vários fatores: a velocidade e fluxo de veículos, a dimensão das rodovias, as características e atividade das espécies (CERVINKA, 2015; HOBDAV & MINISTRELL, 2008). Outro fator que explica o risco de atropelamento são as características da paisagem do entorno (JOCHIMSEN et al. 2014; CLEVINGER et al. 2010), já que definem a distribuição das espécies e a sua abundância (CUSHMAN & LEWIS, 2010), de acordo com a oferta de recursos alimentares e refúgio (LAW & DICKMAN, 1998).

Pesquisas anteriores mostraram que as características das estradas e a qualidade da matriz circundante, são importantes preditores nos padrões de atropelamento, pois uma maior qualidade do ambiente ao redor das estradas influencia positivamente nas colisões com veículos (GUNSON, 2011; EIGENBROD, 2008; GRILO et al. 2011). Esses autores acreditam que os atropelamentos ocorrem de maneira agrupada e não aleatória, estando associados com características das estradas e a paisagem circundante.

Conhecer os aspectos da paisagem ao redor dos atropelamentos nos diz sobre a preferência de movimentação dos animais nesses trechos (GRILO et al. 2012), o que permite definir a relevância dos variados tipos de cobertura do solo. Podendo auxiliar na proposição de medidas de mitigação (SEILER, 2003). Pois a definição e localização dessas

medidas de contenção dos efeitos negativos de estradas sobre biodiversidade são urgentes. (RYTWINSKI et al. 2015; SEILER, 2003).

Assim nosso objetivo foi avaliar a importância dos tipos de uso e cobertura do solo (agricultura, campo, silvicultura, vegetação nativa e urbana) e da presença de passagens (pontes e tubos de drenagem) na probabilidade de atropelamentos de vertebrados terrestres não-voadores. Nossa hipótese é que os atropelamentos não ocorrem de forma aleatória, já que os animais não estão dispersos aleatoriamente na paisagem e que fatores espaciais (ex: disposição de recursos alimentares e abrigo e localização de passagens de fauna), podem predizer locais potenciais para eventos de colisões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em estradas que cruzam cinco Unidades de Conservação brasileiras, pertencentes aos biomas Mata Atlântica: Parque Nacional da Serra dos Órgãos – Parnaso - RJ (BR-116), Floresta Nacional de Pirai do Sul - Flona de Pirai do Sul – PR (Estrada interna) e Parque Estadual de Tainhas – Petainhas – RS (RS-110) e Cerrado: Floresta Nacional de Sylvania – Flona de Sylvania - GO (GO- 010 e GO- 437) e Parque Nacional da Chapada dos Guimarães – Parna Chapada dos Guimarães – MT (MT-251) (Figura 1).

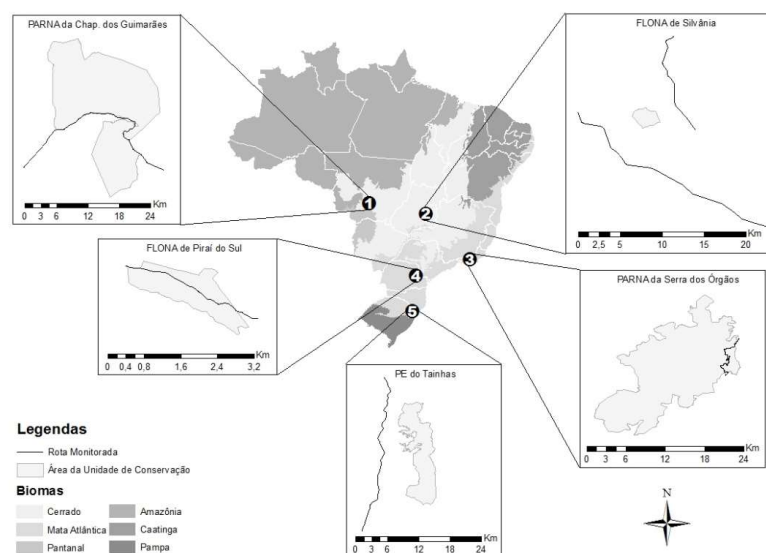


Figura 1 Mapa da área do estudo destacando a localização das Unidades de Conservação nas quais foram realizados os monitoramentos de fauna silvestre atropelada.

2.2 Coleta de dados

2.2.1 Banco de dados das espécies atropeladas

Os monitoramentos ocorreram entre junho de 2013 a dezembro de 2014, em estradas de terra e pavimentada que cruzam as UCs, conforme protocolo adotado pelo Centro de Estudos em Ecologia de Estradas – CBEE – UFLA – MG, (MAIA & BAGER, 2003), nos dias, percursos e trajetos pré-definidos (**Tabela 1**). Foram monitoradas estradas de terra e pavimentadas com trechos variando entre 3 a 32 km (**Tabela 1**).

Os monitoramentos ocorreram de duas formas distintas, de acordo com a disponibilidade e/ou tamanho do trecho monitorado: 1) monitoramentos a pé por um observador com velocidade \leq 2 km e 2) monitoramentos de carro com um motorista e um observador, com velocidade média de 50 km/h (**Tabela 1**).

Tabela 1 Características dos monitoramentos realizados pelas Unidades de Conservação: NA - n° de amostragem, N (n° de registros)

Unidade Conservação	de Rodovia	Pista	Extensão (km)	Tipo	Início/ fim (Mês e ano)	NA	N
PARNASO	BR-116	pavimentada	12	carro	06/2013 a 12/2014	165	15
FLONA de Piraí do Sul	Interna	terra	3	a pé	10/2013 a 12/2014	65	144
PETAINHAS	RS-110	pavimentada	32	carro	10/2013 a 12/2014	64	39
FLONA de Silvania	GO-010	pavimentada	28	carro	9/2013 a 12/2014	66	64
	GO-437	terra (em pavimentação)	13	carro	9/2013 a 12/2014	66	14
PARNA dos Guimarães	Chapada MT-251	pavimentada	40	carro	11/2013 a 12/2014	42	67

A figura 2 apresenta as fotografias das estradas monitoradas e suas respectivas localidades. Apenas as rodovias GO-437 - FLONA de Silvânia e Interna – FLONA de Pirai do Sul eram estradas de terra, sendo que a última sofreu processo de pavimentação ao longo dos monitoramentos, as demais estradas eram estradas pavimentadas.

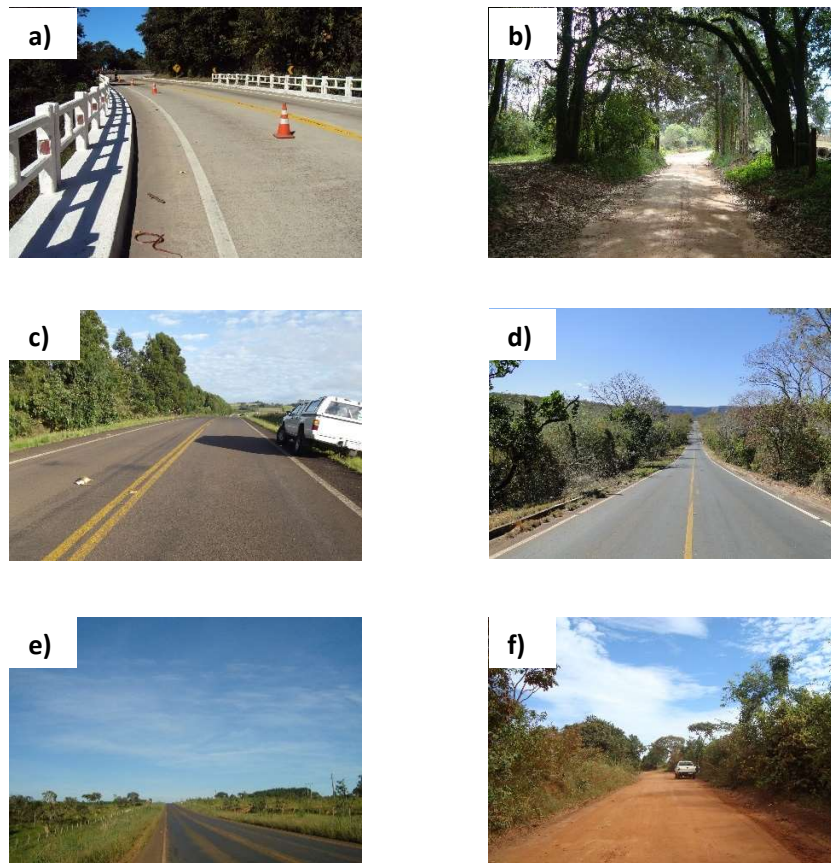


Figura 2 Estradas das UCs que foram monitoradas a) BR 116 do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. b) Estrada Interna da Floresta Nacional de Pirai do Sul. c) RS 110 do Parque Estadual de Tainhas. d) MT 251 do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. e) GO 010 da Floresta Nacional de Silvânia. d) GO 437 da Floresta Nacional de Silvânia.

As equipes de campo realizaram monitoramentos semanalmente, exceto no PARNASO que os monitoramentos eram realizados diariamente, todos ocorreram no início da manhã para evitar a perda de carcaças devido à atividade de aves carniceiras. Foram coletadas informações de todos vertebrados não-voadores atropelados.

Para obter a distribuição espacial dos eventos de atropelamento foi obtido a posição geográfica de cada animal atropelado (*waypoint*), através do *Global Positioning System* - GPS. Para a correta identificação das espécies encontradas foi retirada uma fotografia da vista superior do animal com uma placa contendo informações de data, número do indivíduo e quando possível a espécie, família ou classe à qual pertencia.

2.2.2 Variáveis da paisagem

Para coleta das variáveis da paisagem (agricultura, campo, área urbana, floresta nativa e silvicultura) utilizamos mapas de uso e cobertura do solo cedidos pelo Laboratório de Manejo Florestal – LEMAF. Os limites de cada mapa gerado foram de 100 km² (10x10km), considerando a localização da estrada como ponto central. Foram utilizadas imagens do ano de 2011, do sensor *RapidEye* com resolução espacial de cinco metros. Utilizamos também informações cedidas pelas equipes de monitoramento sobre a localização de tubos de drenagem e pontes nas rodovias monitoradas, essas estruturas podem funcionar como passagem de fauna mesmo não sendo criadas para essa finalidade. Essa informação foi utilizada como presença/ausência. Sendo classificadas como presença estruturas localizadas até 1 km dos pontos de atropelamentos e como ausência localizadas a distância superior.

2.3 Análise dos dados

A análise foi feita por grupos taxonômicos definidos pelas classes anfíbios, répteis e mamíferos. Devido às grandes particularidades as espécies de mamíferos foram agrupadas com base em aspectos ecológicos que podem as tornarem mais, ou menos suscetíveis aos atropelamentos: dieta (carnívoro, herbívoro, onívoro e insetívoro), locomoção (terrestre, arborícola, semi-fossorial, escansorial e semi-aquático), área de vida (valores contínuos) e biomassa (pequeno, médio e grande porte) (Figura 5 – grupos de mamíferos, APÊNDICE A). As características foram atribuídas consultando literatura especializada (ROSA & BAGER, 2013; PLAGIA et al. 2012; REIS et al. 2011; REIS et al. 2010; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009; JÁCOMO et al. 2009; MAMMALIA SPECIES, 2005). Para agrupar as espécies foi realizada uma análise de cluster Ward (EVERITT et al. 2001), que produz agrupamentos de tamanhos semelhantes, devido a minimização de variação interna. O tipo de distância escolhida foi *Gower*, pois esta aceita tanto variáveis categóricas, contínuas e NAs (*not applicable* – não disponível). (DI RIENZO et al. 2011). Grupos com menos de 15 atropelamentos foram excluídos das análises, a representação gráfica da análise pode ser consultada através da Figura 5, APÊNDICE-A.

Foi feito um *buffer* de 1 km de raio do centro de cada registro de atropelamento e a mesma quantidade entorno de pontos aleatórios sem ocorrência de atropelamentos, caracterizando como presença e ausência de atropelamentos, respectivamente. O tamanho do *buffer* foi escolhido com base em CARDOSO et al. (2013). As características da paisagem calculadas em cada *buffer* foram proporção (%) de área urbana (cidade), de nativa (qualquer tipo de floresta nativa ex: floresta estacional

decidual montana e floresta ombrófila montana), de silvicultura (qualquer tipo de vegetação plantada exemplo: eucalipto e pinus), de agricultura (pastagem e cultivo), de campo (campo rupestre e campo cerrado) e a presença ou ausência de tubos de drenagem e pontes localizados até 1km dos registros.

Foram construídos Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMMs) para entender a relação entre as características da paisagem de entorno e pontes e tubos de drenagem na ocorrência de atropelamentos dos grupos de vertebrados definidos anteriormente. A presença/ausência de atropelamentos foi a variável resposta (y) e as medidas da paisagem e as estruturas viárias (pontes e tubos) as variáveis explicativas (x). A UC (incluído todas as particularidades dos locais e diferenças de esforço amostral) e a sobreposição entre os *buffers* de 1 km ao redor dos pontos (autocorrelação espacial) foram as variáveis aleatórias. Inicialmente verificamos quais variáveis estavam correlacionadas, através do coeficiente de correlação de *Spearman* para dados não-normais. Entre os pares variáveis considerados correlacionados ($r > \pm 0,70$), foi escolhida a variável que possuía uma relação mais forte com a variável resposta.

Para definir os modelos candidatos foram testadas três hipóteses diferentes: paisagem (tipo de uso e cobertura do solo), estrutura de passagem (pontes e tubos de drenagem) e paisagem+ estruturas.

Uma vez que haviam uma grande frequência de zeros nas variáveis explicativas as mesmas foram logaritmizadas ($\log(\text{dados}+1)$), pois o padrão dos dados transformados é mais fácil de ser compreendido, assim geram melhores modelos (GOTELLI & ELLISON, 2011). Os melhores modelos foram escolhidos usando o Critério de Seleção de Akaike (AIC), em que os modelos com menor

valor de ΔAIC são considerados os mais parcimoniosos (Burnham & Anderson, 2002), favorecendo as variáveis de maior peso. Para verificar a probabilidade do melhor modelo classificar corretamente uma observação utilizamos o AUC (*Área under curve*), considerando como modelo fraco resultados abaixo de 0,6 (ROBIN et al 2011; FIELDING & BELL, 1997).

A distribuição de erros utilizada foi Binomial, adequada para dados de presença/ausência (CRAWLEY, 2007). Todas as análises da paisagem foram realizadas no programa ArcGIS10.1 e as análises estatísticas foram realizadas em ambiente R, através dos pacotes FD, lme4 e pROC, MuMIn, (*R Development Core Team*, 2015).

3 RESULTADOS

O banco de dados possuía 343 registros, dentre eles identificamos 38% de mamíferos, 33% répteis e 28% anfíbios.

3.1 Definição de grupos de espécies

A análise de agrupamento para a classe mamíferos gerou 13 grupos (Figura 5, grupos de mamíferos gerados pela análise APÊNDICE-A). Os grupos 7, 9 e 12 entraram nas análises (≥ 15) e foram denominados respectivamente como carnívoros, semi-fossoriais (tatus) e escansoriais pequenos (marsupiais). Os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11 e 13 foram excluídos das análises por possuírem um baixo valor de registros (≤ 15) (Figura 5 grupos de mamíferos gerados pela análise, APÊNDICE-A).

3.2 Efeito das variáveis na probabilidade de atropelamento

As variáveis que apresentaram correlação entre si foram agricultura e campo para as classes répteis e mamíferos (semi-fossoriais) e vegetação nativa e silvicultura para mamíferos carnívoros.

A tabela 2 mostra a média da porcentagem de cobertura de cada tipo de uso do solo nos *buffers* criados, para cada classe do solo por classe/grupo. A classe área urbana apresentou resultados somente para o grupo de escansoriais pequenos e as demais classes ocorreram em todos os grupos. Para a maioria das classe/grupo analisados a vegetação nativa foi a mais representativa (exceto semi fossoriais e carnívoros), seguido pelas classes campo e agricultura.

Tabela 2 Média da porcentagem de cobertura das variáveis explicativas selecionadas para gerar os Modelos Lineares Generalizadas Mistos

Classe	Agricultura (%)	Campo (%)	Silvicultura (%)	Vegetação (%)	Nativa	Urbana (%)
Anfíbios	14,68	8,34	12,31	61,21	-	-
Répteis	28,30	13,02	7,08	36,41	-	-
Mamíferos (Carnívoros)	11,65	60,46	9,02	17,35	-	-
Mamíferos (Escansoriais pequenos)	15,07	18,96	2,31	57,40	-	3,95
Mamíferos (Semi fossorial)	28,83	34,42	2,55	31,47	-	-
Média total	19,71	27,04	6,65	40,77	-	0,79

Locais com um traço (-) indicam inexistência do tipo de classe de solo indicada.

Na tabela 3, consta o número de registros com presença e ausência de pontes e tubos de drenagem, como pode ser verificado a maioria dos registros não possuíam essas estruturas no *buffer* de 1 km dos registros.

Tabela 3 Número de pontos com presença/ausência de estruturas viárias: para cada classe/grupo analisado

Classe	Ponte		Tubo de drenagem	
	Presença	Ausência	Presença	Ausência
Anfíbios	16	246	28	234
Répteis	17	213	64	166
Mamíferos - Carnívoros	28	60	27	61
Mamíferos - Escansoriais Pequenos	16	44	22	38
Mamíferos – Semi fossorial	5	41	16	30

a: ausência e p: presença

O conjunto de variáveis explicativas utilizados para gerar os modelos candidatos para hipóteses: influência da paisagem, influência de estrutura de viárias (pontes e tubos de drenagem) e influência da paisagem em conjunto com estruturas de viárias, para cada classe/grupo, após os resultados da correlação podem ser verificados na tabela 4.

Tabela 4 Conjunto de variáveis explicativas selecionadas para os modelos candidatados. Foram utilizadas as siglas: Nat, Sil, Cam, Agr, Urb, Ponte e Tubos para representar respectivamente: proporção de nativa, proporção de silvicultura, proporção de campo, proporção de agrícola, proporção de urbana, ocorrência de ponte próxima e ocorrência de tubo de drenagem próximo

Modelo	Variável independente
Anfíbios	Agr + Cam +Nat+Sil Ponte+Tubos Agr + Cam +Nat+Sil+ Ponte+Tubos
Répteis	Agr+ Cam+Nat+Sil Pontel+Tubos Agr+Cam+Nat+Sil + Pontel+Tubos
Carnívoros	Agr+ Cam Sil Ponte+Tubos Agr+ Cam Sil+ Ponte+Tubos
Escansoriais pequenos	Cam+Nat+Sil+Urb Ponte+Tubos Cam+ Nat+Sil+ Ponte+Tubos
Semi-fossoriais	Agr +Nat+Sil Ponte+Tubos Agr+Sil+ Ponte+Tubos

A figura abaixo traz alguns exemplos de pontes e tubos de drenagem distribuídos nas UCs. Como dito anteriormente essas estruturas possivelmente não foram criadas com a intenção de funcionar como passagem de fauna, mas podem estar sendo utilizadas pelas espécies para essa finalidade.

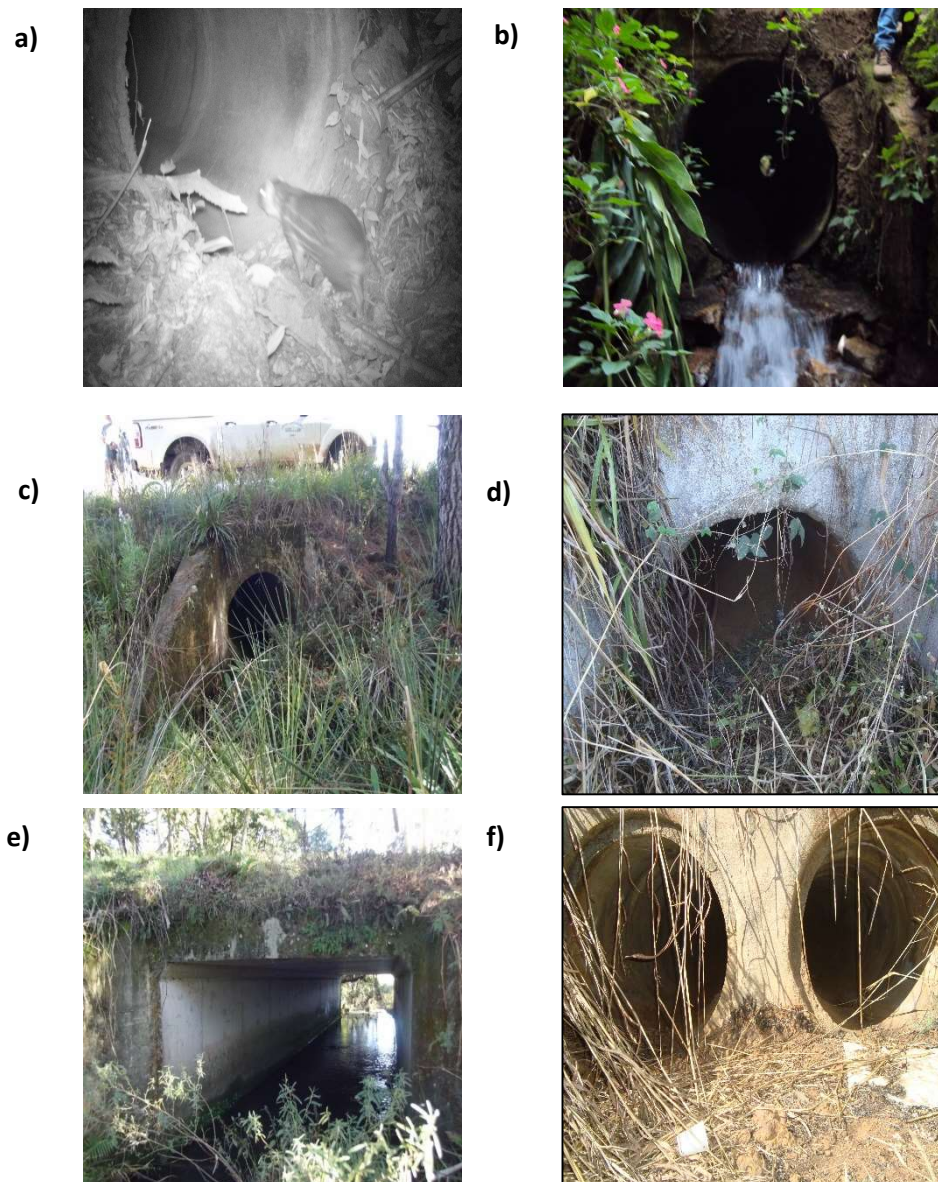


Figura 3 Exemplos de estruturas viárias (ponte e tubos de drenagem) localizados dentro das Unidades de Conservação. a) Tubo de drenagem no Parque Nacional da Serra das Órgãos. b) Tubo de drenagem no Parque Nacional da Serra dos Órgãos. c) Ponte no Parque Estadual de Tainhas. d) Tubo de drenagem no Parque Estadual de Tainhas. e) Tubo de drenagem na Floresta Nacional de Silvânia. f) Tubo de drenagem na Floresta Nacional de Silvânia

A tabela 5 reúne os modelos com melhor desempenho ($\Delta AIC < 2$). O grupo dos carnívoros obteve o modelo nulo como o modelo mais explicativo para todas as hipóteses (variáveis da paisagem, presença/ausência de pontes e tubos de drenagem e o conjunto de variáveis da paisagem e presença/ausência de pontes e tubos de drenagem). A classe répteis obteve mais de um modelo suportado ($\Delta AIC < 2$) para todas as hipóteses, a classe anfíbios para as hipóteses estrutura e paisagem+estrutura e os mamíferos semi-fossoriais para hipótese de paisagem. A classe anfíbios apresentou como mais explicativo o modelo que incluía as variáveis agricultura, campo e silvicultura, para os répteis o com vegetação nativa e agricultura foi o mais importante, para escansoriais pequenos a variável silvicultura foi a melhor preditora de atropelamentos e no grupo semi fossoriais a ausência de pontes e presença de tubos de drenagem foram os principais determinantes de atropelamentos entre as variáveis utilizadas. Todos os modelos eleitos como mais explicativos apresentaram valores de AUC satisfatórios (Tabela 5).

Tabela 5 Melhores modelos selecionados pelo ΔAIC (<2) para as hipóteses de influência da Paisagem, Estruturas e Paisagem+Estruturas nos atropelamentos de anfíbios, répteis e mamíferos

	Modelo	df	AICc	ΔAIC	w	AUC
Paisagem						
<i>Anfíbios</i>	<i>Null</i>	3	72,40	4,00	0,062	-
	Agr+Cam+Sil	6	68,40	0,00	0,460	0,99
<i>Répteis</i>	<i>Null</i>	3	96,90	1,53	0,104	-
	Agr+Nat	5	94,40	0,00	0,224	0,99
	Agr +Nat +Sil	6	95,50	0,18	0,205	-
<i>Escansoriais pequenos</i>	<i>Null</i>	3	55,20	2,07	0,120	-
	Sil	4	53,10	0,00	0,338	0,99
<i>Semi- fossorial</i>	<i>Null</i>	3	51,90	0,00	0,269	0,99
	Agr	4	52,20	0,37	0,223	-
	Sil	5	52,80	0,97	0,165	-
	Agr+Sil	5	53,30	1,43	0,131	-
Estrutura						
<i>Anfíbios</i>	<i>Null</i>	3	72,40	0,00	0,560	0,99
	Tubos	4	74,20	1,77	0,231	-

Tabela 5 Continua

	Modelo	df	AICc	ΔAIC	w	AUC
<i>Répteis</i>	<i>Null</i>	3	96,90	0,00	0,531	0,99
	Tubos	4	98,80	0,91	0,204	-
<i>Escansoriais pequenos</i>	<i>Null</i>	2	55,20	0,00	0,559	0,99
<i>Semi-fossorial</i>	<i>Null</i>	3	51,90	5,43	0,027	-
	Ponte+Tubos	5	46,40	0,00	0,701	0,99
Paisagem+Estrutura						
<i>Anfibios</i>	<i>Null</i>	3	72,40	4,00	0,034	-
	Agr+Cam+Sil	6	68,40	0,00	0,254	0,99
	Agr+Cam+Sil+Ponte	7	70,40	1,97	0,095	-
<i>Répteis</i>	<i>Null</i>	3	96,90	1,53	0,056	-
	Agr Nat	5	94,40	0,00	0,120	0,99
	Agr +Nat +Sil	6	95,50	0,18	0,109	-
	Agr +Nat+Tubos	6	97,10	1,78	0,049	-
<i>Escansoriais pequenos</i>	<i>Null</i>	3	55,20	2,07	0,089	-
	Sil	4	53,10	0,00	0,249	0,99
<i>Semi-fossorial</i>	<i>Null</i>	3	51,90	5,43	0,027	-

Tabela 5 Conclusão

	Modelo	df	AICc	ΔAIC	w	AUC
<i>Semi-fossorial</i>	Ponte+Tubos	5	46,40	0,00	0,410	0,99

Nat: proporção de nativa, Sil: proporção de silvicultura, Cam: proporção de campo, Agr: proporção de agrícola, Ponte: distância da ponte mais próxima e Tubos: distância do tubo de drenagem mais próximo, *Null: intercept*, AICc – Critério de Informação de Akaike para pequenas amostras; Δ AIC – diferença entre a AICc de um modelo e o menor modelo; w- AIC corrigido para amostras de pequenas dimensões; AUC – Área sobre a Curva.

Todas as variáveis da paisagem dos melhores modelos apresentaram valores significativos ($p < 0,05$) (tabela 6). Em relação as variáveis de estruturas (pontes e tubos de drenagem), as mesmas obtiveram resultados significativos apenas para o grupo semi-fossoriais. Os demais parâmetros das variáveis mais influentes nos eventos de atropelamento das classes/grupos analisados podem ser consultados na tabela 6.

Tabela 6 Parâmetros das variáveis dos modelos mais explicativos ($\Delta AIC < 2$) para atropelamentos de anfíbios, répteis, escansoriais pequenos e semi-fossoriais, Coeficientes estimados (β); erro padrão (SE); estimativa Z (Z-value) e significância (P-Value). As variáveis significativas ($p < 0,05$) estão marcadas em negrito. (* modelo de média quando foi obtido mais de um modelo suportado [Burnham & Anderson, 2002; ZUUR et al. 2009]).

Melhor modelo	β	SE	Z-Value	P-Value
Paisagem				
<i>Anfíbios</i>				
Intercept	16,756	9,999	1,676	0,09378
Agricultura	-6,680	2,606	-2,563	0,01036
Campo	-8,117	3,932	-2,064	0,03901
Silvicultura	5,545	2,011	2,757	0,00583
<i>Répteis*</i>				
Intercept	-51,552	20,461	2,515	0,011904
Nativa	9,692	4,469	2,166	0,030339
Agricultura	7,732	2,000	3,852	0,000117
Silvicultura	6,772	2,270	2,967	0,003006
<i>Escansoriais pequenos</i>				
Intercept	100,557	2,361	4,471	7,78x10⁶
Silvicultura	-8,404	2,846	-2,953	0,00315

Tabela 6 Continua

Melhor modelo	β	SE	Z-Value	P-Value
<i>Semi-fossoriais*</i>				
Intercept	-10,519	2,985	3,423	0,000620
Agricultura	5,247	1,415	3,599	0,000319
Silvicultura	6,879	2,514	2,656	0,007897
Estrutura				
<i>Anfibios*</i>				
Intercept	-12,238	2,572	4,737	2,2 x10⁶
Tubos	1,572	2,792	0,560	0,575
<i>Répteis*</i>				
Intercept	-11,984	2,056	5,797	<2 x10⁶
Tubos	0,9432	2,2855	0,410	0,681
<i>Escansoriais pequenos</i>				
Intercept	100,557	2,361	4,471	7,78x10⁶
<i>Semi-fossoriais</i>				
Intercept	-28,763	20,447	-1,407	0,159508
Tubos	23,085	4,889	4,772	2,34x10⁶
Pontes	-23,272	8,069	-2,884	0,00392

Tabela 6 Continua

Melhor modelo	β	SE	Z-Value	P-Value
Paisagem + Estruturas				
<i>Anfíbios*</i>				
Agricultura	-6,610	2,373	2,773	0,00556
Campo	-8,026	3,545	2,253	0,02425
Silvicultura	5,546	1,964	2,810	0,00495
Ponte	3,295	9,382	0,350	0,72670
<i>Répteis*</i>				
Intercept	-48,553	19,888	2,437	0,014804
Agricultura	7,491	1,967	3,794	0,000148
Nativa	9,001	4,363	2,060	0,039392
Silvicultura	6,772	2,270	2,967	0,003006
Tubos	1,861	3,413	0,542	0,587600
<i>Escansoriais pequenos</i>				
Silvicultura	-8,404	2,846	-2,953	0,00315
<i>Semi-fossoriais</i>				

Tabela 6 Conclusão

Melhor modelo	β	SE	Z-Value	P-Value
<i>Semi-fossoriais</i>				
Pontes	23,085	4,889	4,772	2,34x10⁶
Tubos	-23,272	8,069	-2,884	0,00392

Os atropelamentos de anfíbios estavam positivamente relacionados com a silvicultura e negativamente com o campo e agricultura; o atropelamento de répteis está associada ao incremento das áreas de agricultura e vegetação nativa e os escansoriais pequenos têm uma associação negativa com a silvicultura. No grupo de semi-fossoriais, a presença de pontes está relacionada com a redução de probabilidade de atropelamentos e a presença de tubos de drenagem com o aumento. Essas relações entre as variáveis com maior poder de explicação sobre a variável resposta estão representadas graficamente na figura 4.

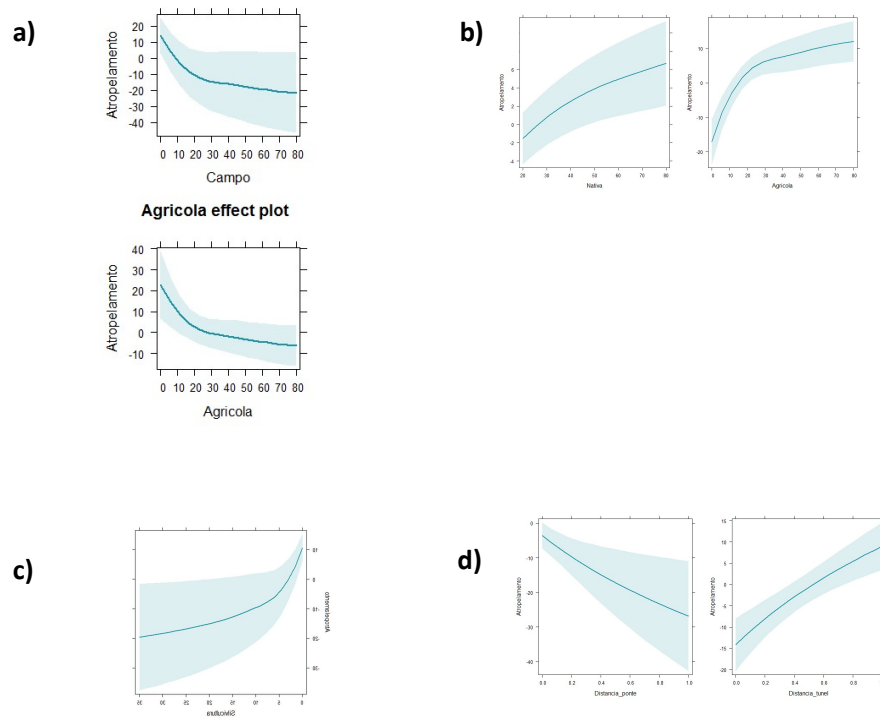


Figura 4 Atropelamento em relação as variáveis com maior poder de explicação. a) anfíbios, conforme a proporção de silvicultura aumenta, aumenta o número de atropelamentos, o contrário acontece para proporção de agricultura e campo. b) répteis, conforme a proporção de agricultura e nativa aumentam, aumenta o número de atropelamentos. c) escansoriais pequenos, conforme a proporção de silvicultura aumenta, diminui o número de atropelamentos. d) semi-fossorial, a presença de pontes diminui o número de atropelamento o contrário acontece com a presença de túneis

4 DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram que de maneira geral a paisagem circundante é mais importante na explicação do padrão de atropelamentos do que a presença de infraestruturas de transporte (pontes e tubos de drenagem). Padrão semelhante foi encontrado em outros trabalhos (GUNSON et al, 2011; GOMES et al, 2009)

Utilizando escala de paisagem (1km), a relação entre atropelamentos e o tipo de cobertura do solo dos locais encontrados, parece dar nos informações sobre habitats preferenciais das espécies (WHEATLEY & JOHNSON, 2009; DE KNEGT et al, 2010). Como foi observado em atropelamento de capivaras associados principalmente com locais próximos a corpos d'água, que são áreas preferenciais para esses animais (BUENO et al. 2013). Outro estudo com padrão semelhante mostrou que características da paisagem eram o conjunto de variável mais importante para explicar a morte de morcegos por atropelamento, estradas que cruzavam ou eram próximas a habitats de alta qualidade para morcegos possuíam um número significativamente maior de colisões com veículos (MEDINAS et al. 2013).

O Atropelamento de anfíbios estava mais relacionado com o aumento de áreas de silvicultura e redução de campos e terras agrícolas. As classes de uso do solo campo e agricultura também estiveram associadas com o atropelamento de vertebrados num estudo realizado na região sul do Brasil (SANTANA, 2012). Anfíbios têm restrições fisiológicas a áreas abertas como campos e agricultura, por conta da baixa umidade e maior exposição solar (HADDAD; PRADO, 2005). Estes parâmetros climáticos são determinantes no movimento, comportamento e reprodução de anfíbios em paisagens fragmentadas

(MAZEROLLE, 2001). O fato de silvicultura aumentar o número de atropelamentos pode estar relacionado com esse local não funcionar como barreira para o deslocamento dessas espécies e as mesmas utilizarem esses locais modificados, desde que possuam umidade adequada (PELTZER et al, 2006). Pesquisas já mostraram que essas espécies utilizam o material lenhoso derrubado de florestas plantadas como abrigo térmico, para obter recurso, acasalar, nidificação e hibernação (JAEGER, 1980; BLOMQUIST & HUNTER, 2010; BOCCHIGLIERI et al, 2010). Com a maior presença de indivíduos nesses habitats aumentam as taxas de atropelamento. Sabe-se que pós colheita das árvores silviculturais esses animais podem migrar para outras áreas, caso as condições climáticas se alterem muito (BLOMQUIST & HUNTER, 2010), essa movimentação também pode aumentar a probabilidade de encontrar uma rodovia e assim aumentar a probabilidade de atropelamento.

Foi inesperado a presença de pontes e tubos de drenagem não influenciarem os eventos de ausência/presença de atropelamentos de anfíbios. Estas estruturas funcionam como passagem de fauna (SMITH & SURTHERLAND, 2014) e também são utilizadas como rotas preferenciais por conta da umidade, já que são utilizados para escoarem água, recurso imprescindível para sobrevivência, reprodução e movimento de anfíbios (CURETON & DEATON, 2012; LANGEN, 2009; BEAUDRY et al. 2008). Estudos já mostraram que essas estruturas estavam diretamente ligadas com os eventos de atropelamentos (D'ANUNCIAÇÃO et al. 2013; LANGEN et al, 2009; SANTANA, 2012) e que seu uso está associado as condições microclimáticas, sendo comprovada a preferência por locais com maior umidade e que mantenham superfícies naturais (LESBARRÈRES et al.

2004; MAZEROLLE et al. 2005). No entanto, as estruturas analisadas não foram construídas pensando nesse grupo, pois não reuniam as características necessárias para o uso, já que aparentemente nem todas escoavam água ou possuíam umidade adequada (exigida pela espécie) e não possuíam luz, além do que em alguns casos elas não tinham vegetação circundante ou com manutenção aparente.

Para a classe répteis o aumento de vegetação nativa e agricultura provocaram uma maior probabilidade de atropelamento. A relação com a vegetação nativa provavelmente se dá pelo aumento da abundância de indivíduos, por se tratar de um habitat preferencial e com maior qualidade ambiental (CARVALHO & MIRA, 2011; MEIK et al, 2015). Entretanto, agrossistemas podem fornecer uma grande disponibilidade de recurso, já que atraem espécies de roedores, que podem servir de presas para várias espécies de répteis, além da liberação predativa e competitiva, pois algumas espécies estão ausentes por não se adaptarem as condições de ambientes agrícolas (MEIK et al, 2015).

Para o grupo dos carnívoros o modelo nulo foi o mais explicativo. Este fato significa que a paisagem de entorno a 1km de distância não tem influência da probabilidade de atropelamento. Provavelmente, outras variáveis não analisadas poderão determinar a sua ocorrência como a intensidade de tráfego, características da rodovia ou outras particularidades das UCs (clima, topografia, esforço amostral). Outro aspecto que pode ter interferido no resultado é o número reduzido de registros. Os dados para esse grupo podem não terem sido suficiente por conta de suas populações serem caracteristicamente de baixa densidade (CROOKS, 2002), ocorrendo assim um menor número de atropelamentos.

No grupo escansoriais pequenos a elevada proporção de silvicultura parece estar associada à menor probabilidade de atropelamento. A silvicultura não é um tipo de uso do solo preferencial para os indivíduos desse grupo, apesar de serem capazes de manterem uma certa diversidade de espécies (TERBORGH et al. 2008), pois são áreas pobres considerando aspectos biológicos, já que pode haver quebra de interações ecológicas, que eram existentes em locais de vegetação nativa (TERBORGH et al. 2008). Mesmo tratando de espécies generalistas, os indivíduos desse grupo provavelmente preferem habitats heterogêneos com opções variadas de recursos. Com o aumento da proporção de habitats modificados como de silvicultura, os fragmentos de floresta nativa ficam mais distantes, fazendo com que o uso desses ambientes sejam menos frequentes (ELLIOTT, 2006), diminuindo assim o número de atropelamentos. Outras características que determinam a riqueza e abundância de espécies de áreas de floresta plantada são: a manutenção das características hidrológicas e da vegetação natural do sub-bosque (WIEWNS, 1989; ELLIOTT, 2006).

A presença de tubos de drenagem e ausência de ponte estão relacionadas com a ocorrência de atropelamento de semi-fossoriais. Ambas podem funcionar como passagem de fauna apesar de possuírem distinções quanto dimensão e aspectos microclimáticos como luz e umidade, mas no caso do grupo em questão (tatus), certamente as mesmas são utilizadas como esconderijo. Enquanto os tubos de drenagem estão associados a corredores de vegetação, pontes podem ser percebidas como uma continuidade de habitat pelos organismos. Contudo apenas a existência dessas estruturas como acontece nas UCs, não indica redução nos atropelamentos (CUNNINGTON, 2014). Trabalhos mostraram que túneis devem estar associados a cercas, telas

ou outros tipos de barreiras que impossibilitam a circulação de animais nas estradas e os direcionam para as estruturas de passagem de fauna, reduzindo as mortes nas rodovias (SCHMIDT & ZUMBACH, 2008; CLEVINGER et al. 2010; CUNNINGTON, 2014).

Os valores de AUC encontrados para todos os grupos foram satisfatórios, mostrando que os pontos de probabilidade de atropelamentos foram bem identificados e as variáveis independentes descreveram as características dos atropelamentos de forma adequada, caracterizando os modelos como confiáveis.

Os locais de maior probabilidade de atropelamento variam de grupo para grupo e sugerimos estudos a nível de micro-habitat em áreas de agricultura, silvicultura e campo para a classe dos anfíbios, agricultura e vegetação nativa para répteis, silvicultura para escansoriais-pequenos (mamíferos) e avaliar a eficiência e manutenção de pontes e tubos de drenagem para todos os grupos, especialmente semi-fossoriais que mostrou relação dos eventos de atropelamentos com a presença/ ausência dessas estruturas, garantindo assim que essas estruturas funcionem como passagem de fauna reduzindo os atropelamentos.

Desse modo nossos resultados poderão apontar locais potenciais de colisão de animais silvestres com veículos (locais com maior cobertura dos tipos de uso do solo influenciadores na incidência de atropelamento), pois compreende a escala que os riscos de mortalidade rodoviária sofrem influência da paisagem do entorno. Podendo funcionar como ferramenta útil para o planejamento de futuras rodovias, como também estabelecer medidas mitigatórias eficazes e priorizar ações de manejo.

AGRADECIMENTOS

Aos financiadores do Projeto Malha: Fundo Brasileiro Para a Biodiversidade – FUNBIO, Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, Tetra Park, Fundação Amparo à Pesquisa de Minas Geras – FAPEMIG e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Aos gestores e demais funcionários das UCs envolvidas no Projeto Malha que realizaram os monitoramentos de animais silvestres atropelados.

A Nayara Helena Alecrim de Freitas pelo auxílio na gestão e organização dos dados.

Ao Dr. Fausto Weimar Acerbi Júnior, Dr. Fernando Ascensão, Nicolas Pereira de Souza e Rafael Honório Pereira Alves pelas contribuições e esclarecimentos a respeito das análises estatísticas e/ou espaciais.

A Carla Rodrigues Ribas e Alisson Borges Miranda Santos pelas considerações na escrita, através da disciplina PEC 527 – Publicação Científica, da Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras – UFLA, na qual este artigo foi parcialmente produzido.

5 CONCLUSÃO GERAL

Áreas protegidas foram criadas com o objetivo de conservar a biodiversidade, entretanto não estão isentas de alterações da paisagem como infraestruturas de transporte. Rodovias nesses locais são importantes, pois permitem visitação e o acesso, medidas de mitigação fazem-se necessárias, já que o bom funcionamento desses ecossistemas é imprescindível para atender o objetivo de conservação.

Nesse estudo, a escala de paisagem foi eficiente na análise de atropelamento de múltiplos táxons, o que pode ser uma boa alternativa quando os dados não estão disponíveis a nível de espécie. Também apresentamos que o tipo de uso do solo é um bom preditor para atropelamentos de anfíbios, répteis e escansoriais pequenos (mamífero) e a presença de passagens de fauna (tubos de drenagem e ponte) influencia na probabilidade de atropelamento do grupo semi-fossoriais (mamíferos).

A forma que a espécie percebe o ambiente é importante, diferentes ambientes serão vistos com melhores ou piores, considerando a qualidade ambiental. Algumas matrizes podem ser permeáveis ou não para diferentes espécies. Se uma espécie ocupa preferencialmente certo local, possivelmente ela será encontrada em maior número, ocorrendo mais atropelamento pelo simples fato de ter mais indivíduos cruzando as rodovias que cortam esse ambiente.

Com base nesses resultados sugere-se para quando possível evitar construir estradas nos locais onde encontram-se os tipos de cobertura vegetais responsáveis pelo aumento da incidência de atropelamento, de acordo com cada classe/grupo ou investir em medidas de mitigação nesses locais.

Também é recomendável a manutenção das estruturas de transporte, já que não mostraram eficientes para passagem de fauna. Essa manutenção pode incluir instalação de telas, cercas ou algo que impeça os animais atravessarem a rodovia e que direcionam para as pontes e tubos de drenagem. Além de tornarem mais atrativas para os animais, mantendo a vegetação nativa ao redor dessas estruturas e uma umidade adequada, bem como realizar monitoramento através de câmeras, para avaliar se estão sendo utilizadas pelos animais, identificando as espécies que atravessam.

REFERÊNCIAS

BUENO, S. Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, Southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v.17, p.130-137, 2013.

BLOMQUIST, S.M, HUNTER, M.L. A multi-scale assessment of amphibian habitat selection: Wood frog response to timber harvesting. **Ecoscience**, v.17, p.251–264, 2010.

BOCCHIGLIERI, A. A. F.et al. Composição e diversidade de mamíferos de médio e grande porte no Cerrado do Brazil central. **Biota Neotropica**, v.10, p.169-176, 2010.

BEAUDRY, F.et al. identifying road mortality threat at multiple spatial scales for semi-aquatic turtles. **Biological Conservation**, v.141, p.2550-2563, 2008.

BURNHAM K. P; ANDERSON, D. R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edn. Springer, 2002.

CARDOSO, T. R; GRILO, C; SOLAR, R; BAGER, A. Do the size and shape of spatial units jeopardize the mortality-risk factors estimates? **in press**, 2013.

CARVALHO, F; A, MIRA. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. **European Journal of Wildlife Research**, v.57, p.157-174, 2011.

ČERVINKA, J. et al. Large-scale evaluation of carnivore road mortality: the effect of landscape and local scale characteristics. **Mammal Research**, v. 60, p.233-243, 2015.

CLEVENGER, A. P; FORD, A. T; Wildlife crossing structures, fencing, and other highway design considerations, In *Safe passages: highways, wildlife, and habitat connectivity*. Island Press, Washington, v. , p. 17-49. 2010.

CRAWLEY, M. J. *The R Book*. Chichester: John Wiley and Sons, 2007, p.

CROOKS, K. R. Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. **Conservation Biology**, v.16, p.488-502, 2002.

CUNNINGTON, G. M. Culverts alone do not reduce road mortality in anurans. **Ecoscience**, v.21, p.69-78, 2014.

CURETON, J. C; DEATON, R. Hot moments and hot spots: Identifying factors explaining temporal and spatial variation in turtle road mortality. **The Journal of Wildlife Management**, v.76, p.1047-1052, 2012.

CUSHMAN, S. A; LEWIS, J. S. Movement behavior explains genetic differentiation in American black bears. **Landscape Ecology**, v.25, p.1613-1625, 2010.

D' ANUNCIAÇÃO. et al. Road Ecology and Neotropical amphibians: contributions for future studies. **Acta Herpetologica**, v.8, p.129-140, 2013.

DE KNEGT, V. H. J. et al. Spatial autocorrelation and the scaling of species-environment relationships. **Ecology**, v. 91, p. 2455–2465, 2010.

DI RIEZNO. Et al. *InfoStat*. Free version. Grupo Infostat, FCA, Universidade Nacional de Córdoba, Argentina, abril, 2010.

EIGENBROD, F; HECNAR, S. J; FAHRIG, L. Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. **Landscape Ecology**, v.23, p.159-168, 2008.

EVERITT et al. 2001. Cluster Analysis. 4 th ed. London: E. Arnold, New York: Oxford University press.

ELLIOTT, A.G. Small mammal responses to silvicultural and precipitation-related disturbance in northeastern Missouri riparian forests. **Wildlife society bulletin**, v.34, p. 485-501, 2006

FIELDING, A. H; BELL, J. F. A review of methods for the assessments of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental Conservation**, v.24, p.38-49, 1997.

FONSECA, C. R. Towards an ecologically-sustainable forestry in the Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1209-1219, 2009.

GRILO, C. Individual Spatial Responses towards Roads: Implications for Mortality Risk. **Plos One**, v.7, p.1-11, 2012.

GRILO C, ET AL. Do well connected landscapes promote road-related mortality? **European Journal of Wildlife Research**, v. 57, p.707–716, 2011.

GUNSON, K. E; MOUNTRAKIS, G; QUACKENBUSH, L. J. Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. **Journal of Environmental Management**, v.92, p.1074–1082, 2011.

GOMES, L.et al. Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. **Ecological Research**, v.24, p.355-370, 2009.

FAHRIG, L; RYTWINSKI. Effects of roads on animal abundance: an Empirical Review and Synthesis. **Ecology and Society**, v.14, p. 21, 2009.

GOTELLI & ELLISON. Princípios de estatística em Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2011.528p.

HOBDAV, A. J; MINSTRELL, M. L. Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways: human management options. **Wildlife Research, Collingwood**, v.35, p.712-726, 2008.

JACOMO, A. T. D. et al. Home range and spatial organization of Maned Wolves in the Brazilian grasslands. **Journal of Mammalogy**, v.90, p.150-157, 2009.

JAEGER, R.G. Fluctuations in prey availability and food limitation for a terrestrial salamander. **Oecologica**, v.44, p.335-341, 1980.

JOCHIMSEN, D.M; PETERSON, C.R; HARMON, L.J. Influence of ecology and landscape on snake road mortality in a sagebrush-steppe ecosystem. **Animal Conservation**, v.10, p.12125, 2014.

HADDAD, C. F. B; PRADO, C. P. A. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest of Brazil. **BioScience**, v.55, p.207-217, 2005.

LANGEN, T. A; OGDEN, K. M; SCHWARTING, L. L. Predicting Hot Spots of Herpetofauna Road Mortality Along Highway Networks. **Journal of Wildlife Management**, v.73, p.104-114, 2009.

LAW, B. S; DICKMAN, C. R. The use of habitat mosaics by terrestrial vertebrate fauna: implications for conservation and management. **Biodiversity. Conservation**, v.7, p.323-333, 1998.

LESBARRÈRES, D; LODE, T; MERILA. J. what type of amphibian tunnel could reduce road kills? **Oryx**, v.38, p.220–223, 2004.

MAIA, A. C. R. & BAGER, A. Projeto Malha - Manual Para Equipe De Campo. **Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas**, v.1, Jul. 2003. Disponível em http://cbee.ufla.br/portal/arquivos/tt-projeto_malha-manual-coleta-campo.pdf.

MAZEROLLE, M. J. Amphibian activity, movement patterns and body size in fragmented peat bogs. **Journal of Herpetology**, v.35, p.13-20, 2001.

MAZEROLLE, M. J; DESROCHERS. Landscape resistance to frog movements. **Canadian Journal of Zoology**, v.83, p.455-464, 2005.

MEIK, J. M. Limitations of Climatic Data for Inferring Species Boundaries: Insights from Speckled Rattlesnakes. **Plos One**, v.10, p.1-19, 2015.

NEWMAN, M. E; MCLAREN, K. P; WILSON, B. S. Assessing deforestation and fragmentation in a tropical moist forest over 68 years; the impact of roads and legal protection in the Cockpit Country, Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v. 315, p.138– 152, 2014.

PLAGIA, A. P. et al. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2. ed. Minas Gerais: Conservation International, 2012, 76 p.

PELTZER, P. M et al. Diversity of anurans across agricultural ponds in Argentina. **Biodiversity. Conservation**, v.15, p.3499–3513, 2006.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.rproject.org>, 2015.

RYTWINSKI, T. et al. Experimental study designs to improve the evaluation of road mitigation measures for wildlife. **Journal of environmental management**, v.154, p.48-64, 2015.

REIS, N. R.; PEARCCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. Mamíferos do Brasil. 2. ed. Londrina, 2011. 439 p. 4-8, 2011.

REIS, N, R. et al. Mamíferos do Brasil: guia de identificação. Rio de Janeiro: technicalBOOKs, 2010. 560 p.

ROBIN. et al. pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. **BMC Bioinformatics**, v.12, p.1-8, 2011.

ROSA, C. A; BAGER, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. **Oecologia Australis**, v, 17, p. 6-19, Mar. 2013.

SANTANA, G. S. Influential factors on the over wild vertebrates in central region of Rio Grande do Sul, Brazil. **Neotropical Biology and Conservtion**, v.7, p.26- 40, 2012.

SEILER, A. The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2003.

SCHMIDT B.R. & ZUMBACH S. Amphibian road mortality and how to prevent it: a review. In: J. C. Mitchell, R. E. Jung Brown & B. Bartolomew (eds) **Herpetological Conservation**, v.3, p.157–167, 2008.

SMITH, R. K; SUTHERLAND, W. J. Amphibian Conservation: Global Evidence for the Effects of Interventions. Exeter, **Pelagic Publishing**. 281 p, 2014.

TERBORGH, J. et al. Decomposing dispersal limitation: limits on fecundity or seed distribution?. **Journal of Ecology**, v.99, p.935-944, 2011.

WHEATLEY, M. T; JOHNSON, C. J. Factors limiting our understanding of ecological scale. **Ecological Complexity**, v.6, p.150–159, 2009.

WIENS, J. A. Spatial Scaling in Ecology. **Functional Ecology**, v.3, p.385-397, 1989.

WILSON, D. E.; REEDER, D. M. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. 3. ed. Maryland: The Johns Hopkins University Press, 2005. 2142p.

ZUUR, A.F. et al. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, 2009

APÊNDICE

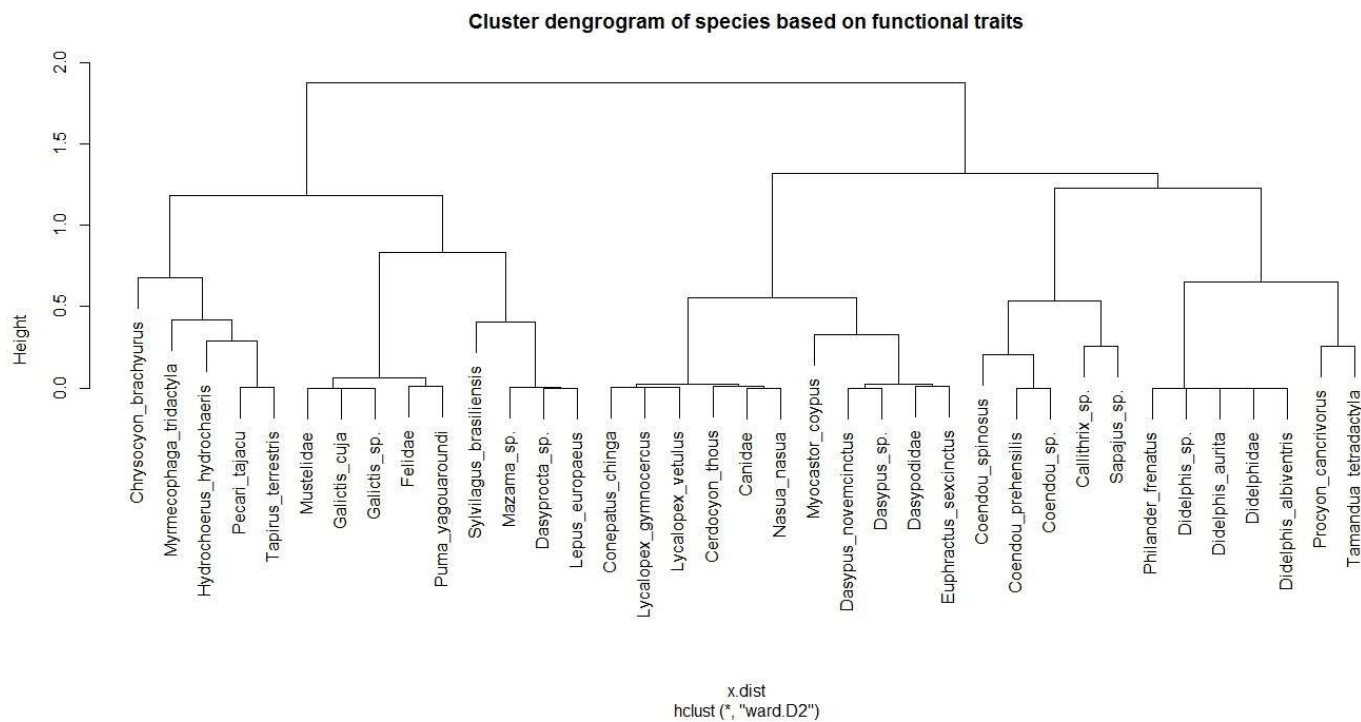


Figura 5 Dendrograma gerado pela análise de agrupamento da classe mamíferos de acordo com a similaridade das características das espécies avaliadas. Grupos com número de registros suficientes para análises estatísticas relacionando atropelamentos com com variáveis de paisagem foram denominadas pelos nomes: carnívoros, semi-fossoriais e escansoriaispequenos, respectivamente.