



**NAYARA HELENA ALECRIM DE FREITAS**

**COMO AS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM  
E RODOVIA EXPLICAM ATROPELAMENTOS  
EM ÁREAS PROTEGIDAS À ESCALA LOCAL?**

**LAVRAS – MG**

**2016**

**NAYARA HELENA ALECRIM DE FREITAS**

**COMO AS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM E RODOVIA  
EXPLICAM ATROPELAMENTOS EM ÁREAS PROTEGIDAS À  
ESCALA LOCAL?**

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

Orientador

Prof. Dr. Alex Bager

**LAVRAS - MG**

**2016**

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

Alecrim, Nayara Helena.

Como as características da paisagem e rodovia explicam  
atropelamentos em áreas protegidas à escala local? / Nayara Helena  
Alecrim. – Lavras : UFLA, 2016.

92 p. : il.

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

Orientador(a): Alex Bager.

Bibliografia.

1. Características locais. 2. Estruturas lineares. 3. Mortalidade  
na estrada. 4. Unidades de Conservação. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

**NAYARA HELENA ALECRIM DE FREITAS**

**COMO AS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM E RODOVIA  
EXPLICAM ATROPELAMENTOS EM ÁREAS PROTEGIDAS À  
ESCALA LOCAL?**

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

APROVADA em 14 de dezembro de 2015.

Dr. Alex Bager	UFLA
Dra. Mariana Ferreira Rocha	UFLA
Dra. Cecília Bueno	UVA

Prof. Dr. Alex Bager  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2016**

*A toda minha família, em especial a minha mãe Maria Helena e a meu pai Luís  
Henrique por todo o amor, apoio e incentivo.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, no qual não se resume apenas aos laços de sangue, mas também aos meus amigos queridos, em especial aos meus pais Maria Helena e Luís Henrique. A todos vocês a minha gratidão eterna por me apoiarem e me incentivarem a seguir esse caminho desde o início.

A todos que entraram em meu caminho durante esses dois anos e meio em Lavras que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. Entre eles estão pessoas queridas que se destacaram e estiveram comigo não apenas nos bons momentos, mas também quando estive na desesperança: Tamiris Oliveira, Paula D'Anunciação, Nathália Carvalho, Fernando Puertas, André Tavares, Antônio Queiroz e Mardiany Ribeiro, companheira de laboratório desde o primeiro dia.

A toda equipe do Centro Brasileiro de Estudo em Ecologia de Estradas, obrigado por me receberem e por proporcionar meu enriquecimento pessoal e profissional. Em especial ao Prof. Alex Bager, coordenador dessa equipe e orientador, pela oportunidade de desenvolver esta dissertação.

Toda minha gratidão a Profa. Dra. Clara Grilo, Dr. Luiz Fernando Magnago e Dr. Fernando Ascensão por toda disponibilidade e acessibilidade durante as análises de dados. Vocês foram o alicerce desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras e todos desse departamento pela oportunidade, conhecimentos adquiridos e experiências vividas.

Aos financiadores e parceiros do Projeto Malha, ao qual essa dissertação faz parte: Tropical Forest Conservation Act (TFCA, através do FUNBIO), 7ª Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Fapemig, CNPq, Tetra Pak e apoio do ICMBio. Obrigado pelo bolsa de mestrado.

E por fim, mas não menos importantes, aos gestores e equipes de campo das Unidades de Conservação por gerenciar e realizar os monitoramentos de fauna atropelada, sem seus esforços este trabalho não teria iniciado. E ainda, a Marcelo Passamani, Nelson Curi, Fernando Puertas, Éder Carvalho, Paula Eveline, Priscilla Luccas, Renato Feio pela ajuda na classificação das espécies. Sei que realizar esse trabalho através de fotografia de animais em condições anatômicas deplorável não foi fácil.

A todos muito obrigada!

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

Marthin Luther King

*"Um passo à frente  
E você não está mais no mesmo lugar"*

Chico Science



## RESUMO GERAL

A implementação de estradas, sejam elas pavimentadas ou rurais, causa alterações significativas tanto nas paisagens quanto na biodiversidade. A mortalidade da fauna por atropelamento é apontada como o principal impacto das estradas às muitas espécies de vertebrados e invertebrados. Ainda que trabalhos destaquem diferentes fatores que influenciam a mortalidade por atropelamento, tais como largura da estrada, velocidade e tráfego dos veículos, clima, paisagem, biologia do animal e consciência do motorista, poucos destacam a importância desses fatores em escala local. Diante disso, foram realizados monitoramentos em seis estradas, três no bioma Mata Atlântica e três no Cerrado registrando as coordenadas e fotos de entorno de todos os vertebrados silvestres não voadores atropelados. O objetivo foi detectar características da paisagem e da rodovia que influenciam nos atropelamentos em escala local não vistas em métodos abordados na maioria dos estudos desse tema para anfíbios, répteis e mamíferos. Construímos modelos lineares generalizados mistos para compreender a relação da paisagem e da rodovia com a ocorrência de atropelamentos. Entre as características da paisagem a conectividade aérea foi um fator positivo significativamente em anfíbios. Com relação às características da rodovia, presença de barreiras, em um ou ambos os lados da estrada, que dificultam a travessia dos animais e pistas pavimentadas foram os fatores mais importantes, aumentando significativamente a mortalidade em anfíbios. Em répteis, a presença de acostamento, em um ou ambos os lados da estrada, diminuiu significativamente os atropelamentos para essa classe. Essas informações podem auxiliar o governo e concessionárias na tomada de decisão para mitigar a mortalidade por atropelamento.

**Palavras-chave:** Características Locais; Estruturas lineares; Mortalidade na estrada; Unidades de Conservação

## ABSTRACT

The implementation of paved or rural roads, cause significant changes both in the landscape and in biodiversity. Roadkill is seen as the major impact of roads to many species of vertebrates and invertebrates. Although work out different factors that influence mortality from trampling, such as road width, speed and vehicle traffic, weather, landscape, animal biology and consciousness of the driver, few highlight the importance of these factors on a local scale. Therefore, monitoring was carried out in close proximity or internal roads to protected areas, the Atlantic Forest and Brazilian Cerrado, recording the coordinates and surrounding pictures of all the non-flying wild vertebrates run over. The goal was to detect landscape characteristics and road that influence us run over on a local scale not seen in methods addressed in most studies of this issue for amphibians, reptiles and mammals. We build mixed generalized linear models to understand the relationship of the landscape and road to the occurrence of roadkills. For landscape characteristics, our study found that air connectivity was a positive factor significantly in amphibians. Regarding to the road characteristics, the presence of structures, on one or both sides of the road, that difficult the animals passage and paved slopes were the most important factors significantly increase mortality in amphibians. In reptiles, the presence of the shoulder, on one or both sides of the road, roadkill significantly decreased for that class. These information can assist the government and concessionaires in decision making to mitigate roadkills.

**Keywords:** Local characteristics; Linear structures; Road mortality; Conservation Units

## LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE.....	15
Figura 1 Representação dos principais efeitos ecológicos devido à implementação de rodovias (Readaptado de SEILER, 2001). .....	17
Figura 2 Fatores que influenciam o atropelamento de animais silvestres. (+) influência positiva, (-) influência negativa e (±) influencia mista. (Adaptado de SEILER, 2001 e LITVAITIS et al., 2008). .....	19
SEGUNDA PARTE.....	28
Figura 1 Localização das Unidades de Conservação monitoradas com seus respectivos trechos de monitoramento de fauna atropelada. ....	68
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	77
Figura MS1 Representação do agrupamento em dendograma dos mamíferos atropelados nas Unidades de Conservação a partir da dissimilaridade calculada pela distância entre os atributos funcionais (características relevantes às suas particularidades físicas e comportamentais) que melhor explicariam biologicamente o vínculo com o habitat e os tipos de uso do solo. ....	79
Figura MS2 Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem nos répteis. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia; (CONCT) Conectividade aérea. ....	81
Figura MS3 Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem nos carnívoros. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia. ....	82
Figura MS4 Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem nos semi-fossoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia. ....	83

Figura MS5	Representação do efeito das variáveis do melhor modelo da rodovia nos anfíbios. (ATROP) Atropelamentos; (T_ROD) Tipo de rodovia; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia.....	84
Figura MS6	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da rodovia nos répteis. (ATROP) Atropelamentos; (T_ROD) Tipo de rodovia; (N_PISTA) Número de pistas; (ACOST) Acostamento; (BARR) Barreira.....	85
Figura MS7	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da rodovia nos carnívoros. (ATROP) Atropelamentos; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia.....	86
Figura MS8	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da rodovia nos escansoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ACOST) Acostamento.....	87
Figura MS9	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos anfíbios. (ATROP) Atropelamentos; (T_ROD) Tipo de rodovia; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia; (CONCT) Conectividade aérea.....	88
Figura MS10	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos répteis. (ATROP) Atropelamentos; (T_ROD) Tipo de rodovia; (N_PISTA) Número de pistas; (ACOST) Acostamento; (BARR) Barreira; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.....	89
Figura MS11	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos carnívoros. (ATROP) Atropelamentos; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.....	90
Figura MS12	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos escansoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ACOST) Acostamento.....	91
Figura MS13	Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos semi-fossoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.....	92

## LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE.....	15
SEGUNDA PARTE.....	28
Tabela 1 Rodovias das Unidades de Conservação com suas respectivas descrições dos monitoramentos de fauna silvestre atropelada .....	58
Tabela 2 Definição e descrição das variáveis explicativas utilizadas para analisar quais os fatores que explicam a ocorrência de atropelamentos de animais silvestres. ....	59
Tabela 3 Unidades de Conservação com suas respectivas descrições dos monitoramentos e registros de fauna silvestre atropelada.....	61
Tabela 4 Resumo das modelos mais suportados ( $\Delta AICc < 2$ ) para a seleção de Paisagem, Rodovia e Paisagem + Rodovia para anfíbios, répteis e os grupos de mamíferos. Total de número de modelos candidatos ( $\Delta AICc$ (Informação de Akaike de Segunda Ordem), $\Delta AICc$ ( $AICc_i - \min AICc$ ), $W_i$ (peso Akaike).....	62
Tabela 5 Coeficientes estimados ( $\beta$ ), erro padrão (SE) e significância (p-value) para os modelos mais aceitos de paisagem, rodovia e ambos em conjunto para cada classe/grupo ( $\Delta AICc < 2$ ). As variáveis significativas ( $p < 0.05$ ) estão marcadas em negrito. (* modelo de média quando obtivemos mais de um modelo suportado [(Burnham & Anderson, 2002; ZUUR et al., 2009)]). ....	65
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	77
Tabela MS1 Espécies de mamíferos atropelados com abundância acima de 15 indivíduos em seus respectivos grupos que mais explicou biologicamente o vínculo com o habitat e os tipos de uso do solo.....	80

## SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE.....	15
1	INTRODUÇÃO GERAL .....	16
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
	SEGUNDA PARTE.....	28
	RESUMO.....	30
	ABSTRACT .....	31
1.	INTRODUÇÃO.....	32
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
2.1.	Áreas de Estudo.....	35
2.2.	Coleta dos dados.....	36
2.2.1.	Dados de atropelamento .....	36
2.2.2.	Características do entorno dos atropelamentos .....	37
2.3.	Análise dos dados.....	39
3.	RESULTADOS .....	43
3.1.	Fatores da Paisagem que contribuem para os atropelamentos.....	44
3.2.	Fatores da Rodovia que contribuem para os atropelamentos .....	45
3.3.	Fatores da Paisagem em conjunto com Rodovia que contribuem para os atropelamentos.....	46
4.	DISCUSSÃO.....	48
4.1.	Fatores da Paisagem que contribuem para os atropelamentos.....	48
4.2.	Fatores da Rodovia que contribuem para os atropelamentos .....	52
5.	AGRADECIMENTOS .....	56
	REFERÊNCIAS.....	69
	MATERIAL SUPLEMENTAR.....	77

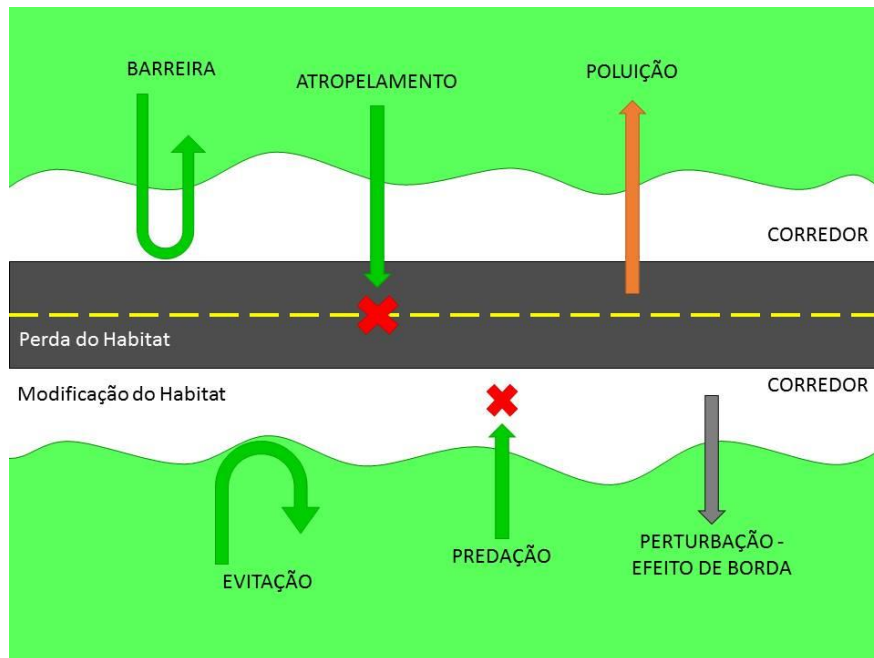
## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Uma das atividades causadora de alterações significativas nas paisagens é a implementação de estradas, sejam elas pavimentadas ou rurais (FORMAN & ALEXANDER, 1998). As estradas são de grande importância para o desenvolvimento de um país, pois possibilitam o acesso a áreas desabitadas e melhoram a distribuição de renda e o desenvolvimento social (FORMAN & ALEXANDER, 1998; PERZ ET AL., 2007). No entanto, os efeitos ecológicos decorrentes de sua implantação alteram e reduzem significativamente a diversidade (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009) pois atuam como um agente fragmentador de alto impacto removendo a cobertura vegetal original e modificando as funções da paisagem (FORMAN & ALEXANDER, 1998; FORMAN & DEBLINGER, 2000; FORMAN et al., 2003; JAEGER et al., 2005; LAURANCE et al., 2009; LIU et al., 2014).

Os efeitos ecológicos negativos causados pelas estradas vão desde a perda do *habitat*, introdução de espécies exóticas, modificação do comportamento animal (p.ex. efeito barreira) (FORMAN & ALEXANDER, 1998; TROMBULAK & FRISSELL, 2000), alterações físico-químicas do ambiente (p.ex. geologia, topografia, alterações hidrológicas, luzes e poluição sonora) (REIJNEN et al., 1995; JONES et al., 2000; TROMBULAK & FRISSELL, 2000; FORMAN et al., 2003) e atropelamento e morte da fauna silvestre (FORMAN & ALEXANDER, 1998; TROMBULAK & FRISSELL, 2000; LAURANCE et al., 2009) (**Figura 1**), além de impactos perceptíveis somente a longo prazo, como a redução do fluxo gênico nas populações (FORMAN & ALEXANDER, 1998; JACKSON & FAHRIG, 2011).





**Figura 1** Representação dos principais efeitos ecológicos devido à implementação de rodovias (Readaptado de SEILER, 2001).

Dentre tais efeitos negativos, a mortalidade da fauna por atropelamento é apontada como o principal impacto das estradas às muitas espécies de vertebrados terrestres (FORMAN & ALEXANDER, 1998; TROMBULAK & FRISSELL, 2000; LAURANCE et al., 2009; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009), superando as pressões de predação (BUJOCZEK et al., 2011) e caça (FORMAN & ALEXANDER, 1998). Ainda, pesquisas com foco em invertebrados também apontam como um fator de alto impacto na mortalidade para esse grupo (p.ex. BAXTER-GILBERT et al., 2015a; MUÑOZ et al., 2015; SKÓRKA et al., 2015).

A redução das populações por atropelamento geralmente tem um impacto muito maior na diversidade genética do que o efeito barreira (JACKSON & FAHRIG, 2011), aumentando ainda mais o risco de extinção local dessas espécies (FAHRIG et al., 1995; HUIJSER & BERGERS, 2000;

FORMAN et al., 2003; FRANTZ et al., 2010; HUCK et al., 2010; JACKSON & FAHRIG, 2011). Simulações mostram que a mortalidade por atropelamento afeta as gerações continuamente enquanto que o efeito barreira é mais acentuado logo após a construção da rodovia, estabilizando a perda da diversidade genética ao longo das gerações (JACKSON & FAHRIG, 2011).

Os animais silvestres tendem a estar vinculados aos usos específicos do solo que influenciam na distribuição, abundância e hábitos de dispersão de diferentes espécies no entorno das estradas (JOYCE & MAHONEY, 2001; MALO et al., 2004; DUSSAULT et al., 2006; BARRIENTOS & BOLONIO, 2009; CUSHMAN & LEWIS, 2010). Isso mostra que diferentes fatores influenciam na ocorrência dos atropelamentos (p.ex. SEILER, 2001; LITVAITIS et al., 2008) (**Figura 2**), apesar de poucos trabalhos destacarem a importância desses fatores em escala local.



**Figura 2** Fatores que influenciam o atropelamento de animais silvestres. (+) influência positiva, (-) influência negativa e (±) influencia mista. (Adaptado de SEILER, 2001 e LITVAITIS et al., 2008).

Tais fatores podem estar ligados a 1) rodovia, como largura da estrada (p.ex. SEILER, 2001; CLEVINGER et al., 2003; LITVAITIS et al., 2008; BARRIENTOS & BOLONIO, 2009; JENSEN et al., 2014) e topografia (CLEVINGER et al., 2003; GRILO et al., 2009; BARTHELMESS, 2014; ČERVINKA et al., 2015); 2) fatores humanos, como consciência do motorista (ASHLEY et al., 2007; SECCO et al., 2014), velocidade dos veículos (MAKANDA & CHANSA, 2011; FARMER & BROOKS, 2012; NEUMANN et al., 2012) e tráfego (p.ex. BROCKIE et al., 2009); 3) ambientais, como bordas próximas as estradas (CLEVINGER et al., 2003; BARTHELMESS, 2014; ČERVINKA et al., 2015) e variáveis climáticas (DUSSAULT et al., 2006; CURETON & DEATON, 2012; FARMER & BROOKS, 2012) e; 4) pelo fator

biológico, como velocidade do movimento dos indivíduos e abundância do animal (p.ex. SEILER, 2001; CLEVINGER et al., 2003; LITVAITIS et al., 2008; BARRIENTOS & BOLONIO, 2009; JENSEN et al., 2014).

Os fatores ambientais e biológicos podem apresentar diferentes respostas de comportamento e mortalidade para diferentes espécies perante a rodovia (DUSSAULT et al., 2006; CARVALHO & MIRA, 2011; COELHO et al., 2012; CURETON & DEATON, 2012), como por exemplo a temperatura e precipitação pois podem estar associados ao período reprodutivo e comportamental das espécies. Por exemplo, anfíbios estão diretamente ligados a presença de corpos d'água para a reprodução, mesmo que em pequenas poças d'água (p.ex. CAYUELA et al., 2015), podendo apresentar maior mortalidade nas estradas em períodos de maior precipitação. Do mesmo modo, temperaturas quentes e a termorregulação dos répteis estão associados a uma maior mobilidade desse grupo que também influencia na ocorrência de atropelamentos (DUSSAULT et al., 2006; SHEPARD et al., 2008; CURETON & DEATON, 2012; FARMER & BROOKS, 2012). Podemos citar ainda como fatores ambientais que apresentam respostas diferentes de atropelamento a pressão atmosférica e direção e velocidade do vento (DUSSAULT et al., 2006; SHEPARD et al., 2008; CURETON & DEATON, 2012; FARMER & BROOKS, 2012).

Os diferentes tipos de uso do solo também oferecem diferentes tipos de influência. Por exemplo, em mamíferos generalistas os atropelamentos foram mais detectados em áreas com mistura de solo arável e assentamentos humanos, enquanto que em mamíferos especialistas e os não nativos foram mais encontrados em áreas com maior proporção de florestas, pastagens e corpos d'água (ČERVINKA et al., 2015). Em serpentes, as estradas com áreas dominadas por gramíneas não nativas apresentaram maior travessias desse grupo (JOCHIMSEN et al., 2014). Já a presença de bordas florestais ou corredores

próximos de estradas podem aumentar a mortalidade pois proporcionam ambientes propício para o deslocamento de diversas espécies (CLEVENGER et al., 2003; BARTHELMESS, 2014; ČERVINKA et al., 2015), aumentando as chances de travessia pelas estradas e a ocorrência de atropelamento. Da mesma forma que fatores ambientais e biológicos exibem diferentes respostas de mortalidade, os fatores humanos também podem apresentar alterações diante o comportamento dos motoristas, como atropelamentos propositais (ASHLEY et al., 2007; SECCO et al., 2014).

Além disso, fatores como as características da rodovia influenciam na ocorrência dos atropelamentos, como estradas com maior número de pistas, maior volume de tráfego e maior largura do acostamento que podem apresentar maiores taxas de atropelamentos para mamíferos, aves e répteis (BOITET & MEAD, 2014), assim como topografia planas para mamíferos (GRILO et al, 2009; BARTHELMESS 2014; ČERVINKA et al, 2015). Deste modo, tais estudos confirmam a importância de compreender a interação entre causa e efeito dos atropelamentos da fauna silvestre. O avanço nessa linha de pesquisa nos possibilita melhorar a implementação das novas rodovias assim como promover medidas mitigadoras mais eficientes, uma vez que muitas já instaladas não são eficazes (p.ex. BAXTER-GILBERT et al., 2015b).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHLEY, E. P.; KOSLOSKI, A.; PETRIE, S. A. Incidence of Intentional Vehicle–Reptile Collisions. *Human Dimensions of Wildlife*, v. 12, p. 137–143, 2007. DOI: 10.1080/10871200701322423.

BARRIENTOS, R. & BOLONIO, L. The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality. *Biodivers Conserv*, v. 18, p. 405–418, 2009. DOI: 10.1007/s10531-008-9499-9.

BARTHELMESS, E. L. Spatial distribution of road-kills and factors influencing road mortality for mammals in Northern New York State. *Biodivers Conserv*, v. 23, p. 2491–2514, 2014. DOI: 10.1007/s10531-014-0734-2.

BAXTER-GILBERT, J. H.; RILEY, J. L.; LESBARRÈRES, D.; LITZGUS, J. D. Mitigating Reptile Road Mortality: Fence Failures Compromise Ecopassage Effectiveness. *PLoS ONE*, v. 10, n. 3, p. 1-15, 2015b. DOI: 10.1371/journal.pone.0120537.

BAXTER-GILBERT, J. H.; RILEY, J. L.; NEUFELD, C. J. H.; LITZGUS, J. D.; LESBARRÈRES, D. Road mortality potentially responsible for billions of pollinating insect deaths annually. *J Insect Conserv*, S/N, 2015a. DOI: 10.1007/s10841-015-9808-z.

BROCKIE, R. E.; SADLEIR, R. M. F. S.; LINKLATER, W. L. Long-term wildlife road-kill counts in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, v. 36, n. 2, p. 123-134, 2009. DOI: 10.1080/03014220909510147.

BUJOCZEK, M.; CIACH, M.; YOSEF, R. Road-kills affect avian population quality. *Biological Conservation*, S/N, 2011. DOI: 10.1016/j.biocon.2010.12.022.

CARVALHO, F.; MIRA, A. 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. DOI: 10.1007/s10344-010-0410-0.

CAYUELA, H.; LAMBREY, J.; VACHER, J-P.; MIAUD, C. Highlighting the effects of land-use change on a threatened amphibian in a human-dominated landscape. *Popul Ecol*, v. 57, p. 433–443, 2015. DOI: 10.1007/s10144-015-0483-4.

ČERVINKA, J.; RIEGERT, J.; GRILL, S.; ŠÁLEK, M. Large-scale evaluation of carnivore road mortality: the effect of landscape and local scale characteristics. *Mamm Res*, S/N, 2015. DOI: 10.1007/s13364-015-0226-0.

CLEVENGER, A. P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, v. 109, p. 15-26, 2003.

COELHO, I. P.; TEIXEIRA, F. Z.; COLOMBO, P.; COELHO, A. V. P.; KINDEL, A. Anuran road-kills neighboring a peri urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 112, p. 17-26. 2012.

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. DOI: 10.1002/jwmg.320.

CUSHMAN, S. A. & LEWIS, J. S. Movement behavior explains genetic differentiation in American black bears. *Landscape Ecol*, v. 25, p. 1613-1625, 2010. DOI: 10.1007/s10980-010-9534-6.

DUSSAULT, C.; POULIN, M.; COURTOIS, R.; OUELLET, J. P. Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec, Canada. *Wildlife Biology*, v. 12, n. 4, p. 415-425, 2006.

FAHRIG, L. & RYTWINSKI, T. Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society*, 14(1):21, 2009. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>>.

FAHRIG, L.; PEDLAR, J. H.; POPE, S. E.; TAYLOR, P. D.; WEGNER, J. F. Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, v. 73, p. 177-182, 1995.

FARMER, R.; BROOKS, R. J. Integral risk factors for vertebrate roadkill in southern Ontario. *The Journal of Wildlife Management*, v. 76, n. 6, p. 1215-1224. 2012.

FORMAN, R. T. T. & ALEXANDER, L. E. Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 29, p. 207-231, 1998.

FORMAN, R. T. T. & DEBLINGER, R. D. The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (U.S.A.) Suburban Highway. *Conservation Biology*, v. 14, n. 1, p. 36-46, 2000.

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

FRANTZ, A. C.; POPE, L. C.; ETHERINGTON, T. R.; WILSON, G. J.; BURKEM, T. Using isolation-by-distance-based approaches to assess the barrier effect of linear landscape elements on badger (*Meles meles*) dispersal. *Molecular Ecology*, v. 19, p. 1663–1674, 2010. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2010.04605.x.

GRILO, C.; BISSONETTE, J. A.; SANTOS-REIS, M. Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation*, v. 142, p. 301-313, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.10.026.



HUCK, M.; JĘDRZEJEWSKI, W, BOROWIK, T, MIŁOSZ-CIELMA, M, SCHMIDT, K, JĘDRZEJEWSKA, B, NOWAK, S, MYŚLIŃSKI, R. W. (2010) Habitat suitability, corridors and dispersal barriers for large carnivores in Poland. *Acta Theriologica*, v. 55, n. 2, p. 177–192, 2010. DOI: 10.4098/j.at.0001-7051.114.2009.

HUIJSER, M. P. & BERGERS, P. J. M. The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation*, v. 95, p. 111-116, 2000.

JACKSON, N. D. & FAHRIG, L. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation*, v. 144, p. 3143-3148, 2011.

JAEGER, J. A. G.; BOWMAN, J.; BRENNAN, J.; FAHRIG, L.; BERT, D.; BOUCHARD, J.; CHARBONNEAU, N.; FRANK, K.; GRUBER, B.; VON TOSCHANOWITZ, K. T. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*, v. 185, p. 329-348, 2005. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015.

JENSEN, R. R.; GONSER, R. A.; JOYNER, C. Landscape factors that contribute to animal-vehicle collisions in two northern Utah canyons. *Applied Geography*, v. 50, p. 74-79, 2014.

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*, p. 1-10, 2014. DOI:10.1111/acv.12125.

JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; WEMPLE, B. C., SNYDER, K. U. Effects of Roads on Hydrology, Geomorphology, and Disturbance Patches in Stream Networks. *Conservation Biology*, v. 14, n. 1, p.76-85, 2000.

JOYCE, T. L., MAHONEY, S. P. Spatial and temporal distributions of moose-vehicle collisions in Newfoundland. *Wildlife Society Bulletin*, v. 29, n. 1, p. 281-291, 2001. DOI: 10.2307/3784010.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, Oxford, v. 24, n. 12, p. 659-699, 2009. DOI: 10.1016/j.tree.2009.06.009.

LITVAITIS, J. A. & TASH, J. P. An Approach Toward Understanding Wildlife-Vehicle Collisions. *Environmental Management*, v. 42, p. 688–697, 2008. DOI 10.1007/s00267-008-9108-4.

LIU, S.; DONG, Y.; DENG, L.; LIU, Q.; ZHAO, H.; DONG, S. Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: A case study in the Lancang River Valley. *Ecological Indicators*, v. 36, p. 160-168, 2014.

MALO, J. E.; SUAREZ, F.; DIEZ, A. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, v. 41, p. 701-710, 2004.

MUÑOZ, P. T.; TORRES, F. P.; MEGÍAS, A. G. Effects of roads on insects: a review. *Biodivers Conserv*, v. 24, p. 659-682, 2015. DOI: 10.1007/s10531-014-0831-2

NEUMANN, W.; ERICSSON, G.; DETTKI, H.; BUNNEFELD, N.; KEULER, N. S.; HELMERS, D. P.; RADELOFF, V. C. Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation*, v. 145, p. 70-78. 2012. DOI: 10.1016/j.biocon.2011.10.011.

PERZ, S. G.; CALDAS, M. M.; ARIMA, E.; WALKER, R. J. Unofficial Road Building in the Amazon: Socioeconomic and Biophysical Explanations. *Development and Change*, v. 38, n. 3, p. 529-551, 2007.

REIJNEN, M. J. S. M.; VEENBAAS, G.; FOPPEN, R. P. B. *Predicting The Effects of Motorway Traffic on Breeding Bird Populations*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft, Netherlands. (1995).

SECCO, H.; RATTON, P.; CASTRO, E.; LUCAS, P. S.; BAGER, A.  
Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a Brazilian road. *Tropical Conservation Science*, v. 7, n. 3, p.561-571, 2014. Available online: [www.tropicalconservationscience.org](http://www.tropicalconservationscience.org)

SEILER A. *Ecological effects of roads: A review*. (2001) Grimsö Wildlife Research Station, Dept. of Conservation Biology, University of Agricultural Sciences, Riddarhyttan.

SHEPARD, D. B.; DRESLIK M. J.; JELLEN, B. C.; PHILLIPS, C. A. Reptile Road Mortality around an Oasis in the Illinois Corn Desert with Emphasis on the Endangered Eastern Massasauga. *Copeia*, n. 2, p. 350-359. 2008.

SKÓRKA, P.; LENDA, M.; MORON, D.; MARTYKA, R.; TRYJANOWSKI, P.; SUTHERLAND, W. J. Biodiversity collision blackspots in Poland: Separation causality from stochasticity in roadkills of butterflies. *Biological Conservation*, v. 187, p. 154–163, 2015.

TROMBULAK, S. C. & FRISSELL. C. A. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology*, v. 14, n. 1, p.18-30, 2000.

## **SEGUNDA PARTE**

### **Artigo**

*Para Landscape Ecology*

**COMO AS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM E RODOVIA  
EXPLICAM ATROPELAMENTOS EM ÁREAS PROTEGIDAS À  
ESCALA LOCAL?**

Nayara H. Alecrim • Alex Bager

N. H. Alecrim (autor correspondente) • A. Bager

Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Departamento de  
Biologia, Setor de Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Centro  
Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, CEP: 37.200-000,  
Lavras/MG, Brasil.

E-mail: [n.h.alecrim@gmail.com](mailto:n.h.alecrim@gmail.com)

Telefone: (16) 9932-99190

## RESUMO

A mortalidade da fauna por atropelamento é apontada como o principal impacto das estradas às muitas espécies de vertebrados, porém, poucos estudos mostram a relação entre os fatores que influenciam nessa mortalidade em escala local. Portanto, nosso objetivo foi detectar características da paisagem e da rodovia em escala local que influenciam a mortalidade em anfíbios, répteis e mamíferos. Para isso foi realizado monitoramentos em estradas próximas ou internas a Unidades de Conservação brasileiras registrando as coordenadas dos locais de atropelamentos e fotos do entorno. Construímos modelos lineares generalizados mistos para compreender a relação da paisagem e da rodovia com a ocorrência de atropelamentos. Para as características da paisagem, nosso estudo constatou que a conectividade aérea foi um fator positivo significativamente em anfíbios. Com relação às características da rodovia, presença de estruturas, em um ou ambos os lados da estrada, que dificultam a travessia dos animais e pistas pavimentadas foram os fatores mais importantes, aumentando significativamente a mortalidade em anfíbios. Em répteis, a presença de acostamento, em um ou ambos os lados da estrada, diminuiu significativamente os atropelamentos para essa classe. Essas informações podem auxiliar o governo e concessionárias na tomada de decisão para mitigar a mortalidade por atropelamento.

**Palavras-chave:** Características da Paisagem; Características Locais; Unidades de Conservação

## **ABSTRACT**

Roadkill is seen as the major impact of roads to many vertebrate species, however, few studies show the relationship between the factors that influence this mortality at the local level. Therefore, our goal was to detect landscape and road characteristics on a local scale that influence mortality in amphibians, reptiles and mammals. For this monitoring was carried out in close proximity or internal roads to Brazilian Protected Areas recording the coordinates of trampling locations and photos of the surroundings. We build mixed generalized linear models to understand the relationship of the landscape and road to the occurrence of roadkills. For landscape characteristics, our study found that air connectivity was a positive factor significantly in amphibians. Regarding to the road characteristics, the presence of structures, on one or both sides of the road, that difficult the animals passage and paved slopes were the most important factors significantly increase mortality in amphibians. In reptiles, the presence of the shoulder, on one or both sides of the road, roadkill significantly decreased for that class. These information can assist the government and concessionaires in decision making to mitigate roadkills.

**Keywords:** Landscape Features; Features Sites; Conservation units

## 1. INTRODUÇÃO

O atropelamento de animais silvestres é considerado como um dos principais impactos das estradas a diversas espécies de vertebrados (FORMAN & ALEXANDER, 1998; TROMBULAK & FRISSELL, 2000; LAURANCE et al, 2009; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009). Essa mortalidade pode ser mais agravante quando ocorre em estradas do entorno de Unidades de Conservação (UCs), uma vez que em muitas dessas áreas existem espécies ameaçadas de extinção tais como onça-pintada (*Panthera onca*), jaguatirica (*Leopardus pardalis mitis*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e onça-parda (*Puma concolor capricornensis*), espécies ameaçadas com registros em maior número de UCs Federais no Brasil respectivamente (NASCIMENTO & CAMPO, 2011). Ou ainda, espécies ameaçadas regionalmente (no Rio Grande do Sul) como é o caso do quati (*Nasua nasua*) no Parque Estadual do Tainhas (BENCKE & DUARTE, 2008).

Populações de animais silvestres são mais vulneráveis aos impactos das estradas dentro de UCs do que fora de seus limites (PARKS



& HARCOURT, 2002; AMENT et al, 2008) pois tendem a estar vinculados a *habitats* e tipos de uso do solo específicos (JOYCE & MAHONEY, 2001; MALO et al, 2004; DUSSAULT et al, 2006; BARRIENTOS & BOLONIO, 2009; CUSHMAN & LEWIS, 2010). Desta forma, diferentes fatores ambientais e biológicos das espécies desempenham influências distintas tanto na distribuição, na abundância, nos hábitos de dispersão como na ocorrência de atropelamentos de diferentes espécies no entorno das estradas (JOYCE & MAHONEY, 2001; MALO et al, 2004; DUSSAULT et al, 2006; BARRIENTOS & BOLONIO, 2009; CUSHMAN & LEWIS, 2010). Logo, os atropelamentos não ocorrem ao acaso, mas sim de forma agrupada, ou seja, em trechos específicos com características próprias de ambientes e de estrada (e.g. JOYCE & MAHONEY, 2001; CLEVINGER et al, 2003; GONSER et al, 2009; BARTHELMESS 2014).

Assim, diferentes fatores já foram listados para apontar o que influencia a ocorrência de atropelamentos (e.g. SEILER 2001; LITVAITIS et al, 2008). Por exemplo, a presença de corredores perto das estradas (bordas florestais) pode aumentar a mortalidade por serem um ambiente favorável para o deslocamento de diversas espécies

(CLEVENGER et al, 2003; BARTHELMESS 2014; ČERVINKA et al, 2015), aumentando as chances de travessia pelas estradas e consequentemente a ocorrência de atropelamentos. Estradas com áreas dominadas por gramíneas não nativas também apresentaram mais travessias de serpentes (JOCHIMSEN et al, 2014), aumentando ainda mais a mortalidade.

Outros fatores que influenciam a ocorrência de atropelamentos são as diferentes características das rodovias. Em particular, rodovias construídas sob topografias planas apresentam maior incidência de atropelamento do que rodovias elevadas ou rebaixadas (GRILO et al, 2009; BARTHELMESS 2014; ČERVINKA et al, 2015). Do mesmo modo, o maior número de pistas, maior volume de tráfego e maior largura do acostamento também estão associados com maiores taxas de atropelamentos (BOITET & MEAD, 2014; CLEVINGER et al, 2015), principalmente para animais de pequeno porte, como anfíbios. (FAHRIG et al, 1995).

Diante disto, o presente estudo teve como objetivo identificar as características da paisagem e da rodovia relacionados aos atropelamentos por meio de uma análise em escala local através de fotografias do entorno

dos mesmo, método ainda não utilizado em outros estudos. Examinamos

1) quais características da paisagem influenciam a probabilidade de atropelamentos das diferentes classes de vertebrados não voadores (anfíbios, répteis e mamíferos); 2) quais características da rodovia influenciam a probabilidade de atropelamentos dessas diferentes classes e; 3) quais características da paisagem em conjunto com da rodovia influenciam a probabilidade de atropelamentos dessas classes da fauna.

O que teu artigo tras de novo em relação a outros trabalhos? Isso vende a proposta para ser publicado em uma boa revista. Da forma como você escreveu já existem muitos outros artigos com o mesmo tema.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Áreas de Estudo**

Os monitoramentos de fauna silvestre atropelada foram realizados em cinco Unidades de Conservação (UCs) brasileiras vinculadas ao Projeto Malha do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Rodovias (CBEE) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras/MG, Brasil. Duas das UCs se encontram no bioma Cerrado sendo Parque Nacional da

Chapada dos Guimarães (PNCG) e Floresta Nacional de Silvânia (FLONA de Silvânia) e três no bioma Mata Atlântica, Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), Floresta Nacional de Pirai do Sul (FLONA Pirai do Sul) e Parque Estadual do Tainhas (PE Tainhas) (**Figura 1**).

# Figura 1 aproximadamente aqui #

## **2.2. Coleta dos dados**

### **2.2.1. Dados de atropelamento**

Os monitoramentos obedeceram ao Manual de Coleta de Campo elaborado pelo CBEE, a fim de proporcionar estudos comparáveis (MAIA & BAGER, 2013). Dois procedimentos distintos foram realizados, de acordo com características particulares, disponibilidade e/ou tamanho do trecho monitorado de cada UC: 1) monitoramentos a pé por um observador e 2) monitoramentos de carro pelo motorista e o observador a uma velocidade média de 50 km/h (**Tabela 1**).

# Tabela 1 aproximadamente aqui #

As equipes de campo realizaram os monitoramentos a partir de junho de 2013, de acordo com a entrada da UC ao Projeto Malha, até dezembro de 2014 (**Tabela 1**). Foram seis rodovias próximas ou internas ao perímetro da UC, sendo que a FLONA de Silvânia continha duas estradas monitoradas (**Tabela 1**). Os monitoramentos foram realizados nas primeiras horas da manhã coletando informações de todos vertebrados não voadores atropelados. A cada animal encontrado, a posição foi georreferenciada e registradas fotograficamente, uma do animal e as demais da paisagem adjacentes à carcaça. Nós utilizamos apenas as fotografias de ambos os lados paralelos da rodovia para a análise em escala local afim de caracterizar a paisagem e a rodovia apenas em um buffer de até 15m do entorno de cada atropelamento.

### **2.2.2. Características do entorno dos atropelamentos**

Para avaliar os fatores que podem contribuir para uma maior probabilidade de mortalidade por atropelamento, registramos informações sobre a paisagem e a rodovia de entorno em cada ponto de atropelamento. Para cada ponto, as variáveis explicativas (características da paisagem e

da rodovia), foram caracterizadas em escala local, considerando um buffer de 15m do entorno de cada indivíduo atropelado, com base nas fotografias obtidas do entorno do registro (**Tabela 2**). Para gerar um conjunto de dados comparáveis, locais sem atropelamentos foram gerados aleatoriamente com a mesma quantidade correspondente ao número de atropelamentos.

As características da paisagem incluíram a definição do uso do solo adjacente à carcaça de ambos os lados da rodovia, considerando o tipo de uso do solo (SOLO) em maior proporção na foto; presença ou ausência de conectividade aérea (cobertura de dossel acima da estrada, CONCT) e presença ou ausência de conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia (se o *habitat* é diferente em ambos os lados da estrada, ECOTONE) (**Tabela 2**).

Para as características da rodovia foram incluídas o tipo de pavimento da pista (T\_ROD); o número de pistas de rodagem (N\_PISTA); presença ou ausência de acostamentos em um ou ambos os lados (ACOST); presença ou ausência de estruturas natural ou antrópica perpendiculares a rodovia em um ou ambos os lados que dificultam e/ou

impediriam a travessia do animal, tais como paredão rochoso, muros ou de terra (BARREIRA) e a topografia da rodovia (TOPOG) (**Tabela 2**).

# Tabela 2 aproximadamente aqui #

### **2.3. Análise dos dados**

Todos os vertebrados não voadores encontrados atropelados foram classificados até seu menor nível taxonômico conforme conhecimentos de especialistas e literatura (REIS et al, 2011; REIS et al, 2010; WILSON & REEDER, 2005), considerando apenas os indivíduos identificados até no mínimo em Classe para anfíbios e répteis e até no mínimo em Família para os mamíferos. Os mamíferos foram agrupados de acordo com características relevantes às suas particularidades físicas e comportamentais que melhor explicariam biologicamente o vínculo com o *habitat* e os tipos de uso do solo, sendo: 1) biomassa, 2) dieta, 3) tipo de locomoção e 4) área de vida de acordo com conhecimentos de especialistas e literatura (WILSON & REEDER, 2005; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009; JÁCOMO et al, 2009; REIS et al, 2010; REIS et al, 2011; PLAGIA et al, 2012; ROSA & BAGER, 2013). Dessa forma,

realizamos uma análise de agrupamento com base em dendograma (Ward) feito a partir da dissimilaridade calculadas pela distância entre os atributos funcionais (distância Gower) (**Material Suplementar: Figura MS1**) utilizando o pacote FD (LALIBERTÉ et al, 2015) do software R v.3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011).

Grupos com abundância menor que 15 indivíduos foram excluídos, assim, os mamíferos foram ordenados apenas em três grupos conforme análise de agrupamento (**Material Suplementar: Tabela MS1**). O grupo dos “carnívoros” possui espécies de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), graxaim-do-campo (*Lycalopex gymnocercus*), raposa-do-campo (*Lycalopex vetulus*), zorrilho (*Conepatus chinga*), quati-de-cauda-anelada (*Nasua nasua*) e indivíduos classificados até a Família Canidae. Os “escansoriais” são representados pelas espécies gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*), gambá-de-orelha-preta (*Didelphis aurita*), *Didelphis sp.*, cuíca-de-quatro-olhos (*Philander frenatus*) e indivíduos da Família Didelphidae. Os “semi-fossoriais” possui espécies de tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), *Dasypus sp.*, tatupeba (*Euphractus sexcinctus*) e indivíduos classificados até a Família Dasipodidae (**Material Suplementar: Tabela MS1**).



Para testar a influência das variáveis explicativas (características da paisagem e da rodovia) sobre a variável resposta (presença/ausência de atropelamentos) empregamos uma seleção de modelos lineares generalizados mistos (BOLKER et al, 2009) com distribuição binomial da variável resposta. Os modelos foram classificados de acordo com o Critério de Informação de Akaike de Segunda Ordem (AICc), que é indicado para pequenas amostras, sendo que os melhores modelos apresentam  $\Delta AICc < 2$  (BURNHAM & ANDERSON, 2002). Para as análises que apresentaram mais de um modelo com  $\Delta AICc < 2$  consideramos o modelo de média ponderada (BURNHAM & ANDERSON, 2002; ZUUR et al, 2009; BARTON 2014). Nós empregamos a área sob a curva (AUC) para avaliar a precisão do modelo, onde os valores variam de 0,5 (aleatório) para 1 (discriminação perfeita), e que valores com  $AUC > 0,7$  indicam um bom desempenho do modelo (FIELDING & BELL, 1997).

As Unidades de Conservação (UCs) e o Tipo de Monitoramento foram empregados como variável aleatória (BOLKER et al, 2009) para anfíbios, répteis e para o grupo de mamíferos “escansoriais”. Para os

grupos de mamíferos “carnívoros” e “semi-fossoriais” a variável aleatória foi apenas as UCs pois apresentaram apenas monitoramento de carro.

Inicialmente, realizamos duas seleções de modelos: 1) para avaliar se as características em escala local da paisagem influenciam a probabilidade de atropelamentos e 2) avaliar se as características em escala local da rodovia influenciam a probabilidade de atropelamentos. Para tal, eliminamos as variáveis com colinearidade  $\geq \pm 0,7$  de cada grupo separadamente, através do método *spearman*.

Na seleção de modelos para paisagem, utilizamos a soma das variáveis CONCT, ECOTONE e a interação entre os SOLO de ambos os lados da rodovia em anfíbios, répteis e o grupo “escansoriais” dos mamíferos. Para os “carnívoros” e “semi-fossoriais” utilizamos a soma entre ECOTONE e a interação entre os SOLO. Para a seleção de modelos da rodovia, utilizamos a soma entre o T\_ROD, N\_PISTA, ACOST, BARREIRA e TOPOG para anfíbios, répteis e “escansoriais”. Para os “carnívoros” e “semi-fossoriais” utilizamos ACOST, BARREIRA e TOPOG.

Com as variáveis resultantes dos melhores modelos ( $\Delta AICc < 2$ ) da paisagem e da rodovia, nós testamos um terceiro modelo para avaliar

se essas características juntas influenciam a probabilidade de atropelamentos. Para isso, realizamos novamente um teste de correlação *spearman* com as variáveis da paisagem e da rodovia em conjunto eliminando as variáveis  $\geq a \pm 0,7$  de colinearidade.

As análises foram realizadas em ambiente R v.3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011), utilizando a função “chart.Correlation” do pacote “PerformanceAnalytics” (PETERSON et al, 2015) para o teste de correlação. Os pacotes “Imer4” (BATES et al, 2015) foi usado para a seleção de modelos e o “MuMIn” (BARTON 2014) para o AICc. Os valores de AUC foram adquiridos através do pacote “pROC” (ROBIN et al, 2015).

### 3. RESULTADOS

No total de 8609 km monitorados encontramos 343 registros de vertebrados não voadores nas rodovias monitoradas, sendo 131 anfíbios (38.19%), 115 répteis (33.53%) e 97 mamíferos (28.28%), sendo 44 “carnívoros” (12.83%), 30 “escansoriais” (8.75%) e 23 “semi-fossoriais” (6.71%) (**Tabela 3**).

### 3.1. Fatores da Paisagem que contribuem para os atropelamentos

Nos anfíbios, mais de um modelo apresentou  $\Delta AICc < 2$ , sendo CONCT, ECOTONE e a interação entre os SOLO (**Tabela 4**). Dessa forma, utilizamos o modelo-média, onde a presença de CONCT, de ECOTONE e de pastos interagindo com ambientes rurais, como fazendas e áreas com galpões de armazenamento de grãos, aumentaram a ocorrência de atropelamentos (**Tabela 5**).

Em répteis, também mais de um modelo apresentou  $\Delta AICc < 2$ , sendo CONCT, ECOTONE e nulo (**Tabela 4**). O modelo-média foi representado por CONCT e de ECOTONE, onde a presença destes aumentaram os atropelamentos dessa classe (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS2**).

Nos “carnívoros” e “semi-fossoriais” os modelos com  $\Delta AICc < 2$  foram nulo e ECOTONE (**Tabela 4**), sendo o último representando o melhor modelo-média aumentando a mortalidade para ambos os grupos (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS3 e Figura MS4**). Para os “escansoriais”, as características da paisagem não influenciaram a ocorrência de atropelamentos (**Tabela 4 e 5**).

# Tabela 4 aproximadamente aqui #

# Tabela 5 aproximadamente aqui #

### 3.2. Fatores da Rodovia que contribuem para os atropelamentos

Para os anfíbios o melhor modelo para as características da rodovia é representado pelo T\_ROD, BARREIRA e TOPOG (**Tabela 4**), onde rodovias construídas sob topografias elevadas foram a que menos apresentou influencia na ocorrência de atropelamentos e pistas pavimentadas com presença de barreira em um ou ambos os lados da rodovia aumentaram a mortalidade (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS5**).

Nos répteis, mais de um modelo apresentou  $\Delta AICc < 2$ , sendo T\_ROD, N\_PISTA, ACOST e BARREIRA (**Tabela 4**). No modelo-média, pistas pavimentadas, com maior número de pistas, sem acostamentos e com barreiras em um ou ambos os lados da rodovia aumentaram a mortalidade para essa classe (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS6**).

Para os mamíferos “carnívoros” mais de um modelo apresentou  $\Delta AICc < 2$ , sendo BARREIRA, TOPOG e nulo (**Tabela 4**). O modelo-média foi representado pela ausência de barreiras e topografias elevadas influenciando no aumento da mortalidade para esse grupo (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS7**). Mais de um modelo com  $\Delta AICc < 2$  também foi representado para os “escansoriais”, sendo ACOST e nulo (**Tabela 4**). No modelo-média desse grupo a ausência de acostamentos representou a menor mortalidade (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS8**). E nos “semi-fossoriais”, nenhuma característica da rodovia influenciou a ocorrência de atropelamentos (**Tabela 4 e 5**).

### **3.3. Fatores da Paisagem em conjunto com Rodovia que contribuem para os atropelamentos**

Todas as variáveis da paisagem e da rodovia com  $\Delta AICc < 2$  foram utilizadas no terceiro modelo para testar as características que mais influenciam a probabilidade de atropelamentos de cada classe/grupo. Contudo, para essa análise, retiramos a CONCT para o modelo dos répteis por ser colinear com o N\_PISTA, uma vez que esse grupo de

vertebrado é frequentemente vítima de atropelamentos intencionais em estradas (ASHLEY et al, 2007; SECCO et al, 2014).

No modelo-média em anfíbios, pistas pavimentadas, com barreiras em um ou dois lados da rodovia, presença de ecótone e a presença de conectividade aérea, influenciam na ocorrência de atropelamentos dessa classe. A topografia, também presente no modelo-média final, quando elevada apresentou a menor mortalidade (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS9**). Nos répteis, pistas pavimentadas, com maior número de pistas, sem acostamento e com barreira em um ou ambos os lados e com presença de ecótone estiveram presentes no modelo-média influenciando a ocorrência de atropelamentos desse grupo (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS10**).

Em “carnívoros”, o modelo-média expôs que a presença de ecótone, estradas sem barrancos e sob topografias elevadas há maior mortalidade por atropelamentos para esse grupo de mamíferos (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS11**). Em “escansoriais” e “semi-fossoriais” o terceiro modelo apresentou variáveis de apenas um dos grupos (paisagem ou rodovia, **Tabela 4**). Logo, no grupo “ecansoriais” apenas a presença de acostamento em um ou ambos os lados, aumentou a

ocorrência dos atropelamentos (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS12**). Nos “semi-fossoriais” apenas a presença de ecótone influenciou mais nos atropelamentos (**Tabela 5 e Material Suplementar: Figura MS13**).

## **4. DISCUSSÃO**

### **4.1. Fatores da Paisagem que contribuem para os atropelamentos**

Na abordagem da paisagem, tanto na análise individual quanto em conjunto com a da rodovia, a presença de diferentes tipos de uso do solo adjacentes nas laterais das estradas (ECOTONE) aumentando a ocorrência de atropelamentos para quase todas as classes/grupos esteve presente no melhor modelo para anfíbios, répteis, “carnívoros” e “semi-fossoriais”. O grupo dos “escansoriais” foi uma exceção pois nenhuma característica da paisagem influenciou na ocorrência de atropelamentos.

Essa diferença entre o uso do solo (ECOTONE) deve estar relacionado às peculiares de nossas áreas de estudo, diferentemente de outros trabalhos onde a variação do tipo de cobertura reduz as chances de atropelamentos em mamíferos tanto em escala ampla (DANKS &



PORTER, 2010) como em escala local (BARTHELMESS 2014). Por exemplo, em Unidades de Conservação (UCs) classificadas como Floresta Nacional (FLONA), é permitido o uso sustentável dos recursos florestais (MMA), ou seja, pode haver diferentes tipos de uso do solo dentro da área da UC, dentro da área de vida dos animais, como é o caso de nossas áreas de estudo onde há plantio de silvicultura. Dessa forma, para anfíbios e répteis, a grande quantidade de registros em nossas áreas de estudo do tipo FLONA, principalmente na FLONA Piraí do Sul, seja devido a particularidades como: 1) a existência de plantio sustentável de silvicultura dentro da UC; 2) estrada ser dentro da UC e 3) monitoramentos realizados a pé. Ou seja, uma estrada dentro da área de vida dos animais, onde possui uma diversidade do uso do solo e monitoramentos realizados a pé, onde são muitos mais eficazes em detectar carcaças do que monitoramentos de carro (TAYLOR & GOLDINGAY, 2004; *review* BEEBEE 2013), principalmente para animais de pequeno porte como anfíbios (e.g. HELS & BUCHWALD, 2001; TAYLOR & GOLDINGAY, 2004), é de se esperar que haja um aumento dos dados amostrais e resultados distintos. Já para “carnívoros” e “semi-fossoriais” acreditamos que aumentando a ocorrência de

atropelamentos devido a presença de diferentes tipos de uso do solo adjacentes as laterais das estradas, seja devido ao fato dos mamíferos de médio e grande porte apresentarem grandes áreas de vida e alta mobilidade (CROOKS 2002), isto é, apesar da menor abundância em comparação a outros vertebrados, se deslocam para áreas distantes aumentando as chances de serem atropelados.

Tais peculiaridades da área de estudo também corroboram com o fato da presença de conectividade aérea influenciar positivamente nos atropelamentos de répteis e significativamente em anfíbios. Apesar dessa influência não ter sentido biologicamente nos atropelamentos para essas duas classes, acreditamos que sua ação seja devido a aspectos secundários. Em florestas com alta cobertura vegetal apresentam uma maior riqueza de anfíbios (HERRMANN et al, 2005) pois proporcionam temperaturas moderadas, retém umidade, fornecem sombra e diversos *habitats* que são fundamentais para a biologia de muitos anfíbios (NAUGHTON et al, 2000). Ainda, se há conectividade aérea, há formação de corredores adjacentes a estrada. Essas formações arbóreas, tanto de apenas vegetação nativa como de vegetação nativa e silvicultura (p.ex. ecótone), proporcionam um *habitat* mais seguro e propenso para os

animais usarem como travessia, ou seja, ao promoverem o deslocamento também aumentam o risco de mortalidade ao tentar atravessar (CLEVENGER et al, 2003; GRILO et al, 2011; BARTHELMESS 2014; ČERVINKA et al, 2015). Diferentemente de outros estudos onde essa menor distância do ponto até a cobertura vegetal (conectividade aérea) tem se mostrado um importante influenciador na mortalidade para mamíferos (CLEVENGER et al, 2003; MALO et al, 2004; GRILO et al, 2011; BARTHELMESS 2014), nossos resultados mostram que também influenciam para anfíbios e répteis, apesar de não aparecer no modelo final para répteis, quando em conjunto com as características da rodovia por ser colinear ao número de pistas (que esteve presente no melhor modelo). A diversidade do uso do solo (ecótono) também foi destaque para essas duas classes, antes vista apenas para mamíferos (MALO et al, 2004).

A interação entre os usos do solo representou influencia apenas em anfíbios. Somente a interação entre locais de área aberta (pasto) e de rural (área de menor antropização como fazendas e áreas com galpões de armazenamento de grãos) aumentaram a ocorrência de atropelamentos. Este efeito é justificado pelo fato de que espécies dessa classe além de

locomoção lenta, necessitam de migrar para sítios de reprodução. Acreditamos que a perda de zonas úmidas causados pela antropização dessas áreas, reduz os *habitats* adequados para a reprodução dos indivíduos dessa classe promovendo uma maior atividade de deslocamento a procura desses locais e conseqüentemente uma maior probabilidade de mortes por atropelamento. Por exemplo, espécies como *Rana pipiens* (vulnerável), não evitam estradas durante a migração e se locomovem mais lentamente perto do empreendimento (BOUCHARD et al, 2009).

#### **4.2. Fatores da Rodovia que contribuem para os atropelamentos**

Na abordagem da rodovia, houve uma maior variedade de fatores influenciando os atropelamentos. Em nossa abordagem em escala local, a presença de estruturas que dificultam e/ou impediriam a travessia do animal (BARREIRA) em um ou ambos os lados da estrada aumentaram a mortalidade para anfíbios significativamente e para répteis e diminuiu para carnívoros, tanto na abordagem apenas da rodovia como em conjunto com a da paisagem. Essas barreiras vão desde paredões naturais rochosos,

de terra, muros ou “degraus” com ângulos mais próximos as 90° adjacentes as estradas que dificultam e/ou impedem a travessia dos animais.

Portanto, para anfíbios e répteis, consideramos tal resultado devido principalmente as atividades de nivelamento e/ou madeiras nas estradas de terra das FLONAS, que formam taludes com ângulos mais próximos as 90°, além de estruturas rochosas naturais presentes na área de estudo. Essas barreiras dificultam e/ou impedem a travessia de muitos animais, principalmente de pequeno porte, mesmo quando pequenas. Ainda, além do deslocamento lento de espécies destas classes, esse resultado corrobora com a influência da topografia, onde pistas mistas, planas e rebaixadas aumentam os atropelamentos em anfíbios.

Para os carnívoros, além da barreira influenciar os atropelamentos, a topografia também foi importante na mortalidade (GRILO et al, 2009; BARTHELMESS 2014; ČERVINKA et al, 2015; CLEVINGER et al, 2015). Os atropelamentos nesse grupo foram menores na presença de barreiras, assim como outros mamíferos (MALO et al, 2004), e em pistas rebaixadas (CLEVINGER et al, 2003; TAYLOR & GOLDINGAY, 2004; BARTHELMESS 2014; ČERVINKA et al, 2015). Possivelmente,

por esse grupo apresentar grandes áreas de vida e alta mobilidade (CROOKS 2002) e a maior parte da malha viária ser constituída por pistas sem barreiras, as chances são maiores de ocorrerem nesses locais. Ainda, em nossos resultados, foram mais comumente encontrados atropelados em pistas elevadas, assim como outros estudos em mamíferos (BARTHELMESS 2014), seguido de plano e misto.

O tipo de pavimento da rodovia também foi um fator importante que afeta a probabilidade de atropelamento em anfíbios e répteis, tanto para a análise apenas da rodovia como em conjunto com a da paisagem. Estradas pavimentadas normalmente possuem maior número de pistas, maior largura do acostamento e conseqüentemente maior fluxo de veículos causando maiores taxas de mortalidade (BOITET & MEAD, 2014; CLEVINGER et al, 2015). O tipo de pavimento também sustentou a presença de acostamento e número de pistas nos melhores modelos. Ambas para répteis, negativa e positivamente, e apenas acostamento positivamente para os escansoriais. Répteis, assim como os anfíbios, também possuem características que os tornam mais vulneráveis a mortalidade rodoviária (JOCHIMSEN et al, 2004; ANDREWS et al, 2008). Além, de serem frequentemente vítimas de atropelamentos

intencionais em estradas (ASHLEY et al, 2007; SECCO et al, 2014), possuem o comportamento de termorregulação em superfícies das estradas ou acostamentos (ASHLEY & ROBINSON, 1996) e locomoção lenta (ANDREWS & GIBBONS, 2005). A presença do acostamento pode estar diminuindo o risco de mortalidade por possibilitar a termorregulação sem a necessidade de estarem na área pavimentada, uma vez que tal comportamento prolonga a exposição aos veículos aumentando a probabilidade de atropelamento (ROSEN & LOWE, 1994).

Levando em conta os argumentos apresentados, os resultados deste estudo fornecem embasamento para conservação de diferentes classes da fauna brasileira, principalmente em áreas de proteção onde essas espécies são mais vulneráveis aos impactos das estradas (PARKS & HARCOURT, 2002; AMENT et al, 2008). O governo e concessionárias podem se embasar para as decisões de implementação de medidas mitigadoras em locais mais eficazes, já que muitas das estruturas construídas são instaladas em locais com pouca eficiência (p.ex. BAXTER-GILBERT et al, 2015) e com passagens que abrangem o maior número de espécies de diferentes classes em uma mesma medida de

mitigação, uma vez que mostramos que diferentes classes da fauna são afetadas pelas mesmas características de paisagem e de rodovia.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais por me apoiarem desde o início desse trabalho. Aos gestores e equipes de campo das Unidades de Conservação por gerenciar e realizar os monitoramentos de fauna atropelada, sem seus esforços este trabalho não teria iniciado. A Dra. Clara Grilo, Dr. Fernando Ascensão e Dr. Luiz Fernando Magnago por toda ajuda e esclarecimentos. Aos meus amigos Paula D'Anunciação, Nathália Carvalho, Fernando Puertas, André Tavares, Antônio Queiroz e Mardiany Ribeiro por todo apoio, sugestões e entretenimento. A Profa. Dra. Carla Ribas pelas contribuições durante a disciplina PEC533 – Publicação Científica em Ecologia da Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, onde este trabalho foi parcialmente produzido. Este estudo faz parte do Projeto Malha onde tem como financiadores e parceiros a Tropical Forest Conservation Act



(TFCA, através do FUNBIO), 7ª Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Fapemig, CNPq, Tetra Pak e apoio do ICMBio.

**Tabela 1** Rodovias das Unidades de Conservação com suas respectivas descrições dos monitoramentos de fauna silvestre atropelada




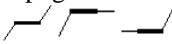
Unidade de Conservação	Rodovia	Características da rodovia	Início e Fim dos monitora/os (mês/ano)	Posição inicial do monitoramento		Posição final do monitoramento		Extensão do trecho (km)	Quantidade de monitora/o	Tipo do monitora/o
				lat	long	lat	long			
PNCG	MT-251	pavimentada	11/2013-12/2014	-15.4299	-56.0205	-15.4353	-55.7795	40	42	Carro
FLONA de Silvânia	GO-010	pavimentada	09/2013-12/2014	-16.6337	-48.7315	-16.7610	-48.5221	28	66	Carro
	GO-437	terra (em pavimentação)	09/2013-12/2014	-16.6517	-48.6050	-16.5509	-48.6288	13	66	Carro
PARNASO	BR-116	pavimentada (em duplicação)	06/2013-12/2014	-22.4517	-42.9822	-22.5031	-42.9999	12	165	Carro
FLONA Pirai do Sul	interna	terra	10/2013-12/2014	-24.5718	-49.9308	-24.5823	-49.9046	3	65	A pé
PE Tainhas	RS-110	pavimentada	10/2013-12/2014	-29.2113	-50.4705	-28.9465	-50.4335	32	64	Carro

**Tabela 2** Definição e descrição das variáveis explicativas utilizadas para analisar quais os fatores que explicam a ocorrência de atropelamentos de animais silvestres.

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categorias</b>	<b>Fonte</b>
<i>Características da Paisagem</i>			
<b>SOLO</b>	Tipo de uso do solo classificado com base nas fotografias tiradas dos lados adjacentes da rodovia	Pastagem; Vegetação Natural; Vegetação de Silvicultura (eucalipto e pinus); Cultivos (agriculturas não perene/anuais e terra arada); Rural (áreas com galpões de grãos e fazendas); Área Urbana (cidades)	Cleverger et al., 2003; Grovenburg et al., 2008; Kanda et al., 2006; Gunson et al., 2009; Jancke & Giere, 2011; Červinka et al., 2013; Jochimsen et al., 2014; Barthelmess, 2014; Červinka et al., 2015
<b>CONCT</b>	Conectividade aérea	0/1	Červinka et al., 2013
<b>ECOTONE</b>	Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia	0/1	Farrell & Tappe, 2007; Seiler (2005); Ng et al., 2008; Barthelmess, 2014

Continua

Continuação Tabela 2

Variável	Descrição	Categorias	Fonte
<i>Características da Rodovia</i>			
<b>T_ROD</b>	Tipo de pista	Terra/Pavimentada	
<b>N_PISTA</b>	Número de pistas de rodagem (equivalente a largura da rodovia)	1-3	Gomes et al., 2008; Barrientos & Bolonio, 2009; Gunson et al., 2009; Jancke & Giere, 2011; Seo et al., 2013; Barthelmess, 2014
<b>ACOST</b>	Área pavimentada ou não, fora da pista de rodagem e antes do início do uso do solo, em um ou ambos os lados da rodovia	0/1	Malo et al., 2004
<b>BARREIRA</b>	Estrutura natural ou antrópica perpendicular à rodovia, em um ou ambos os lados que dificultam a travessia do animal. Muro, barranco de terra ou rochoso.	0/1	
<b>TOPOG</b>	Topografia da rodovia (linha em negrito representa a pista de rodagem)	Plano  Elevado  Rebaixado  Topografia-mista 	Clevenger et al., 2003; Gomes et al., 2008; Gunson et al. 2009; Seo et al., 2013; Barthelmess, 2014; Jochimsen et al., 2014; Červinka et al., 2015

**Tabela 3** Unidades de Conservação com suas respectivas descrições dos monitoramentos e registros de fauna silvestre atropelada

Unidade de Conservação	Rodovia	Características da rodovia	Tipo do monitoramento	Extensão do trecho (km)	Quantidade de monitoramento	Quantidade de Anfíbios	Quantidade de Répteis	Quantidade de Carnívoros	Quantidade de Escansoriais	Quantidade de Semi-fossoriais	TOTAL de atropelamentos
PNCG	MT-251	pavimentada	Carro	40	42	18	24	9	7	9	<b>67</b>
FLONA de Silvânia	GO-010	pavimentada	Carro	28	66	10	33	6	6	9	<b>64</b>
	GO-437	terra (em pavimentação)	Carro	13	66	5	7	1	0	1	<b>14</b>
PARNASO	BR-116	pavimentada (em duplicação)	Carro	12	165	0	4	0	11	0	<b>15</b>
FLONA Piraí do Sul	interna	terra	A pé	3	65	96	44	0	4	0	<b>144</b>
PE Tainhas	RS-110	pavimentada	Carro	32	64	2	3	28	2	4	<b>39</b>
<b>TOTAL</b>						<b>131</b>	<b>115</b>	<b>44</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	

**Tabela 4** Resumo das modelos mais suportados ( $\Delta AICc < 2$ ) para a seleção de Paisagem, Rodovia e Paisagem + Rodovia para anfíbios, répteis e os grupos de mamíferos. Total de número de modelos candidatos ( $n$ ), AICc (Informação de Akaike de Segunda Ordem),  $\Delta AICc$  ( $AICc_i - \min AICc$ ),  $W_i$  (peso Akaike).

	AICc	$\Delta AICc$	$W_i$
<b>Paisagem</b>			
<i>Anfíbios (8)</i>			
NULO	369.3	3.63	0.041
CONCT + ECOT	365.7	0.00	0.250
CONCT + SOLOa : SOLOb	365.9	0.26	0.219
CONCT + ECOT + SOLOa : SOLOb	365.9	0.26	0.219
CONCT	366.0	0.34	0.211
<i>Répteis (8)</i>			
NULO	325.0	1.39	0.218
CONCT	323.6	0.00	0.435
CONCT + ECOT	324.8	1.23	0.236
<i>Carnívoros (4)</i>			
NULO	126.1	0.00	0.726
ECOT	128.1	1.95	0.273
<i>Escansoriais(5)</i>			
NULO	89.6	0.00	0.557
<i>Semi-Fossoriais (4)</i>			
NULO	68.0	0.00	0.645
ECOT	69.4	1.32	0.333

Continua

Continuação Tabela 4

	AICc	$\Delta$ AICc	Wi
<b>Rodovia</b>			
<i>Anfíbios (32)</i>			
NULO	369.3	25.48	0.000
BARREIRA + T_ROD + TOPOG	343.8	0.00	0.372
<i>Répteis (32)</i>			
NULO	325.0	6.31	0.008
ACOST + BARREIRA + N_PISTA	318.6	0.00	0.198
ACOST + N_PISTA	319.2	0.53	0.152
ACOST + T_ROD	319.8	1.20	0.109
ACOST + BARREIRA + T_ROD	319.9	1.23	0.107
ACOST + BARREIRA + N_PISTA + T_ROD	320.6	1.92	0.076
<i>Carnívoros (8)</i>			
NULO	126.1	0.00	0.349
BARREIRA	127.0	0.89	0.223
TOPOG	128.1	1.94	0.132
<i>Escansoriais(6)</i>			
NULO	89.6	0.00	0.233
ACOST	90.6	1.01	0.140
<i>Semi-Fossoriais (7)</i>			
NULO	68.0	0.00	0.555

Continua

Continuação Tabela 4

	AICc	$\Delta$ AICc	Wi
<b>Paisagem + Rodovia</b>			
<i>Anfíbios (64)</i>			
NULO	369.3	29.38	0.000
CONCT + BARREIRA + T_ROD + TOPOG	339.9	0.00	0.369
CONCT + ECOT + BARREIRA + T_ROD + TOPOG	340.4	0.48	0.291
<i>Répteis (32)</i>			
NULO	325.0	6.34	0.006
ECOT + ACOST + BARREIRA + N_PISTA	318.6	0.00	0.131
ACOST + BARREIRA + N_PISTA	318.6	0.03	0.130
ACOST + N_PISTA	319.2	0.56	0.099
ACOST + T_ROD	319.8	1.22	0.071
ECOT + ACOST + N_PISTA	319.9	1.24	0.070
ACOST + BARREIRA + T_ROD	319.9	1.26	0.070
ECOT + ACOST + BARREIRA + T_ROD	320.0	1.38	0.066
ACOST + BARREIRA + N_PISTA + T_ROD	320.6	1.94	0.050
ECOT + ACOST + BARREIRA + N_PISTA + T_ROD	320.6	1.94	0.050
ECOT + ACOST + T_ROD	320.6	1.95	0.050
<i>Carnívoros (8)</i>			
NULO	126.1	0.00	0.342
BARREIRA	127.0	0.89	0.219
TOPOG	128.1	1.94	0.130
ECOT	128.1	1.95	0.129
<i>Escansoriais (2)</i>			
NULO	89.6	0.00	0.624
ACOST	90.6	1.01	0.376
<i>Semi-Fossoriais (2)</i>			
NULO	68.0	0.00	0.659
ECOT	69.4	1.32	0.341



**Tabela 5** Coeficientes estimados ( $\beta$ ), erro padrão (SE) e significância (p-value) para os modelos mais aceitos de paisagem, rodovia e ambos em conjunto para cada classe/grupo ( $\Delta AICc < 2$ ). As variáveis significativas ( $p < 0.05$ ) estão marcadas em negrito. (\* modelo de média quando obtivemos mais de um modelo suportado [(Burnham & Anderson, 2002; ZUUR et al., 2009)]).

	$\beta$	SE	p-value	AUC
<b>Paisagem</b>				
<i>Anfíbios</i> *				
Intercept	3.6600	1870.0000	0.9984	0.67
<b>CONCT</b>	<b>1.1300</b>	<b>0.5190</b>	<b>0.0303</b>	
ECOT	9.1500	2580.0000	0.9972	
Cultivos : Cultivos	-8.0300	2680.0000	0.9976	
Pasto : Cultivos	-17.6000	3780.0000	0.9963	
Cultivos : Natural	-17.6000	3780.0000	0.9963	
Natural : Natural	-8.5700	2680.0000	0.9974	
Pasto : Natural	-17.2000	3780.0000	0.9964	
Natural : Ocup. Urbana	-16.9000	3780.0000	0.9964	
Ocup. Urbana : Ocup. Urbana	-8.8800	2680.0000	0.9974	
Pasto : Ocup. Urbana	14.4000	6480000.0000	1.0000	
Silvicultura : Ocup. Urbana	-45.0000	463000.0000	0.9999	
Pasto : Pasto	-8.7300	2680.0000	0.9974	
Natural : Silvicultura	-18.4000	3780.0000	0.9961	
Pasto : Silvicultura	-42.9000	234000.0000	0.9999	
Silvicultura : Silvicultura	-19.1000	3780.0000	0.9960	
<i>Répteis</i> *				
Intercept	-0.1938	0.1741	0.2656	0.57
CONCT	0.5380	0.2911	0.0645	
ECOT	0.2688	0.2915	0.3564	
<i>Carnívoros</i> *				
Intercept	-0.0741	0.2763	0.7890	0.52
ECOT	0.1919	0.4448	0.6660	
<i>Escansoriais</i>				
Intercept				0.50
NULO	-	-	-	
<i>Semi-Fossoriais</i> *				
Intercept	-0.1823	0.3597	0.6120	0.57
ECOT	0.6523	0.6881	0.3430	

Continua

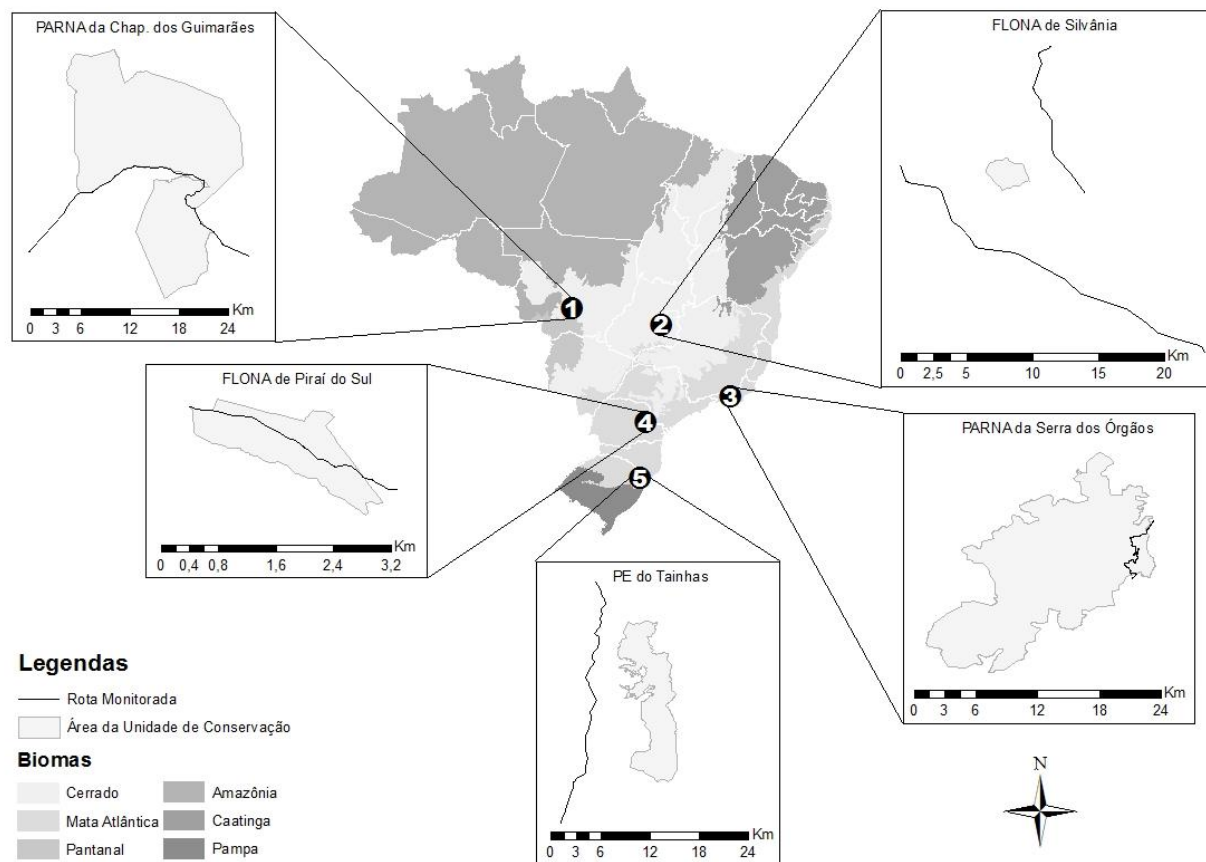
Continuação Tabela 5

	$\beta$	SE	p-value	AUC
<b>Rodovia</b>				
<i>Anfíbios</i>				
Intercept	-13.5661	96.3299	0.8880	0.70
<b>T_ROD terra</b>	<b>-1.1133</b>	<b>0.3835</b>	<b>0.0037</b>	
<b>BARREIRA</b>	<b>0.7224</b>	<b>0.2279</b>	<b>0.0015</b>	
TOPOG mista	12.9509	96.3310	0.8931	
TOPOG plano	13.7302	96.3300	0.8867	
TOPOG rebaixada	14.5104	96.3303	0.8803	
<i>Répteis *</i>				
Intercept	-0.3423	0.9170	0.7090	0.63
<b>ACOST</b>	<b>-0.5427</b>	<b>0.1971</b>	<b>0.0059</b>	
BARREIRA	0.4038	0.2634	0.1254	
N_PISTA	0.7188	0.3857	0.0624	
T_ROD terra	-0.5728	0.4504	0.2035	
<i>Carnívoros *</i>				
Intercept	0.6927	0.9990	0.4881	0.61
BARREIRA	-0.3608	0.3310	0.2758	
TOPOG mista	-1.7430	1.1720	0.1370	
TOPOG plano	-1.4271	1.1669	0.2213	
TOPOG rebaixada	-2.1484	1.2119	0.0763	
<i>Escansoriais *</i>				
Intercept	-0.3123	0.3889	0.4220	0.58
ACOST	0.3232	0.2931	0.2700	
<i>Semi-Fossoriais</i>				
Intercept				0.50
NULO	-	-	-	

Continua

Continuação Tabela 5

	$\beta$	SE	p-value	AUC
<b>Paisagem + Rodovia</b>				
<i>Anfíbios *</i>				
Intercept	-15.5661	84.4769	0.8538	0.72
TOPOG mista	14.7711	84.4780	0.8612	
TOPOG plano	15.7012	84.4770	0.8526	
TOPOG rebaixada	16.1761	84.4774	0.8481	
<b>T_ROD terra</b>	<b>-1.9728</b>	<b>0.5635</b>	<b>0.0005</b>	
<b>BARREIRA</b>	<b>0.7247</b>	<b>0.2310</b>	<b>0.0017</b>	
<b>CONCT</b>	<b>1.2303</b>	<b>0.5228</b>	<b>0.0186</b>	
ECOT	0.4038	0.3143	0.1989	
<i>Répteis *</i>				
Intercept	-0.4398	0.9508	0.6437	0.64
<b>ACOST</b>	<b>-0.5531</b>	<b>0.1988</b>	<b>0.0054</b>	
BARREIRA	0.4333	0.2668	0.1044	
N_PISTA	0.7411	0.3931	0.0594	
T_ROD terra	-0.5778	0.4636	0.2126	
ECOT	0.4068	0.3033	0.1798	
<i>Carnívoros *</i>				
Intercept	0.4857	0.9301	0.6015	0.61
BARREIRA	-0.3608	0.3310	0.2758	
TOPOG mista	-1.7430	1.1720	0.1370	
TOPOG plano	-1.4271	1.1669	0.2213	
TOPOG rebaixada	-2.1484	1.2119	0.0763	
ECOT	0.1919	0.4448	0.6662	
<i>Escansoriais *</i>				
Intercept	-0.3123	0.3889	0.4220	0.58
ACOST	0.3232	0.2931	0.2700	
<i>Semi-Fossoriais *</i>				
Intercept	-0.1823	0.3597	0.6120	0.57
ECOT	0.6523	0.6881	0.3430	



**Figura 1** Localização das Unidades de Conservação monitoradas com seus respectivos trechos de monitoramento de fauna atropelada.

## REFERÊNCIAS

AMENT R, CLEVINGER AP, YU O, HARDY A (2008) An assessment of Road Impacts on Wildlife Populations in U.S. National Parks. *Environmental Management*. DOI: 10.1007/s00267-008-9112-8

ANDREWS KM, GIBBONS JW (2005) How do highways influence snake movement? behavioral responses to roads and vehicles. *Copeia* 2005, 772–782

ANDREWS KM, GIBBONS JW, JOCHIMSEN DM (2008) Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: A Literature Review. In Mitchell JC, Jung Brown RE, Bartholomew, B. (Eds) *Urban herpetology*, 3rd edn. Salt Lake City: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, pp 121–143

ASHLEY EP, KOSLOSKI A, PETRIE AS (2007) Incidence of Intentional Vehicle–Reptile Collisions. *Human Dimensions of Wildlife*. DOI: 10.1080/10871200701322423

ASHLEY EP, ROBINSON JT (1996). Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 110(3): 403-412

BARRIENTOS R, BOLONIO L (2009) The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality. *Biodivers Conserv*. DOI: 10.1007/s10531-008-9499-9

BARTHELMESS EL (2014) Spatial distribution of road-kills and factors influencing road mortality for mammals in Northern New York State. *Biodivers Conserv*. DOI: 10.1007/s10531-014-0734-2.

BARTON K (2014) MuMIn: Multi-Model Inference. In: R package, version 1.12.1. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>. Acessado em Janeiro 2015

BATES D, MAECHLER M, BOLKER B, WALKER S, CHRISTENSEN RHB, SINGMANN H, DAI B, GROTHENDIECK G (2015) Linear Mixed-Effects Models using 'Eigen' and S4. In: R package, version 1.1-9.

Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/lme4.pdf>.  
Acessado em Julho 2015

BAXTER-GILBERT JH, RILEY JL, LESBARRÈRES D, LITZGUS JD (2015) Mitigating Reptile Road Mortality: Fence Failures Compromise Ecopassage Effectiveness. PLoS ONE, 10 (3):1-15, 2015b. DOI: 10.1371/journal.pone.0120537

BEEBEE TJC (2013) Effects of Road Mortality and Mitigation Measures on Amphibian Populations. Conservation Biology. DOI: 10.1111/cobi.12063.

BENCKE GA, DUARTE MM (2008) Plano de Manejo do Parque Estadual do Tainhas. Disponível em:  
[http://www.sema.rs.gov.br/upload/Plano\\_manejo\\_PETainhas.pdf](http://www.sema.rs.gov.br/upload/Plano_manejo_PETainhas.pdf).  
Acessado em Novembro 2014

BOITET ER, MEAD AJ (2014) Application of GIS to a Baseline Survey of Vertebrate Roadkills in Baldwin County, Georgia. Southeastern Naturalist 13(1):176-190

BOLKER BM, BROOKS ME, CLARK CJ, GEANGE SW, POULSEN JR, STEVENS MH, WHITE JS (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. Trends in Ecology and Evolution. DOI: 10.1016/j.tree.2008.10.008

BOUCHARD J, FORD AT, EIGENBROD FE, FAHRIG L (2009) Behavioral responses of northern leopard frogs (*Rana pipiens*) to roads and traffic: implications for population persistence. Ecology and Society 14(2): 23

BURNHAM KP, ANDERSON DR (2002) Model selection and multi-model inference – a practical information-theoretic approach. 2<sup>nd</sup> edition. USA: Springer Science & Business Media, Inc.

ČERVINKA J, RIEGERT J, GRILL S, ŠÁLEK M (2015) Large-scale evaluation of carnivore road mortality: the effect of landscape and local scale characteristics. Mamm Res. DOI: 10.1007/s13364-015-0226-0

CHIARELLO AG (1999) Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. *Biological Conservation* 89:71-82

CLEVINGER AP, BARRUETO M, GUNSON KE, CARYL FM, FORD AT (2015) Context-dependent effects on spatial variation in deer-vehicle collisions. *Ecosphere* 6(4):47

CLEVINGER AP, CHRUSZCZ B, GUNSON K (2003) Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109:15–26

CROOKS KR (2002) Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. *Conservation Biology* 16:488-502

CUSHMAN SA, LEWIS JS (2010) Movement behavior explains genetic differentiation in American black bears. *Landscape Ecol.* DOI: 10.1007/s10980-010-9534-6

DANKS ZD, PORTER WF (2010) Temporal, spatial and landscape habitat characteristics of moose–vehicle collisions in western Maine. *Journal of Wildlife Management.* DOI: 10.2193/2008-358

DUSSAULT C, POULIN M, COURTOIS R, OUELLET JP (2006) Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec, Canada. *Wildlife Biology* 12(4):415-425

DUSSAULT C, ROULIN M, COURTOIS R, OUELLET JP (2006) Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec, Canada. *Wildlife Biology* 12:415-426.

FAHRIG L, PEDLAR JH, POPE SE, TAYLOR PD, WEGNER JF (1995) Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73:177-182

FAHRIG L, RYTWINSKI T (2009) Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society* 14(1):21.

FARRELL MC, TAPPE PA (2007) County-level factors contributing to deer–vehicle collisions in Arkansas. *J Wildl Manag* 71:2727–2731. doi:10.2193/2006-085

FIELDING AH, BELL JF (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24:38–49

FORMAN RTT, ALEXANDER LE (1998) Roads and Their Major Ecological Effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst* 29:207-231

GOMES L, GRILO C, SILVA C, MIRA A (2008) Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. *Ecol Res* 24:355–370. doi:10.1007/s11284-008-0515-z

GONSER RA, JENSEN RR, WOLF SA (2009) The spatial ecology of deer-vehicle collisions. *Applied Geography*. DOI: 10.1016/j.apgeog.2008.11.005

GRILO C, ASCENSÃO F, SANTOS-REIS M, BISSONETTE JA (2011) Do well-connected landscapes promote road-related mortality? *Eur J Wildl Res*. DOI: 10.1007/s10344-010-0478-6

GRILO C, BISSONETTE JÁ, SANTOS-REIS M (2009) Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation*. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.10.026

GRILO C, FERREIRA FZ, REVILLA E (2015) No evidence of a threshold in traffic volume affecting road-kill mortality at a large spatio-temporal scale. *Environmental Impact Assessment Review* 55:54–58

GROVENBURG TW, JENKS JA, KLAVER RW, MONTEITH KL, GALSTER DH (2008) Factors affecting road mortality of white-tailed deer in eastern South Dakota. *Human–Wildlife Conflicts* 2(1):48–59

GUNSON KE, CLEVINGER AP, FORD AT, BISSONETTE JA, HARDY A (2009) A Comparison of Data Sets Varying in Spatial Accuracy Used to Predict the Occurrence of Wildlife-Vehicle Collisions.



Environmental Management 44:268–277. doi:10.1007/s00267-009-9303-y

HELMS T, BUCHWALD E (2001) The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99:331-340

HERRMANN HL, BABBITT KJ, BABER ML, CONGALTON RG (2005) Effects of landscape characteristics on amphibian distribution in a forest-dominated landscape. *Biological Conservation* 123:139–149

JÁCOMO ATA, KASHIVAKURA CK, FERRO C, FURTADO MM, ASTETE SP, TÔRRES NM, SOLLMANN R, SILVEIRA L (2009) Home Range and Spatial Organization of Maned Wolves in the Brazilian Grasslands. *Journal of Mammalogy*, 90:150-157

JANCKE S, GIÉRE P (2011) Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in a landscape abundant in lakes. *Eur J Wildl Res* 57:373–381. doi:10.1007/s10344-010-0442-5

JOCHIMSEN DM, PETERSON CR, ANDREWS KM, GIBBONS JW (2004) A literature review of the effects of roads on amphibians and reptiles and the measures used to mitigate those efforts. Technical Report to Idaho Fish and Game Department and the USDA Forest Service, 79pp.

JOCHIMSEN DM, PETERSON CR, HARMON LJ (2014) Influence of ecology and landscape on snake road mortality in a sagebrush-steppe ecosystem. *Animal Conservation*. DOI: 10.1111/acv.12125

JOYCE TL, MAHONEY SP (2001) Spatial and temporal distributions of moose-vehicle collisions in Newfoundland. *Wildlife Society Bulletin* 29, 281-291.

KANDA LL, FULLER TK, SIEVERT PR (2006) Landscape Associations of Road-killed Virginia Opossums (*Didelphis virginiana*) in Central Massachusetts. *Am. Midl. Nat.* 156:128–134

LALIBERTÉ E, LEGENDRE P, SHIPLEY B (2015) Measuring functional diversity (FD) from multiple traits, and other tools for functional ecology. In: R package, version 1.0-12. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/FD/FD.pdf>. Acessado em: Janeiro 2015

LAURANCE WF, GOOSEM M, LAURANCE SGW (2009) Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*. DOI: 10.1016/j.tree.2009.06.009

LITVAITIS JA, TASH JP (2008) An Approach Toward Understanding Wildlife-Vehicle Collisions. *Environmental Management* DOI: 10.1007/s00267-008-9108-4

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](http://cbee.ufla.br/portal/arquivos/tt-projeto_malha-manual-coleta-campo.pdf). Acessado em Julho 2014

MALO JE, SUAREZ F, DIEZ A (2004) Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41:701-710

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Unidades de conservação – Categorias. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protetidas/unidades-de-conservacao/categorias>. Acessado em Setembro 2015.

NASCIMENTO JL, CAMPOS IB (Organizadores) (2011) Atlas da fauna brasileira ameaçada de extinção em unidades de conservação federais. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Icmbio. Brasília. 276 pp

NAUGHTON GP, HENDERSON CB, FORESMAN KR, MCGRAW RL (2000) Long-toed salamanders in harvested and intact Douglas-fir forests of western Montana. *Ecological Applications* 10, 1681–1689

NG JW, NIELSON C, ST CLAIR CC (2008) Landscape and traffic factors influencing deer–vehicle collisions in an urban environment. *Human–Wildlife Conflicts* 2(1):34–47

NOËL S, OUELLET M, GALOIS P, LAPOINTE F-J (2007) Impact of urban fragmentation on the genetic structure of the eastern red-backed salamander. *Conservation Genetics* DOI: 10.1007/s10592-006-9202-1

PARKS SA, HARCOURT AH (2002) Reserve Size, Local Human Density, and Mammalian Extinctions in U.S. Protected Areas. *Conservation Biology* 16(3):800-808

PETERSON BG, CARL P, BOUDT K, BENNETT R, ULRICH J, ZIVOT E, LESTEL M, BALKISSOON K, WUERTZ D (2015) Econometric tools for performance and risk analysis. In: R package, version 1.4.3541. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/PerformanceAnalytics/PerformanceAnalytics.pdf>. Acessado em Março 2015.

PLAGIA AP, FONSECA GAB, RYLANDS AB, HERRMANN G, AGUIAR LMS, CHIARELLO AG, LEITE YLR, COSTA LP, SICILIANO S, KIERULFF MCM, MENDES SL, TAVARES VC, MITTERMEIER RA, PATTON JL (2012) Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil / Annotated Checklist of Brazilian Mammals. 2ª Edição / 2nd Edition. *Occasional Papers in Conservation Biology*, No. 6. Conservation International, Arlington, VA. 76pp.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria: <http://www.R-project.org/>

REIS NR, PERACCHI AL, FREGONEZI MN, ROSSANEIS BK (2010) Guia de identificação de mamíferos. *Mamíferos do Brasil – Guia de Identificação*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Technical Books. 560pp.

REIS NR, PERACCHI AL, PEDRO WA, LIMA IP (2011) *Mamíferos do Brasil*. 2ª Edição. Londrina: Nelio R. dos Reis. 439pp.

ROBIN X, TURCK N, HAINARD A, TIBERTI N, LISACEK F, SANCHEZ J-C, MÜLLER M (2015) Display and Analyze ROC Curves. In: R package, version 1.8. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/pROC/pROC.pdf>. Acessado em Maio 2015

ROSA CA, BAGER A(2013) Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. *Oecologia Australis* 17(1):6-19

ROSEN PC, LOWE CH. Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of southern Arizona. *Biological Conservation* 68:143-148

SECCO H, RATTON P, CASTRO E, LUCAS PS, BAGER A (2014) Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a Brazilian road. *Tropical Conservation Science* 7(3):561-571. Available online: [www.tropicalconservationscience.org](http://www.tropicalconservationscience.org)

SEILER A (2005) Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden. *J Appl Ecol* 42:371–382. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01013.x

SEILER A. (2001) Ecological effects of roads: A review. Grimsö Wildlife Research Station, Dept. of Conservation Biology, University of Agricultural Sciences, Riddarhyttan.

SEO C, Thorne JH, Choi T, Kwon H, Park C-H (2013) Disentangling roadkill: the influence of landscape and season on cumulative vertebrate mortality in South Korea. *Landscape Ecol Eng*. DOI 10.1007/s11355-013-0239-2

TAYLOR BD, GOLDINGAY RL (2004) Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research* 31(1) 83-91

TROMBULAK SC, FRISSELL CA (2000) Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology* 14(1):18-30

WILSON DE, REEDER DM (2005) *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 3. ed. Maryland: The Johns Hopkins University Press, 2142p

ZUUR AF, IENO EN, WALKER NJ, SAVELIEV AA, SMITH GM (2009) *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York.

## **MATERIAL SUPLEMENTAR**

*Para Landscape Ecology*

### **COMO AS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM E RODOVIA EXPLICAM ATROPELAMENTOS EM ÁREAS PROTEGIDAS À ESCALA LOCAL?**

Nayara H. Alecrim • Alex Bager

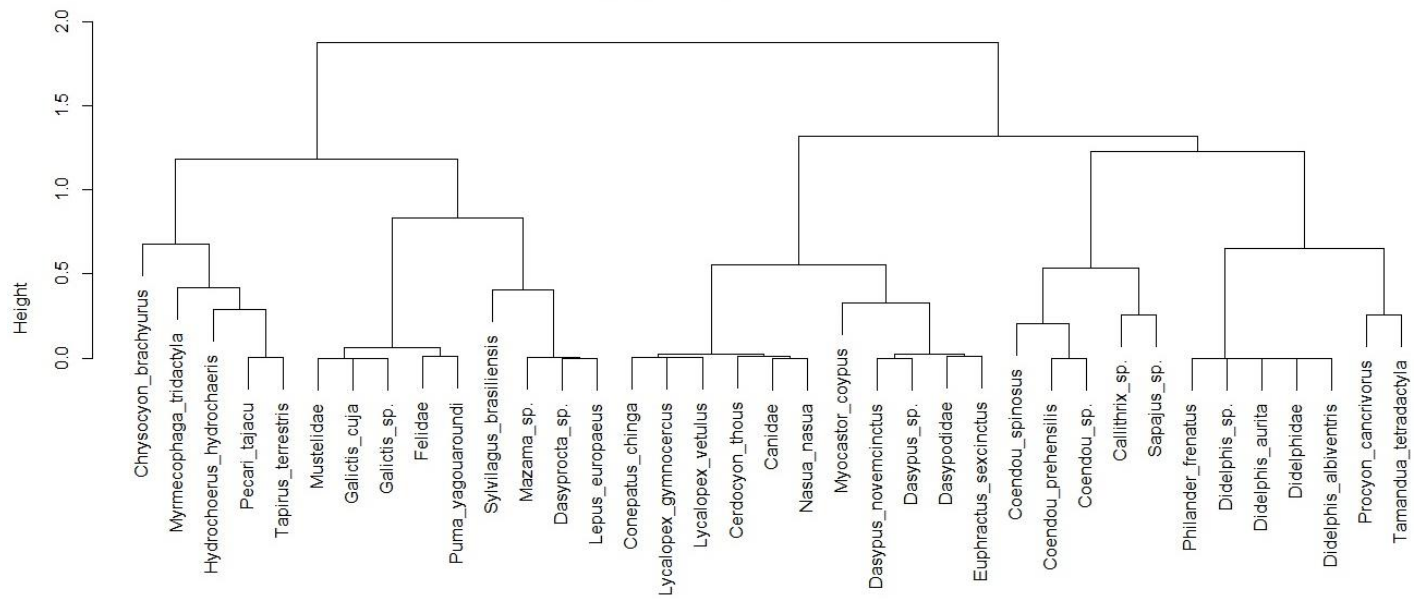
N. H. Alecrim (autor correspondente) • A. Bager

Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Departamento de  
Biologia, Setor de Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Centro  
Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, CEP: 37.200-000,  
Lavras/MG, Brasil.

E-mail: [n.h.alecrim@gmail.com](mailto:n.h.alecrim@gmail.com)

Telefone: (16) 9932-99190

## SUMÁRIO

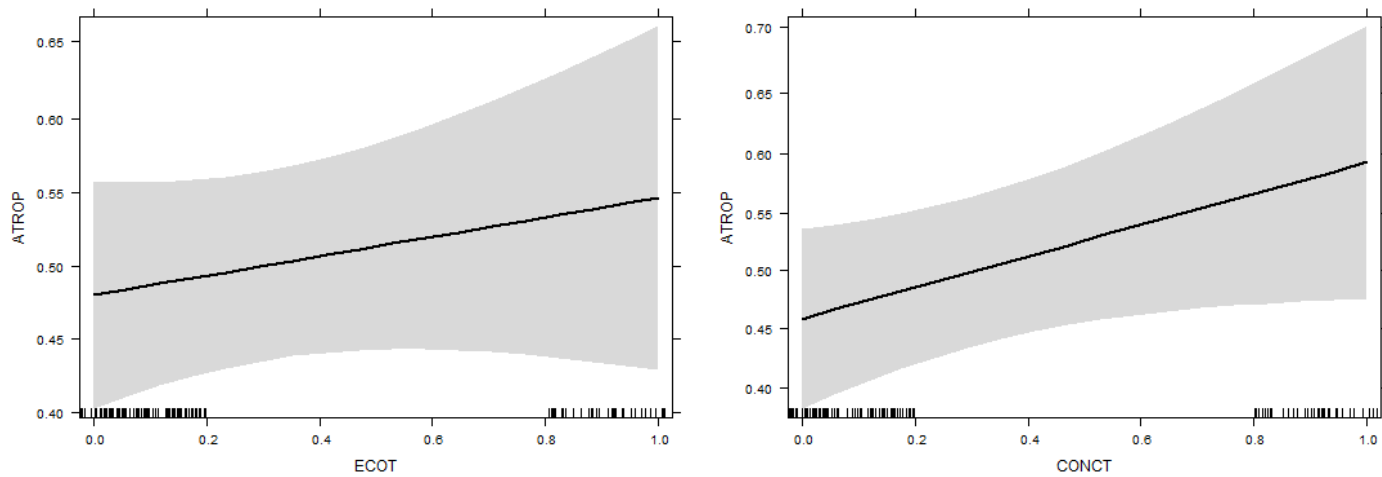


**Figura MS1** Representação do agrupamento em dendrograma dos mamíferos atropelados nas Unidades de Conservação a partir da dissimilaridade calculada pela distância entre os atributos funcionais (características relevantes às suas particularidades físicas e comportamentais) que melhor explicariam biologicamente o vínculo com o habitat e os tipos de uso do solo.

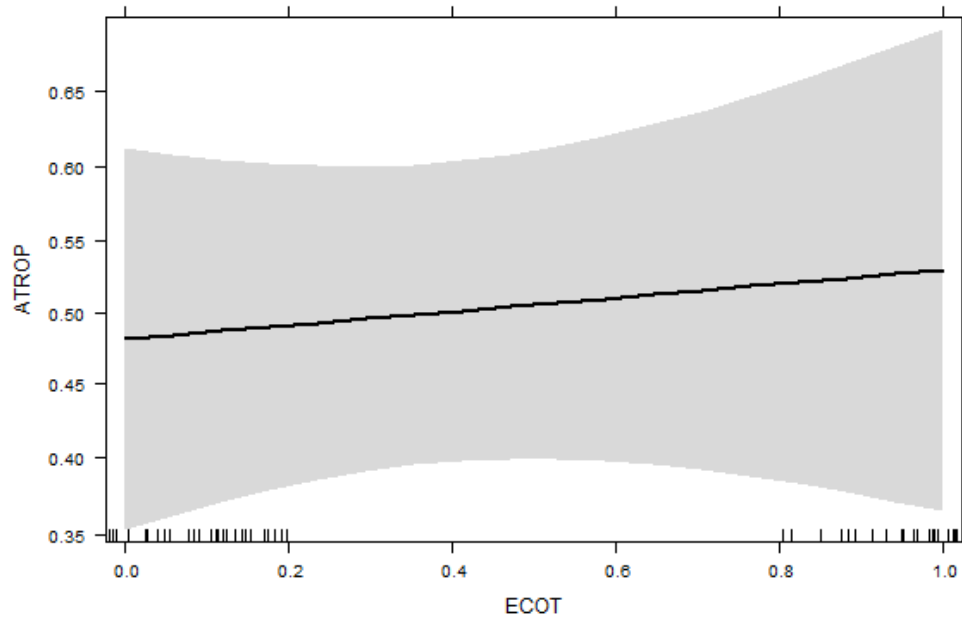
**Tabela MS1** Espécies de mamíferos atropelados com abundância acima de 15 indivíduos em seus respectivos grupos que mais explicou biologicamente o vínculo com o habitat e os tipos de uso do solo.

<b>Espécies</b>	<b>Número Detectado</b>
<b>Carnívoros</b>	<b>44</b>
Canidae	11
Cachorro-do-mato ( <i>Cerdocyon thous</i> )	12
Zorrilho ( <i>Conepatus chinga</i> )	10
Graxaim-do-campo ( <i>Lycalopex gymnocercus</i> )	8
Raposa-do-campo ( <i>Lycalopex vetulus</i> )	2
Quati-de-cauda-anelada ( <i>Nasua nasua</i> )	1
<b>Escansoriais</b>	<b>30</b>
Didelphidae	2
Gambá-de-orelha-branca ( <i>Didelphis albiventris</i> )	5
Gambá-de-orelha-preta ( <i>Didelphis aurita</i> )	12
Gambá ( <i>Didelphis sp.</i> )	10
Cuíca-de-quatro-olhos ( <i>Philander frenatus</i> )	1
<b>Semi-fossoriais</b>	<b>23</b>
Dasypodidae	1
Tatu-galinha ( <i>Dasypus novemcinctus</i> )	12
Tatu ( <i>Dasypus sp.</i> )	3
Tatupeba ( <i>Euphractus sexcinctus</i> )	7

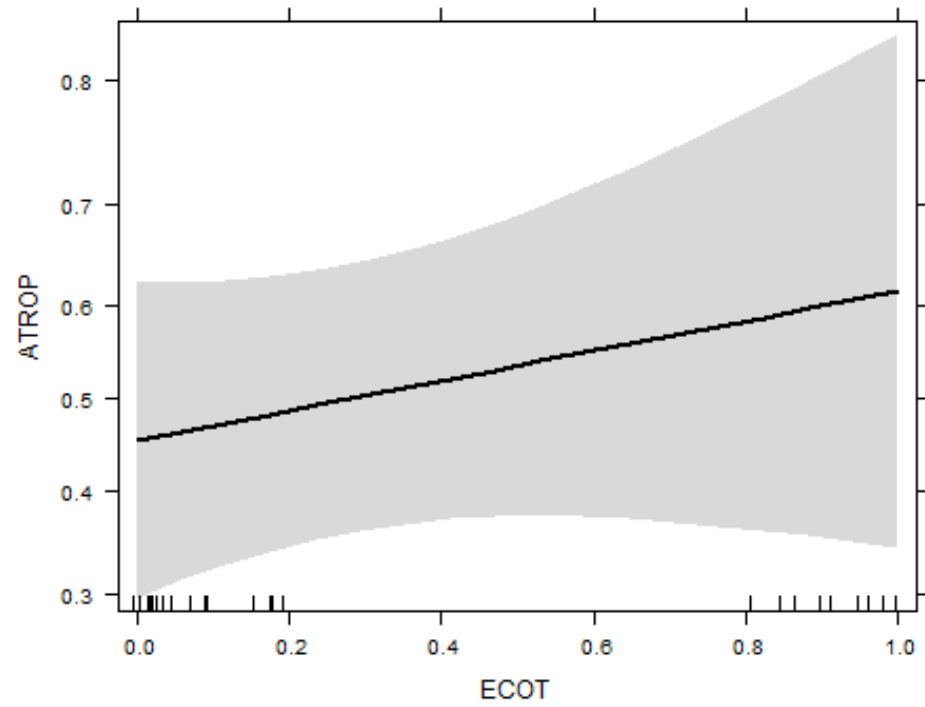




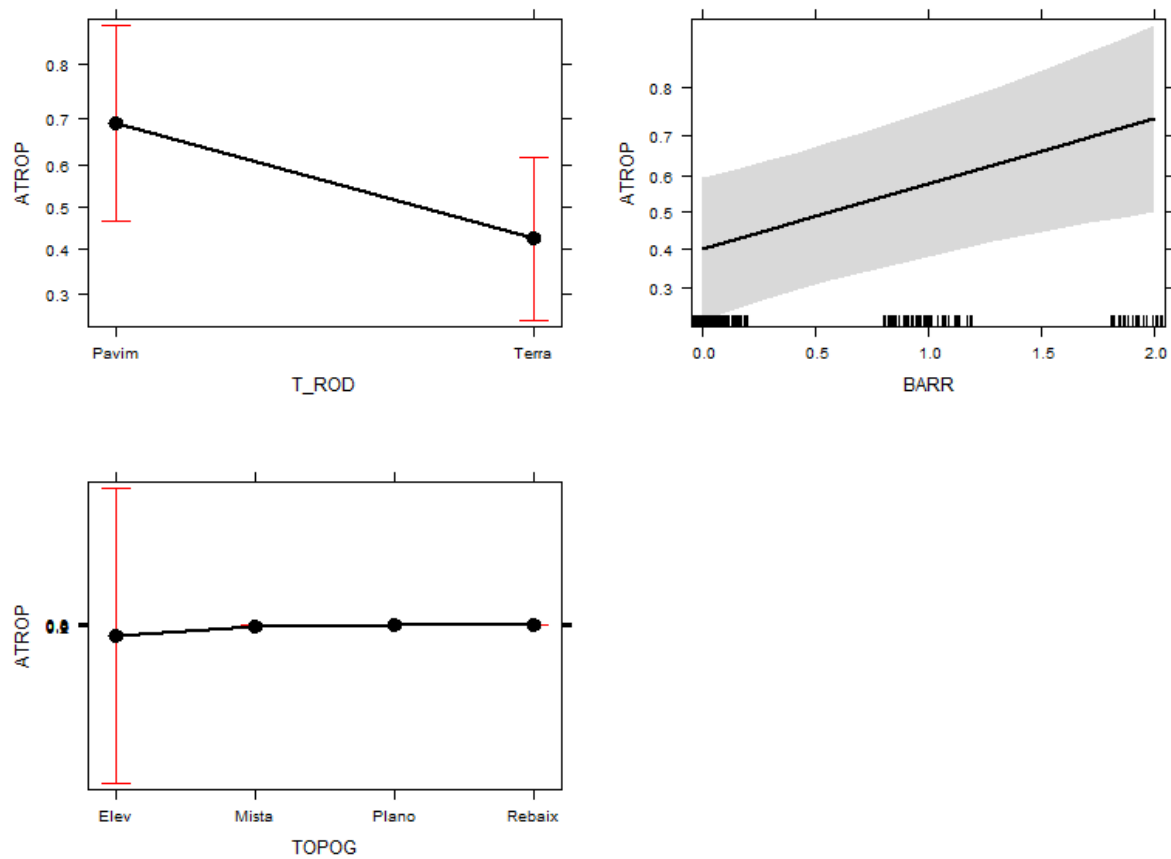
**Figura MS2** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem nos répteis. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia; (CONCT) Conectividade aérea.



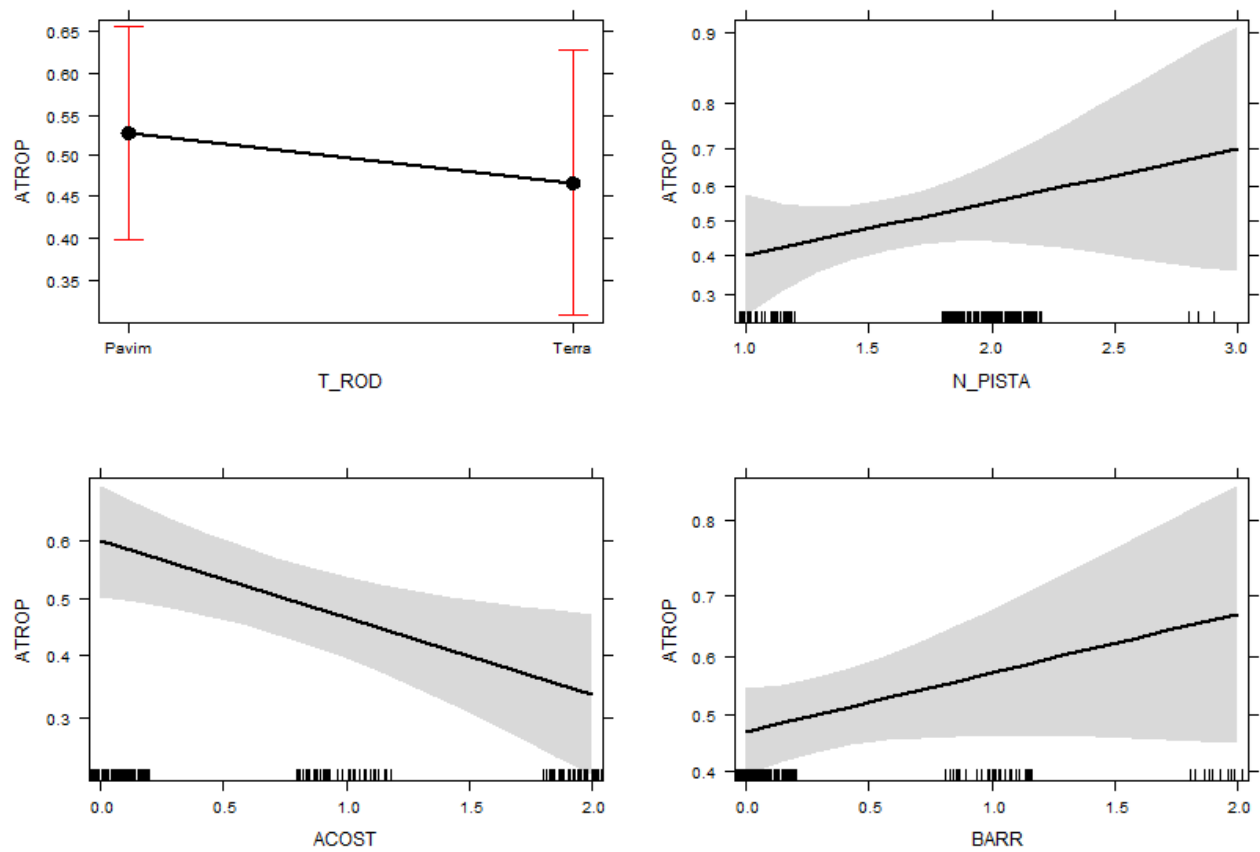
**Figura MS3** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem nos carnívoros. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.



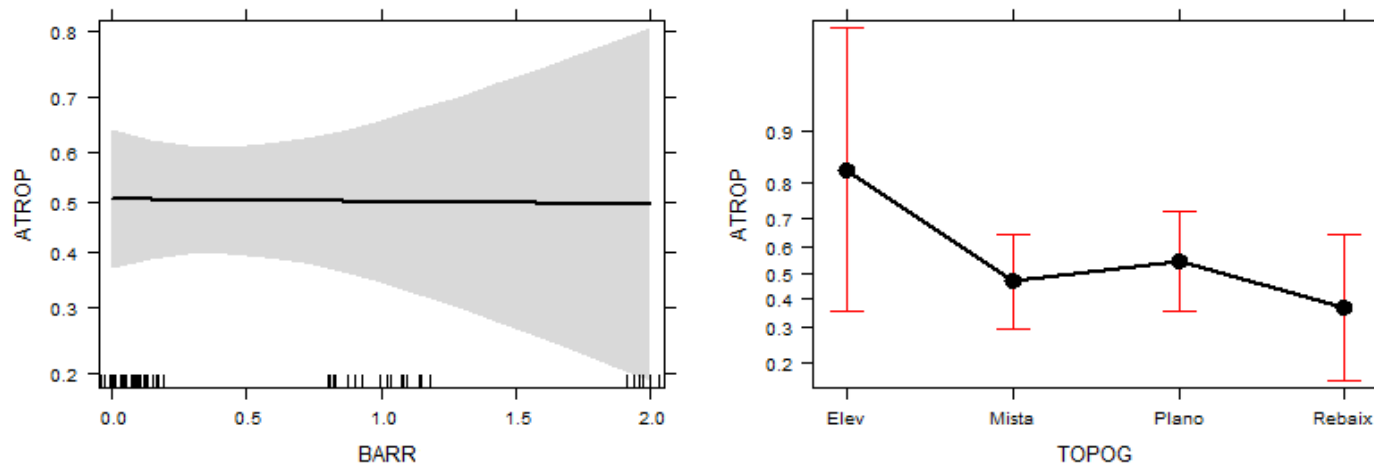
**Figura MS4** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem nos semi-fossoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.



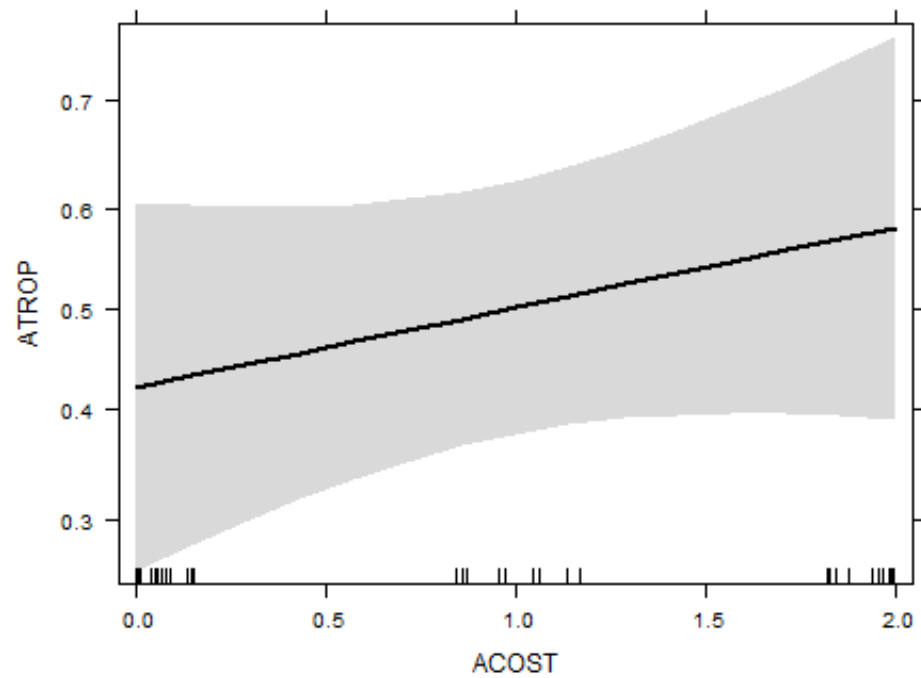
**Figura MS5** Representação do efeito das variáveis do melhor modelo da rodovia nos anfíbios. (ATROP) Atropelamentos; (T\_ROD) Tipo de rodovia; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia.



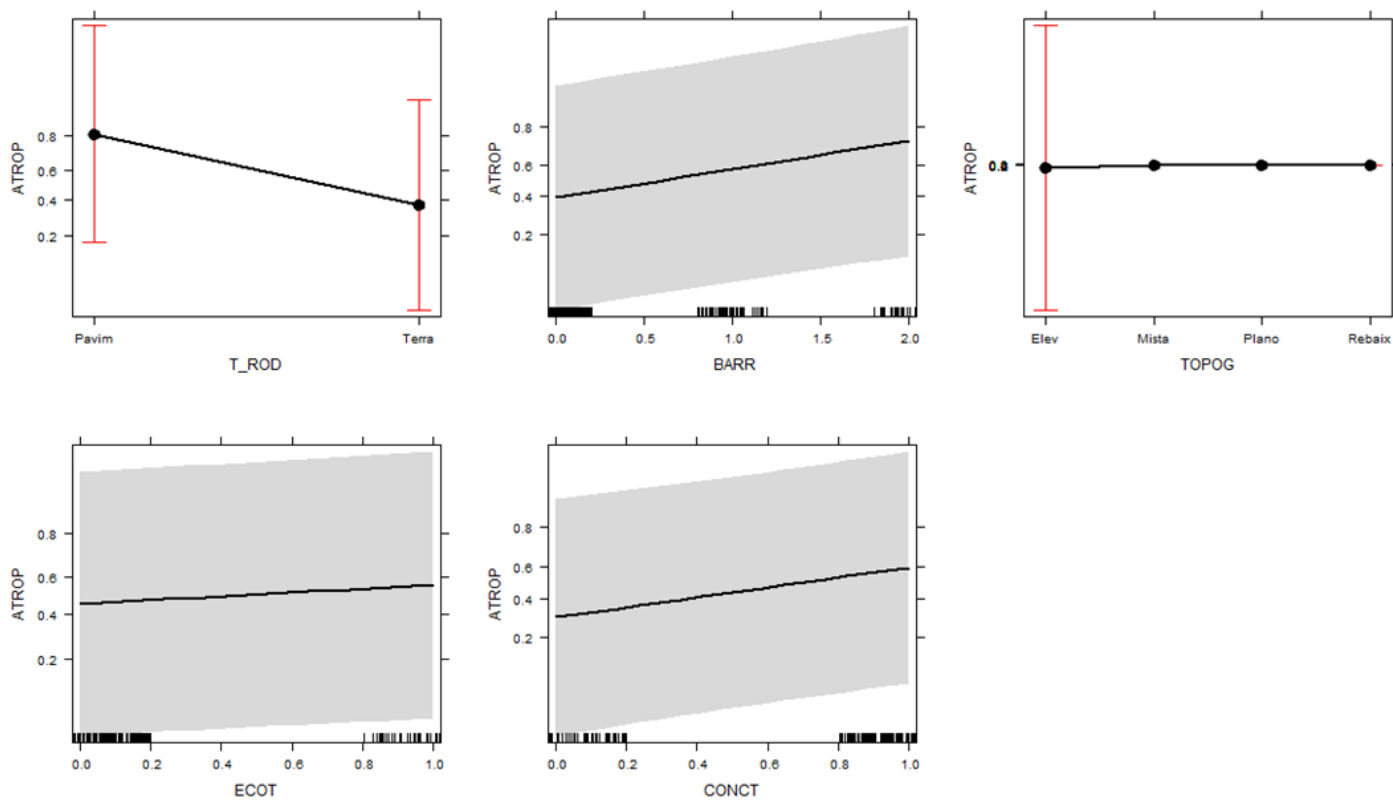
**Figura MS6** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da rodovia nos répteis. (ATROP) Atropelamentos; (T\_ROD) Tipo de rodovia; (N\_PISTA) Número de pistas; (ACOST) Acostamento; (BARR) Barreira.



**Figura MS7** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da rodovia nos carnívoros. (ATROP) Atropelamentos; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia.

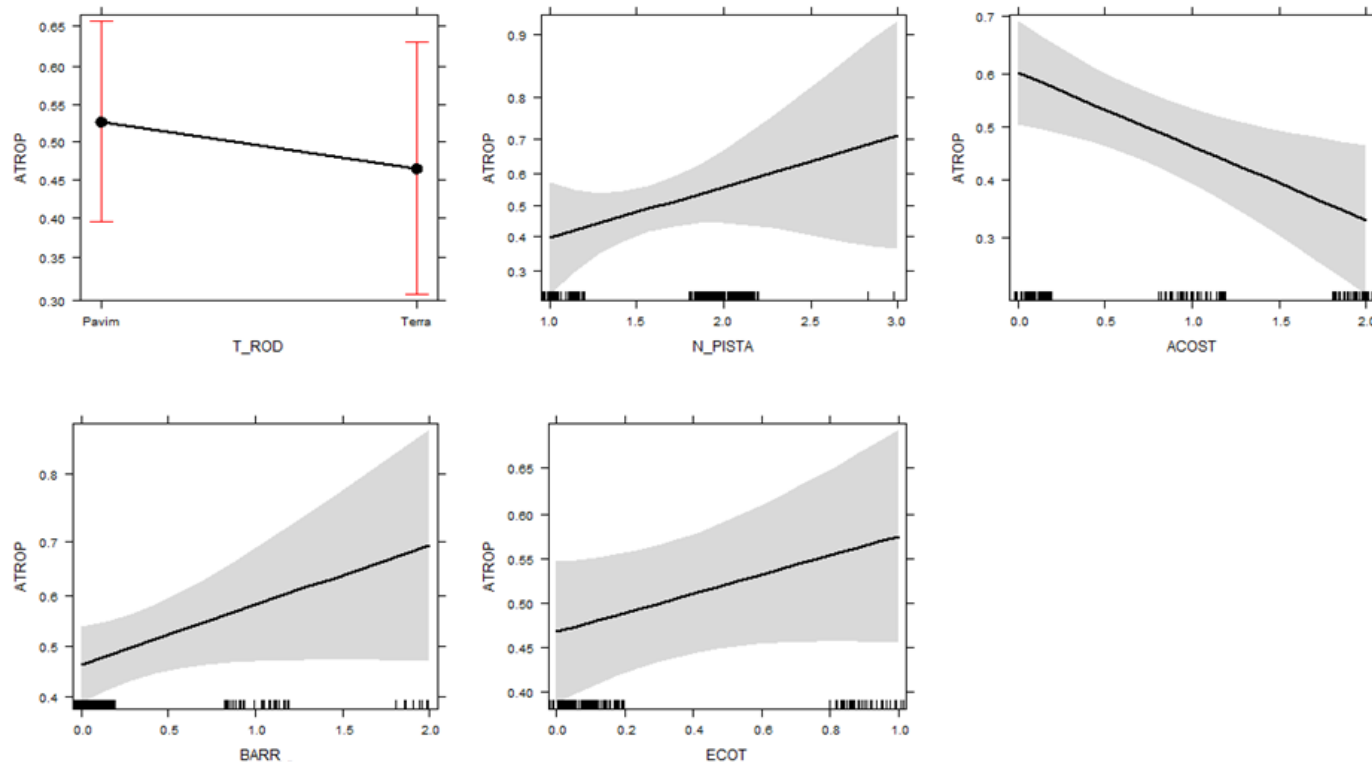


**Figura MS8** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da rodovia nos escansoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ACOST) Acostamento.

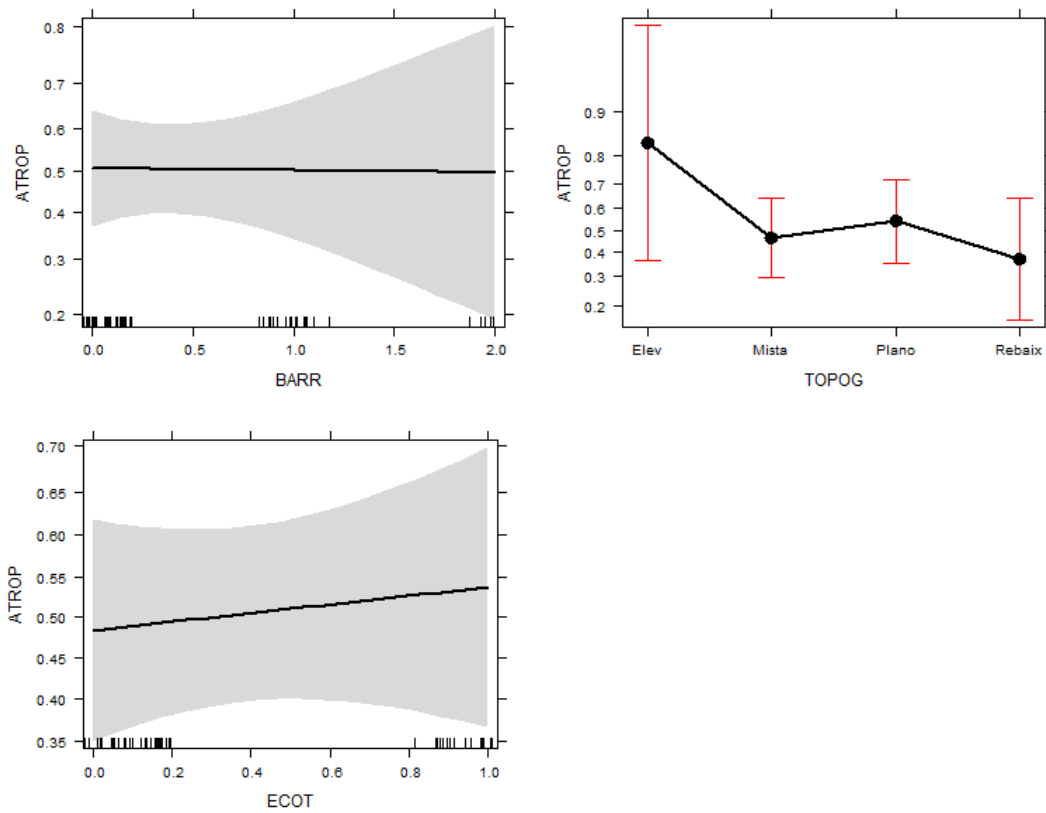


**Figura MS9** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos anfíbios. (ATROP) Atropelamentos; (T\_ROD) Tipo de rodovia; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia; (CONCT) Conectividade aérea.

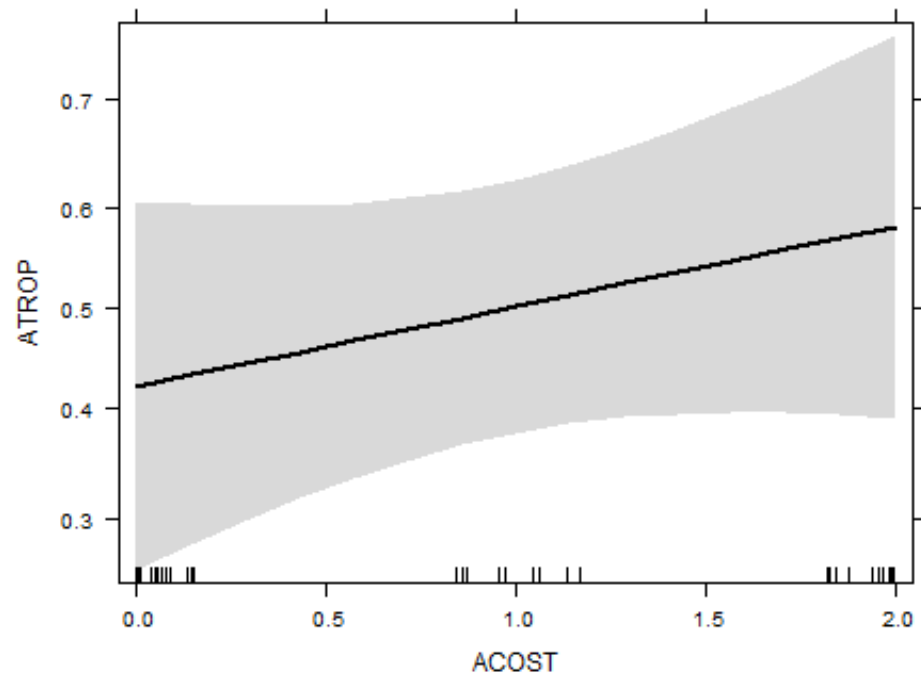




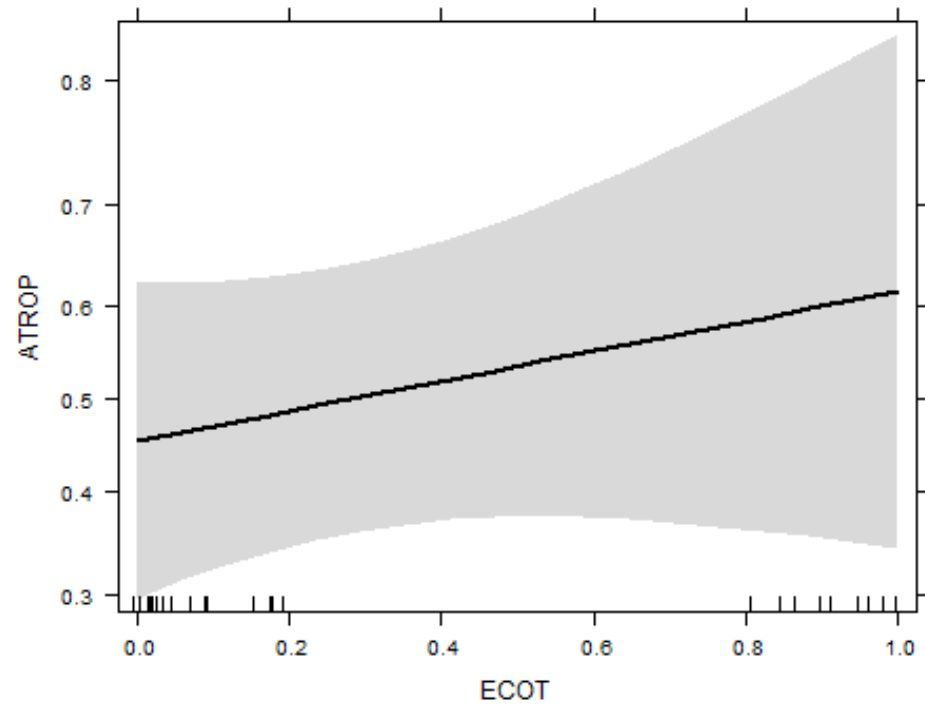
**Figura MS10** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos répteis. (ATROP) Atropelamentos; (T\_ROD) Tipo de rodovia; (N\_PISTA) Número de pistas; (ACOST) Acostamento; (BARR) Barreira; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.



**Figura MS11** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos carnívoros. (ATROP) Atropelamentos; (BARR) Barreira; (TOPOG) Topografia; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.



**Figura MS12** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos escansoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ACOST) Acostamento.



**Figura MS13** Representação do efeito das variáveis do modelo-média da paisagem em conjunto com a rodovia nos semi-fossoriais. (ATROP) Atropelamentos; (ECOT) Conectividade entre o uso do solo adjacentes a rodovia.