



EFEITO DA PAISAGEM SOBRE OS ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS DE MÉDIO E GRANDE PORTE NO SUL DE GOIÁS, BRASIL

Larissa Aparecida de Freitas Araujo¹, Wellington Hannibal^{1}, Raoni Ribeiro Guedes Fonseca Costa², Reile Ferreira Rossi², Hermes Willyan Parreira Claro¹*

¹Laboratório de Ecologia e Biogeografia de Mamíferos, Universidade Estadual de Goiás, Avenida Brasil, 435, CEP 75860-000, Quirinópolis-GO, Brasil.

² Universidade Estadual de Goiás, Avenida Brasil, 435, CEP 75860-000, Quirinópolis-GO, Brasil.

E-mails: laryaraujofreitas@outlook.com; wellingtonhannibal@gmail.com (*autor correspondente); raoniueg@hotmail.com; reilerossi@yahoo.com.br; hermeswillyanpc@gmail.com

Resumo: As rodovias têm sido apontadas como uma das principais causas antrópicas que influenciam na mortalidade da fauna silvestre. Aqui, nós investigamos o efeito da paisagem sobre a comunidade de mamíferos atropelados em um trecho de 50 km da rodovia GO-164, sul de Goiás, Brasil. Nós dividimos o trecho em 10 quadrantes de 25 km² cada (unidades amostrais), nos quais obtivemos a abundância, riqueza e composição de mamíferos atropelados em resposta a dois preditores da paisagem: distância para o curso-d'água e percentual de cobertura vegetal nativa. Encontramos que a riqueza de mamíferos atropelados é maior, quanto menor a distância para o curso-d'água, e que a composição da fauna de mamíferos atropelados é influenciada pelo percentual de cobertura de vegetação nativa na paisagem. Concluímos que há uma variação espacial dirigida pelas características da paisagem, que influenciam na ocorrência de atropelamentos de mamíferos.

Palavras-chave: distância do rio, ecologia de estradas, quantidade de habitat, riqueza de espécies

EFFECTS OF LANDSCAPE ON ROADKILL OF MEDIUM AND LARGE-SIZED MAMMALS IN SOUTHERN GOIÁS, BRAZIL. The highways have been identified as one of the main anthropogenic causes that influences the mortality of wildlife. Here, we investigated the effects of landscape structure on the roadkill mammal species in a section of 50-km of the highway GO-164, southern Goiás, Brazil. We divided the section of 10 quadrants of 25 km² (sampling units), in which we measured abundance, richness, and species composition of roadkill mammals in response to two predictors of the landscape: distance to the river and percentage of habitat amount. We found that the richness of roadkill mammals is higher closer to the river and that roadkill mammalian species composition is affected by the habitat amount in the landscape. We conclude that there is a spatial variation driven by the landscape characteristics, which influences the occurrence of mammal roadkill.

Keywords: habitat amount; river distance; road ecology; species richness

INTRODUÇÃO

As rodovias têm sido apontadas como uma das principais causas antrópicas que afetam

negativamente a biodiversidade e a integridade biótica (Forman & Alexander 1998, Trombulak & Frissell 2000, Laurance *et al.* 2009, González-Suárez *et al.* 2018). Um dos efeitos negativos deve-se ao

fato das rodovias cortarem o habitat natural de diferentes grupos de vertebrados, interferindo no deslocamento dos indivíduos e causando mudanças na estrutura da paisagem (Prado *et al.* 2006, Laurance *et al.* 2009, Rosa *et al.* 2012). O Cerrado brasileiro, compreende uma região altamente fragmentada (Carvalho *et al.* 2009), que abriga a terceira maior riqueza de mamíferos brasileiros: 251 espécies, das quais 32 são endêmicas (Paglia *et al.* 2012). No entanto, poucos estudos têm relatado o efeito dos atropelamentos rodoviários sobre a fauna de mamíferos do Cerrado (Cáceres *et al.* 2010, Zanzini *et al.* 2018, Carvalho-Roel *et al.* 2019).

Fatores intrínsecos e extrínsecos das espécies têm sido associados às taxas de atropelamentos de mamíferos. Dentre os primeiros destacam-se abundância, tamanho corporal e período de atividade. Espécies abundantes, de pequeno porte e hábito noturno seriam as mais atropeladas, enquanto que espécies de grande porte, principalmente diurnas e crepusculares, exibiriam baixas taxas de atropelamento ou tenderiam a não ser atropeladas (Cáceres *et al.* 2010, Cáceres 2011, Bueno *et al.* 2015, Brum *et al.* 2018). Para os fatores extrínsecos, variações temporais e espaciais foram as mais investigadas, e mostraram que o período chuvoso do ano, distância de centros urbanos e proximidade de cursos d'água e grandes fragmentos florestais contribuíram com um aumento no número de animais atropelados (Coelho *et al.* 2008, Turci & Bernarde 2009, Cáceres *et al.* 2012, Ferreira *et al.* 2014, Bueno *et al.* 2015, Freitas *et al.* 2015).

As características da paisagem no entorno das rodovias também são fatores que afetam a taxa de atropelamentos, uma vez que estas podem influenciar no comportamento e ecologia das espécies (Coelho *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2015, Freitas *et al.* 2015). Dentre estas características, a proximidade para o rio e a cobertura da vegetação herbácea estiveram associadas à maioria dos grupos de vertebrados atropelados em rodovias que cruzam a Mata Atlântica do sudeste brasileiro (Bueno *et al.* 2015). Em rodovias que cortam o Cerrado brasileiro, os registros de atropelamentos também estiveram relacionados com a proximidade para o rio e a permeabilidade da matriz (Freitas *et al.* 2015). No entanto, os atropelamentos de *Chrysocyon brachyurus* foram positivamente associados a áreas urbanas, enquanto que os atropelamentos de *Cerdocyon thous* foram positivamente associados a

cobertura florestal (Freitas *et al.* 2015). Desse modo, a composição da fauna de mamíferos atropelados pode estar associada a diferentes características da paisagem.

Neste estudo nós investigamos o efeito das características da paisagem sobre os atropelamentos de mamíferos de médio e grande porte no sul de Goiás, Brasil. Nossa hipótese é de que o número de espécies, o número de indivíduos e a composição de mamíferos atropelados são influenciados pelas características da paisagem. Portanto, predizemos que o número de espécies e indivíduos atropelados (i) são inversamente associados à distância para os cursos d'água, e (ii) positivamente associados com uma maior quantidade de vegetação nativa na paisagem; e que (iii) diferentes espécies de mamíferos são atropeladas mais frequentemente em paisagem com diferentes características.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Neste estudo, amostramos um trecho de 50 km da GO-164, que liga os municípios de Quirinópolis e Maurilândia, no sul do estado de Goiás, Brasil (Figura 1). Nesse trecho, a rodovia é asfaltada, com pista simples e acostamento (~ 2 m de largura). O tráfego de carros e máquinas agrícolas é constante, ocorrendo dia e noite e ao longo do ano, por ter uma grande produção agrícola e sucroenergética nesta região. A paisagem no entorno é caracterizada pela presença de remanescentes florestais, cursos d'água, cultivo de cana-de-açúcar e pastagens (Costa *et al.* 2012). O clima da região é classificado como tropical quente sub-úmido, com duas estações definidas (seca e chuvosa). As precipitações regionais variam de 1.600 a 1.900 mm por ano, e as temperaturas entre 19 e 20 °C (Alvares *et al.* 2014).

Amostragem na rodovia

Com a finalidade de inventariar a fauna de mamíferos de médio e grande porte (peso > 1 kg) atropelados, o trecho de 50 km da GO-164 foi percorrido por dois observadores, duas vezes por semana, a partir das 15 h, em velocidade média de 60 km/h. O estudo foi realizado durante os meses de outubro de 2011 a setembro de 2012, com exceção para dezembro de 2011, e janeiro e julho de 2012.

O esforço total foi 3.600 km percorridos. Todos os mamíferos atropelados na pista e/ou acostamento foram registrados, fotografados e as coordenadas foram anotadas. Os animais não foram removidos e a identificação ocorreu em campo ou com base nos registros fotográficos, que foram avaliados por especialistas em mastozoologia.

Características da paisagem

Para caracterizar a estrutura da paisagem, dividimos o trecho estudado em 10 quadrantes de 25 km² cada (referidos aqui como unidades amostrais). O tamanho dos quadrantes foi definido considerando a área de vida média ($17,7 \pm 37,8$ km²) ocupada pelos mamíferos de médio e grande porte

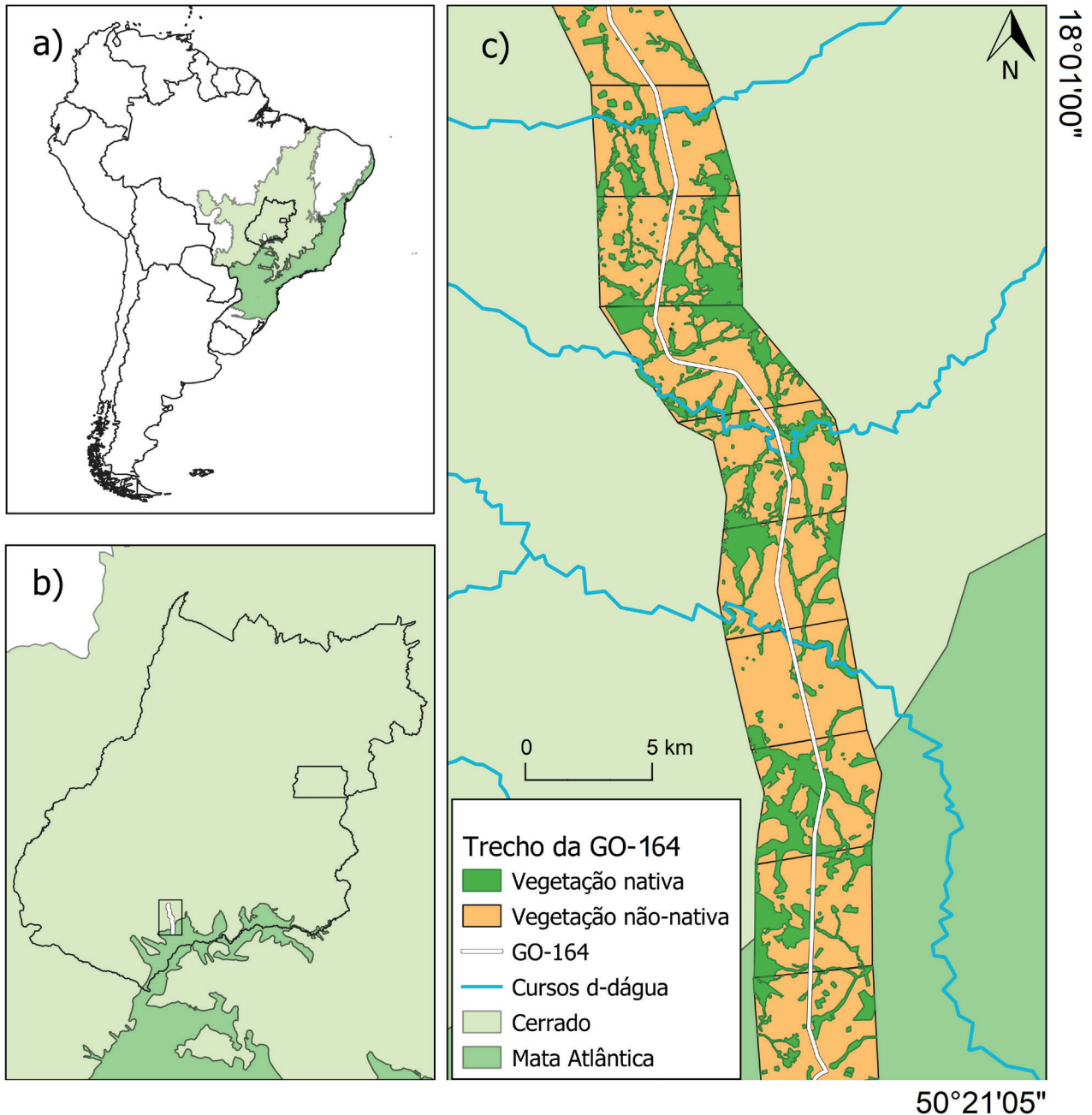


Figura 1. (a) Mapa da América do Sul, com a presença do Cerrado e Mata Atlântica no Brasil. (b) Mapa do estado de Goiás, no Brasil central, com destaque para o trecho da GO-164 (retângulo) investigado sobre o atropelamento de mamíferos. (c) Trecho de 50 km da GO-164 no sul de Goiás, com destaque para a paisagem dos 10 quadrantes investigados.

Figure 1. (a) Map of South America, with Cerrado and Atlantic Forest in Brazil. (b) Map of the state of Goiás, in central Brazil, highlighting for the section of GO-164 (rectangle) investigated regarding roadkill mammals. (c) 50 km section of GO-164 in southern Goiás, highlighting the landscape of the 10 quadrants investigated.

que ocorrem na região de estudo (Reis *et al.* 2011). Além disso, 5 km de buffer tem se mostrado uma medida favorável quando se pretende definir uma área de amortecimento para a conservação das diferentes espécies de mamíferos de grande porte do Cerrado (Paolino *et al.* 2016). Para quantificar as métricas da paisagem em cada unidade amostral, nós utilizamos o programa QGIS (QGIS Development 2018), imagens de Satélite do Google Earth de 2012 e arquivos *shapefile* do banco de dados cartográficos do IBGE.

Usamos o programa Google Earth para desenhar os polígonos dos fragmentos de vegetação nativa dentro de cada quadrante. As imagens foram importadas para o programa QGIS (QGIS Development 2018). Em cada quadrante nós medimos o número de espécies, o número de indivíduos e a composição da fauna de mamíferos atropelados (variáveis resposta) em função das seguintes variáveis explicativas: 1) quantidade de vegetação nativa (ha) no quadrante; 2) percentual de cobertura nativa (%), medido através do valor total da cobertura nativa (ha) dentro do quadrante, dividido pela área do quadrante, e multiplicado por 100; 3) a média da distância (m) dos indivíduos atropelados dentro do quadrante, para o fragmento mais próximo; 4) a média da distância (km) dos indivíduos atropelados dentro do quadrante, para o curso d'água mais próximo (Tabela 1).

Análise dos dados

Nós padronizamos a magnitude dos valores das características de paisagem (cobertura vegetal (ha), percentual de cobertura nativa (%), média da distância para o curso d'água (km) e média da distância para o fragmento mais próximo (m) por meio da função 'decostand' (critério "hellinger") do pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2018), para que os dados fossem interpretados independentes da unidade de medida. Então, transformamos todos os dados das variáveis explicativas com a função 'log' para atendermos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade. Nós usamos a correlação de Pearson para testar a multicolinearidade entre as variáveis, assim excluímos das análises as variáveis: quantidade de vegetação na paisagem (ha) e média da distância para o fragmento mais próximo (m); pois as mesmas apresentaram uma auto-correlação ($p < 0,05$) com o percentual de vegetação nativa. Nós testamos os pressupostos de normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk (número de indivíduos: $W = 0,96$; $p = 0,76$; número de espécies: $0,88$; $p = 0,12$), e a homocedasticidade por meio da visualização gráfica da distribuição dos pontos ajustados e resíduos no espaço gráfico.

Nós testamos o efeito do percentual da vegetação e da distância para o curso d'água sobre número de indivíduos e número de espécies de mamíferos atropelados por meio de uma análise

Tabela 1. Dados quantitativos das características da paisagem medidos nos 10 quadrantes de um trecho de 50 km da GO-164 localizada no sul do estado de Goiás, Brasil.

Table 1. Quantitative data of the landscape characteristics measured in 10 quadrants of a 50 km section localized in southern Goiás state, Brazil.

Quadrante	Quantidade de vegetação nativa na paisagem (ha)	Percentual de vegetação nativa na paisagem (%)	Média da distância para o curso d'água (km)	Média da distância para o fragmento mais próximo (m)
1	398	15,77	6,38 ± 0,31	192,04 ± 110,16
2	751	29,35	5,30 ± 0,19	114,69 ± 112,05
3	986	39,02	5,14 ± 0,40	64,11 ± 37,34
4	302	11,88	1,51 ± 0,55	229,97 ± 145,91
5	669	26,95	2,13 ± 1,23	456,22 ± 212,75
6	721	25,94	0,87 ± 0,70	159,64 ± 107,76
7	937	29,67	1,57 ± 0,09	156,23 ± 94,03
8	912	29,76	4,01 ± 0,69	248,39 ± 217,08
9	692	24,45	1,04 ± 0,90	377,61 ± 220,39
10	209	8,02	3,64 ± 0,75	388,18 ± 173,47

de regressão múltipla. Para ordenar a fauna de mamíferos atropelados nos diferentes quadrantes, nós utilizamos uma análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), com o índice de similaridade “Bray-Curtis” e considerando um stress máximo de 0.2. Nós utilizamos a função *envifit* para testar a relação entre o eixo do NMDS (variável resposta: ordenação da composição de espécies de mamíferos atropelados), com o percentual de vegetação na paisagem e distância para o curso d’água (variáveis preditoras). Com a variável preditora selecionada, nós utilizamos a função *generico* para construir a ordenação da comunidade de mamíferos atropelados em função da preditora selecionada. Todas as análises foram executadas no ambiente R (R Core Team 2018).

RESULTADOS

Registramos 61 indivíduos de mamíferos atropelados, distribuídos em 11 espécies (Tabela 2). O número de indivíduos atropelados não esteve relacionado com o percentual da vegetação nativa e com a distância para os cursos d’água ($R^2_{adj.} = -0,008$; $F = 0,963$; $GL = 7$; $p = 0,427$). Por outro lado, a riqueza de mamíferos atropelados esteve associada a essas métricas de paisagem ($R^2_{adj.} = 0,646$; $F = 9,199$; $GL = 7$; $p = 0,011$), mas apenas a distância para os cursos d’água mostrou uma associação negativa significativa com a riqueza de mamíferos atropelados ($t = -3,631$, $p = 0,008$) quando comparado ao percentual de cobertura

vegetal na paisagem ($t = 2,119$, $p = 0,072$) (Figura 2).

A análise do NMDS referente à composição de espécies de mamíferos atropelados foi adequada, com um stress de 0,11. Entretanto, apenas o percentual de cobertura vegetal esteve associado ao primeiro eixo da NMDS, explicando a fauna de mamíferos atropelada ($R^2_{adj.} = 0,602$; $p = 0,036$). Sendo assim, as espécies: *Coendou prehensilis* (Rodentia, Erethizontidae), *Sapajus libidinosus* (Primates, Cebidae), *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae), *Nasua nasua* (Carnivora, Procyonidae) e *Dasyopus novemcinctus* (Cingulata, Dasyopodidae) foram atropelados em trechos com menor percentual de cobertura vegetal nativa, enquanto que as espécies: *Chrysocyon brachyurus* (Carnivora, Canidae), *Didelphis albiventris* (Didelphimorphia, Didelphidae), *Tapirus terrestris* (Perissodactyla, Tapiridae) e *Euphractus sexcinctus* (Cingulata, Dasyopodidae) foram atropelados em trechos com maior cobertura vegetal (Figura 3).

DISCUSSÃO

A distância para o curso d’água influenciou negativamente a riqueza de mamíferos atropelados e o percentual de cobertura da vegetação nativa na paisagem influenciou na composição de espécies de mamíferos atropelados no sul do Estado de Goiás, corroborando nossa hipótese de que o número de espécies e a composição de mamíferos atropelados são influenciados pelas características da paisagem nessa região. No entanto, não

Tabela 2. Lista da fauna de mamíferos atropelados em um trecho de 50 km da GO-164, sul do Estado de Goiás, Brasil, de outubro de 2011 a setembro de 2012.

Table 2. Check list of roadkill mammals in 50 km stretch of GO-164 in southern Goiás State, Brazil, from October 2011 to September 2012.

Nome comum	Nome científico	Número de atropelamentos
Cachorro-do-mato	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	21
Tatu-peba	<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	15
Tamanduá-bandeira	<i>Myrmecophaga tridactyla</i> Linnaeus, 1758	9
Quati	<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	6
Tatu-galinha	<i>Dasyopus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	3
Ouriço	<i>Coendou prehensilis</i> (Linnaeus, 1758)	2
Anta	<i>Tapirus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	1
Capivara	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	1
Gambá	<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	1
Lobo-guará	<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	1
Macaco-prego	<i>Sapajus libidinosus</i> (Spix, 1823)	1

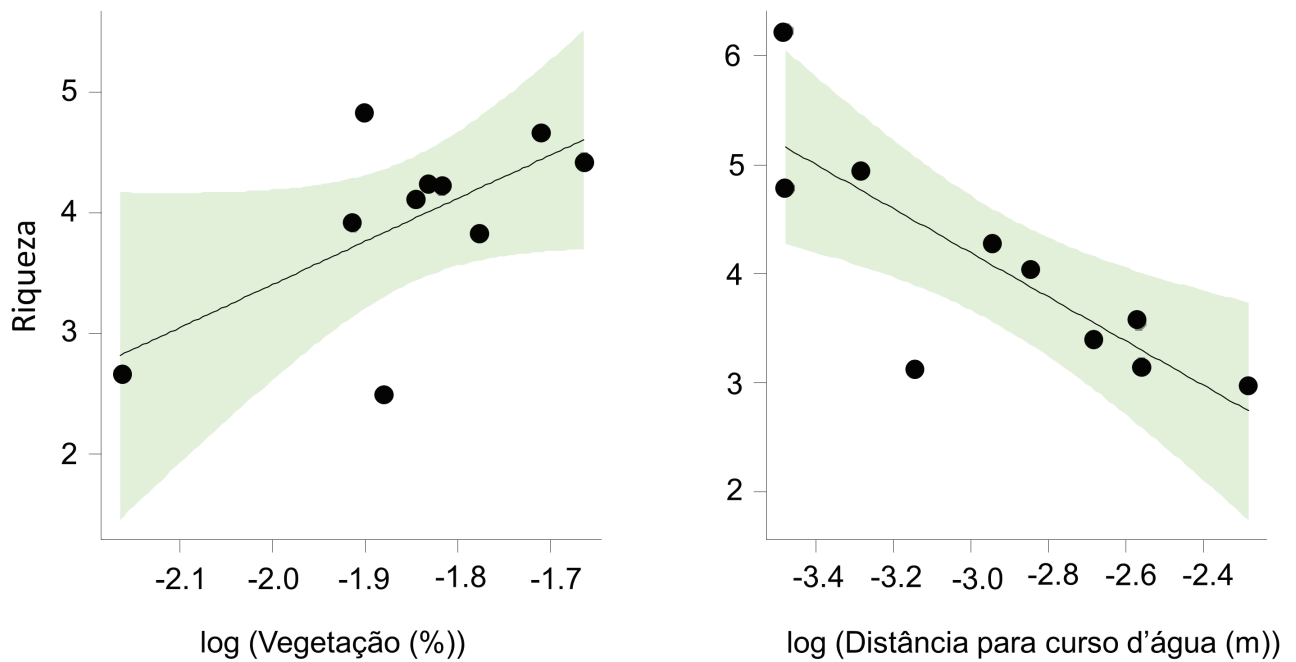


Figura 2. Relação entre riqueza de mamíferos atropelados com o percentual de vegetação na paisagem ($R^2_{adj} = 0,19$; $y = 11,11 + 3,84*x$) e com a distância para o curso-d'água ($R^2_{adj} = 0,49$; $y = -2,06 - 2,07*x$) na GO-164, sul do estado de Goiás, Brasil.

Figure 2. Relationship between richness of roadkill mammals with the percentage of vegetation in the landscape ($R^2_{adj} = 0.19$; $y = 11.11 + 3.83*x$) and distance to the waterway ($R^2_{adj} = 0.49$; $y = -2.06 - 2.07*x$) on GO-164, south of the state of Goiás, Brazil.

encontramos associação entre o número de indivíduos atropelados com nenhuma das duas características da paisagem.

As matas de galeria e ciliares no Brasil central apresentam uma mastofauna distinta de outras fisionomias do Cerrado, com muitas espécies ocorrendo ou sendo dependentes deste ambiente (Redford & Fonseca 1986). Estas matas, também são consideradas corredores de dispersão para as espécies de mamíferos (Johnson *et al.* 1999), e uma rota preferencial para a maioria das espécies de vertebrados (Bueno *et al.* 2015). Sendo assim, a proximidade ao curso d'água, tem sido atribuída como uma métrica de permeabilidade da matriz da paisagem, fortemente associado ao atropelamento de muitos grupos de vertebrados (Bueno *et al.* 2015), além de espécies de mamíferos de médio e grande porte de hábito oportunístico e com grande capacidade de dispersão (Freitas *et al.* 2015).

Quando comparamos nossos dados sobre a composição de espécies de mamíferos atropelados em resposta as características da paisagem (*i.e.*, porcentagem de cobertura nativa e distância para cursos d'água), apenas o gradiente de percentual

de cobertura nativa na paisagem esteve associado com as taxas de atropelamentos entre diferentes espécies de mamíferos. Estudos têm mostrado que a frequência de atropelamentos e a distribuição espacial dos atropelamentos não é aleatória, mas sim agrupada para cada espécie, por exemplo, os atropelamentos de *C. thous*, *D. novemcinctus* e *Lepus europaeus* (Lagomorpha, Leporidae) têm sido associados a trechos com a presença de cobertura florestal, enquanto que os atropelamentos de *E. sexcinctus* e *M. tridactyla* têm sido frequentes em trechos da rodovia que cortam áreas abertas (Cáceres *et al.* 2012, Freitas *et al.* 2015). Dessa forma, a diferença na composição da fauna de mamíferos atropelada em partes da rodovia com diferença na cobertura florestal sugere um uso preferencial de habitat pelas espécies. A falta de associação entre a composição da fauna de mamíferos atropelada com a distância para o curso d'água deve-se ao fato dos rios funcionarem como atrativo para todos os indivíduos e espécies que necessitam atravessar as rodovias, como discutido anteriormente.

Os poucos estudos no Brasil que investigaram o efeito das características da paisagem,

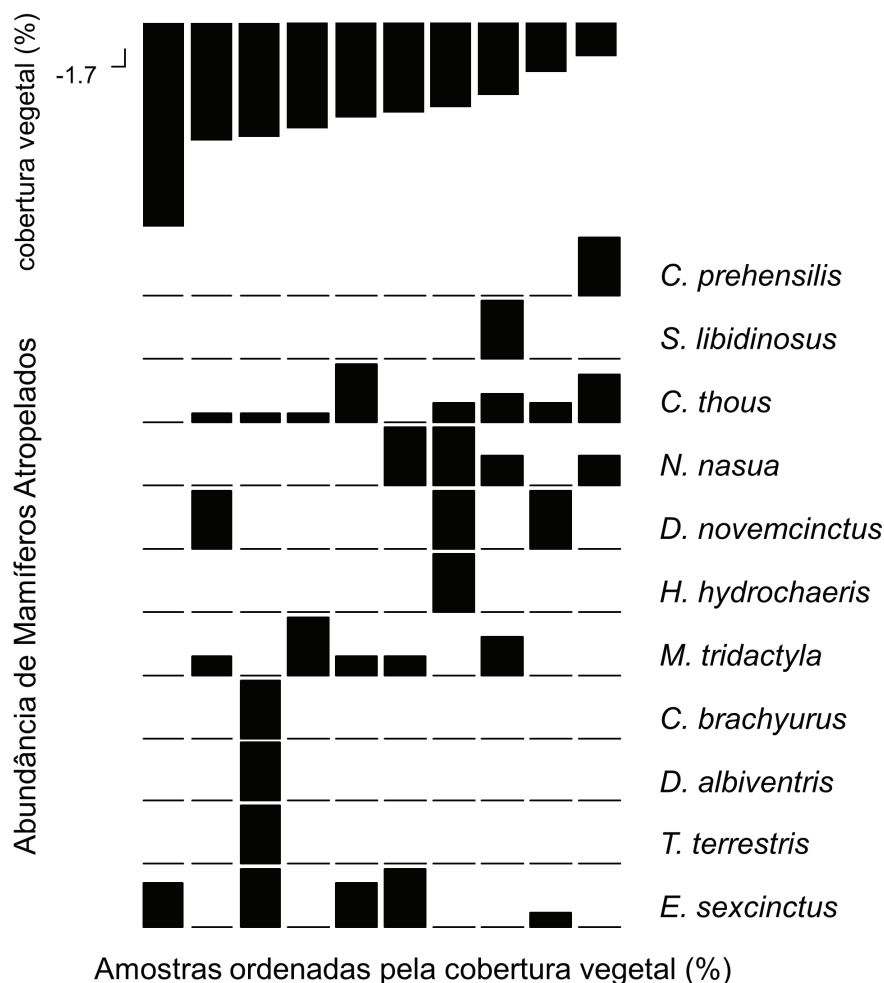


Figura 3. Ordenação da abundância de mamíferos atropelados em função do percentual de cobertura vegetal em um trecho de 50 km da GO-164, Brasil.

Figure 3. Ordination of the abundance of roadkill mammals as a function of vegetation cover percentage in a 50 km section of GO-164, Brazil.

principalmente o efeito da quantidade e configuração do habitat sobre a fauna de vertebrados atropelados encontram uma associação entre a permeabilidade da paisagem, dirigida pela proximidade para o curso d'água, rio ou florestas ripárias, com os animais atropelados (Bueno *et al.* 2015, Freitas *et al.* 2015). Neste estudo, concluímos que diferentes características da paisagem afetam diferentes atributos da comunidade: quanto menor a distância para o curso d'água, maior é o número de espécies atropeladas; e o percentual de cobertura vegetal nativa na paisagem influencia a composição da mastofauna atropelada. Assim, recomendamos que ações futuras para mitigar atropelamentos de mamíferos de médio e grande porte na região (*i.e.*, sinalização de advertência, cercas de proteção

e direcionamento a passagens de fauna) devem considerar as variáveis indicadas nesse estudo, por exemplo, priorizando áreas próximas aos principais rios.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(1), 711–728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Brum, T. R., Santos-Filho, M., Canale, G. R., & Ignácio, A. R. A. 2018. Effects of roads on the vertebrates diversity of the Indigenous Territory Paresi and its surrounding. *Brazilian Journal Biology*, 78(1), 125–132. DOI: 10.1590/1519-6984.08116

- Bueno, C., Sousa, C. O. M., & Freitas, S. R. 2015. Habitat or matrix: which is more relevant to predict road-kill of vertebrates? *Brazilian Journal of Biology*, 75(4 suppl 1), 228–238. DOI: 10.1590/1519-6984.12614
- Cáceres, N. C., Hannibal, W., Freitas, D. R., Silva, E. L., Roman, C., & Casella, J. 2010. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 27(5), 709–717. DOI: 10.1590/s1984-46702010000500007
- Cáceres, N. C. 2011. Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest-Cerrado interface in south-western Brazil. *Italian Journal of Zoology*, 78(3), 379–389. DOI: 10.1080/11250003.2011.566226
- Cáceres, N. C., Casella, J., & Goulart, C. S. 2012. Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no Bioma Cerrado, Rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. *Mastozoología Neotropical*, 19(1), 21–23.
- Carvalho, F. M. V., De Marco, P., & Ferreira, L. G. 2009. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, 142(7), 1392–1403. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.01.031
- Carvalho-Roel, C. F., Iannini-Custódio, A. E., & Marçal Júnior, O. 2019. Do roadkill aggregations of wild and domestic mammals overlap? *Revista de Biologia Tropical*, 67(1), 47–60. DOI: 10.15517/RBT.V67I1.33011
- Coelho, I. P., Kindel, A., & Coelho, A. V. P. 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, 54(4), 689–699. DOI: 10.1007/s10344-008-0197-4
- Costa, R. R. G. F., Dias, L. A., Costa, A. R. G. F. 2012. Fragmentação Florestal e Mortalidade da Fauna Silvestre. In: Urzedo, M.F.A. (Org.), *Quirinópolis: Mãos e Olhares Diferentes II (1832-2012): História e Imagem*. pp. 381-389. 2 ed. Goiânia: Editora Kelps.
- Ferreira, C. M. M., De Aquino Ribas, A. C., Casella, J., & Mendes, S. L. 2014. Variação espacial de atropelamentos de mamíferos em área de restinga no estado do Espírito Santo, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 9(3), 125–133. DOI: 10.4013/nbc.2014.93.02
- Forman, R. T.T., & Alexander, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 207–231.
- Freitas, S. R., Oliveira, A. N., Ciocheti, G., Matos, M. V.V., & Silva, D. M. 2015. How landscape patterns influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian Savanna? *Oecologia Australis*, 18, 35–45. DOI: 10.4257/oeco.2014.18.05
- González-Suárez, M., Zanchetta Ferreira, F., & Grilo, C. 2018. Spatial and species-level predictions of road mortality risk using trait data. *Global Ecology and Biogeography*, 27(9), 1093–1105. DOI: 10.1111/geb.12769
- Johnson, M. A., Saraiva, P. M., & Coelho, D. 1999. The role of gallery forests in the distribution of cerrado mammals. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(3), 421–427. DOI: 10.1590/s0034-71081999000300006
- Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. W. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(12), 659–669. DOI: 10.1016/j.tree.2009.06.009
- Oksanen, A. J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P. R., Hara, R. B. O., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., & Szoecs, E. 2018. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial.
- Paglia, A. P., Fonseca, G. A. B. da, Rylands, A. B., Herrmann, G., Aguiar, L. M. S., Chiarello, A. G., Leite, Y. L. R., Costa, L. P., Siciliano, S., Kierulff, M. C. M., Mendes, S. L., Mittermeier, R. A., & Patton, J. L. 2012. Annotated checklist of Brazilian mammals. In *Occasional Papers in Conservation Biology*. Belo Horizonte: Conservação Internacional. p. 1–76.
- Paolino, R. M., Versiani, N. F., Pasqualotto, N., Rodrigues, T. F., Krepshi, V. G., & Chiarello, A. G. 2016. Buffer zone use by mammals in a Cerrado protected area. *Biota Neotropica*, 16(2), 1–13. DOI: 10.1590/1676-0611-bn-2014-0117
- Prado, T. R., Ferreira, A. A., & Guimarães, Z. F. S. 2006. Efeito da implantação de rodovias no cerrado Brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 28(3), 237–241.
- QGIS Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team (2018). A Language and environment for statistical computing. R Foundation for

- Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Redford, K.H., & Fonseca, G.A.B. 1986. The role of gallery forest in the Zoogeography of the Cerrado's non-volant mammalian fauna. *Biotropica*, 18(2), 126-135.
- Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., & Lima, I. P. 2011. Os mamíferos do Brasil. 2nd ed. Universidade Estadual de Londrina, Londrina: p. 439.
- Rosa, C.A., Cardoso, T.R., Teixeira, F.Z., & Bager, A. 2012. Atropelamento de fauna selvagem: amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: A. Bager (Ed.), *Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas*. pp. 79-99. Lavras: UFLA.
- Trombulak, S. C., & Frissell, C. A. 2000. A review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14(1), 18–30.
- Turci, L.C.B., & Bernarde, P. S. 2009. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*, 22(1), 121-127. DOI: 10.5007/2175-7925.2009v22n1p121
- Zanzini, A. C. da S., Machado, F. S., de Oliveira, J. E., & de Oliveira, E. C. M. 2018. Roadkills of medium and large-sized mammals on highway BR-242, midwest Brazil: A proposal of new indexes for evaluating animal roadkill rates. *Oecologia Australis*, 22(3), 248–257. DOI: 10.4257/oeco.2018.2203.04

Submitted: 7 May 2019

Accepted: 1 November 2019

Published online: 08 November 2019

Editor associado: Daniela Lima