



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**



TIAGO GRIPP MOTA

**FAUNA ATROPELADA EM RODOVIAS: ZONAS DE AGREGAÇÃO E  
ANÁLISE DE ABORDAGENS METODOLÓGICAS**

Garanhuns-PE

2022

TIAGO GRIPP MOTA

FAUNA ATROPELADA EM RODOVIAS: ZONAS DE AGREGAÇÃO E  
ANÁLISE DE ABORDAGENS METODOLÓGICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de mestre(a) em Ciências Ambientais.

**Área de Concentração:** Meio Ambiente e Tecnologias

**Linha de Pesquisa:** Ecologia de estradas.

Orientadora: Profa. Dra. Rachel Maria de Lyra Neves

Coorientadores: Prof. Dr. Wallace Rodrigues Telino Junior e Prof. Alex Bager

Garanhuns-PE  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

M917f Mota, Tiago Gripp.  
Fauna atropelada em rodovias: zonas de agregação e  
análise de abordagens metodológicas / Tiago Gripp Mota.  
– 2022.  
43 f. : il.

Orientadora: Rachel Maria de Lyra Neves.  
Coorientador: Wallace Rodrigues Telino Junior.  
Coorientador: Alex Bager  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) -  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós  
-Graduação Ciências Ambientais, Garanhuns, BR – PE, 2022.  
Inclui referências.

1. Ecologia de estradas. 2. *Hotspots*. 3. Mitigação.  
I. Neves, Rachel Maria de Lyra, orient. II. Telino Junior,  
Wallace Rodrigues, coorient. III. Bager, Alex, coorient.  
IV. Título.

CDD 363.7003

TIAGO GRIPP MOTA

FAUNA ATROPELADA EM RODOVIAS: ZONAS DE AGREGAÇÃO E  
ANÁLISE DE ABORDAGENS METODOLÓGICAS

**Data de Aprovação: 23 de fevereiro de 2022.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Rachel Maria de Lyra Neves  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Filipe Martins Aléssio  
Universidade de Pernambuco

---

Prof. Dr. Guilherme Santos Toledo de Lima  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

---

Prof. Dr. Luiz Augustinho Menezes da Silva  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Renato José Reis Molica  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a minha família, em especial minha esposa Laís, meus filhos Sofia e Théo, por estarmos sempre juntos nessa caminhada, minha mãe Glesse, exemplo de perseverança, e meu irmão Taunay, pela amizade e apoio em todos os momentos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Rachel Maria de Lyra Neves e meu coorientador, Prof. Dr. Wallace Rodrigues Telino Junior, pelo apoio intelectual, pelas conversas e por sempre acreditarem na continuidade e finalização deste trabalho. Vocês são exemplo de união e companheirismo.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Alex Bager, por dividir comigo seu conhecimento em ecologia de estradas.

À coordenação do PPCIAM/UFRPE/UFAPE, pelo suporte e por tornar possível a realização desta jornada.

Aos professores do PPCIAM, em especial à Profa. Dra. Horasa Maria Lima da Silva Andrade, Prof. Dr. Marcos Renato Franzosi Mattos e Prof. Dr. Renato José Reis Molica, por contribuírem intelectualmente para o melhor desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do LABZoo da UFAPE, Andréa, Bianca, Cleiton, Daíza e Sarah por participarem das coletas em campo, pelas risadas, mesmo depois de um dia inteiro coletando animais atropelados, e pela excelente seleção musical.

Ao colega Arthur Macário Lopes, pelo suporte tanto na identificação das espécies, como na confecção dos mapas e pelas trocas de conhecimento.

À turma de 2019 do PPCIAM, fomos os primeiros e sabemos das dificuldades enfrentadas para chegarmos ao final dessa jornada, principalmente em tempo de pandemia.

Aos motoristas da UFAPE, pois sem eles não conseguiríamos realizar as coletas em campo.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A todos meu muito obrigado.

## RESUMO

As estradas são fundamentais para o desenvolvimento econômico e facilitam o acesso aos bens e serviços. Porém são deturpadoras do equilíbrio ecológico, gerando uma série de impactos diretos e indiretos sobre a fauna silvestre, como: fragmentação de habitat, efeito de barreira e morte de animais por atropelamento. Estima-se que são mortos por atropelamento cerca de 475 milhões de animais vertebrados por ano no Brasil. Nesse estudo foi abordado o atropelamento de vertebrados silvestres em dois trechos de estradas pavimentadas, com enfoque no levantamento de áreas de agregação (*hotspots*) e na proposição de medidas de mitigação dos atropelamentos. Foi realizada também uma análise comparativa entre as duas metodologias de registro de animais atropelados, a pé e por meio de veículo. Foi calculada a taxa de atropelamento para as espécies encontradas e para cada trecho estudado e realizada análise estatística através do programa Siriema 2.0, para definição dos *hotspots*. Para a análise comparativa entre os métodos foi usado o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney. Foram encontrados *hotspots* para *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris*, *Mesoclemmys tuberculata* e *Rhinella jimi* no trecho 01 e para *R. jimi* no trecho 02. Foi encontrada diferença significativa entre os métodos de coleta, sendo as espécies de menor porte presentes nos registros das coletas a pé. Os resultados obtidos reforçam a necessidade de utilização de métodos de coleta mais eficazes e a implantação de medidas de mitigação para as espécies mais impactadas.

**Palavra-chave:** ecologia de estradas. *hotspots*. mitigação.

## ABSTRACT

Roads are fundamental to economic development and facilitate people's access to goods and services. However, they distort the ecological balance, generating a series of direct and indirect impacts on wild fauna, such as: habitat fragmentation, barrier effect and death of animals by trampling. It is estimated that around 475 million vertebrate animals are killed by trampling per year in Brazil. In this study, the running over of wild vertebrates on two stretches of paved roads was addressed, focusing on surveying areas of aggregation (hotspots) and proposing measures to mitigate roadkills. A comparative analysis was also carried out between the two methodologies used. The roadkill rate was calculated for the species found and for each studied stretch and statistical analysis was performed using the Siriema 2.0 program to define the hotspots. For the comparative analysis between the methods, the Wilcoxon-Mann-Whitney test was used. Hotspots were found for *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris*, *Mesoclemmys tuberculata* and *Rhinella jimi* in stretch 01 and for *R. jimi* in stretch 02. A significant difference was found between the collection methods, with smaller species present in the records of the collections on foot. The results obtained reinforce the need to use more effective collection methods and the implementation of mitigation measures for the most impacted species.

**Keywords:** hotspots. mitigation. road ecology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trecho BR-423 entre os municípios de Garanhuns-PE e São Caetano-PE.....	25
Figura 2: Trechos BR-424, PE-118 e AL-115 entre os municípios de Garanhuns-PE e Palmeira dos índios-AL.....	26
Figura 3: Boxplots com a média e desvio padrão das taxas de atropelamento para os dois métodos de coleta aplicados.....	28
Figura 4: Resultado da análise estatística K de Ripley-2D para o trecho 01.....	30
Figura 5: Resultado da análise estatística K de Ripley-2D para o trecho 02.....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Taxa de atropelamento por espécie nos trechos 01 e 02 e taxa total de atropelamento. Riqueza de espécies por método e grupo para os dois trechos.....	29
Tabela 2: Localização dos hotspots das principais espécies atropeladas nos trechos 01 e 02. Pontos de maior intensidade de cada espécie destacados em negrito.....	32

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

CBEE - Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPA – Instituto Agrônômico de Pernambuco

MMA – Ministério do Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>17</b>
<b>6. CAPÍTULO 1.....</b>	<b>22</b>
<b>6.1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6.2 METODOLOGIA .....</b>	<b>25</b>
<b>6.3 RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>6.4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>6.5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos sustentam que o atropelamento é o principal fator antrópico para a perda de vertebrados terrestres no mundo, independentemente do grupo taxonômico (FORMAN; ALEXANDER, 1998). No Brasil os dados de atropelamento também são alarmantes, segundo estimativa do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE) são mortos 475 milhões de animais vertebrados silvestres por ano, vítimas de atropelamento. No estado de Pernambuco, foram registradas 335 mortes de animais silvestres por atropelamento em 2018 (CBEE, 2018).

Atropelamentos podem ser influenciados por variações sazonais de pluviosidade, temperatura ou mesmo o fluxo de veículos, sendo que a magnitude dessa variação depende do táxon (SANTOS *et al.*, 2011). Segundo Laurence *et al.* (2009) fatores comportamentais, como a velocidade de locomoção, menor em anfíbios, répteis e animais arbóreos, que ocasionalmente atravessam as estradas, como preguiças e primatas ou ainda aqueles que apresentam lentidão ou "paralisação" com a aproximação de carros, como tatus e alguns anfíbios, também podem elevar as taxas de atropelamento desses grupos. Percebe-se com isso que os atropelamentos de vertebrados silvestres podem afetar os mais diversos grupos taxonômicos.

A construção de rodovias e o tráfego de veículos causam diversos impactos diretos e indiretos nas populações de vertebrados silvestres do entorno, como a perda de habitat, a morte por atropelamento e o efeito de barreira, este último causado pela alteração da cobertura vegetal, ruídos e iluminação (TEIXEIRA, 2011). A mortalidade por atropelamento pode ser altamente impactante para populações naturais, principalmente para espécies que existem em baixas densidades, como as ameaçadas de extinção e as que possuem área de vida relativamente grande e taxas reprodutivas baixas (SOUZA *et al.*, 2010). Com isso o restabelecimento de conexões entre os fragmentos de habitats, gerados pela construção de estradas, é fundamental para conservação das espécies animais (FORMAN; ALEXANDER, 1998).

Visando mitigar os impactos do atropelamento de animais silvestres, várias medidas vêm sendo propostas ao redor do mundo, como a construção de pontes e túneis de travessia para a fauna, redutores de velocidade, placas informativas, entre outros (GLISTA *et al.*, 2009). Porém para que sejam efetivas, é necessário a avaliação dos tipos e locais de implantação dessas estruturas, baseado em estudos de monitoramento da fauna atropelada, de maneira que os recursos financeiros sejam empregados corretamente e as medidas adotadas surtam efeito

direto na conservação da fauna (FORMAN *et al.*, 2003; LANGTON; CLEVINGER, 2021).

Outro fator preponderante na qualidade de dados levantados em monitoramentos de fauna atropelada é o método utilizado nas coletas. Segundo Bager (2013), a detecção de carcaças de vertebrados terrestres e semiaquáticos, especialmente de anfíbios, pode ser consideravelmente baixa quando os registros são realizados apenas por meio de veículo fechado. Esta subestimativa está diretamente relacionada à maior dificuldade de visualização das carcaças de animais de reduzido tamanho corporal e também, pela mais rápida degradação e dessecação das carcaças expostas na rodovia. Amostragens mais eficientes podem ser empregadas com o uso de veículos abertos, como sugerido por Pracucci *et al.* (2012), que utilizando bicicleta para realizar o monitoramento de um trecho de 13 Km da rodovia MG 354, encontraram carcaças de animais de pequeno porte com maior frequência.

O fluxo de veículos nas rodovias interfere diretamente no comportamento dos animais. Para Trombulak e Frissell (2000) a velocidade dos veículos e o volume de tráfego são provavelmente os fatores mais importantes para explicar o atropelamento de animais silvestres. Já Forman *et al.* (2003) acreditam na falta de associação direta entre os atropelamentos e o tráfego de veículos. A mortalidade de animais pode aumentar com o tráfego até um ponto em que é percebida como uma ameaça, e os animais evitam atravessar a estrada. Além disso, outros aspectos relacionados ao tráfego, como a velocidade e o comprimento do veículo, podem influenciar nessa associação (MEDRANO-VIZCAÍNO, 2021).

Os dados sobre número de animais atropelados são importantes, porém não explicam a relação entre a fauna e as estradas, já que não levam em consideração a distribuição espaço-temporal desses acontecimentos. Por isso a importância da produção de dados qualitativos e conhecimentos que analisem e discutam os sistemas de proteção à fauna, os procedimentos para identificação de *hotspots* de atropelamentos (BAGER *et al.*, 2007). Uma vez identificados esses pontos e os fatores que levaram a esse fenômeno, pode-se propor com mais eficiência ações mitigadoras.

As estradas são imprescindíveis ao acesso da população humana, para uma gama variável de recursos. Até 2050 estimasse que serão construídos 25 milhões de quilômetros de novas estradas no mundo, ocasionando um aumento de 60% em relação a 2010 (LAURANCE *et al.*, 2014). Juntamente aos benefícios, as rodovias estão entre os principais causadores de perda de biodiversidade no mundo e os efeitos negativos não ficam restritos apenas à sua presença no ambiente (BAGER, 2013).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Realizar estudo dos animais vertebrados silvestres atropelados e a agregação destes eventos de atropelamento, verificando a eficiência dos métodos de registro.

### **2.2 Específicos**

- Comparar os métodos de registro de animais atropelados utilizados, verificando as espécies registradas por cada um, por meio de veículo ou a pé;
- Calcular a taxa de atropelamento para as espécies registradas e separadamente para cada trecho;
- Analisar a existência de trechos de agregação (*hotspots*) de atropelamento ao longo dos dois trechos;
- Apontar os melhores métodos e lugares de implantação de medidas para mitigação dos atropelamentos de animais vertebrados silvestres.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Os primeiros estudos acadêmicos relacionados à morte de animais silvestres por colisão com veículos remontam à década de 1920 (*e.g.* SPIKER, 1927; KOMAREK; WRIGHT, 1929; COTTAM, 1931), e incluíam apenas listagens de espécies atropeladas, sem o rigor metodológico das pesquisas em ecologia de estradas da atualidade (TEIXEIRA, 2011).

Anteriormente as estradas eram vistas apenas como um fator responsável pela fragmentação de habitats, não havendo preocupação com os demais impactos ambientais, como a morte de animais. Entre as décadas de 1970 e 1990 a morte de animais por atropelamento superou a caça, constituindo um dos principais fatores de perda de indivíduos das populações de animais silvestres, mesmo assim, havia um desinteresse dos ecologistas pelo estudo de ecologia de estradas, apesar da importância para o planejamento, gestão e conservação ambiental (FORMAN; ALEXANDER, 1998). O termo “Ecologia de Estradas” foi usado pela primeira vez em 1981, em um seminário na Alemanha (VAN DER REE *et al.*, 2011).

Laurence *et al.* (2004) criaram mapas temáticos demonstrando a relação entre construção de estradas, desenvolvimento econômico e perda de habitats e animais vertebrados silvestres. A relação entre atropelamento de pequenos vertebrados silvestres e características da paisagem, para a definição de pontos de agregação e indicação de medidas de mitigação foi estudado por Clevenger *et al.* (2003) e Glista (2009). Já as estruturas utilizadas para a mitigação, foram abordados por outros estudos (FORMAN *et al.*, 2003; ARESCO, 2005; LANGTON; CLEVINGER, 2021).

A morte por atropelamento causa impactos sobre os diversos grupos de vertebrados como demonstrado por Novelli *et al.* (1988), Rosa e Bager (2012) e Husby (2016) em aves, Cáceres *et al.* (2012) em mamíferos e Hels e Buchewald (2001) em anfíbios e Grilo *et al.* (2018), que construíram uma base de dados de animais vertebrados silvestres atropelados no Brasil, baseada em 26 estudos publicados e comunicação pessoal com diversos especialistas. Além dos estudos sobre a perda de indivíduos por atropelamento, outros trabalhos têm abordado temas como a influência sobre a diversidade genética das populações (JACKSON; FAHRIG, 2011), e avaliação de medidas mitigadoras (BAGER; FONTOURA, 2013; GARRIGA *et al.* 2017), Estudos também demonstraram pontos onde há concentração no número de indivíduos ou diversidade de espécies de animais vertebrados silvestres atropelados, ou seja, zonas de agregação de atropelamentos (TEIXEIRA, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2015).

No Brasil os estudos em ecologia de estradas iniciaram-se na década de 1980, porém apenas nos últimos anos tem-se intensificado (TEIXEIRA, 2011). Alguns artigos publicados levam em consideração a sazonalidade (SANTOS *et al.*, 2012), ou seja, a influência de fatores ambientais tais como: pluviosidade, temperatura, entre outros na taxa de atropelamento de vertebrados silvestres no sul de Minas Gerais. Cáceres *et al.* (2012) relacionaram os eventos de atropelamento com a distância dos grandes centros e com o número de veículos. O estudo feito por Freitas *et al.* (2015) abordaram a relação entre o atropelamento de três espécies de mamíferos e a paisagem de entorno.

A persistência das carcaças na pista é um outro fator que influencia no monitoramento da fauna silvestre atropelada. Animais de pequeno porte são facilmente removidos por carniceiros, ação da chuva e movimento de massa do ar, já carcaças de maior porte permanecem por maior tempo na rodovia (TEIXEIRA, 2010; SANTOS *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2018).

Definir com clareza quais são os pontos de agregação de atropelamento (*hotspots*) em uma rodovia, é uma tarefa fundamental para a proposição de medidas de mitigação eficientes, tanto do ponto de vista ambiental, como financeiro. Em monitoramento realizado no estado do Pará entre os anos 2008 e 2013 (CARVALHO; PEREIRA, 2014), foram levantados os pontos de agregação para cada classe de animais vertebrados silvestres encontrados. Os pontos de agregação de atropelamentos das classes de vertebrados são distintos, sendo assim não podemos extrapolar um levantamento realizado com uma classe específica, para as demais (TEIXEIRA, 2013). Santos *et al.* (2015) demonstra que intervalos grandes entre as coletas interferem negativamente no levantamento de *hotspots*, principalmente pelo fato do tempo de permanência dos animais silvestres na estrada variar de forma significativa.

Além dos trabalhos realizados em campo com a coleta de dados de animais atropelados, estudos têm se baseado em modelos para elucidar os pontos de agregação de atropelamentos, impacto da remoção de carcaças, relação do tamanho dos animais e atropelamento, entre outros aspectos (MALO *et al.*, 2004; ZIMMERMANN *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018; BARBOSA *et al.*, 2020)



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARESCO, M.J. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake. **J Wildl Manage**, v. 69, n. 2, p. 549–560, 2005. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3803725>. Acesso em: 01 de abril de 2019.

BAGER, A.; PIEDRAS, S.R.N.; PEREIRA, T.S.M.; HOBUS, Q. Fauna selvagem e atropelamento.- diagnóstico do conhecimento científico brasileiro. *In*: BAGER, A. (ed.) **Áreas Protegidas. Repensando as escalas de atuação**. Armazém Digital, Porto Alegre, p.49-62, 2007.

BAGER, A. **Projeto Malha: Manual para equipe de campo**. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - UFLA, v.1, jul. 2013. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/imgs/imagesCMS/publicacao/pdf/11.pdf>. Acesso em: 01 de abril de 2019.

BARBOSA, P. *et al.* Simulating the consequences of roads for wildlife population dynamics. **Landscape and urban planning**, v. 193, n. 103672, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103672>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204619300313?via%3Dihub>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

CÁCERES, N.C.; CASELLA, J.; GOULART, CS. Variação espacial e sazonal atropelamentos de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. **Mastozoologia neotropical**, v.19, n.1, p.1-11, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0327-93832012000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832012000100003&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 01 de abril de 2019.

CARVALHO, A.S.; PEREIRA, L.G. Análise espaço-temporal da distribuição de *Hotspots* de atropelamento de fauna em uma rodovia localizada na região amazônica brasileira. *In*: ROAD ECOLOGY BRAZIL, 2014, Lavras. **Anais**. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2014. Disponível em: [https://issuu.com/portal.cbee/docs/anais\\_reb\\_2014](https://issuu.com/portal.cbee/docs/anais_reb_2014). Acesso em: 16 de maio de 2019.

CLEVENGER, A.P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological conservation**, v. 109, n. 1, p. 15-26, 2003. Disponível em: <https://www.rosemonteis.us/files/references/045289.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

CUNHA, H. F. D., SILVA, S.D.S.; MOREIRA, F.G.A. Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. **Acta Scientiarum : Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 257-263, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v32i3.4752>. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/4752>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

DNIT. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Plano Nacional de Contagem de Tráfego, 2019. Disponível em

<http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/ContagemContinua>. Acesso em: 05 de outubro 2019.

FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**. New York, v. 29, p. 207-31, 1998.

FORMAN, R.T.T., *et al.* **Road ecology: science and solutions**. Island Press, 2003. 506 p.

FREITAS, S.M., *et al.* How Landscape Features Influence Road-Kill of Three Species of Mammals in the Brazilian Savanna? **Oecologia Australis**, v. 18, p. 35-45, 2015; DOI: 10.4257/oeco.2014.18.05. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8304>. Acesso em: 10 de fevereiro 2020.

DEFACI, A. C.; SILVA, V. P. D.; HARTMANN, M. T. H. P. A. Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1205-1216, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X22020>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/22020>. Acesso em: 09 de abril de 2019.

GARRIGA, N., *et al.* Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. **Landscape and Urban Planning**. v.157, p.36-44, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.029>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/304396063\\_Seasonal\\_variation\\_in Vertebrate\\_traffic\\_casualties\\_and\\_its\\_implications\\_for\\_mitigation\\_measures](https://www.researchgate.net/publication/304396063_Seasonal_variation_in Vertebrate_traffic_casualties_and_its_implications_for_mitigation_measures). Acesso em: 22 de maio de 2019.

GLISTA, D.J.; DEVAULT, T.L.; DEWOODY, J.A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**. v. 91, n. 1, p. 1-7, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.11.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204608001886?via%3Dihub>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

GRILO, C., *et al.* BRAZIL ROAD-KILL: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills. **Ecology**, v. 99, n. 11, p. 2625, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.2464>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecy.2464>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

HUSBY, A.; HUSBY, M. Interspecific analysis of vehicle avoidance behavior in birds. **Behavioral Ecology**. v.25, n.3, p.504-508, maio 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/aru011>. Disponível em: <https://academic.oup.com/beheco/article/25/3/504/510877>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 de maio de 2019.

JACKSON, N.; FAHRIG, L. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. **Biological Conservation**. v.144, n. 12, p.3143-3148, 2011. DOI: <https://doi.org/doi:10.1016/j.biocon.2011.09.010>. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/biological-conservation>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

LANGTON, T.E.S.; CLEVINGER, A.P. Measures to Reduce Road Impacts on Amphibians and Reptiles in California. **Best Management Practices and Technical Guidance**. Prepared

by Western Transportation Institute for California Department of Transportation, Division of Research, Innovation and System Information. 2021.

LAURANCE, W.F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S.G.W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19748151/>. Acesso em: 13 de setembro de 2020.

LAURENCE, W.F., *et al.* A global strategy for road building. **Nature**. v. 513, p. 229-232, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13717>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature1371>. Acesso em: 13 de setembro de 2020.

MALO, J.E.; SUÁREZ, F.; DIEZ, A. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models?. **Journal of applied ecology**, v. 41, n. 4, p. 701-710, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00929.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0021-8901.2004.00929.x>. Acesso em: 03 de maio de 2019.

MEDRANO-VIZCAÍNO, P.; ESPINOSA, S. Geography of roadkills within the Tropical Andes Biodiversity Hotspot: Poorly known vertebrates are part of the toll. **BioTropica**, v.53, n.3, p. 820-830, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12938>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/btp.12938>. Acesso em: 10 de dezembro 2021.

NOVELLI, R.; TAKASE, E.; CASTRO, V. Estudo das aves mortas por atropelamento em um trecho da rodovia BR-471, entre os distritos da Quinta e Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 5, n. 3, p. 441-454, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81751988000300009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbzool/a/qwwJ4zWkp7P4DVWbMgbxQqR/?lang=pt>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.

OLIVEIRA, A. N. **Padrões espacial e temporal do atropelamento de mamíferos em uma rodovia no cerrado brasileiro**. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR\\_883a64f455c127b60e36650440c4385a](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/SCAR_883a64f455c127b60e36650440c4385a). Acesso em: 25 de junho de 2019.

PRACUCCI, A.; ALVES DA ROSA, C.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-79, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n1p73>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2012v25n1p73>. Acesso em: 07 de junho de 2020.

ROSA, C.A.; BAGER, A. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. **Journal of Environmental Management**. v.97, n. 1, p.1-5, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.11.004>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/221824013\\_Seasonality\\_and\\_habitat\\_types\\_affect\\_roadkill\\_of\\_neotropical\\_birds](https://www.researchgate.net/publication/221824013_Seasonality_and_habitat_types_affect_roadkill_of_neotropical_birds). Acesso em: 09 de abril de 2019.

SANTOS, S. M.; CARVALHO, F.; MIRA, A. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. **PLoS one**, v.

6, n. 9, e25383, p. 1-12, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3181337/>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

SANTOS, A.L.P.G; ROSA, C.A.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**. v.25, n.1, p.73-79, março 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n1p73>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2012v25n1p73>. Acesso em: 26 de novembro de 2021.

SANTOS, S.M., *et al.* Sampling effects on the identification of roadkill hotspots: Implications for survey design. **Journal of Environmental Management**, v. 162, p.87-95, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715301821?via%3Dihub>. Acesso em: 09 de abril de 2019.

SANTOS, R., *et al.* Carcass persistence and detectability: reducing the uncertainty surrounding wildlife-vehicle collision surveys. **PloS one**, v. 11, e0165608, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165608>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0165608>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

SANTOS, R., *et al.* Predicting wildlife road-crossing probability from roadkill data using occupancy-detection models. **Science of the total environment**, v. 642, p. 629-637, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.107>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29909330/>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

SLATER F. M. An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. **Web Ecology**, v. 3, p.33–42, 2002. DOI: <https://doi.org/10.5194/we-3-33-2002>. Disponível em: <https://we.copernicus.org/articles/3/33/2002/we-3-33-2002.html>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

SILVEIRA, M.L., *et al.* Carcasses Removal and Review of Records of Wildlife Road-Kill in a Protected Area in Southern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 1, p.93-103, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2201.10>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/13547>. Acesso em: 09 de abril de 2019.

SOUZA, M. A. N.; MIRANDA, P. C. Mamíferos terrestres encontrados atropelados na rodovia br-230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 4, n. 2, p. 72-82, 2010. Disponível em: <https://silo.tips/download/mamiferos-terrestres-encontrados-atropelados-na-rodovia-br-230-pb-entre-campina>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

TEIXEIRA, FZ. **Detectabilidade da fauna atropelada: efeito do método de amostragem e da remoção de carcaças**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26167/000757296.pdf?sequence=1>. Acesso em 16 maio 2019.

TEIXEIRA, F.Z. **Fauna atropelada: estimativas de mortalidade e identificação de zonas de agregação**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/49270?show=full>. Acesso em: 20 out. 2018.

TEIXEIRA, F.Z. *et al.* Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis**, v.17, n.1, p.36-47, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.04>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8254>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Acesso em: 09 de abril de 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE). **Sistema Urubu**. Lavras (MG): UFLA, 2018. Disponível em: [http://cbee.ufla.br/portal/sistema\\_urubu/](http://cbee.ufla.br/portal/sistema_urubu/). Acesso em: 12 de outubro de 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. **Atropelômetro**. Lavras (MG): UFLA, 2018. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>. Acesso em: 10 de outubro 2019.

VAN DER REE, R., *et al.* Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. **Ecology and society**, v. 16, n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art48/>. Acesso em: 09 de abril de 2019.

ZIMMERMANN, F.T., *et al.* When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 5, p. 1544-1551, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12870>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12870>. Acesso em: 10 de outubro 2019.

## 5. CAPÍTULO 1

### ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DUAS METODOLOGIAS DE REGISTRO, DEFINIÇÃO DE HOTSPOTS E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE ANIMAIS VERTEBRADOS SILESTRES ATROPELADOS

TIAGO GRIPP MOTA<sup>1</sup>, WALLACE RODRIGUES TELINO JUNIOR<sup>1</sup>, ALEX BAGER<sup>2</sup>, JOSÉ CLEITON SOUZA TENÓRIO<sup>1</sup>, RACHEL MARIA DE LYRA-NEVES<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE, Av. Bom Pastor S/N, Boa Vista, Garanhuns, Pernambuco, CEP 55.292-272, Brasil.

<sup>2</sup>Road Ecology Research Group, Setor de Ecologia, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, CP 3037, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000, Brasil

#### RESUMO

As estradas são importantes para promover a interligação entre locais e pessoas, porém são causadoras de impactos ambientais, dentre eles o atropelamento da fauna silvestre e consequentemente a perda de biodiversidade. Este trabalho tem como objetivos estimar as taxas de atropelamento, o levantamento dos pontos de agregação de atropelamentos (*hotspots*) para animais vertebrados silvestres e a proposição de medidas de mitigação dos atropelamentos. Além da comparação dos métodos de registro utilizados. Os animais atropelados foram coletados por meio de deslocamento por veículo com média de 50 Km/h e a pé em duas rodovias pavimentadas, entre os meses de agosto de 2019 e março de 2020. Foram registrados 423 animais vertebrados silvestres atropelados, pertencentes a 46 espécies. As taxas de atropelamento para o trecho 01 foram de 0,1976 ind./km/dia por meio de veículo e 1,4115 ind./km/dia a pé e para o trecho 02 de 0,0737 ind./km/dia por meio de veículo e 0,4761 ind./km/dia a pé. *Rhinella jimi* foi a espécie com maior taxa de atropelamento para ambos os métodos e trechos. Houve diferença significativa entre os métodos utilizados, para o trecho 01 (U=20, p=0.00788, n=11) e trecho 02 (U=2, p=0.01259, n=6), quando a amostra foi refinada, utilizando apenas espécies que foram comuns a ambos. Foram indicados os *hotspots* para as espécies mais atropeladas, assim como medidas para mitigar a morte de indivíduos destas espécies. A construção ou adaptação de estruturas já existentes que possibilitem espécies como *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris* e *R. jimi* cruzarem as estradas e o desenvolvimento de campanhas de conscientização ambiental para a prevenção de atropelamentos de espécies como *Mesoclemmys tuberculata*, são fundamentais para a mitigação dos atropelamentos de animais vertebrados silvestres da região.

**Palavras-chave:** agregação; ecologia de estradas; fauna atropelada.

## 6.1 INTRODUÇÃO

As estradas são fundamentais para o fluxo de bens e serviços, além de serem usadas para interligar diversas regiões do planeta. Estima-se que até 2050 serão construídos 25 milhões de quilômetros de novas estradas, ocasionando um aumento de 60% da malha rodoviária mundial, quando comparado a 2010 (LAURENCE *et al.*, 2014). Contudo a construção de rodovias e o tráfego de veículos causam diversos impactos diretos e indiretos à população de animais vertebrados silvestres do entorno, como a perda de habitat, a morte por atropelamento e o efeito de barreira, este último causado pela alteração da cobertura vegetal, ruídos e iluminação (TEIXEIRA, 2011).

Segundo Laurence *et al.* (2009) fatores comportamentais, como a velocidade de locomoção, menor em anfíbios, répteis e animais arbóreos, que ocasionalmente atravessam as estradas, como preguiças e primatas ou ainda aqueles que apresentam lentidão ou "paralisação" com a aproximação de carros, como tatus e alguns anfíbios, também podem afetar diretamente as taxas de atropelamento. A mortalidade por atropelamento pode ser altamente impactante para populações naturais, principalmente para espécies que existem em baixas densidades, como as ameaçadas de extinção e as que possuem área de vida relativamente grande e taxas reprodutivas baixas (SOUZA;MIRANDA, 2010), como relatado por Pinto *et al.* (2018) para *Myrmecophoga tridactyla*, Ascensão *et al.* (2017) para mamíferos de médio e grande porte e Grilo *et al.* (2018). Sendo umas das principais causas de perda de biodiversidade de diversas espécies de vertebrados (COFFIN, 2007; TROMBULAK; FRISSELL, 2000).

Embora a contagem de animais vertebrados mortos pode ser útil para entender a magnitude de atropelamentos, eles são inadequados para compreender a relação entre as estradas e os animais silvestres (FORMAN *et al.*, 2003). A distribuição espacial dos atropelamentos pode ser afetada pelo fluxo e velocidade dos veículos, design de construção da estrada e pelas características da paisagem de entorno (FORMAN; ALEXANDER, 1998; LAURENCE *et al.*, 2009; GRILO *et al.*, 2010; TEIXEIRA *et al.*, 2013). Devido aos múltiplos fatores que afetam o atropelamento de vertebrados silvestres, não há uma padronização desses eventos (CARVALHO, 2015). Com isso a definição das áreas de agregação dos atropelamentos de animais silvestres (*hotspots*) é de grande importância, para que medidas de mitigação sejam colocadas em prática e promovam a conservação da biodiversidade de forma eficiente.

Estratégias de mitigação podem envolver mudanças no comportamento dos condutores de veículos, com o uso de luzes e placas de advertência, limitadores de velocidade e campanhas educativas, bem como a modificação do comportamento animal através de alterações no habitat

ou instalações de estruturas de travessia de animais silvestres (GLISTA, 2009). Medidas de mitigação podem ser incorporadas para reduzir ou até eliminar os efeitos negativos, além de restaurar os processos ecológicos e fluxos associados à continuidade da paisagem e dinâmica da metapopulação (CORLATTI *et al.*, 2009).

Esse estudo teve como objetivo realizar o registro dos vertebrados silvestres atropelados em rodovias situadas no domínio Caatinga. Comparar dois métodos de registro dos animais atropelados, por meio de veículo e a pé. Além de verificar a existência de agregação destes eventos (*hotspots*) e a partir dessas informações, propor mecanismos de mitigação dos atropelamentos das populações mais afetadas, condizentes com as características biológicas das espécies analisadas.



## 6.2 METODOLOGIA

### *Área de estudo*

As áreas de estudo compreenderam dois trechos de rodovias pavimentadas de pista simples, sendo o primeiro (trecho 01) na rodovia BR-423, entre os municípios de Garanhuns-PE (8°52'04"S/36°27'42"W - ponto inicial) e São Caetano-PE (8°19'53"S/36°08'55"W - ponto final), com 74,1 Km (Figura 01) e o segundo (trecho 02) localizado nas rodovias BR-424/PE-218/AL-115, entre os municípios de Garanhuns-PE (8°54'57"S/36°29'19"W - ponto inicial) e Palmeira dos Índios-AL (9°24'10"S/36°41'21"W - ponto final) em um total de 72,3 Km (Figura 02). Os trechos estão inseridos no domínio Caatinga, que ocupa uma área de 844.000 km<sup>2</sup>, o equivalente a 11% do território brasileiro (SEYFFARTH e RODRIGUES, 2017), nas subzonas Agreste e Sertão, com a presença de matas serranas em alguns pontos nos municípios de Garanhuns, Brejão e Bom Conselho (LIMA, 2007).

A Caatinga tem como características: clima semiárido, grande variedade de paisagens (IBGE, 2003) e uma rica biodiversidade, que a caracteriza como o semiárido mais biodiverso do mundo, com 153 espécies de mamíferos, 510 de aves, 107 de répteis e 49 de anfíbios (BRASIL, 2016). Na maior parte desse domínio, chove menos de 750 mm anuais, distribuídos irregularmente em três meses consecutivos no período de novembro a junho - verão ou verão-outono (ALVES, 2009). No entorno das estradas predominam áreas antropizadas, com pequenas propriedades rurais e plantio de mandioca, milho, feijão e palma, centros urbanos de até 50 mil habitantes (IBGE, 2021), lavras de areia e pequenas manchas de vegetação nativa.

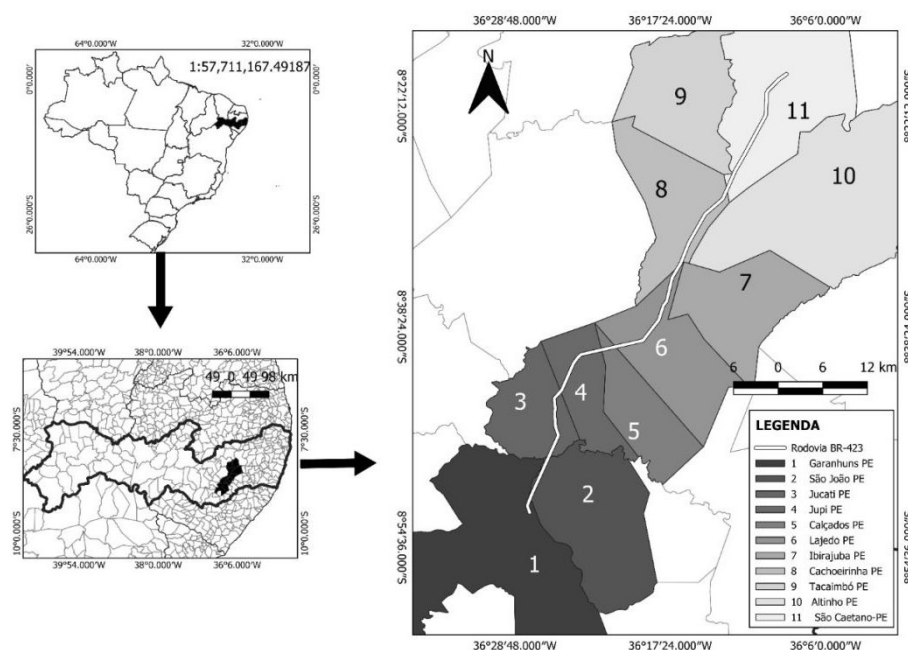


Figura 1 - Trecho da rodovia BR-423 (traço em branco) entre os municípios de Garanhuns-PE e São Caetano-PE. Área de estudo denominada trecho 01.

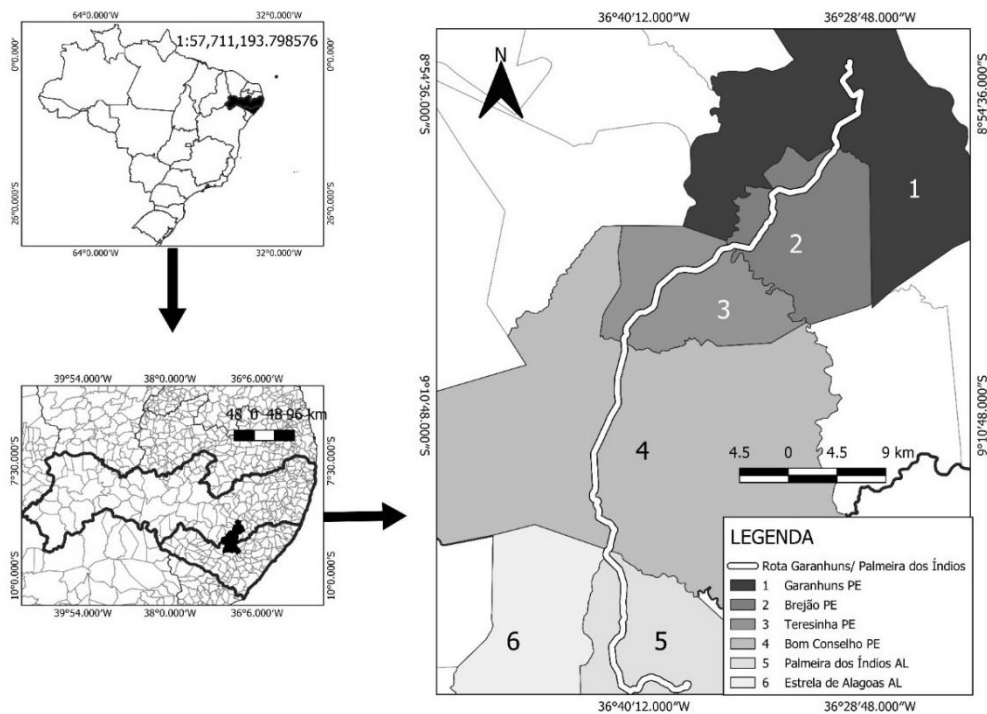


Figura 2 - Trechos das rodovias BR-424, PE-118 e AL-115 (traço em branco) entre os municípios de Garanhuns-PE e Palmeira dos índios-AL. Área de estudo denominada trecho 02.

### *Coleta de dados*

Para a coleta de dados foi utilizado a metodologia do Projeto Malha descrita em (BAGER, 2013) com modificações, pois não foram feitas as fotos do entorno do local, onde os animais foram registrados. Entre agosto de 2019 e março de 2020, as coletas foram interrompidas devido a pandemia de covid-19. Foram realizadas coletas semanais intercalando os trechos 01 e 02, iniciadas às 6h da manhã. Foram realizadas 29 coletas, sendo 14 no trecho 01 e 15 no trecho 02, utilizados dois métodos de busca de carcaças em um mesmo dia de amostragem, buscas com veículo e a pé. A coleta de dados por veículo ocorreu com deslocamento a uma velocidade média de 50 Km/h, havendo dois observadores para o registro dos animais atropelados. As coletas a pé foram realizadas por outros dois observadores, que percorreram sete trechos de seiscentos metros aleatoriamente sorteados ao longo das áreas amostradas, totalizando quatro observadores.

Os animais vertebrados silvestres atropelados encontrados na pista e no acostamento das rodovias foram registrados e identificados ao menor nível taxonômico possível e fotografados, para possibilitar a identificação daqueles que não foi possível em campo. Após o registro os animais foram retirados da via ou o local onde foram encontrados marcados com tinta spray, nos casos de indivíduos em estágio avançado de putrefação, para que não houvesse

duplicidade de informação. Os dados de identificação, coordenadas geográficas e as fotos dos animais atropelados foram armazenados em um formulário do aplicativo Coletum (COLETUM, 2019).

#### *Análise dos dados*

Para a avaliação da existência de agregação significativa de atropelamentos, foi utilizado a análise estatística K de Ripley – 2D, no programa SIRIEMA 2.0 (COELHO *et al.*, 2014). Para a análise, foi utilizado raio de 100 m, com incremento de raio de 500m e mil simulações, com limite de confiança de 95% (CARVALHO *et al.*, 2015; SOMBRA JUNIOR, 2018). Foram testados os grupamentos: aves, mamíferos, répteis e anfíbios. Quando os grupos testados apresentaram agregação significativa, isolamos as espécies mais atropeladas por grupo e realizamos outra análise de agregação para a espécie separadamente.

Para as espécies que apresentaram agregação significativa, foi feita a análise 2D *Hotspots Identification* no programa SIRIEMA 2.0, para identificar os locais de agregação de atropelamentos ao longo das estradas estudadas. A estrada foi fracionada em segmentos de 500 m, criando círculos a partir do ponto inicial e somando todos os atropelamentos existentes dentro deste círculo. O resultado é multiplicado por um fator de correção, que leva em consideração o comprimento da estrada dentro deste círculo. Esse procedimento é feito para todos os segmentos da estrada, gerando um valor de intensidade de agregação para cada segmento (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Para verificar se houve diferença significativa entre os métodos de registro das espécies de animais atropelados foi utilizado inicialmente o Programa BioEstat (AYRES *et al.*, 2007) para verificar a normalidade dos dados, sendo aplicados os testes de Liliefors ( $N \geq 30$ ) e de Shapiro-Wilk ( $N < 30$ ). Foi utilizado o Programa Past 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001) na comparação da eficiência dos dois métodos de registro para todas as espécies registradas, com o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney. Posteriormente, a amostra foi refinada, e o teste foi realizado considerando apenas as espécies que foram registradas concomitantemente nos dois métodos.

### 6.3 RESULTADOS

Foram registrados 423 vertebrados silvestres atropelados, pertencentes a 46 espécies. Destes 25 (5,91%) não puderam ser identificados devido ao avançado processo de decomposição. No trecho 01 foram 304 animais registrados, sendo 214 por meio de veículo com taxa de atropelamento de 0,1976 ind./km/dia e 90 animais coletados a pé com 1,4115 ind./km/dia (Tabela 01). Para o trecho 02 foram 119 animais registrados, sendo 82 por meio de veículo (0,0737 ind./km/dia) e 37 a pé (0,4761 ind./km/dia). A espécie com maior taxa de atropelamento em ambos os trechos e para os dois métodos foi *Rhinella jimi* (Tabela 01). Entre os mamíferos *Didelphis albiventris* e *Cerdocyon thous* foram os que apresentaram as maiores taxas de atropelamento, já para os répteis a espécie com maior taxa de atropelamento foi *Mesoclemmys tuberculata*, encontrada apenas no trecho 01 (Tabela 01).

Quanto a comparação dos métodos de registro das espécies atropeladas, foi verificado que não houve diferenças significativas. Entretanto, quando a amostra foi refinada e considerou-se apenas as espécies que foram registradas pelos dois métodos, resultou em diferenças significativas para os dois trechos de rodovias estudados (Figura 3), sendo: trecho 01 ( $U=20$ ,  $p=0.00788$ ,  $n=11$ ) e trecho 02 ( $U=2$ ,  $p=0.01259$ ,  $n=6$ ). Apesar da análise geral não diferir, dez espécies foram coletadas apenas nas coletas a pé, entre elas *Hypsiboas crepitans*, *Pithecopus nordestinus* e *Ameivula ocellifera*, e outras 21 foram encontradas exclusivas das coletas por veículo (Tabela 01).

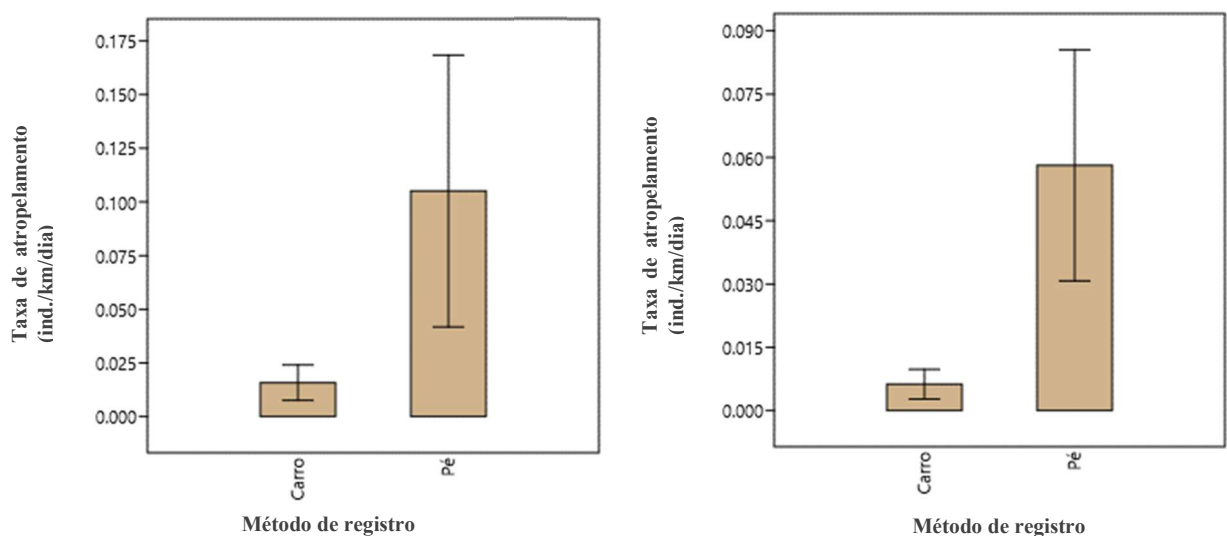


Figura 3 - Boxplots com a média e desvio padrão das taxas de atropelamento para os dois métodos de coleta aplicados. Trecho 01 (a) e trecho 02 (b).

Tabela 1 - Taxa de atropelamento (indivíduo/quilômetro/dia) por espécie nos trechos 01 e 02 e taxa total de atropelamento (indivíduo/quilômetro/dia). Riqueza de espécies por método e grupo para os dois trechos.

Grupos	Trecho 01		Trecho 02	
	Veículo	A pé	Veículo	A pé
<b>Anfíbios</b>	<b>2 spp.</b>	<b>4 spp.</b>	<b>3 spp.</b>	<b>4 spp.</b>
<i>Hypsiboas crepitans</i> (Wied-Neuwied, 1824)				0,0158
<i>Leptodactylus macrosternum</i> Miranda Ribeiro, 1926	0,0048	0,068	0,0027	0,0635
<i>Odontophrynus carvalhoi</i> Savage & Cei, 1965			0,0009	
<i>Pithecopus nordestinus</i> (Caramaschi, 2006)		0,068		
<i>Rhinella granulosa</i> (Spix, 1824)		0,017		0,0317
<i>Rhinella jimi</i> (Stevaux, 2002)	0,0877	0,7313	0,023	0,1904
<b>Aves</b>	<b>8 spp.</b>	<b>4 spp.</b>	<b>9 spp.</b>	<b>2 spp.</b>
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)			0,0009	
<i>Asio clamator</i> (Vieillot, 1808)	0,0009			
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	0,0029		0,0009	
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)		0,017		
<i>Coccyzus melacorhynchus</i> Vieillot, 1817	0,0019			
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	0,0019		0,0018	0,0158
<i>Cathartes burrovianus</i> Cassin, 1845			0,0009	
<i>Emberizoides herbicola</i> (Vieillot, 1817)	0,0009		0,0009	
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)		0,017		
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	0,0009			
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)		0,017		
<i>Nothura maculosa</i> (Temminck, 1815)			0,0009	
<i>Sporophila albogularis</i> (Spix, 1825)	0,0009		0,0009	
<i>Thamnophilus torquatus</i> Swainson, 1825			0,0018	
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	0,0029	0,017	0,0009	0,0158
Não identificado	0,0077	0,119	0,0018	0,0952
<b>Mamíferos</b>	<b>8 spp.</b>	<b>3 spp.</b>	<b>7 spp.</b>	<b>2 spp.</b>
<i>Callithrix jacchus</i> (Linnaeus, 1758)	0,0009			
<i>Cavia aperea</i> Erxleben, 1777	0,0009		0,0009	
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	0,0221	0,017	0,0166	
<i>Artibeus</i> sp. (Leach, 1821)		0,017		
<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	0,0019		0,0009	
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	0,0453	0,085	0,0083	0,0317
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)			0,0009	
<i>Monodelphis</i> sp. Burnett, 1830			0,0009	
<i>Puma yagouaroundi</i> (É. Geoffroy, 1803)	0,0009		0,0009	
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	0,0019			
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	0,0009			
<b>Répteis</b>	<b>7 spp.</b>	<b>9 spp.</b>	<b>7 spp.</b>	<b>4 spp.</b>
<i>Ameiva ameiva</i> (Linnaeus, 1758)			0,0009	
<i>Ameivula ocellifera</i> (Spix, 1825)		0,068		
<i>Amphisbaena alba</i> (Linnaeus, 1758)	0,0009	0,017		0,0317
<i>Boa constrictor</i> Linnaeus, 1758	0,0048		0,0009	
<i>Epicrates assisi</i> Machado, 1945			0,0018	
<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i> (Wied, 1824)	0,0009	0,017		0,0317
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)		0,017	0,0009	
<i>Lygophis</i> sp. (Linnaeus, 1758)				0,0158
<i>Mesoclemmys tuberculata</i> (Lüderwaldt, 1926)	0,0067	0,102		
<i>Micrurus ibiboboca</i> (Merrem, 1820)		0,017		
<i>Oxyrhopus trigeminus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	0,0009	0,034	0,0009	0,0317
<i>Philodryas nattereri</i> Steindachner, 1870	0,0009	0,017	0,0009	
<i>Pseudoboa nigra</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)			0,0009	
<i>Tropidurus hispidus</i> (Spix, 1825)	0,0009	0,051		
Não identificado	0,0009			0,0158
<b>Total</b>	<b>0,1976</b>	<b>1,4115</b>	<b>0,0737</b>	<b>0,4761</b>

*Estrada Garanhuns-PE a São Caetano-PE (trecho 01)*

Através da análise de K Ripley-2D encontramos agregação significativa para todos os grupos analisados - mamíferos, aves, répteis e anfíbios e para as espécies *Rhinella jimi*, *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris* e *Mesoclemmys tuberculata* (Figura 04).

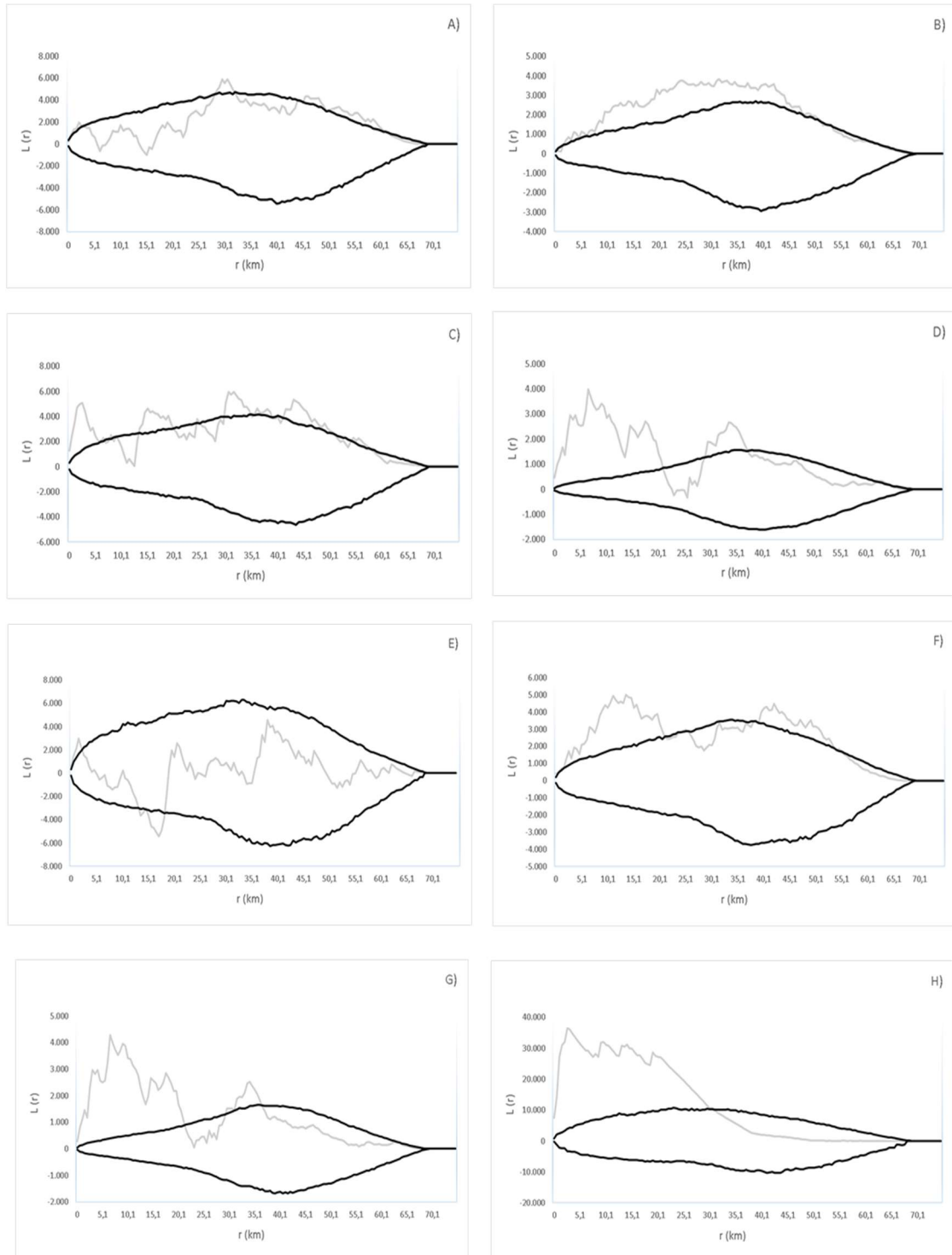


Figura 4 - Resultado da análise estatística K de Ripley-2D para definir a agregação significativa para os grupos: A) Aves; B) Mamíferos; C) Répteis; D) Anfíbios; E) *Cerdocyon thous*; F) *Didelphis albiventris*; G) *Rhinella jimi*; h) *Mesoclemmys tuberculata*. A agregação está representada pela linha cinza, enquanto as linhas pretas representam os limites de confiança.

Foram identificados *hotspots* através da análise 2D *Hotspots Identification* para as espécies *Rhinella jimi*, *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris* e *Mesoclemmys tuberculata* (Tabela 02). Não houve *hotspots* para nenhuma das espécies de aves atropeladas, apesar do grupo apresentar agregação significativa (Figura 04).

*Estrada Garanhuns-PE a Palmeira dos Índios-AL (trecho 02)*

Para o trecho 02 foi encontrado agregação significativa apenas para o grupo dos anfíbios e para *Rhinella jimi* (Figura 05). Para os demais grupos não houve agregação significativa a partir da análise de K Ripley-2D.

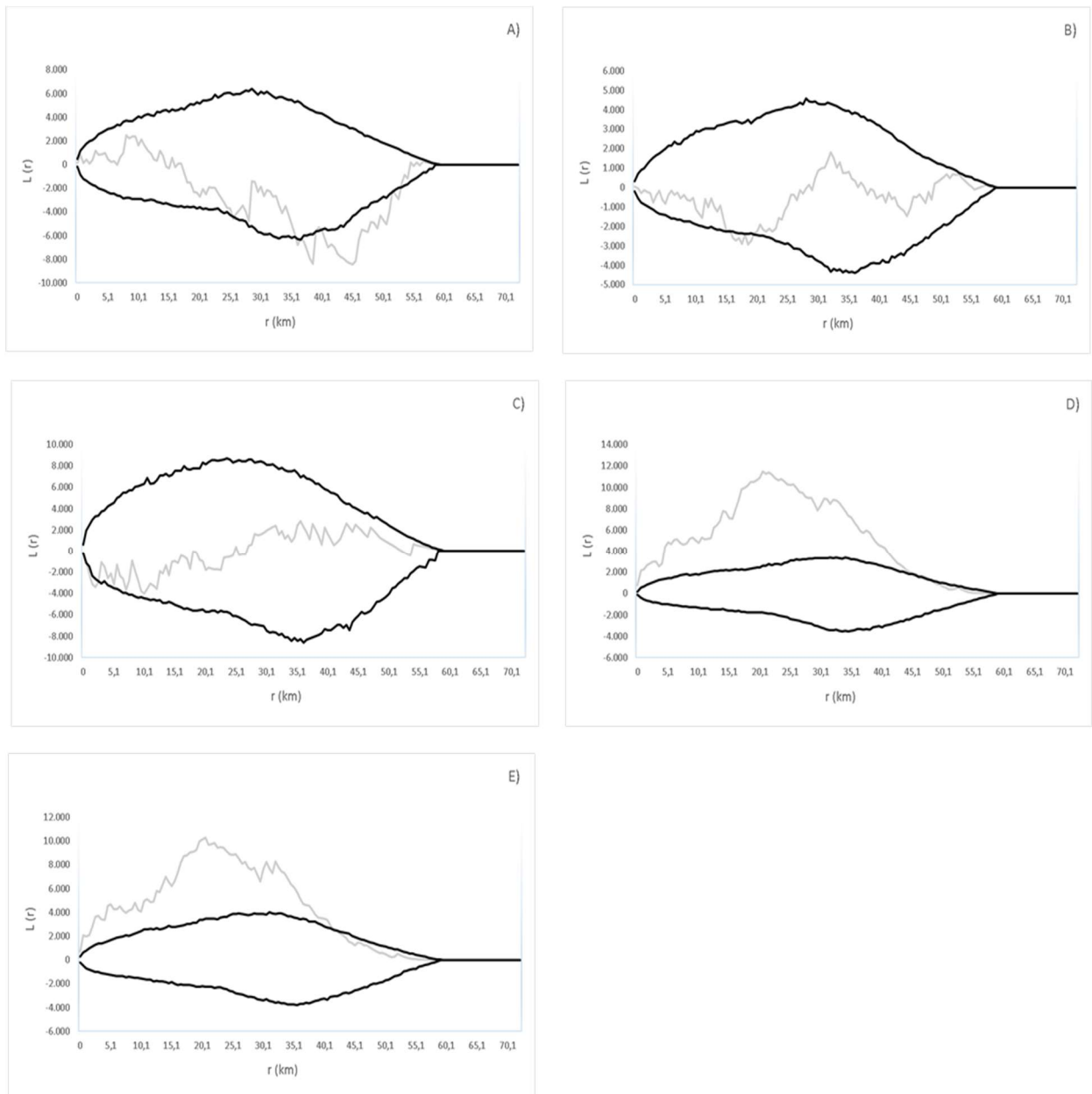


Figura 5 - Resultado da análise estatística K de Ripley-2D para definir a agregação significativa para os grupos: A) Aves; B) Mamíferos; C) Répteis; D) Anfíbios; E) *Rhinella jimi*. A agregação está representada pela linha cinza, enquanto as linhas pretas representam os limites de confiança.

Os *hotspots* foram identificados através da análise 2D *Hotspots Identification* para *Rhinella jimi*, utilizando o programa Siriema 2.0 (Tabela 02).

Tabela 2 - Localização dos hotspots das principais espécies atropeladas nos trechos 01 e 02. Pontos de maior intensidade de cada espécie destacados em negrito.

<b>Trecho 01</b>			
<b>Localização dos Hotspots</b>			
<b>Espécie</b>	<b>Latitude (Sul)</b>	<b>Longitude (Oeste)</b>	<b>Km</b>
<i>Cerdocyon thous</i>	8°49'38.62"	36°27'04.52"	5
<i>Cerdocyon thous</i>	8°44'35.32"	36°25'52.12"	15
<i>Cerdocyon thous</i>	8°40'21.21"	36°23'34.24"	24
<b><i>Cerdocyon thous</i></b>	<b>8°33'11.28"</b>	<b>36°16'24.35"</b>	<b>46</b>
<i>Cerdocyon thous</i>	8°23'56.89"	36°10'57.77"	65
<i>Didelphis albiventris</i>	8°43'53.56"	36°25'53.43"	16
<i>Didelphis albiventris</i>	8°41'04.03"	36°24'28.98"	22
<i>Didelphis albiventris</i>	8°40'06.65"	36°22'30.06"	26
<i>Didelphis albiventris</i>	8°39'56.31"	36°21'42.51"	28
<i>Didelphis albiventris</i>	8°39'40.12"	36°20'31.61"	30
<b><i>Didelphis albiventris</i></b>	<b>8°37'20.19"</b>	<b>36°18'03.34"</b>	<b>37</b>
<i>Didelphis albiventris</i>	8°35'10.42"	36°17'20.49"	41
<i>Didelphis albiventris</i>	8°26'54.28"	36°12'36.28"	59
<i>Mesoclemmys tuberculata</i>	8°38'21.20"	36°18'34.68"	34
<b><i>Mesoclemmys tuberculata</i></b>	<b>8°38'01.79"</b>	<b>36°18'20.30"</b>	<b>35</b>
<i>Rhinella jimi</i>	8°50'57.84"	36°27'40.02"	2
<i>Rhinella jimi</i>	8°49'29.11"	36°27'00.49"	5
<i>Rhinella jimi</i>	8°42'12.02"	36°24'59.10"	20
<i>Rhinella jimi</i>	8°41'18.53"	36°24'35.67"	21
<i>Rhinella jimi</i>	8°40'07.10"	36°22'30.90"	26
<i>Rhinella jimi</i>	8°38'11.13"	36°18'27.11"	35
<b><i>Rhinella jimi</i></b>	<b>8°37'21.20"</b>	<b>36°18'03.43"</b>	<b>36</b>
<b>Trecho 02</b>			
<b>Espécie</b>	<b>Latitude (Sul)</b>	<b>Longitude (Oeste)</b>	<b>Km</b>
<i>Rhinella jimi</i>	8°95'32.72"	36°50'75.55"	6
<i>Rhinella jimi</i>	9°05'22.29"	36°61'46.84"	24
<b><i>Rhinella jimi</i></b>	<b>9°07'23.31"</b>	<b>36°41'10.78"</b>	<b>38</b>



## 6.4 DISCUSSÃO

### *Metodologia de coleta: por veículo x a pé*

Foi observada diferença significativa entre as duas metodologias de coleta para ambos os trechos, como demonstrado pelos resultados do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, quando considerado apenas as espécies registradas pelos dois métodos. Espécies de menor porte, dentre elas: *Pithecopus nordestinus* e *Ameivula ocellifera*, foram observadas apenas nas coletas a pé. Esse padrão também foi observado por Slater (2002), em estudo realizado no País de Gales, onde verificou maior eficiência nas coletas a pé, principalmente para animais de pequeno porte, como morcegos e anfíbios. Pracucci, Rosa e Bager (2012), em estudo realizado em um trecho de 13Km da rodovia MG 354, onde as coletas foram realizadas de bicicleta, com deslocamento médio de 20Km/h, obtiveram 87% de da amostra representada por animais de pequeno porte.

Em revisão realizada por Pinto, Clewenger e Grilo (2020), reunindo 197 artigos científicos sobre ecologia de estradas na América Latina, entre 1990 e 2017, espécies dos gêneros *Ameivula* e *Pithecopus* não foram encontradas. Embora *Ameivula ocellifera* seja uma espécie com ampla distribuição, difundida em todas as formações abertas da América do Sul, sendo encontrada no Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina (HARVEY *et al.*, 2012) e *Pithecopus nordestinus* esteja presente em todos os estados do nordeste brasileiro e em Minas Gerais (DA SILVA *et al.*, 2020). Os demais gêneros encontrados neste trabalho foram relatados em um ou mais estudos da revisão.

As taxas de atropelamento para as coletas a pé, foram maiores para os dois trechos em relação a coleta por veículo, demonstrando que há subnotificação de animais atropelados, quando as coletas são realizadas somente por veículo. Oliveira Bastos *et al.* (2019) estudando vertebrados atropelados no sudoeste da Bahia, encontraram 0,040 ind./km/dia para *Rhinella jimi*, maior taxa entre todas as espécies. Bager e Fontoura (2013) encontraram taxas de atropelamento não superiores a 0,0825 ind./km/dia para as espécies estudadas na rodovia BR-471. Em estudo realizado na rodovia GO-341, Carvalho-Roel *et al.* (2021) obtiveram taxa de 0,031 ind./km/dia para vertebrados silvestres.

Grande parte dos estudos de atropelamento de animais vertebrados silvestres são feitos com deslocamento por meio de veículo a 50Km/h em média, o que inviabiliza a observação de animais de pequeno porte, ou mesmo de porte médio em avançado processo de decomposição ou fragmentação por intempéries.

### ***Principais espécies atropeladas***

A mortalidade de animais silvestres nas rodovias é geralmente concentrada em uma ou poucas espécies, geralmente generalistas de habitat, localmente abundantes, altamente móveis e/ou atraídas pelos recursos ou características ambientais favoráveis das estradas (FORMAN *et al.*, 2003). *Cerdocyon thous* é uma espécie generalista e flexível em uso de habitat e dieta, é onívora, podendo se alimentar de carcaças de animais domésticos e silvestres. Possuem área de vida extensa e aparentemente são tolerantes às alterações antrópicas (BEISIEGEL *et al.*, 2013). *Didelphis albiventris* é uma espécie abundante, generalista e que dá preferência às áreas antropizadas ou fragmentos (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2006). Os mamíferos mais atropelados neste estudo (Tabela 01), estão em acordo com Grilo *et al.* (2018), que reportaram as duas espécies entre as mais atropeladas em estudos feitos em diversas regiões do Brasil.

Wells (1977) relatou a reprodução explosiva de algumas espécies de anuros, incluindo Bufonídeos, que usam poças temporárias ou outros ambientes efêmeros formados em períodos de chuva. Vilas Boas (2012) estudando fatores que afetam a movimentação de duas espécies do gênero *Rhinella*: *Rhinella rubescens* e *Rhinella schneideri* no cerrado brasileiro, encontrou relação positiva entre a variação da movimentação diária e a precipitação no dia anterior. O atropelamento de *Rhinella jimi* ocorreu de forma concentrada no trecho 01, sendo que no dia 07/02/20, dois dias após o município de Lajedo-PE apresentar índices pluviométricos de 51,1 mm (IPA, 2021), foram coletados 61,2% dos indivíduos do total da amostra. O regime pluvial estocástico do agreste meridional (SANTANA, 2016), deve influenciar o comportamento reprodutivo de *Rhinella jimi*, tornando os indivíduos mais ativos após precipitações mais intensas, acarretando com isso um maior número de atropelamentos.

O conhecimento sobre a biologia dos cágados brasileiros, incluindo *Mesoclemmys tuberculata*, ainda é bastante escasso (MOURA, 2014), porém se sabe que a espécie habita formações abertas do semiárido (SOUZA, 2005) e é capaz de usar uma variedade de ambientes aquáticos como rios, lagos permanentes e riachos temporários (VANZOLINI *et al.*, 1980; LOEBMANN *et al.*, 2006; SILVEIRA; VALINHAS, 2010; MOURA *et al.*, 2012; *apud* SANTANA 2006), preferindo águas lentas (BONIN, 2006; *apud* SANTANA 2006). Estudos revelaram que o comportamento reprodutivo foi observado com maior intensidade entre os meses de janeiro e julho (CORAZZA; MOLINA, 2004b; *apud* SANTANA 2006). Todos os exemplares atropelados para esta espécie foram coletados dentro do mesmo período, nos meses de fevereiro e março de 2020.

Entre as espécies atropeladas *Puma yagouaroundi* é a única que se encontra em risco

de extinção, classificada como ameaçada na categoria vulnerável segundo o livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (MMA, 2018).

### ***Hotspots e estratégias de mitigação***

No trecho 01 foi encontrada agregação significativa para aves, mamíferos, répteis e anfíbios, e *hotspots* para *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris*, *Mesoclemmys tuberculata* e *Rhinella jimi*. Os *hotspots* para as espécies estudadas não se sobrepõem, exceto no quilômetro 35 onde há sobreposição para *M. tuberculata* e *R. jimi* (Tabela 02). Apesar da proximidade entre os pontos de maior índice de *hotspots* de *D. albiventris*, *M. tuberculata* e *R. jimi*, nos quilômetros 37, 35 e 36, respectivamente, não seria viável a construção de uma única estrutura, que permita aos indivíduos destas espécies transporem a rodovia, pois possuem capacidade de deslocamento e adaptação a ambientes distintos.

A construção de passagem subterrânea retangular com 100cm X 75cm, visando a manutenção da umidade e temperatura, com circulação do ar por meio de gradis no quilômetro 35 ou circular (bueiro) com 100cm de diâmetro (LANGTON; CLEVINGER, 2021), podem ser eficazes na mitigação dos atropelamentos de *M. tuberculata* e *R. jimi*. Esses tipos de estrutura são normalmente eficientes na diminuição de atropelamentos da herpetofauna (LANGTON, 1989; JACKSON, 1996; GLISTA, 2009; LANGTON; CLEVINGER, 2021), sendo necessário o monitoramento e avaliação. Kayne *et al.* (2005) relataram a passagem de tartarugas pintadas (*Clemmys guttata*) por bueiros sob rodovia no estado de Massachusetts, EUA. A utilização de bueiros pré-existentes por tartarugas migratórias, com o auxílio de cercas para direcionar o deslocamento, diminuiu a menos de 1% o atropelamento dessas espécies no Lago Jackson, Florida, EUA (ARESCO, 2005).

Já para os mamíferos *C. thous* e *D. albiventris*, que possuem maior capacidade de deslocamento e maior tamanho corporal, a construção de pontes para a vida silvestre (LANGTON; CLEVINGER 2021) propiciaria a passagem de um lado ao outro da rodovia. Pontes sobre corpos d'água previamente existentes, como as localizadas nos quilômetros 14, 34 e 45, podem ser adaptadas com a construção de margens não alagáveis, que também permitiriam a passagem destes animais, como relatado por Lerbarrères e Fahrig (2012).

Para o trecho 02 foi encontrada agregação significativa para anfíbios e *hotspots* apenas para *R. jimi*. Dessa maneira a construção de “túneis de anfíbios” (FORMAN *et al.*, 2003; LANGTON; CLEVINGER 2021) no quilômetro 38 ou a instalação de bueiro, estrutura de menor custo financeiro, ou ainda a adaptação de bueiros já existentes com a instalação de

saliências secas e melhoramento dos ambientes de entrada (GLISTA, 2009), promoveria a diminuição dos atropelamentos dessa espécie.

Somando a construção de estruturas fixas ou adaptação de outras previamente existentes, medidas temporárias podem ser colocadas em prática, para mitigar o atropelamento de espécies que possuem comportamento reprodutivo e/ou migratório, como *M. tuberculata*, que foi encontrada apenas nos meses de fevereiro e março, diminuindo o custo e aumentando sua eficácia. Sullivan *et al.* (2004) utilizando placas de advertência, registraram diminuição em 50% dos atropelamentos de cervos (*Odocoileus hemionus*) durante o período migratório da espécie. Além disso campanhas de educação ambiental sobre a importância das espécies de vertebrados silvestres, podem ser adotadas em períodos de maior fluxo de automóveis nas rodovias estudadas.

A definição de *hotspots* de animais vertebrados silvestres é de suma importância para a implantação de medidas de mitigação eficazes para a prevenção de atropelamentos. Ao analisar a existência de *hotspots* na rodovia BR-174, estado do Amazonas, Brasil, em um intervalo de 21 anos, Medeiros (2019) demonstrou variação entre os grupos e dentro dos grupos entre os anos analisados. O esforço amostral, principalmente em regiões com grande variação climática, interfere na percepção das variações sazonais dos eventos de atropelamento (FILIUS, 2020) e conseqüentemente no levantamento dos locais de agregação destes eventos.

A mitigação de uma variedade de espécies pode ser alcançada por duas maneiras distintas. A primeira é uma abordagem complementar, com a construção de uma variedade de medidas distribuídas em espaços distintos para alcançar diferentes espécies ou grupos alvo. A outra forma é a construção de uma única medida, que beneficie um grande número de espécies (LESBARRÈRES; FAHRIG, 2012). Ao agrupar espécies por táxon ou características, as diferenças intraespecíficas podem se perder. Para direcionar os esforços é, portanto, importante identificar as espécies que são de maior interesse para a conservação (MARKWHIT, 2020).

Considerando a relevância da mitigação para a redução de impactos das rodovias sobre a população de animais vertebrados silvestres, um planejamento cuidadoso é necessário para a adoção de melhores medidas de mitigação de atropelamentos, levando em consideração a eficiência e seu custo de implantação. Nota-se, porém, que o custo de implantação de medidas de mitigação de atropelamentos de vertebrados silvestres é baixo, se comparado ao custo total do projeto rodoviário (LESBARRÈRES; FAHRIG, 2012).

A continuidade dos estudos em ecologia de estradas na região do Agreste Meridional

de Pernambuco, é fundamental para entender os padrões sazonais de atropelamento das espécies de vertebrados silvestres da região. Se faz necessário também estudo sobre o comportamento da herpetofauna presente no entorno da BR423, em especial para *R. jimi* e *M. tuberculata*, no município de Lajedo-PE, principalmente associada ao período denominado na região de “trovoadas”. Estratégias específicas de mitigação de atropelamento para a herpetofauna, podem ser eficazes durante o período chuvoso (MIRANDA *et al.*, 2017).

## 6.5 CONCLUSÃO

A comparação entre as metodologias de registro de indivíduos de espécies atropeladas, demonstra e corrobora a importância da utilização de métodos mais eficazes, principalmente para o estudo de espécies de pequeno porte e de difícil detecção. O registro a pé se mostrou mais eficiente, e deve ser priorizado nas observações de animais atropelados.

Os resultados demonstram que a construção ou adaptação de estruturas já existentes que possibilitem espécies como *Cerdocyon thous*, *Didelphis albiventris* e *Rhinella jimi* cruzarem as estradas e o desenvolvimento de campanhas de conscientização ambiental para a prevenção de atropelamentos de espécies como *Mesoclemmys tuberculata*, são fundamentais para a mitigação dos atropelamentos de animais vertebrados silvestres da região. A implantação de medidas de mitigação é necessária, e deve ser pensada conjuntamente entre gestores públicos, projetistas de estradas, especialistas em ecologia de estradas e sociedade civil.

O respeito a legislação de trânsito, dentre elas, o limite de velocidade da via, é outro fator importante para diminuir o atropelamento de animais silvestres.

## 6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G.V.L.; AMORIN, F.O.; SANTOS, E.M. Anfíbios & “répteis” atropelados em um trecho da BR-232, no estado de Pernambuco. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 61-69, 2016. DOI: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2016.002.0005>, Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/SPC2179-6858.2016.002.0005>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

ALVES, J.J.A.; DE ARAÚJO, M.A.; DO NASCIMENTO, S.S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/560>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

ARESCO, M.J. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake. **J Wildl Manage**, v. 69, n. 2, p. 549–560, 2005. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3803725>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

ASCENSÃO, F. *et al.* Spatial patterns of road mortality of medium–large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Wildlife Research**, v. 44, n. 2, p. 135-146, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1071/WR16108>. Disponível: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/29588>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. **BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Ong Mamiraua. Belém, PA. 2007.

BAGER, A. PROJETO MALHA Manual para equipe de campo. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - UFLA. Julho/2013, vol.1. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/imgs/imagesCMS/publicacao/pdf/11.pdf>.

BEISEIGEL, B.M., *et al.* Avaliação do risco de extinção do Cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 138-145, 2013. DOI: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.380>. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/380>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **5º Relatório Nacional para a Convenção sobre diversidade biológica**. Série Biodiversidade, v. 50. Brasília: 2016.

CARVALHO, CF. *et al.* Wild vertebrates roadkill aggregations on the br-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 951-959, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-27468>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/27468>. Acesso em: 04 de abril de 2019.

CARVALHO-ROEL, C.F., *et al.* Wildlife Roadkill in the Surroundings of Emas National Park, Cerrado Biome, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2504.01>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/38747>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

CLARKE, G.P.; WHITE, P.C.L.; HARRIS, S. Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. **Biological Conservation**, v. 86, n.2, p. 117–124, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00018-4). Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320798000184>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

COELHO, A.V.P., *et al.* **Siriema: road mortality software**. Manual do usuário v. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2014.

COFFIN, A.W. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, v.15, n. 5, p. 396–406, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692306001177>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

COLETUM. Coletum formulários. **Geosapiens Tecnologia e Informação LTDA**. Disponível em: [https://coletum.com/pt\\_BR/](https://coletum.com/pt_BR/). Acesso em: 01 de agosto de 2019.

CORLATTI, L.; HACKLAENDER, K.; FREY-ROOS, F. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. **Conservation Biology**, v. 23, p. 548-556, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01162.x>. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2008.01162.x>. Acesso em: 06 de agosto de 2021.

DA SILVA, F.P., *et al.* Distribution modeling applied to deficient data species assessment: A case study with *Pithecopus nordestinus* (Anura, Phyllomedusidae). **Neotropical Biology and Conservation**, v. 15, n. 2, p. 165, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e47426>. Disponível em: <https://neotropical.pensoft.net/article/47426/>. Acesso em: 4 de abril de 2021.

OLIVEIRA BASTOS, D.F. *et al.* Seasonal and Spatial Variation of Road-Killed Vertebrates on Br-330, Southwest Bahia, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 23, n. 3, p. 388-402, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2303.0>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/15284>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

FILIUS, J; VAN DER H., Y; JARRIN-V, P.; VAN H. Wildlife roadkill patterns in a fragmented landscape of the Western Amazon. **Ecology and Evolution**, v. 10, n.13, p. 6623-6635, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.6394>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.6394>. Acesso em: 06 de agosto de 2021.

FORMAN, R.T.T., ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**. New York, v. 29, p. 207-31, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

FORMAN, R.T.T., *et al.* **Road ecology: science and solutions**. Island Press, 2003. 506 p.

GLISTA, D.J.; DEVAULT, T.L.; DEWOODY, J.A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**. v. 91, n. 1, p. 1-7,



2009. DOI: <https://doi.org/110.1016/j.landurbplan.2008.11.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204608001886?via%3Dihub>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

GRILO, C., *et al.* BRAZIL ROAD-KILL: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills. **Ecology**, v. 99, n. 11, p. 2625, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.2464>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecy.2464>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

GRILO, C.; BISSONETTE, J.A.; CRAMER, P.C. Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. *In*: S.R. Jones (ed.). **Highways: Construction, Management, and Maintenance**. Hauppauge: Nova Science Publishers, 2010, p. 73-114.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: **Paleontological statistics software package for education and data analysis**. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001. Acessado em 20 de Janeiro de 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/259640226\\_PAST\\_Paleontological\\_Statistics\\_Software\\_Package\\_for\\_Education\\_and\\_Data\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/259640226_PAST_Paleontological_Statistics_Software_Package_for_Education_and_Data_Analysis). Acesso em: 06 de agosto de 2021.

HARVEY, M.B., *et al.* Review of teiid morphology with a revised taxonomy and phylogeny of the Teiidae (Lepidosauria: Squamata). **Zootaxa**, v. 3459, n. 1, p. 1-156, 2012. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3459.1.1>. Disponível em: <https://www.mapress.com/zt/article/view/zootaxa.3459.1.1>. Acesso em: 06 de agosto de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Biomás**. 2003. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Informações sobre os municípios brasileiros**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 03 de abril de 2021.

IPA. Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Sessão de Índices Pluviométricos**. Disponível em: [http://www.ipa.br/indice\\_pluv.php#calendario\\_indices](http://www.ipa.br/indice_pluv.php#calendario_indices). Acesso em: 05 de maio de 2021.

JACKSON, S.D. Underpass systems for amphibians. *In*: EVINK, G.L.; GARRETT, P.; ZEIGLER, D.; BERRY, J. (Ed.), **Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation**. FL-ER-69-98. Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL, 1996, p. 240–244.

JUNIOR, C.A.S. **Caracterização espaço-temporal de atropelamentos de mamíferos silvestres em estradas inseridas no semiárido nordestino**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2018. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-216718>.

KAYE, D.R., WALSH, K.M., ROSS, C.C. Spotted turtle use of a culvert under relocated Route 44 in Carver, Massachusetts. *In*: **Proceedings of the International Conference of Ecology and Transportation**, San Diego, 2005, p. 426–432.

LANGTON, T.E.S. Tunnels and temperature: results from a study of a drift fence and tunnel system at Henley-on-Thames, Buckinghamshire, England. *In*: LANGTON, T.E.S. (Ed.), **Amphibians and Roads, Proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Bedfordshire: ACO Polymer Products Ltd., 1989.

LANGTON, T.E.S. & A.P. CLEVENGER. 2021. Measures to Reduce Road Impacts on Amphibians and Reptiles in California. **Best Management Practices and Technical Guidance**. Prepared by Western Transportation Institute for California Department of Transportation, Division of Research, Innovation and System Information.

LAURANCE, W.F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S.G.W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19748151/>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2019.

LAURENCE, W.F., *et al.* A global strategy for road building. **Nature**. v. 513, p. 229-232, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13717>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature1371>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

LESBARRERES, D.; FAHRIG, L. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? **Trends in ecology & evolution**, v. 27, n. 7, p. 374-380, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.01.015>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22356922/>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

LIMA, D.A. Estudos Fitogeográficos de Pernambuco. **Anais**. Recife: Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, v. 4, p. 243-274, 2007.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**, 1. ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 492 p.

MARKWITH, S.H.; EVANS, A.H.; DA CUNHA, V.P.; DE SOUZA, J.C. Scale rank and model selection in evaluations of land cover influence on wildlife-vehicle collisions. **Wildlife Research**, v. 47, n. 1, p. 44-54, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1071/WR19108>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/wr/WR19108>. Acesso em: 06 de agosto de 2021.

MEDEIROS, A. S.M. **Vertebrados atropelados na amazônia: monitoramento de longo prazo, influência do fluxo de veículos e alternância de hotspots em um trecho de rodovia BR-174, Brasil**. 2019. 39f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus.

MIRANDA, J.E.S., *et al.* Roadkill in the Brazilian cerrado savanna: Comparing five highways in southwestern Goiás. **Oecologia Australis**, v. 21, n. 3, p. 337-349. 2017. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2017.2103.10>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/13825>. Acesso em: 06 de agosto de 2021.

MOURA, C.C.M.; MOURA, G.J.B.; LISBOA, E.B.F.; LUZ, V.L.F. Distribuição geográfica e considerações ecológicas sobre a fauna de Testudines da Região Nordeste do Brasil. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 14, p. 1–20, 2014 .DOI: <https://doi.org/10.13102/scb236>. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/index.php/sitientibusBiologia/article/view/236>. Acesso em: 13 de setembro de 2019.

DE OLIVEIRA, A. N. **Padrões espacial e temporal do atropelamento de mamíferos em uma rodovia no cerrado brasileiro**. 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PINTO, F.A.S., *et al.* Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) conservation in Brazil: Analysing the relative effects of fragmentation and mortality due to roads. **Biological Conservation**, v. 228, p. 148-157, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320718300910>. Acesso em: 02 de novembro de 2020.

PINTO, F.A.S.; CLEVINGER, A.P.; GRILO, C. Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 8, p. 106337, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925519301386>. Acesso em: 02 de novembro de 2021.

PRACUCCI, A.; ALVES DA ROSA, C.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-79, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n1p73>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2012v25n1p73>. Acesso em: 13 de setembro de 2019.

SANTANA, D.O. **Autoecologia comparativa de duas espécies de quelônios (*Phrynops geoffroanus* e *Mesoclemmys tuberculata*) em áreas de Caatinga e Mata Atlântica no Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Zoologia) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. 212 f.

SANTOS, S.M., CARVALHO, F. & MIRA, A. How Long Do the Dead Survive on the Road? Carcass Persistence Probability and Implications for Road-Kill Monitoring Surveys. **PLoSone**: v. 6, e25383, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0025383>. Acesso em: 02 de novembro de 2020.

SANTOS, A.L.P.G; ROSA, C.A.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**. v.25, n.1, p.73-79, março 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n1p73>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2012v25n1p73>. Acesso em: 13 de setembro de 2019.

SANTOS, R.A.L., ASCENSÃO, F., RIBEIRO, M.L., BAGER, A., SANTOS-REIS, M. & AGUIAR, L.M.S. 2017. Assessing the consistency of hotspot and hot-moment patterns of wildlife road mortality over time. **Perspectives in Ecology and Conservation** v. 15, n. 1, p. 56-60, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.03.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300688?via%3Dihub>. Acesso em: 13 de setembro de 2019.

SEYFFARTH, J.A.S.; RODRIGUES, V. Impactos da seca sobre a biodiversidade da Caatinga. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 41-62, 2017. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/view/845](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/845). Acesso em: 20 de

julho de 2021.

SOUZA, F.L. Geographical distribution patterns of South American side-necked turtles (Chelidae), with emphasis on Brazilian species. **Revista Española de Herpetología**, v.19, p. 33–46, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/28171452\\_Geographical\\_distribution\\_patterns\\_of\\_South\\_America\\_side-necked\\_turtles\\_Chelidae\\_with\\_emphasis\\_on\\_Brazilian\\_species](https://www.researchgate.net/publication/28171452_Geographical_distribution_patterns_of_South_America_side-necked_turtles_Chelidae_with_emphasis_on_Brazilian_species). Acesso em: 09 de abril de 2020.

SOUZA, M. A. N.; MIRANDA, P. C. Mamíferos terrestres encontrados atropelados na rodovia br-230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 4, n. 2, p. 72-82, 2010. Disponível em: <https://silo.tips/download/mamiferos-terrestres-encontrados-atropelados-na-rodovia-br-230-pb-entre-campina>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

SULLIVAN, T.L., *et al.* Effectiveness of temporary warning signs in reducing deer-vehicle collisions during mule deer migrations. **Wildlife Society Bulletin**, v. 32, n. 3, p. 907-915, 2004. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3784815>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

TEIXEIRA, FZ. **Fauna atropelada: estimativas de mortalidade e identificação de zonas de agregação**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/49270?show=full>.

TEIXEIRA, F.Z. *et al.* Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis**, v.17, n.1, p.36-47, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.04>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8254>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

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. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

VILAS BOAS, T.C. **Fatores que afetam a movimentação e o uso do espaço em *Rhinella rubescens* e *R. schneideri* (Anura, Bufonidae) no Cerrado do Brasil central**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília. Brasília, 2012. 65 f.

WELLS, K.D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, v. 25, p.666-693, 1977.