

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-graduação em Biologia de Vertebrados

Henrique Kiefer Vilhena Ramos

**QUANDO SE MORRE DE AMOR:
influência de ambientes reprodutivos no atropelamento de anfíbios
anuros**

Belo Horizonte

2022

Henrique Kiefer Vilhena Ramos

**QUANDO SE MORRE DE AMOR:
influência de ambientes reprodutivos no atropelamento de anfíbios
anuros**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador(a): Prof. Dra. Paula Cabral Eterovick

Belo Horizonte

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

R175q	Ramos, Henrique Kiefer Vilhena Quando se morre de amor: influência de ambientes reprodutivos no atropelamento de anfíbios anuros / Henrique Kiefer Vilhena Ramos. Belo Horizonte, 2022. 21 f. : il. Orientadora: Paula Cabral Eterovick Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados 1. Anfíbio - Reprodução - Minas Gerais. 2. Anuro - Conservação. 3. Anuro - Reprodução. 4. Comportamento animal. 5. Conservação da natureza - Minas Gerais. 6. Impacto ambiental. 7. Animais silvestres. 8. Acasalamento de animais. I. Eterovick, Paula Cabral. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados. III. Título. CDU: 597.8
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por Elizângela Ribeiro de Azevedo- CRB 6/3393

Henrique Kiefer Vilhena Ramos

**QUANDO SE MORRE DE AMOR:
influência de ambientes reprodutivos no atropelamento de anfíbios
anuros**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dra. Paula Cabral Eterovick – PUC Minas (Orientadora)

Prof. Dra. Kátia Alcione Kopp – UFG (Banca examinadora)

Prof. Dra. Milena Wachlevski Machado - UFRSA (Banca examinadora)

Belo Horizonte 28 de março de 2022

RESUMO

Mortes por atropelamento estão entre as maiores ameaças para a fauna silvestre, constituindo, assim, um dos impactos antropogênicos mais conhecidos para vida silvestre. a compreensão de padrões de migração e identificação de áreas de maior risco são importantes para um melhor direcionamento de medidas mitigadoras. neste estudo buscamos identificar como a sazonalidade e distribuição espacial do risco de atropelamento de anfíbios ocorre próximo a ambientes reprodutivos em duas rodovias no estado de minas gerais. áreas com maior concentração de atropelamentos de anuros (*hotspots*) foram evidenciadas por interpolação de kernel e os atropelamentos foram concentrados na estação chuvosa (período reprodutivo). no entanto, variáveis como proximidade da poça e desnível em relação a ela, assim como número de veículos, não possibilitaram prever a localização exata destes *hotspots* de atropelamento. nossos resultados evidenciam a importância de monitoramentos locais antes da tentativa de implantação de medidas mitigadoras como passagens de fauna e chama atenção para a necessidade de uma intensificação de estudos de monitoramento para que se possam buscar estimadores de risco mais precisos, os quais poderiam ser úteis não só na implantação de medidas mitigadoras, mas também no planejamento de futuras rodovias.

Palavras-chave: Anfíbios, Anuros, Atropelamento, Kernel.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVOS.....	7
2.1	Objetivo geral	7
2.2	Objetivos específicos	7
3	MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1	Área de estudo	8
3.2	Coleta de dados.....	8
3.3	Análise de dados.....	10
4	RESULTADOS.....	11
5	DISCUSSÃO	14
	<u>REFERÊNCIAS.....</u>	16

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país de megadiversidade e abriga uma das maiores faunas de anfíbios do planeta, com 1188 espécies registradas até o momento (SBH, 2021). Contudo, essa fauna encontra-se cada vez mais ameaçada devido a atividades humanas. A degradação, fragmentação e desconexão de habitats estão entre as principais causas de declínios de anfíbios no mundo (BECKER *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2007). No Brasil, este panorama não é diferente, a urbanização, mineração, incêndios e expansão agrícola estão entre as principais causas da redução da diversidade, o que pode levar ao declínio de populações de anfíbios (SILVANO e SEGALLA, 2005). Entre os causadores da fragmentação de ambientes inclui-se ainda uma extensa rede viária, resultando, adicionalmente, em mortalidade de fauna devido a atropelamentos (GRILO *et al.*, 2019).

O atropelamento é uma ameaça considerável para muitas espécies da fauna, constituindo um dos impactos mais conhecidos do tráfego e afetando diretamente a vida selvagem (FAHRIG *et al.*, 1995; FORMAN e ALEXANDER, 1998; FORMAN *et al.*, 2003; MUMME *et al.*, 2000; TAYLOR *et al.*, 2002). Apesar de existirem várias estratégias para mitigação do problema, como cercas e passagens de fauna (JAEGER e FAHRIG, 2004), muitos vertebrados morrem por ano no mundo inteiro em rodovias (GONZÁLEZ-GALLINA *et al.*, 2013; VAN DER GRIFT *et al.*, 2013). Globalmente, as estradas podem ser consideradas uma importante fonte de mortalidade com interferência antropogênica para os vertebrados (HILL *et al.* 2019).

As estradas e o tráfego podem resultar na mortalidade da vida silvestre através da colisão de indivíduos com veículos, criação de barreiras antrópicas que vão interferir no deslocamento das espécies, isolamento de populações, efeitos de borda, alteração do comportamento natural, entre outros impactos (ANDREWS, 1990; SPELLEBERG, 1998; LODE, 2000; TROMBULAK e FRISSEL, 2000). Além disso, as estradas podem intensificar o movimento humano, modificar a paisagem, aumentar o ruído e iluminação e podem ser um facilitador para contaminação tóxica e poluição de habitats ao longo do percurso (SHERWOOD *et al.* 2002; FORMAN *et al.* 2003).

Estima-se que mais de um milhão de vertebrados são mortos por dia nas estradas nos EUA (ERICKSON *et al.* 2005; LOSS *et al.* 2014) e, na Austrália, 4,45 milhões de anuros são mortos anualmente (EHMANN e COGGER, 1985). Na América do Sul, o continente com maior número de espécies de anfíbios (DUELLMAN, 1999),

grande parte delas sem dados suficientes para determinar o status de conservação e algumas delas ameaçadas (IUCN 2018), espera-se um alto e impactante índice de mortalidade. Porém, avaliações de mortalidade de anfíbios em estradas e rodovias ainda são raras no continente, dificultando o dimensionamento deste impacto.

Devido aos seus padrões de atividade, estruturas populacionais, habitats e locomoção limitada, os anfíbios são fortemente afetados e sofrem alto índice de mortalidade em estradas (FAHRIG *et al.*, 1995; GARRIGA *et al.*, 2012; GLISTA *et al.*, 2008; GRYZE e KRAUZE, 2008; SILLERO, 2008). Estudos sugerem que comportamentos sazonais, como dispersão e migração, podem interferir e ajudam a prever o número de vítimas nas estradas (SMITH-PATTEN e PATTEN, 2008; LAGOS *et al.*, 2012; RODRÍGUEZ-MORALES *et al.*, 2013). Sabe-se ainda que fatores climáticos como temperatura ou precipitação estão ligados diretamente a picos de reprodução de anfíbios anuros, os quais podem resultar em picos de atropelamento (PUKY, 2005; ANDREWS *et al.*, 2006; GLISTA *et al.*, 2008).

A maioria dos trabalhos de atropelamento tem foco em espécies que são consideradas mais emblemáticas, portanto, há necessidade de trabalhos mais gerais que determinem a história de vida, fatores temporais e espaciais que possam afetar a probabilidade de atropelamento em comunidades de diferentes grupos taxonômicos (HOBDAEY e MINSTRELL, 2008; COLINO-RABANAL *et al.*, 2011; D'AMICO, 2015). É de suma importância estimar taxas de mortalidade em estradas e como se distribuem espacialmente, uma vez que os atropelamentos podem interferir na densidade populacional das espécies (FAHRIG e RYTWINSKI, 2009).

O estado de Minas Gerais, localizado na região sudeste do Brasil, abriga dois biomas considerados *hotspots* de biodiversidade prioritários para a conservação das espécies, o Cerrado e a Mata Atlântica, neste caso, o termo conota de forma diferente ao que chamamos de *hotspots* em estudos de ecologia de estradas, aqui nos referimos aos biomas com áreas com grande biodiversidade, ricas em espécies endêmicas, e que podem apresentar alto grau de ameaça. Além de importantes bacias hidrográficas, o estado possui também uma fauna de anfíbios com mais de 200 espécies, dentre elas, várias endêmicas e ameaçadas (*sensu* MYERS *et al.*, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2009). No Cerrado, por exemplo, a ocorrência de anfíbios está relacionada à densidade populacional humana. Este fato merece atenção e gera preocupações quanto ao futuro das populações animais (DINIZ-FILHO *et al.*, 2006), fazendo da região um foco importante para estudos de atropelamentos.

Estudos em pontos específicos relacionados à presença de populações de anuros, como as adjacências de poças, lagoas ou riachos, podem indicar como estes ambientes influenciam nas taxas de atropelamento, sendo, em caso positivo, pontos estratégicos para implementação de medidas de proteção da fauna e monitoramento de sua eficácia (TAYLOR e GOLDINGAY, 2010). O presente estudo teve como objetivo principal avaliar como a proximidade de ambientes reprodutivos e a facilidade de acesso dos mesmos à estrada influenciam nas taxas de atropelamento. Partimos do pressuposto que anfíbios anuros normalmente migram para poças para reproduzir em ambientes de clima sazonal, como o estado de Minas Gerais. Sendo assim, uma intensificação de atropelamentos seria pontual caso existam ambientes reprodutivos nas adjacências de rodovias, concentrando-se em trechos mais próximos destes ambientes. A topologia do terreno, no entanto, pode também influenciar nas rotas utilizadas pelos anfíbios para chegar ao ambiente reprodutivo, por isso esperamos que maiores obstáculos do terreno reduzissem as taxas de atropelamento em trechos específicos. Testamos ainda o pressuposto de que o número de veículos transitando na rodovia influencia o número de atropelamentos, esperando que um maior número de veículos poderia gerar um maior número de atropelamentos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar padrões de atropelamento de anfíbios em dois trechos de estradas com proximidade de corpos d'água do sudeste do Brasil (Minas Gerais) avaliando a influência destes ambientes reprodutivos nas taxas de atropelamento em pontos específicos das estradas.

2.2 Objetivos específicos

- Testar como a proximidade de poças pode estabelecer locais com maior concentração de atropelamentos de anfíbios (*hotspots* de atropelamentos);
- Avaliar como a altura do nível da estrada e a proximidade dos ambientes reprodutivos influenciam nas taxas de atropelamento em trechos específicos de estrada;
- Avaliar se o número de veículos em trânsito é um preditor das taxas de atropelamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O Cerrado possui verões chuvosos e inverno seco. As chuvas são concentradas de outubro a março (estação chuvosa) (ADÁMOLI *et al.*, 1987). Existem amplas variações de altitude no bioma, variando entre 300 e 1600 m. Contudo, toda a região do bioma tem uma precipitação com distribuição sazonal semelhante devido ao mecanismo atmosférico geral que determina uma tendência uniforme nas chuvas (NIMER, 1989).

Um dos trechos de estrada estudados situa-se em Gouveia, na BR 259, que interliga os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O município de Gouveia está localizado no Espinhaço meridional, na região do planalto de Diamantina (porção centro sul da Cadeia do Espinhaço, ao norte da Serra do Cipó) a aproximadamente 1200 metros de altitude e faz parte da bacia do Alto Jequitinhonha (RAPINI, 2002). O ambiente mescla fitofisionomias do cerrado como o campo rupestre, campo limpo e campo sujo com afloramentos rochosos (RIBEIRO e WALTER, 1998).

O outro trecho situa-se na rodovia LMG 827, no município de Bambuí. Fazendo parte da região da bacia do alto São Francisco, a aproximadamente 750 metros do nível do mar, o município se encontra em uma área de domínio do Cerrado, entretanto, por ser uma área de ecótono, tem influência direta da Mata Atlântica (VARGAS, 2007). Embora haja predomínio de cerrado na região, espécies endêmicas da Mata Atlântica também ocorrem neste ambiente (VASCONCELOS, 2006). A região do alto São Francisco possui uma paisagem natural altamente descaracterizada, substituída por pastagens e plantações. Apesar de sofrer pressão devido à grande exploração mineraria e atividades agropastoris, ainda é uma área de grande importância ecológica (LOPES *et al.* 2017; OLIVEIRA *et al.* 2012; SANO *et al.* 2010). A LMG 827, rodovia que liga Bambuí a Medeiros, é considerada uma das mais perigosas da região devido a sua geografia e ao alto tráfego de caminhões.

3.2 Coleta de dados

Foram amostrados trechos de 500 m de cada rodovia sendo a poça adjacente o ponto central da amostragem. Estes 500 m foram divididos em quatro trechos de

125 m, sendo dois adjacentes à poça e os outros dois adjacentes aos primeiros (Fig. 3). Estes transectos foram marcados na tentativa de cobrir a área normalmente utilizada por anfíbios no entorno de ambientes reprodutivos ao longo do ano (área de vida), estimada como sendo, em média, de 159 a 290 m a partir das margens até o ponto mais distante (SEMLITSCH e BODIE, 2003). Com isso, partindo da poça, foram amostrados 250 metros para a direita e 250 metros para a esquerda. A definição de 500 metros de amostragem foi também baseada nas características dos trechos visto que, com essa métrica, foi incluído o maior trecho sem que ocorressem diferenças de direção da rodovia, declividade e formações vegetais entre as duas margens, buscando padronizar ao máximo outros possíveis fatores influenciadores.

A amostragem foi realizada a pé por dois observadores levando em consideração os resultados obtidos por Hobday e Minstrell (2008), que verificaram que a detecção de carcaças de animais de pequeno porte é muito mais eficiente em baixa velocidade e que o observador tem um campo de visão muito maior do que quando dentro de um veículo motor. Foram realizadas duas campanhas de cinco dias de amostragem por área, sendo uma campanha representando a estação seca (julho de 2016 em Gouveia e maio de 2018 em Bambuí) e outra, a estação chuvosa (novembro de 2016 em Gouveia e outubro de 2017 em Bambuí). As amostragens diárias durante as campanhas foram feitas em um intervalo de tempo de quatro horas, começando no início da noite (18:00h) e finalizando às 22:00h. Slater (2002) e Morrison (2002) sugerem que a taxa de remoção de carcaças de animais pequenos é bem maior do que de animais de médio e grande porte, por isso os trechos foram amostrados a cada 30 minutos de intervalo. A partir do ponto definido como 0 metros, os dois observadores se dirigiam para o ponto 500 metros e, dados os 30 minutos, retornavam para o ponto 0 metros amostrando as duas vias da estrada. Foram estabelecidas quatro parcelas sendo as parcelas 1 e 4 mais distantes e parcelas 2 e 3 mais próximas das poças. Cada parcela media 125 metros e os registros foram associados ao número da parcela onde o atropelamento foi encontrado. As espécies foram identificadas em campo. A fim de evitar a re-amostragem de carcaças, elas foram removidas após cada transecção. Foram registrados todos os veículos transitando na rodovia durante o tempo de amostragem.

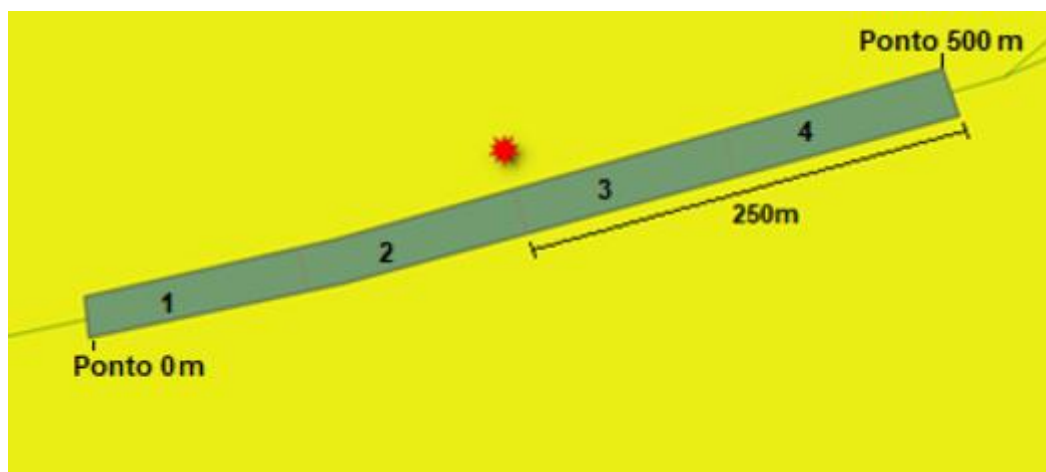


Fig.3 – Esquema para ilustrar o método de amostragem, representando os trechos que foram numerados de 1 a 4 e a lagoa situada no local indicado pelo ponto vermelho.

3.3 Análise de dados

Com a finalidade de testar a existência de *hotspots* de atropelamento em áreas adjacentes aos ambientes de reprodução de anfíbios, utilizamos estimativa de densidade de Kernel (OKABE *et al*, 2009; FAVILLI *et al*, 2018). Pontos representando cada atropelamento registrado foram sorteados de forma aleatória dentro da parcela onde o registro foi feito.

Testamos a existência de diferença significativa entre transectos próximos ou distantes das poças em termos de quantidade de atropelamentos, levando-se em consideração o desnível da estrada em relação à poça, sendo este classificado em três categorias: 1–2 m, 2–3 m, >3 m. Foi construído um modelo misto linear generalizado (Generalized Linear Mixed Model, GLMM) considerando o número de atropelamentos por dia como variável dependente, as categorias de distância da poça (adjacente ou distante) e de declividade (1–2 m, 2–3 m, >3 m), assim como sua interação, como variáveis fixas. O número de carros registrado no trecho de estrada durante o período de amostragem em cada dia também foi usado com variável fixa. A identidade de cada transecto de cada trecho de estrada foi usada como variável randômica para levar em consideração a dependência de dados coletados no mesmo transecto, em dias diferentes, e a dependência de transectos no mesmo trecho de estrada no que se refere ao trânsito de veículos e composição de espécies de anfíbios reproduzindo na poça adjacente. O modelo completo foi construído no pacote afex na plataforma R (R Core Team, 2021).

4 RESULTADOS

Registramos 189 indivíduos atropelados em Gouveia, distribuídos em 11 espécies. Em Bambuí, 395 indivíduos foram registrados, distribuídos em 21 espécies (Tabela 1). Os atropelamentos ocorreram majoritariamente durante a estação chuvosa, com apenas dois indivíduos mortos na estação seca, um *Rhinella* cf. *rubescens* em Gouveia e um *Leptodactylus labyrinthicus* em Bambuí. Sendo assim, foram analisados apenas os dados referentes à estação chuvosa. Os indivíduos que não foram identificados devido as condições da carcaça, foram contabilizados na análise de atropelamentos, porém não estão incluídos na lista de espécies (Tabela 1).

Espécies atropeladas	Bambuí	Gouveia
<i>Boana albopunctatus</i> (Spix, 1824)	3	-
<i>Boana faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	7	-
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	30	12
<i>Dendropsophus rubicundulus</i> (Reinhardt & Lütken, 1862)	30	5
<i>Dermatonotus muelleri</i> (Boettger, 1885)	6	-
<i>Elachistocleis cesarii</i> (Miranda Ribeiro, 1920)	3	-
<i>Leptodactylus chaquensis</i> Cei, 1950	5	-
<i>Leptodactylus cunicularius</i> Sazima & Bokermann, 1978	-	2
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	25	-
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	8	-
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen, 1815)	13	41
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)	8	-
<i>Leptodactylus sertanejo</i> Giaretta & Costa, 2007	-	14
<i>Phyllomedusa burmeisteri</i> Boulenger, 1882	1	-
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann, 1962	3	-
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	19	-
<i>Physalaemus marmoratus</i> (Reinhardt & Lütken, 1862 “1861”)	5	-
<i>Physalaemus nattereri</i> (Steindachner, 1863)	10	-
<i>Proceratophrys cururu</i> Eterovick & Sazima, 1998	-	14
<i>Pseudis bolbodactyla</i> A. Lutz, 1925	3	-
<i>Rhinella diptycha</i> (Cope, 1862)	24	1
<i>Rhinella rubescens</i> (A. Lutz, 1925)	-	9
<i>Scinax curicica</i> Pugliesse, Pombal & Sazima, 2004	-	7
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz, 1925)	14	-
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)	75	21
<i>Thoropa megatympanum</i> Caramaschi & Sazima, 1984	-	2
<i>Trachycephalus nigromaculatus</i> Tschudi, 1838	16	-

Tabela 1 – Número de indivíduos por espécie de anuro atropelados em dois trechos de rodovias no estado de Minas Gerais: BR 259 no município de Gouveia e LMG 827 no município de Bambuí.

A interpolação de Kernel revelou uma maior concentração de atropelamentos em trechos específicos da estrada ao longo dos trechos amostrados (Fig. 1), porém esta concentração não foi explicada pelos fatores relativos à facilidade de acesso analisados (proximidade e desnível da poça) e nem pelo número de carros em trânsito a cada dia de amostragem (Fig. 2).



Fig.1 - Concentração de espécimes atropelados por trecho amostrado segundo estimativa de Kernel em segmentos das estradas BR 259 no município de Bambuí (acima) e LMG 827 no município de Gouveia (abaixo). Quanto mais escuro o tom, maior número de atropelamentos.

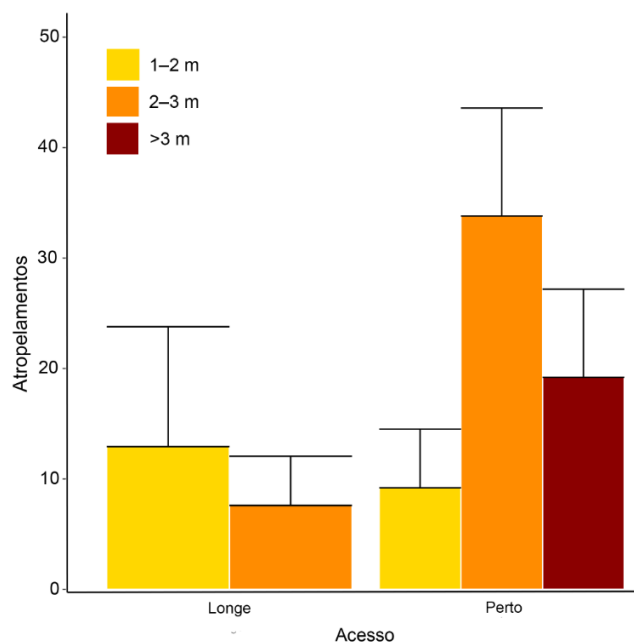


Fig.2 - Relação entre número de atropelamentos em dois trechos de estradas no estado de Minas Gerais (BR 259 no município de Gouveia e LMG 827 no município de Bambuí), distância das poças e desnível em relação à margem da estrada.

5 DISCUSSÃO

Uma concentração de atropelamentos em trechos específicos das estradas ficou evidente por meio da interpolação de Kernel. Porém, uma análise mais simplificada, considerando variáveis como altura ou distância das estradas, assim como número de veículos, não foi suficiente para explicar a concentração de atropelamentos nestes locais. Ambientes reprodutivos influenciam na probabilidade de atropelamentos, o que fica bem evidente pelo padrão sazonal observado. Pontos de maior risco de atropelamento existem e são identificáveis, porém sua previsão pode ser complexa. Com base nos padrões observados, seria aconselhável a realização de um estudo local antes de se implementar qualquer medida preventiva de maior investimento como pontos de travessia de fauna, de forma que o melhor local para implantação possa ser identificado.

A identificação de locais específicos de travessia, como feito através da interpolação de Kernel, oferece uma oportunidade interessante para instalação e monitoramento da eficácia de passagens de fauna. O monitoramento destas medidas de mitigação é muitas vezes insuficiente e estudos anteriores mostraram resultados variados quanto a utilização destes espaços (BREHM, 1989; MEINIG, 1989; PUKY e VOGEL, 2003; FAGGYAS e PUKY, 2012; OTTBURG e VAN DER GRIFT, 2019; MATOS *et al.*, 2019).

Estudos indicaram que há uma necessidade de proteção de habitats ao redor de corpos d'água para a conservação de recursos naturais necessários às populações de anfíbios (SEMLITSCH e BODIE, 2003), porém esta necessidade nem sempre é atendida, como fica evidente no caso das poças estudadas. Estudos de atropelamento indicam que estradas que atravessem zonas úmidas, consideradas como áreas de reprodução de anuros, podem ser uma das principais fontes de mortalidade de determinadas populações (SMITH e DODD, 2003).

Pouco se sabe sobre a capacidade migratória e áreas de vida dos anuros brasileiros (ETEROVICK *et al.*, 2009), dificultando a previsão do tamanho ideal de zonas de amortecimento ou corredores para serem protegidos ao redor/entre corpos d'água. Devido ao comportamento migratório dos anfíbios ser mais restrito do que o de outros vertebrados, eles geralmente têm faixas migratórias muito menores (SINSCH 1990). Sua pele permeável, suscetível a perda de água, justifica o fato da

migração ou o deslocamento estarem associados a períodos úmidos (SINSCH 1990). O tipo mais comum de migrações entre os anfíbios tem objetivos reprodutivos e está associado a sazonalidade, incluindo também busca de abrigos para serem usados na estação seca, após as atividades reprodutivas (MARTOF 1953; HEUSSER 1968; TWITTY *et al.* 1967; ORR 1982; STEBBINS e COHEN 1995; SINSCH 1990). Se um determinado local possui todos os recursos que um anuro precisa para sobreviver, tais como alimento e criadouros, não há necessidade de perda de energia direcionada a migração (PILLIOD *et al.* 2002). No entanto, a fragmentação de ambientes pode aumentar a necessidade de migrações ao desconectar ambientes reprodutivos de refúgios utilizados na estação seca (BECKER *et al.*, 2007).

A ameaça dos atropelamentos aos anfíbios brasileiros é agravada por três fatores: (1) o escasso conhecimento sobre padrões migratórios de anfíbios no Brasil (ETEROVICK *et al.*, 2009), (2) tendência de intensificação da movimentação destes animais através de áreas degradadas devido à desconexão de ambientes reprodutivos e abrigos (BECKER *et al.*, 2007), e (3) as altas taxas de atropelamento vigentes na extensa rede viária (GRILO *et al.*, 2019). Sendo assim, espera-se um alto número de atropelamentos para o grupo e uma baixa efetividade de medidas preventivas, uma vez que tais medidas não contam com uma base de conhecimentos teóricos adequados. Este estudo mostra que, no caso de ambientes reprodutivos nas proximidades de rodovias, mesmo não se sabendo quais fatores exatamente levam os anfíbios a atravessá-las em determinados locais, estes locais ainda podem ser identificados através de um monitoramento, possibilitando que medidas mitigadoras sejam espacialmente planejadas para maior eficácia. Dados de monitoramentos em diferentes locais com diferentes faunas também irão possibilitar uma análise mais abrangente dos possíveis preditores de pontos de travessia.

REFERÊNCIAS

- ADÂMOLI, J. (1981) O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os Cerrados: discussão sobre o conceito de "Complexo do Pantanal". In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, Teresina, PI. **Anais. Teresina: Sociedade Botânica do Brasil**, p.109-119.
- ANDREWS, A. (1990) Fragmentation of habitat by roads and utility corridor: A review. **Aust Zool.** v. 26, n. 3-4, p. 130–141.
- ANDREWS, K.M., GIBBONS, J.W., JOCHIMSEN, D.M. (2006) Literature synthesis of the effects of roads and vehicles on amphibians and reptiles. **Federal Highway Administration (FHWA)**, Washington DC (USA), (151 pp.).
- BECKER, C.G., FONSECA, C.R., HADDAD, C.F.B., BATISTA, R.F., PRADO, P.I. (2007) Habitat split and the global decline of amphibians. **Science.** v. 318, n. 5857, p. 1775–1777.
- BREHM K. (1989) The acceptance of 0.2-metre tunnels by amphibians during their migration to the breeding site. In: Langton TES, ed. Toad Tunnel Conference: Amphibians and Roads. Proceedings of the Toad Tunnel Conference, 7–8 January 1989. Rendsburg: Federal Republic of Germany. 29-42.
- COLINO-RABANAL, V.J., LIZANA, M., PERIS, S.J. (2011) Factors influencing wolf *Canis lupus* roadkills in northwest Spain. **Eur J Wildl Res.** v. 57, p. 399–409.
- D'AMICO M, ROMAN J, DE LOS REYES L, REVILLA E. (2015) Vertebrate roadkill patterns in Mediterranean habitats: who, when and where. **Biol Conserv.** v. 191, p. 234–242.
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., PINTO, M.P., RANGEL, T.F.L.V.B., CARVALHO, P., BASTOS, R.P. (2006) Anuran species richness, complementarity, and conservation conflicts in Brazilian Cerrado. **Acta Oecol.** v. 29, n. 1, p. 9–15.
- DUELLMAN, W.E. (1999) Patterns of Distribution of Amphibians: a Global Perspective. **The Johns Hopkins University Press**. Baltimore and London, p. 255-327.
- ECHTERNACHT, L., TROVÓ, M., OLIVEIRA, C.T., PIRANI, J.R. (2011) Areas of endemism in the Espinhaço Range in Minas Gerais, **Brazil. Flora** v. 206 p. 782-791.
- EHMANN, H., COGGER, H. (1985) Australia's endangered herpetofauna: a review of criteria and policies. In Biology of Australasian frogs and reptiles, ed. G. Grigg, R. Shine & H. Ehmman. **Surrey Beatty & Sons**, NSW, pp. 435-47.
- ERICKSON W.P., JOHNSON G.D., YOUNG D.P. (2005) A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. Tech. Rep. PSW-GTR-191. US Dept. of Agriculture.

ETEROVICK, P.C., YAZBECK, G.M., DERGAM, J.A., KALAPOTHAKIS, E., (2009) Small scale population structure in the treefrog *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964) (Anura, Hylidae). **S. Am. J. Herpetol.** v. 4, p. 235-244.

FAGGYAS S., PUKY M. (2012) Construction and preliminary monitoring results of the first ACO Wildlife Pro amphibian mitigation systems on roads in Hungary. **Állattani Közlemények** v. 97, p. 85-93 [in Hungarian, with English summary].

FAHRIG, L., RYTWINSKI, T. (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. **Ecology and society**, v. 14, n. 1

FAHRIG, L., PEDLAR, J.H., POPE, S.E., TAYLOR, P.D., WEGNER, J.F. (1995) Effect of road traffic on amphibian density. **Biol Conserv.** v. 73, n. 3, p.177–182.

FAVILLI, F., BÍL, M., SEDONÍK, J., ANDR' AŠIK, R., KASAL, P., AGREITER, A., STREIFENEDER, T., (2018) Application of KDE+ software to identify collective risk hotspots of ungulate-vehicle collisions in South Tyrol, Northern Italy. **Eur. J. Wildl. Res.** v. 64 p. 64-59.

FORMAN, R.T.T., ALEXANDER, L.E. (1998) Roads and their major ecological effects. **Annu Rev Ecol Syst.** v. 29, p. 207–231.

FORMAN, R.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., WINTER, T.C. (2003). *Road ecology: science and solutions*. Island press.

FORMAN, R.T.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, C.R., HEANUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T., WINTER, T.C. (2003) **Road ecology: Science and Solutions**. Island Press, Washington DC (USA), (481 pp.).

GARDNER, T.A., BARLOW, J. & PERES, C.A. (2007) Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: The importance of habitat change for amphibians and reptiles. **Conserv Biol.** v. 138, n. 1-2, p. 166-179.

GARRIGA, N., SANTOS, X., MONTORI, A., RICHTER-BOIX, A., FRANCH, M., LLORENTE, G.A. (2012) Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. **Biodivers Conserv.** v. 21, p. 2761-2774.

GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R., HARLEY, R.M. (1997) Espinhaço range region. In: Davis, S.D.; Heywood, V.H.; Herrera-Macbride, O.; Villa-Lobos, J. & Hamilton, A.C. (eds.). *Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. The Americas*. Vol. 3. WWF/IUCN, Cambridge. p. 397-404.

GLISTA, D.J., DEVAULT, T.L., DEWOODY, J.A. (2008) Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. **Herpetol Conserv Bio.** v. 3, n. 1, p. 77–87.

GRYZ, J., KRAUZE, D. (2008) Mortality of vertebrates on a road crossing the Biebrza Valley (NE Poland). **Eur J Wildl Res.** v.54, n. 4, p. 709-714.

GONZÁLEZ-GALLINA, A., BENÍTEZ-BADILLO, G., ROJAS-SOTO, O.R., HIDALGO-MIHART, M.G. (2013) The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. **Biodivers Conserv.** v. 22, n. 2, p. 325–342.

GRILO, C., *et al.* (2019) Brazil Road- Kill: A Dataset of Wildlife Terrestrial Vertebrate Road-Kills. **Bull Ecol Soc Am** v. 100 n. 1, e01449. <https://doi.org/10.1002/bes2.1449>

HEUSSER, H. (1968) Die Lebensweise der Erdkröte (*Bufo bufo* L) Wanderungen und Sommerquartiere. **Revue Suisse de Zoologie** v. 75, p. 928-982.

HILL, J.E., DEVAULT, T.L., BELANT, J.L. (2019) Cause-specific mortality of the world's terrestrial vertebrates. **Glob Ecol Biogeogr** v. 28, p. 680–689.

HOBDAY, A.J., MINSTRELL, M.L. (2008) Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways: human management options. **Wildl Res.** v. 35, n. 7, p.712–726.

IUCN (2018) The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>

JAEGER, J.A.G., FAHRIG, L. (2004) Effects of road fencing on population persistence. **Conserv Biol.** v. 18, n. 6, p. 1651–1657.

LAGOS, L., PICOS, J., VALERO, E. (2012) Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. **Eur J Wildl Res.** v. 58, n. 4, p. 661–668.

LODE, T. (2000) Effect of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations. **Ambio.** v. 29, n. 3, p. 163–166.

LOPES, L. E., REIS, J. N., DE MOURA, A. S., CORRÊA, B. S., CARVALHO, C. M. S., JOSÉ, H., DE REZENDE, M. A. (2017) Aves de três municípios do Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **Atual. Ornito.** n. 196, p. 49-62.

LOSS, S.R., WILL T., MARRA P.P. (2014) Estimation of bird-vehicle collision mortality on U.S. roads. **J Wildl Manag** v. 78 p. 763–771.

MARTOF B. (1953) Home range and movements of the green frog, *Rana clamitans*. **Ecology** v. 34, p. 529-543.

MATOS C., PETROVAN S.O., WHEELER P.M., WARD A.I. (2019) Short-term movements and behaviour govern the use of road mitigation measures by a protected amphibian. **Anim Conserv.** v. 22(3), p. 285-296.

MEINIG H. (1989) Experience and problems with a toad tunnel system in the Mittelgebirge region of West Germany. In: Langton TES, ed. Toad Tunnel Conference: Amphibians and Roads. Proceedings of the Toad Tunnel Conference, 7–8 January 1989. Rendsburg: Federal Republic of Germany. 59-66.

MORRISON; M. (2002) Searcher Bias and Scavenging Rates in Bird/Wind Energy Studies. Subcontractor Report – **National Renewable Laboratory**. NREL/SR-500-30876.

MUMME, R.L., SCHOECH, S.J., WOOLFENDEN, G.E., FITZPATRICK, J.W. (2000) Life and death in the fast lane: demographic consequences of road mortality in the Florida scrub-jay. **Conserv Biol.** v. 14, n. 2, p.501–512.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature.** v. 403, n. 6772, p. 853-858.

NASCIMENTO, L.B., LEITE, F.S.F., ETEROVICK, P.C., FEIO, R.N., (2009) **Anfibios**. IN: DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., GRECO, M.B., VIEIRA, F. (Eds.), Biota Minas: Diagnóstico do Conhecimento sobre a Biodiversidade no Estado de Minas Gerais – Subsídio ao Programa Biota Minas. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte (Brasil) (221–248 pp.).

NIMER, E. (1989) **Climatologia do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, (422pp.).

OLIVEIRA, E.G., M.E. FERREIRA, F.M.D. ARAÚJO (2012) Diagnostic of the land use in the Midwest region of Minas Gerais, Brazil: the renewal of the landscape by the sugarcane crops and its social and environmental impacts. **Sociedade & Natureza** v. 24, p. 545-555.

OKABE, A., SATOH, T., SUGIHARA, K. (2009) A kernel density estimation method for networks, its computational method and a GIS-based tool. **Int. J. Geogr. Inf. Syst.** v. 23 p. 7-32.

ORR RF (1982) Vertebrate Biology 5th Ed. Saunders College Publishing, Philadelphia.

OTTBURG F.G.W.A., VAN DER GRIFT E.A. (2019) Effectiveness of road mitigation for common toads (*Bufo bufo*) in the Netherlands. *Frontiers, Ecol Evol.* v.7, p.23.

PILLIOD D.S., PETERSON C.R., RITSON P.I. (2002) Seasonal migration of Columbia spotted frogs (*Rana luteiventris*) among complementary resources in a high mountain basin. **Can J Zool.** v. 80, p. 1849-1862.

PUKY, M. (2005) **Amphibian Road kills: a global perspective**. In: IRWIN, C.L., GARRETT, P., MCDERMOTT, K.P. (Eds.), Proceedings of the 2005 International

Conference on Ecology and Transportation (ICOET). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University (USA), (325–338 pp.).

PUKY M., VOGEL Z. (2003) Amphibian mitigation measures on Hungarian roads: design, efficiency, problems and possible improvement, need for a co-ordinated European environmental education strategy. In: **International Conference on Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure**. Brussels: IENE.

RAPINI, A., MELLO-SILVA, R., KAWASAKI, M.L. (2002) Richness and endemism in Asclepiadoideae (Apocynaceae) from the Espinhaço Range of Minas Gerais, Brazil - a conservationist view. **Biod. and Con.** v. 11. p. 1722-1746.

R CORE TEAM, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Version 3.6.3, Vienna, Austria. <https://cran.r-project.org/>

RIBEIRO, J.F., WALTER, B.M.T. (1998) **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC, Planaltina (Brasil), (89-166 pp.).

RODRÍGUEZ-MORALES, B., DÍAZ-VARELA, E.R., MAREY-PÉREZ, M.F. (2013) Spatiotemporal analysis of vehicle collisions involving wild boar and roe deer in NW Spain. **Accid Anal Prev.** v. 60, p. 121–133.

SANO, E.E., R. ROSA, J.L. BRITO, L.G. FERREIRA (2010) Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Env. Monitoring and Assessment** v. 166, p. 113-124.

SBH- Sociedade Brasileira de Herpetologia. **Lista de espécies de anfíbios do Brasil** [online]. 2021. [acessado em 06 junho 2021]. Disponível em: <https://www.sbherpetologia.org.br/listas/anfibios>.

SEMLITSCH, R. D., AND J. R. BODIE. (2003) Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. **Conserv Biol.** v. 17, p. 1219-1228.

SHERWOOD, B., CUTLER, D. & BURTON, J. (2002) **Wildlife and Roads: The Ecological Impact**. Imperial College Press, London (UK), (316 pp.).

SILLERO, N. (2008) Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis. **Amphib-Reptil.** v. 29, n. 3, p. 337-347.

SILVANO, D.L., SEGALLA, M.V. (2005) Conservação de anfíbios no Brasil. **Megadiversidade.** v. 1, n. 1, p. 79-86.

SINSCH U. (1990) Migration and orientation in anuran amphibians. **Ethology, Ecology, Evolution** v. 2, p. 65-79.

SLATER, F.M. (2002) An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. **Web Ecol.** v. 3, n. 1, p. 33–42.

SMITH, L.L., AND C.K. DODD, JR. (2003) Wildlife mortality on highway US 441 across Paynes Prairie, Alachua County, Florida. **Florida Scientist** v. 66, p.128-140.

SMITH-PATTEN, B.D., PATTEN, M.A. (2008) Diversity, seasonality, and context of mammalian road kills in the southern Great Plains. **J Environ Manage.** v. 41, n. 6, p. 844–852.

SPELLERBERG, I.F. (1998) Ecological effects of roads and traffic: A literature review. **Glob Ecol Biogeogr.** v. 7, n. 5, p. 317–333.

STEBBINS R.C, COHEN NW (1995) A Natural History of Amphibians. **Princeton University Press**, Princeton, New Jersey.

TAYLOR, S.K., BUERGELT, C.D., ROELKE-PARKER, M.E., HOMER, B.L., ROTSTEIN, D.S. (2002) Causes of mortality of free-ranging Florida panthers. **J Wildl Dis.** v. 38, n. 1, p. 107–114.

TAYLOR, B.D., GOLDINGAY, R.L. (2010) Roads and wildlife: impacts; mitigation and implications for wildlife management in Australia. **Wildlife Res.** v. 37 p. 320–331.

TROMBULAK, S.C., FRISSELL, C.A. (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conserv Biol.** v. 14, n. 1, p. 8–30.

TWITTY V.C., GRANT D., ANDERSON O. (1967) Initial homeward orientation after longdistance displacements in the newt *Taricha rivularis*. **Proceedings of the National Academy of Science, USA** v. 57, p. 342.

VAN DER GRIFT, E.A., VAN DER REE, R., FAHRIG, L., FINDLAY, S., HOULAHAN, J., JAEGER, J.A.G., KLAR, N., MADRIÑAN, L.F., OLSON, L. (2013) Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. **Biodivers Conserv.** v. 22, p. 425–448.

VARGAS, E. T. (2007) Um viveiro de mudas como ferramenta para o ensino de ecologia, botânica e educação ambiental. Dissertação de mestrado em Programa de Pós-graduação no Ensino de Ciências e Matemática, PUC Minas p. 94.

VASCONCELOS, M. F., D'ANGELO NETO, S., KIRWAN, G. M., BORNSCHEIN, M. R., DINIZ, M. G., SILVA, J. F. (2006) Important ornithological records from Minas Gerais state, Brazil. **Bulletin of the British Ornithologists' Club** v. 126 p. 212-238.