

Como a velocidade de avaliação interfere no número de registro de animais atropelados?

How does the evaluation speed interfere in the registry number of animated animals?

DOI:10.34117/bjdv7n6-605

Recebimento dos originais: 08/05/2021

Aceitação para publicação: 25/06/2021

Silvio Lacerda de Oliveira

Docente do Centro de Ensino Superior de Jataí - Goiás

Rogério Pereira Bastos

Docente da Universidade Federal de Goiás

Kenia Alves Pereira Lacerda

Docente do Instituto Federal de Goiás

Sabrina Enzo Alves e Lacerda

Discente da UniFimes- Mineiros Goiás

Kevin Enzo Alves e Lacerda

Discente da UniRV- Rio Verde Goiás

RESUMO

Ecologia de estradas é uma disciplina científica que estuda os efeitos de infraestruturas de transporte como estradas, ferrovias e canais sobre o ecossistema. Efeitos ecológicos que incluem a destruição e fragmentação do habitat, a interrupção de processos ecológicos, aumento da erosão e poluição, e, particularmente preocupante, há o atropelamento animal, que pode ser altamente impactante para populações de espécies que existem em baixas densidades, como as ameaçadas de extinção e as que possuem área de vida relativamente grande e taxas reprodutivas baixas, como as de carnívoros, tendo potencial para afetar significativamente a biodiversidade. Mesmo com um aumento considerável de estudos recentes sobre o tema, existem grandes lacunas de conhecimento na ecologia de estradas. Uma destas lacunas é sobre metodologia para avaliar a taxa de atropelamento nas estradas. Neste artigo é analisado o índice de detecção de animais de diferentes classes taxonômicas utilizando diferentes velocidades de monitoramento, e foi observado que a velocidade de 5 km.h⁻¹ é a que melhor atende o propósito de apontar a real taxa de atropelamento.

Palavras-chave: Ecologia de estradas, atropelamento animal, métodos de levantamento.

ABSTRACT

Road Ecology is a scientific discipline that studies the effects of transport infrastructures such as roads, railways and canals on the ecosystem. Ecological effects including habitat destruction and fragmentation, disruption of ecological processes, increased erosion and

pollution, and, particularly worrying, there is animal overturning, which can be highly impacting to populations of species that exist in low densities, such as endangered species and those with relatively large living areas and low reproductive rates such as carnivores have the potential to significantly affect biodiversity. Even with a considerable increase in recent studies on the subject, there are major knowledge gaps in road ecology. One of these gaps is about methodology for assessing road crash rate. In this article we analyze the detection rate of animals of different taxonomic classes using different tracking speeds, and it was observed that the speed of 5 km.h⁻¹ is the one that best serves the purpose of pointing to the real trampling rate.

Keywords: Road ecology, roadkill, survey methods.

1 INTRODUÇÃO

O atropelamento animal em estradas é tido como uma fonte significativa de redução das populações de várias espécies (ANDREWS & GIBBONS, 2008), com taxas de mortalidade suficientes para ser considerado ameaça a persistência de determinadas espécies (CIARNIELLO et al, 2007). GLISTA et al. (2008), ao longo de 17 meses, nos EUA, registrou cerca de 10.000 atropelamentos letais para animais silvestres em um único local. Só no Brasil, estima-se que 473 milhões de vertebrados morrem em acidentes de veículos por ano (CBEE, 2015). Esta mortalidade por atropelamento pode ser altamente impactante para populações de espécies que existem em baixas densidades, como as ameaçadas de extinção (SCHONEWALD-COX & BUECHNER, 1992; MUMME et al. 2000) e as que possuem área de vida relativamente grande e taxas reprodutivas baixas, como as de carnívoros (KNICK, 1990), tendo potencial para afetar significativamente a biodiversidade (BARTELS & KOTZE 2006).

Várias espécies de animais são particularmente sensíveis a colisões nas estradas. TROMBULAK & FRISSEL, (2000) apontam o atropelamento como principal causa de morte de alces (*Alces alces*) no Alasca -EUA e da coruja-de-celeiro (*Tyto alba*) no Reino Unido, a segunda maior causa de morte do lince-ibérico (*Felis pardina*) no sudoeste da Espanha e a terceira de cervo-da-cauda-branca (*Odocoileus virginianus*) e lobo (*Canis lupus*) nos EUA. No Brasil, RODRIGUES (2002) & SILVEIRA (1999) relatam que a principal causa de mortalidade para as populações de lobos-guarás (*Chrysocyon brachyurus*) nascidos na Estação Ecológica de Águas Emendadas (DF) e no Parque Nacional do Iguaçu (PR) é o atropelamento. O atropelamento de animais silvestres em rodovias é considerado por alguns autores como o principal fator antrópico responsável

diretamente pela mortalidade de vertebrados terrestres em escala global (FORMAN & ALEXANDER, 1998).

O comportamento animal e a busca de alimento são os principais fatores que determinam a vulnerabilidade de espécies a atropelamentos (LAURANCE et al., 2009; CÁCERES, 2011; CARVALHO et al., 2015). As espécies que forrageiam nas proximidades das estradas são mais vulneráveis a atropelamentos, que inclui muitos predadores e herbívoros que se alimentam de gramíneas, grãos derramados por veículos de transporte de cargas (FISCHER, 1997; COFFIN, 2007; LAURANCE et al, 2009, GRILO et al., 2010), ou mesmo restos de alimento e lixo jogados nas estradas pelos motoristas (PRADA, 2004). Espécies necrófagas vão à procura de carcaças de animais mortos pelos veículos, perpetuando muitas vezes um ciclo de atropelamentos (NOSS, 2001).

A variedade de abordagens e metodologia dos estudos pode não permitir uma comparação adequada entre esses resultados obtidos com metodologia diferentes. Todavia, DORNELLES et al, (2012) em uma revisão integrada de trabalhos realizados no Brasil, com pesquisas que avaliaram todas as classes taxonômicas, encontraram na maioria dos trabalhos (56%) mamíferos e aves como principais grupos atropelados. Os répteis, especificamente da ordem dos ofídios, tendem a ser subestimados nos levantamentos (GLISTA et al., 2009), fato particularmente grave, pois membros deste táxon possuem um conjunto de características comportamentais que os tornam vulneráveis ao atropelamento (JOCHIMSEN et al, 2004; ANDREWS et al., 2008). Dentre tais características destacam-se a locomoção lenta (ANDREWS & GIBBONS, 2005) e a permanência no leito das estradas para termorregulação (LAURANCE et al, 2009; GRILO et al, 2010, SULLIVAN, 1981). Estudos de campo mais específicos têm documentado um elevado número de mortes de serpentes nas estradas (SMITH & DODD, 2003; ANDREWS & GIBBONS, 2008), embora de uma maneira geral não são avaliados ou não figuram na lista de classes atropeladas (PEREIRA et al., 2006, DORNELLES et al, 2012; CARVALHO et al., 2015). Anfíbios são grupos que apresentam uma dificuldade adicional de detecção, seja por seu pequeno tamanho e pelo fato de suas carcaças serem rapidamente retiradas por carniceiros. BECKMANN & SHINE (2015) em estudo de simulação de atropelamento verificaram que 73% das carcaças foram removidas por necrófagos, em média 2,9 horas após o nascer do sol. Apontaram ainda que o esmagamento das carcaças no centro da via por veículos pode dificultar a visualização e identificação.

PRADA (2004) ressalta que as taxas de atropelamento em geral são subestimativas. Os animais que não morrem no momento da colisão deslocam-se para a vegetação adjacente, onde perecem sem serem contabilizados. Pequenos vertebrados mortos são levados rapidamente por necrófagos e carcaças de animais de médio porte em geral somem da rodovia em período compreendido entre 1 e 15 dias (FISCHER, 1997)

CARVALHO et al. (2015) justificam a importância da detecção de áreas/trechos nos quais se concentram atropelamentos (hotspots), com uso de análises confiáveis, pois desta maneira, seria possível saber onde instalar as medidas de mitigação específicas, tais como sinais de aviso, barreiras eletrônicas, redutores físicos de velocidade, repelente olfativo, luz e som e passagens de fauna (GLISTA et al., 2009; GRILO et al., 2010; VAN DER GRIFT et al., 2013). Partindo do pressuposto que não é financeiramente viável para a maioria dos governos desenvolver estratégias que mitiguem atropelamentos ao longo de todas as estradas (GOMES et al., 2009), os gestores precisam de dados confiáveis para identificar quando e onde certas espécies são susceptíveis às elevadas taxas de atropelamentos, a fim de implementar medidas de mitigação nesses locais (GRILO et al., 2009).

Globalmente, há um aumento de interesse científico em atropelamentos e ecologia das estradas com vários artigos sendo publicados, por exemplo, BAGER, (2012), SUTHERLAND et al. (2010), COLINSON et al., (2014), CARVALHO et al. (2015). Há consenso de que deva haver metodologia confiável, estatisticamente viável e factível com a realidade dos pesquisadores para avaliar a mortalidade em estradas por atropelamento. (ERRITZØE et al., 2003).

Existe, portanto, uma necessidade de investigar os fatores que influenciam na detecção de atropelamento animal para uma variedade de espécies (FORD & FAHRIG, 2007; KOLOWSKI & NIELSEN 2008). Neste sentido, COLINSON et al. (2014) desenvolveram um protocolo padronizado para estimar as taxas de atropelamentos em diferentes situações, avaliando a velocidade do veículo observador, o tamanho do animal atropelado, a posição do sol, dentre outros e apresentaram um protocolo padronizado para a avaliação dos atropelamentos. Mas, apesar da inegável contribuição, incorrem em erros, ao não avaliar a possibilidade do observador estar a pé, e apresentar conclusões não condizentes com os dados apresentados, sem justificativa estatística, como, por exemplo, a taxa de detecção de pequenos vertebrados ser superior em uma velocidade mais alta. O estudo de Cezar et al (2021) apresenta sazonalidade como outro fator que pode influenciar nos atropelamentos de animais silvestres nas estradas da Paraíba, região Nordeste de

nosso País, ficando evidente que no período seco foi encontrado mais espécies atropeladas por viagem do que no chuvoso.

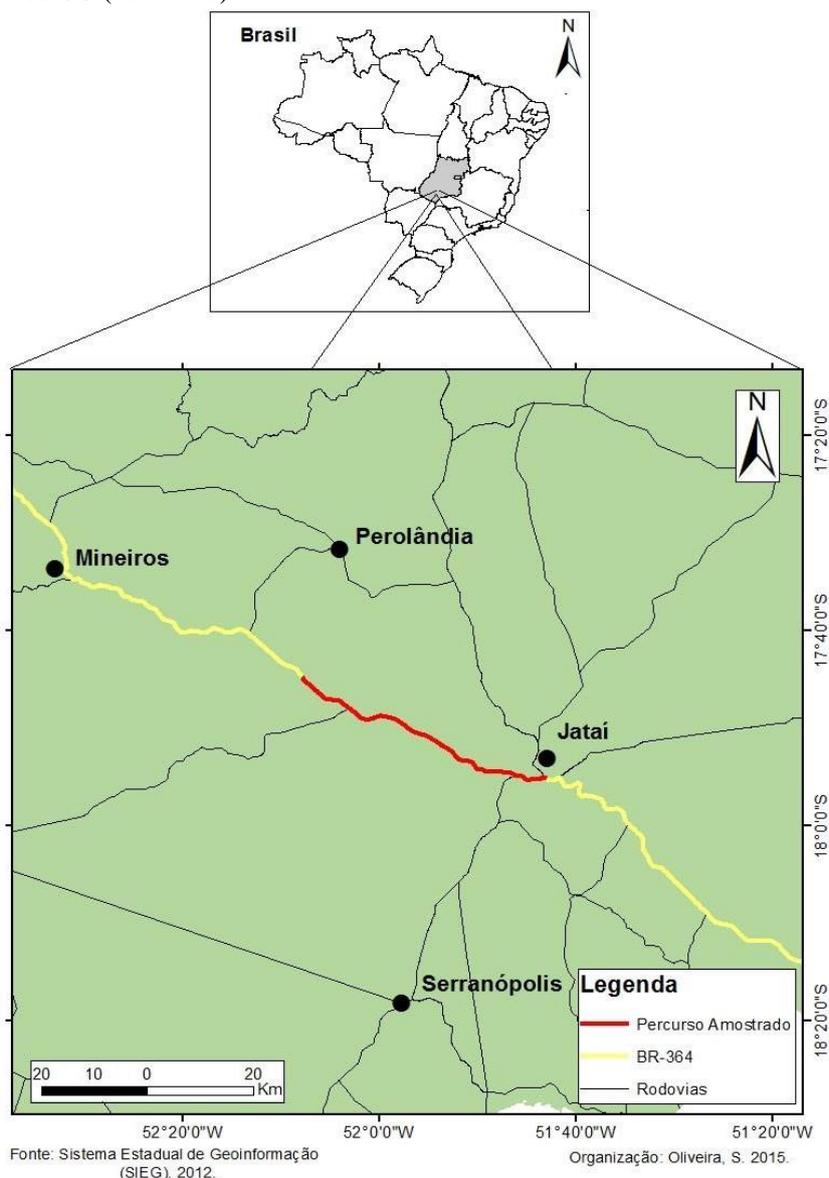
Uma das grandes dificuldades em se avaliar a acurácia de um estudo ou comparar diretamente seus dados com outros estudos sobre atropelamento animal é a falta de padronização na metodologia adotada pelos pesquisadores. Neste artigo é analisado o índice de detecção de animais de diferentes classes taxonômicas utilizando diferentes velocidades de monitoramento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DO ESTUDO

O estudo foi realizado na BR 364, no trecho Jataí-Mineiros, Estado de Goiás, (figura 1), sendo 50 km de rodovia simples, com duas faixas de rolamento, trânsito em ambos os sentidos. Em média, 6.000 mil veículos passam diariamente neste trecho da rodovia (DNIT, 2014). A área está incluída no bioma Cerrado. A vegetação nativa circundante é composta por Cerrado *stricto sensu* e campo, formações savânicas, e pequenos fragmentos de Cerradão que condizem com as formações florestais, com uma paisagem dominada por culturas agrícolas anuais (predominantemente milho e soja). O clima é Awa, de acordo com a Classificação de Köppen, tropical de savana, com um período chuvoso e quente, de outubro a abril, denominado de verão e um período de inverno seco de maio a setembro (ROSA et al., 1991), com temperaturas médias entre 17 °C e 23 °C, intervalo de temperatura anual entre 7 °C e 9 °C, e umidade relativa do ar variando entre 40 e 80% (INMET, 2014). Os índices pluviométricos variam de, aproximadamente, 1400-1700 mm/ano (Mariano, 2006).

Figura 1. Localização da rodovia BR-364, especialmente a seção investigada, entre os municípios de Jataí e Mineiros-GO (no círculo).



Fonte: Brasil, Ministério dos Transportes (2012).

2.2 MÉTODOS EXPERIMENTAIS E PROVAS DE VELOCIDADE

As provas de velocidade foram realizadas entre outubro de 2014 e julho de 2015, com avaliações em 02/10/2014, 05/12/2014, 03/02/2015, 04/04/2015 e 03/07/2018, com dois observadores na estrada verificando a presença de animais atropelados. Os registros de atropelamentos foram identificados no menor nível taxonômico possível, sendo amostrados mamíferos, aves, répteis e anfíbios. Quando não foi possível estabelecer a classe taxonômica, o animal foi categorizado como indefinido, mas permaneceu como animal atropelado, caso verificado pertencer ao filo Chordata. Os mamíferos foram identificados e

nomeados de acordo com REIS et al. (2010), as aves de acordo com SIGRIST (2009) e CBRO (2011). Para os répteis, COSTA & BÉRNILS (2014) foram utilizados e os anfíbios identificados na pesquisa seguiram a nomenclatura de SEGALLA et al. (2014). Quando não foi possível a identificação no local, as carcaças eram fotografadas para posterior tentativa de identificação.

Os espécimes foram categorizados quanto ao porte, segundo metodologia de FONSECA et al. (1996), na qual é estipulada que as espécies de pequeno porte correspondem a indivíduos com peso inferior a 1 kg e de médio porte a indivíduos com peso superior a 1 kg; e quanto à morfologia da carcaça, sendo inteira, fragmentada (quando se separa partes da carcaça) e compactada (quando ocorre prensagem da carcaça no asfalto, normalmente por veículos pesados que transitam encima da carcaça após o atropelamento). A rodovia foi separada em três zonas de observação, sendo a pista de rolamento, neste trabalho denominado centro (largura média = 7,0 m), o acostamento (largura média = 1,8 m) e a faixa de domínio, esta última com largura variável. Foram casualizados cinco pontos de observação ao longo de 50 km (Km 203, 212, 218, 230 e 242 da BR 364), sendo que cada ponto de avaliação abrangia um trecho de 1 km, que foram percorridos a 100 Km.h⁻¹, 80 Km.h⁻¹, 60 Km.h⁻¹, 40 Km.h⁻¹ e a pé (5 Km.h⁻¹), em ordem decrescente de velocidade, para evitar sugestionamento pela visualização anterior. Como os pontos foram determinados de forma aleatória, não foram excluídas condições de menor visibilidade, tais como curvas, sombras projetadas por árvores da estrada ou vegetação lateral em efeito de barreira. As diferentes velocidades foram estabelecidas e mantidas por piloto automático, utilizando veículo com volante à esquerda, conduzido no lado direito da via. No deslocamento a pé (5 Km.h⁻¹), se calculou uma média entre os diversos deslocamentos. As observações foram repetidas 05 vezes em cada um dos 05 pontos, ao longo de 09 meses (n=25). Os mesmos pesquisadores realizaram todos os testes, para evitar interferência na taxa de detecção por habilidades diferenciadas.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

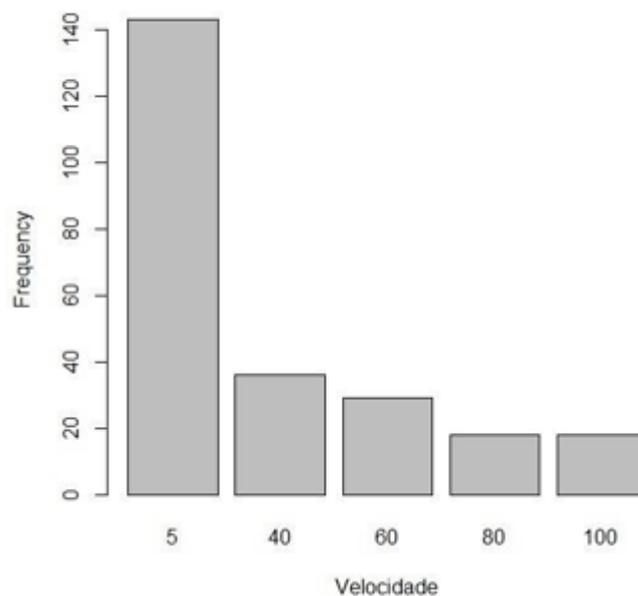
A influência das diferentes velocidades na detecção de atropelamentos de animais foi testada usando uma ANOVA (Software R, versão R-3.1.1, 2014) e teste Kruskal-Wallis, e os resultados foram consideradas significativos em $P < 0,05$. A velocidade foi categorizada como variável independente, e o número de

atropelamentos, as diferentes classes detectadas por categoria de velocidade e a posição e morfologia das carcaças, as dependentes variáveis. Foi utilizado os testes Qui-quadrado e teste exato de Fisher para verificar se existiam independência entre as variáveis. Foram utilizados testes dois a dois para verificar grupamentos que podem ser considerados iguais. Foi utilizado estatística descritiva para distribuição das espécies dentro das classes. Para regressão linear utilizou-se o teste F.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

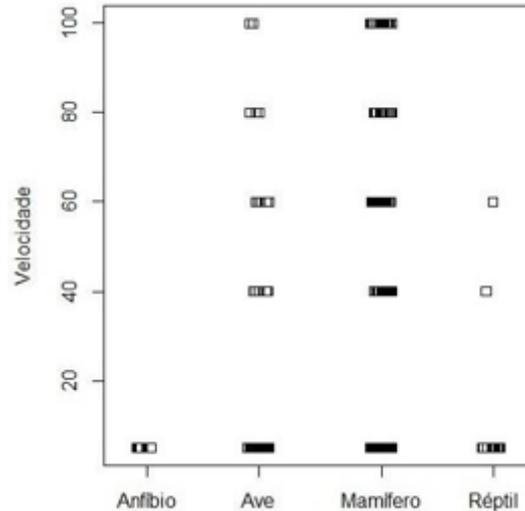
A detecção de atropelamentos foi afetada pela velocidade do veículo ($\chi^2=53,0673$ $df=4$; $P <0,05$), pela morfologia ($F 165,53$ $df= 2$ $P <0,05$), posição ($F 102,54$ $df= 2$ $P <0,05$) e tamanho do animal ($F 673,32$ $df= 1$ $P <0,05$). Taxas máximas de detecção foram encontradas a 5 Km.h-1 ($n=143$), diminuindo em precisão linearmente com o aumento da velocidade, para 40 Km.h-1 (25,17%), 60 Km.h-1 (20,27%), 80 Km.h-1 e 100 Km.h-1 (11,88%), respectivamente (figura 2).

Figura 2. Número acumulado de animais atropelados detectados em cinco velocidades durante levantamento experimental, em rodovia asfaltada, em Goiás, Brasil.



O grupo mais representativo foi o de mamíferos (86 animais), seguido de aves (39 indivíduos), répteis (12 exemplares) e anfíbios (06 espécimes) (figura 3).

Figura 3. Distribuição das diferentes classes de vertebrados no estudo.



Foram registrados um total de 143 animais atropelados e uma média de 0,944 indivíduos por km percorridos a 60 km.h⁻¹ (tabela 1), índice superior a outros trabalhos, como por exemplo, os realizados por ROSA & MAUHS (2004) e TURCI & BERNARDE (2009) com uma média de 0,082 e 0,078 indivíduos atropelados por km, respectivamente, e 0,14 indivíduos por km percorridos (Silva et al. 2013) embora este últimos percorreram a 50 km/h e em motocicleta, o que afeta e diminui a acurácia da verificação (Rosa et al., 2012).

Tabela 1. Média de atropelamento por Km, nas diferentes velocidades de monitoramento.

Classe/velocidade*	100	80	60	40	5
Mamíferos	0,56	0,56	0,92	1,2	3,44
Aves	0,12	0,12	0,2	0,2	1,56
Répteis	0	0	0,04	0,04	0,48
Anfíbios	0	0	0	0	0,24

* velocidade Km.h⁻¹

Não houve diferença entre os levantamentos realizados a 100 e 80 km.h⁻¹. Houve um aumento na detecção de atropelamentos com a redução da velocidade de monitoramento de 80 para 60, 40 e 5 km.h⁻¹. Para mamíferos, esse aumento foi de 1,64; 2,14 e 6,14, respectivamente, ou seja, em um levantamento realizado a 5 km.h⁻¹ espera-se encontrar 6,14 mais mamíferos atropelados que em um levantamento realizado a 80 ou 100 km.h⁻¹. Para aves também não houve diferença entre as velocidades

de 100 e 80 km.h⁻¹ e 60 e 40 km.h⁻¹. O aumento na detecção foi de 1,66 entre esses grupos de velocidades e de 13 vezes no levantamento a 5 km.h⁻¹ comparado com a velocidade de 100 ou 80 km.h⁻¹. A 60 km.h⁻¹ iniciou a detecção de répteis, e na velocidade de 5 km.h⁻¹ foram detectados 12 vezes mais répteis que na velocidade de 60 km.h⁻¹.

Na velocidade de monitoramento de 100 km.h⁻¹, 82,85% dos animais atropelados, eram mamíferos e 17,64% aves, não sendo observada diferença quando se reduziu a velocidade para 80 km.h⁻¹. Com o monitoramento a 60 km.h⁻¹, constatou-se aproximadamente a mesma proporção de mamíferos e aves e iniciou a percepção de répteis (3,44%), resultados semelhantes aos obtidos por Carvalho et al. (2015). No levantamento com velocidade média de 5 km.h⁻¹ (a pé) foi observado todas as classes de vertebrados, com um incremento da detecção de aves e répteis (27,27 e 8,39% respectivamente) e foram detectados anfíbios, no percentual de 4,19% (tabela 2).

Tabela 2. Distribuição dos atropelamentos por classes em função da velocidade, média por km (%).

Classe/velocidade*	100	80	60	40	5
Mamíferos	82,85	82,85	79,31	83,33	60,13
Aves	17,64	17,64	17,24	13,88	27,27
Répteis	0	0	3,44	3,44	8,39
Anfíbios	0	0	0	0	4,19

* velocidade Km.h⁻¹

Euphractus sexcinctus (tatu-peba) foi o mamífero mais encontrado no atual estudo (25%), dado também registrado por CARVALHO et al. (2015), sendo comum figurar entre os animais mais atropelados nos levantamentos (BATISTA TURCI & BERNARDE, 2009; PEREIRA et al., 2010). Possui hábitos diurnos e crepusculares, e ocasionalmente tem atividade durante a noite (ALBERTO et al. 2010). Muito comum no Estado e pode ser encontrado em ambientes de vegetação baixa. São facilmente observados à beira das estradas quando saem para se alimentar (SILVA, 1994). No levantamento foi observado persistência de sua carapaça, extremamente queratinizada e rígida, que resiste e é detectada mesmo após o consumo de sua carcaça por carneiros,

facilitando sua identificação, o que justifica, em parte, sua grande ocorrência em levantamentos de atropelamento animal.

A gravidade e extensão dos danos por atropelamento nas estradas é apresentada em um estudo de Fischer (1997), que em um levantamento de 18 meses em um trecho de 420 km da rodovia BR-262 no Mato Grosso do Sul, contabilizou 1.402 animais silvestres mortos por atropelamento. Entre estes, espécies ameaçadas de extinção como onça-pintada (*Panthera onca*), cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) e cachorro-vinagre (*Speothos venaticus*). Nesse mesmo estudo foram encontradas espécies bastante susceptíveis ao atropelamento, sendo registrados 91 tamanduás-bandeira e 270 cachorros-do-mato (*Cerdocyon thous*).

O número reduzido de anfíbios encontrados no levantamento era esperado, e é similar ao encontrado em outros estudos (SOUZA et al., 2010; SILVA et al. 2013, BECKMANN & SHINE, 2015). Este fenômeno pode ser explicado pela significativa remoção das carcaças por necrófagos, logo nas primeiras horas do dia (BECKMANN & SHINE, 2015). Foi também verificado que o esmagamento das carcaças no centro da via por veículos pode dificultar a visualização e identificação dos anfíbios, fato confirmado por SOUZA et al. (2010) e SILVA et al. (2013). Para BECKMANN & SHINE (2015) o número de anfíbios atropelados seria no mínimo 7,6 vezes maior que o normalmente detectado nos levantamentos.

Houve correlação entre tamanho do animal e velocidade de monitoramento ($\chi^2=53,0673$ df=4; $P < 0,05$), sendo que apenas 1,26% dos pequenos animais e 26,56% dos grandes são detectados em velocidades de 80 Km.h^{-1} acima (tabela 3) Assim, quanto menor o animal objeto do estudo, menor velocidade (preferencialmente a pé), deveria ser adotada.

Tabela 3. Relação entre velocidade e tamanho, total de animais detectados em cada velocidade.

	Velocidade	Tamanho		Total
		Médio/grande	Pequeno	
	5	64	79	143
	40	31	5	36
	60	26	3	29
	80	17	1	18
	100	17	1	18

Um dos motivos para a baixa detectabilidade de carcaças em velocidades maiores, é o processo de fragmentação e compactação que as mesmas passam após o

atropelamento, fator já relatado por outros pesquisadores (HUSSAIN et al., 2007; BAGER, 2013; COLLINSON et al., 2014). 23,07 % das carcaças estavam fragmentadas e 17,48 % compactadas, conforme figura 4, com isso, reduz-se a superfície do objeto (fragmentação) (figura 5a e b) e o torna sem relevo e entremeado ao asfalto (compactação) dificultando consideravelmente sua observação (figura 5c e d).

Figura 4. Distribuição percentual da morfologia das carcaças detectadas

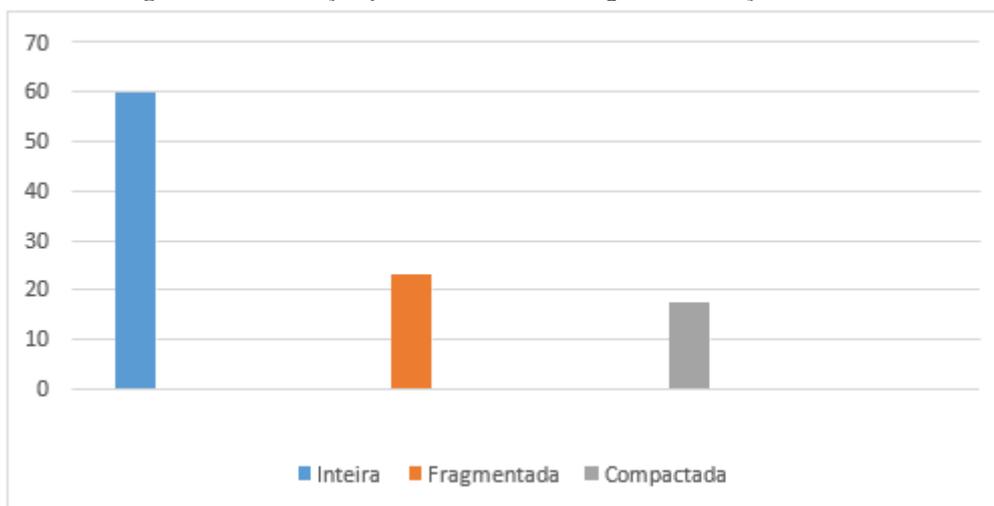
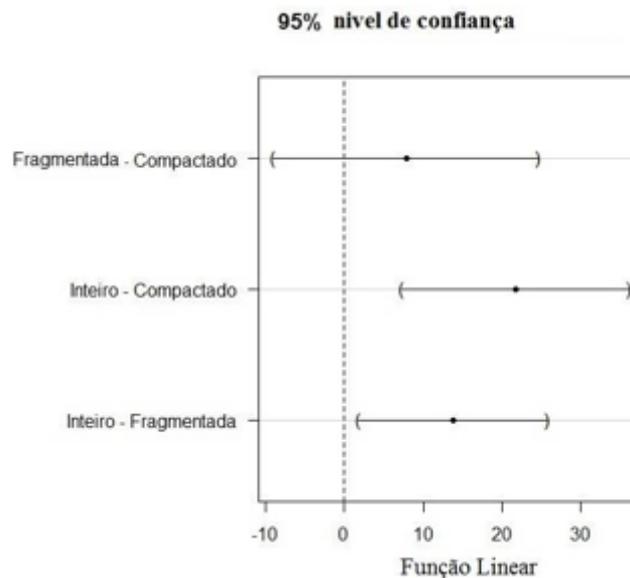


Figura 5. Carcaças fragmentadas (a e b) e compactadas (c e d) após o atropelamento.

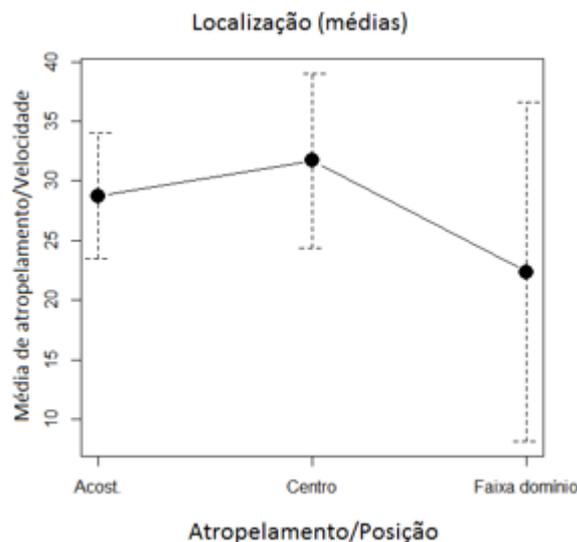


Figura 6. Comparação do fator morfologia em função da velocidade de monitoramento.



A morfologia da carcaça também é fator significativo ($\chi^2= 14,6011$ $df=2$; $P < 0,05$), na detecção de animais atropelados (figura 6). A localização, apesar de fator significativo, na detecção de animais atropelados, não difere nas médias de velocidade ($\chi^2= 1,3875$ $df=2$; $P > 0,05$), como pode se observar na figura 7.

Figura 7. Comparação do fator morfologia em função da velocidade de monitoramento.



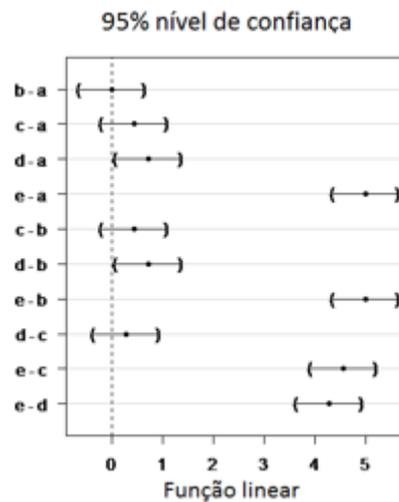
No levantamento realizado a 5 Km.h-1 9,09% das carcaças se localizavam na faixa e domínio, onde é dificultada a visualização, e destas, apenas 7,69% foram detectadas em velocidades superiores a 40 Km.h-1, conforme se infere na tabela 4. As carcaças que se localizam no centro da via e no acostamento perdem em detectabilidade com o aumento da velocidade, mas mantém a proporção nas diferentes faixas de velocidade.

Tabela 4. Localização das carcaças após o atropelamento
Posição

		Acost.	Centro	Faixa de domínio	Total
Velocidade	5	84	46	13	143
	40	21	12	3	36
	60	17	11	1	29
	80	10	7	1	18
	100	10	7	1	18

A análise estatística indicou que existem 03 grupos de velocidade, grupo 1, de 100, 80 e 60 Km.h⁻¹ (a, b e c), grupo 2, de velocidade 60 e 40 Km.h⁻¹ (c e d) e grupo 3, com a velocidade 5 Km.h⁻¹ (e) (figura 8).

Figura 8. Gráfico de intervalo de confiança para teste 2 a 2, múltipla comparação e médias.



O levantamento com velocidade 5 Km.h⁻¹ (a pé) é o mais exato, por abranger todas as classes de vertebrados. Todavia, por limitações físicas, não pode ser utilizado em grandes distâncias. Na impossibilidade de se realizar os levantamentos de atropelamento animal a 5 Km.h⁻¹, e como o objetivo é um protocolo normatizado para a avaliação dos atropelamentos, recomendamos a velocidade máxima de 60 Km.h⁻¹ (sempre que possível, e dependente da questão de pesquisa proposta), que inclusive estaria dentro da velocidade mínima permitida na maioria das rodovias brasileira, que é metade da velocidade máxima permitida. Velocidades abaixo de 60 Km.h⁻¹ além de ferir a legislação torna extremamente perigoso a condução do veículo onde estão os pesquisadores, pois é frequente outros veículos forçando a ultrapassagem. Velocidades acima de 60 Km.h⁻¹ não permitem uma correta amostragem, ficando as taxas sub-amostradas.

Frequência de detecção

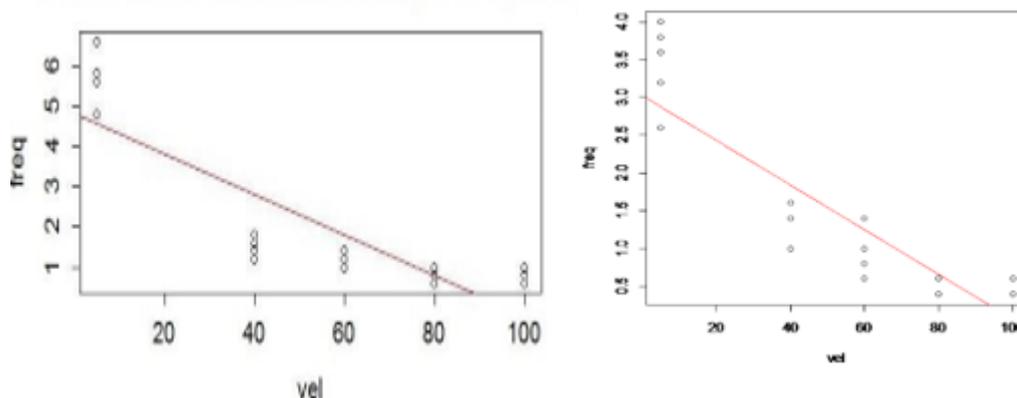
A maioria dos trabalhos sobre atropelamento animal são realizados com velocidades que variam de 5 a 100 Km.h⁻¹ (Bager, 2012) e obviamente isto não permite a comparação destes dados. Com objetivo de avançar nesta comparação, buscou-se, através de regressão linear, explicar o comportamento da variável “taxa de atropelamento” em função da variável “velocidade de monitoramento”, e conseguimos uma equação onde a variável velocidade explica aproximadamente 72 % da variabilidade da variável frequência, conforme Adjusted R-squared. Em levantamento geral, com todas as classes taxonômicas, a taxa de atropelamento (figura 9) obedece a equação de regressão dada por: $\text{freq} = 4,822342 - 0.05035688 * V$, onde:

Freq: Taxa de atropelamento animais/km.

V: velocidade utilizada no levantamento.

Para correção de levantamento somente de mamíferos disponibilizamos a equação de regressão dada por: $\text{freq} = 3,026506 - 0,029658 * V$ (figura 10). Levantamentos com mamíferos e aves recomendamos a equação de regressão dada por: $\text{freq} = 4.271710 - 0.043784 * V$ (figura 11) e com mamíferos, aves e reptéis: $\text{freq} = 4,654089 - 0,048528 * V$ (figura 12).

Figura 9 e 10. Gráfico de dispersão: velocidade por frequência geral e somente mamíferos, respectivamente.



4 ONCLUSÕES

Há diferenças significativas entre diferentes velocidades de monitoramento para verificação de atropelamento de animais em rodovias, e os resultados permitem criar uma equação de regressão que permite comparar diferentes estudos, padronizando dados que de outra forma não seriam equiparáveis, é, portanto, um protocolo de baixo custo.

Mesmo considerando que muitos estudos existentes fornecem informações sobre os efeitos temporais e espaciais sobre atropelamentos (CONRAD & GIPSON, 2006; ANDREWS et al. 2008; GRILO et al., 2009, COLINSON et al., 2014, BECKMANN & SHINE, 2015) em verificação científica, não há outros estudos que examinam todas as classes de cordados em diferentes velocidades de monitoramento, inclusive a pé.

Para eficientes levantamentos de atropelamento animal, a velocidade de 5 km.h^{-1} é a que melhor atende o propósito de apontar a real taxa de atropelamento e, na impossibilidade desta velocidade, se adote 60 km.h^{-1} , pois na maioria das vezes esta velocidade é a que melhor viabiliza o levantamento, ressaltando que a 5 km.h^{-1} espera se encontrar, em média, 4,4 vezes mais animais que na velocidade de 60 km.h^{-1} . É importante que pesquisas futuras se tornem mais padronizadas para permitir comparações estatísticas entre diferentes estudos e locais, e ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, M. L. V.; OLIVEIRA, C. M.; RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, A. B.; MIGLINO, M. A.; AMBROSIO C. E. Funções ósseas do esqueleto de tatu (*Euphractus sexcinctus*). *Acta Veterinaria Brasilica*, Mossoró, v. 4, p. 86-91, 2010.

ANDREWS, K.M.; GIBBONS, J. W. How do highways influence snake movement? behavioral responses to roads and vehicles. *Copeia* 2005, 772–782.

ANDREWS, K. M.; GIBBONS, J. W. Roads as catalysts of urbanization: snakes on roads face differential impacts due to inter- and intraspecific ecological attributes. In *Urban herpetology*: 145–153, 2008. in Mitchell, J. C., Jung Brown, R. E.; Bartholomew, B. (Eds). Salt Lake City: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

ANDREWS, K. M.; GIBBONS, J.W.; JOCHIMSEN, D. M. (2008). Ecological effects of roads on amphibians and reptiles. In *Urban herpetology*: 121–143, 2008. Mitchell, J.C., Jung Brown, R.E.; Bartholomew, B. (Eds). Salt Lake City: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

BECKMANN, C.; SHINE, R. (2015) Do the numbers and locations of road-killed anuran carcasses accurately reflect impacts of vehicular traffic?. *The Journal of Wildlife Management* 79:10.1002/jwmg.v79.1, 92-101. 2015

BAGER, A. *Ecologia de estradas: Tendências e pesquisas*. Lavras: UFLA, 2012. 313p.
BARTELS, P.; A. KOTZE. *Wildlife biomaterial banking in Africa for now and the future*. *J. Environ. Monit.* 8:779–781, 2006.

BATISTA TURCI, L. C.; BERNARDE, P. S. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 121-127, jan. 2009. ISSN 2175-7925. Disponível em: <<https://www.rbcdh.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2009v22n1p121>>. Acesso em: 15 set. 2015.

CÁCERES, N. C. Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest-Cerrado interface in south-western Brazil. *Italian Journal of Zoology*, Modena, v. 78, p. 379-389, 2011. <http://dx.doi.org/10.1080/11250003.2011.566226>

CBEE. Atropelômetro. Disponível em <<http://cbee.ufla.br/portal/index.php>>. Acesso em agosto de 2015.

CBRO. Listas das aves do Brasil. 10ª Edição. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em maio de 2014.

CARVALHO, C. F.; IANNINI-CUSTODIO, A. E.; MARÇAL JR, O. Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Merais, Brazil. *Bioscience Journal (Online)*, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 951-959, May/June. 2015

CEZAR, H. R.A. ABRANTES, S. H. F. LIMA, J. P. R. MEDEIROS, J. B. Wild mammals roadkilled in Paraíba's roads, Northeast of Brazil. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.5, p. 48037-48049 may. 2021

CIARNIELLO, L. M.; BOYCE, M. S.; HEARD, D. C.; SEIP, D. R. Components of grizzly bear habitat selection: density, habitats, roads, and mortality risk. *J. Wildl. Manage.* 71, 1446–1457, 2007.

COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Gev.* 15, n. 5, p.396-406, 2007.

COLLINSON, W. J.; PARKER, D. M.; BERNARD, R. T.; REILLY, B. K.; DAVIES-MOSTERT, H. T. (2014). Wildlife road traffic accidents: a standardized protocol for counting flattened fauna. *Ecology and evolution*, 4(15), 3060-3071.

CONRAD, J. M.; GIPSON, P. S. 2006. Spatial and seasonal variation in wildlife-vehicle collisions. *Prairie Nat.*, 38:251–260.

COSTA, H. C.; BERNILS, R. S. (org.). 2014. Répteis brasileiros: Lista de espécies. Versão 2014. Sociedade Brasileira de Herpetologia. Disponível em <<http://www.sbherpetologia.org.br/>>. Acesso em Agosto de 2015.

DORNELLES, S. S.; SCHLICKMANN, Á.; CREMER, M. J. Mortalidade de vertebrados na rodovia BR 101, no sul do Brasil. In: Alex Bager. (Org.). *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012, v., p. 179-192.

ERRITZØE, J.; MAZGAJSKI, T. D; REJT, L. Bird casualties on European roads – a review. *Acta Ornithologica* 38:77–93, 2003.

FISCHER, W. A. Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal. 1997. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Mato-Grosso, Campo Grande.

FONSECA, G. A. B.; HERRMAN, G.; LEITE, Y. L. R.; MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B.; PATTON, J. L. 1996. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. *Occasional Papers in Conservation Biology*, Belo Horizonte, v. 4, p. 1-38.

FORD, A.; L. FAHRIG. 2007. Diet and body size of North American mammal road mortalities. *Transp. Res. Part D* 12:498–505.

FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, Palo Alto, v. 29, n. 1, p. 207-231, Nov. 1998.

GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L.; DEWOODY, J. A. Vertebrate road mortality predominately impacts amphibians. *Herpetological Conservation and Biology* 3, 77–87, 2008.

GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L.; DEWOODY, J. A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning* 91 (1): 1-7, 2009.

GOMES, L.; GRILO, C.; MIRA, C. S. A. Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. *Ecology Research. Ecological Research, Sakura-Mura*, v. 24, p. 355-370, 2009.

GRILO, C.; BISSONETTE, J. A.; Santos-Reis, M. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation, Boston*, v. 142, p. 301-313, 2009.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.026>

GRILO, C.; BISSONETTE, J. A.; CRAMER, P. C. Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: JONES, R. S (ed.). *Highways: constructions, management and maintenance*. New York: Nova Science Publishers, 2010. p. 73-114.

HUSSAIN, A.; ARMSTRONG, J. B.; BROWN, D. B.; HOGLAND, J. 2007. Land-use pattern, urbanization, and deer-vehicle collisions in Alabama. *Human-Wildlife Conflicts* 1:89-96

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). BDMEP- Dados Históricos, ano de 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>> Acesso em 15 Setembro de 2015.

JOCHIMSEN, D. M.; PETERSON, C. R.; ANDREWS, K. M.; GIBBONS, J. W. (2004). A literature review of the effects of roads on amphibians and reptiles and the measures used to mitigate those effects. Technical Report. Idaho Fish and Game Department and the USDA Forest Service, Boise, ID.

KNICK, S. T. Ecology of bobcats relative to exploitation and a prey decline in southeastern Idaho. *Wildlife Monography*, n. 108, p. 1-42, 1990.

KOLOWSKI, J. M.; NIELSEN, C. K. Using Penrose distance to identify potential risk of wildlife-vehicle collisions. *Biol. Conserv.* 141:1119-1128, 2008.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearing on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution, Amsterdam*, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>

MARIANO, Z. F.; SANTOS, M. J. Z.; SCOPEL, I. A importância das chuvas para a produtividade da soja na microrregião do sudoeste de Goiás (GO). In: Gerardi, L. H. O.; Carvalho, P. Org. *Geografia: ações e reflexões*. Rio Claro; UNESP/IGCE, 2006. 383p.

MUMME, R. L.; SCHOECH, S. S.; WOOLDENDEN, G. E.; FITZPATRICK, J. W. Life and death in the fast lane: demographic consequences of road mortality in the Florida Scrub-Jay. *Conservation Biology*, v. 14, n. 2, p. 501-512, 2000.

NOSS, R. F. The ecological effects of roads. In: *Managing Roads For Wildlife*, 2001, Alberta. Proceedings... Alberta: Crowest Pass, 2001. p.7-24.

PEREIRA, A. P. F. G.; ANDRADE, F. A. G.; FERNANDES, M. E. B. Dois anos de

monitoramento dos atropelamentos de mamíferos na rodovia PA-458, Bragança, Pará. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat. [online]. 2006, vol.1, n.3, pp. 77-83. ISSN 1981-8114

PRADA, C. S. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. Tese (Doutorado). São Carlos: UFSCar, 2004. 129 p.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; FREGONEZI, M. N.; ROSSANEIS, B. K. Mamíferos do Brasil -guia de identificação. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2010. 577p.
R Development Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0

RODRIGUES, F. H. G. Biologia e conservação do Lobo-guará na estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. 2002. 96 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ROSA, C. A.; CARDOSO, C. R.; TEIXEIRA, F. Z.; BAGER, A. Atropelamentos de Fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas in Ecologia de estradas: Tendências e pesquisas. Lavras: UFLA, 2012. 313p.

ROSA, O.; MAUHS, J. 2004. Atropelamentos de animais silvestres na rodovia RS-040. Caderno de Pesquisa, Série Biologia, 16:35-42.

SCHONEWALD-COX, C.; BUECHNER, M. Park protection and public roads. In: Fieldler, P. L.; Jain, S. K. Conservation biology. London: Chapman and Hall, 1992. p. 373-395.

SEGALLA, M. V.; CARAMASCHI, U.; Cruz, C. A. G.; Grant, T.; Haddad, C. F. B.; Langone, J. A.; Garcia, P. C. A. Brazilian Amphibians: List of Species. Sociedade Brasileira de Herpetologia. Disponível em <http://www.sbherpetologia.org.br/>. Acesso em Agosto de 2015.

SIGRIST, T. Avifauna brasileira: pranchas e mapas. São Paulo: Avis Brasilis, 2009. 492p.
SILVA, D. E., CORRÊA, L. L. C.; OLIVEIRA; S. V., CAPPELLARI, L. H. Monitoramento de vertebrados atropelados em dois trechos de rodovias na região central do Rio Grande do Sul – Brasil. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.7, n.1, p. 27 a 36, 2013

SILVEIRA, L. Ecologia e conservação dos mamíferos carnívoros do Parque Nacional das Emas. 1999. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SOUZA, S. A.; LUCCA, A. L. T.; DICKFELDT, E. P.; OLIVEIRA, P. R., 2010. Impactos de atropelamentos de animais silvestres no trecho da rodovia SP- 215 – confrontante ao Parque Estadual de Porto Ferreira – Porto Ferreira, SP (Nota Científica). Revista do Instituto Florestal, 22(2):315-323.

SMITH, L.; DODD, C. K. Jr. Wildlife mortality on U.S. highway 441 across Paynes Prairie, Alachua County, Florida. *Fla. Sci.* 66, 128–140, 2003.

SULLIVAN, B. K. (1981). Observed differences in body temperature and associated behavior of four snake species. *J. Herpetol.* 15, 245–246.

TROMBULAK, S. C.; FRISSEL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, v. 1, n. 14, p. 18-30, 2000.

TURCI, L. C. B; BERNARDE, P. S. 2009 Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*, 22(1):121-127.

VAN DER GRIFT, E. A.; VAN DER REE, R.; FAHRIG, L.; FINDLEY, S.; HOULAHAN, J.; JAEGER, J.A.G.; KLAR, N.; MADRIÑAN, L. F.; OLSEN, L. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation*, London, v. 22, p. 425-448, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0421-0>>