Universidade Federal do ABC

Cerdocyon thous e estradas: Os efeitos das características da paisagem sobre um carnívoro generalista

CIRINO, Douglas W.

SANTO ANDRÉ

2018

Universidade Federal do ABC

Cerdocyon thous e estradas: Os efeitos das características da paisagem sobre um carnívoro generalista

Aluno: Douglas William Cirino

Orientadora: Drª Simone Rodrigues de Freitas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do ABC como pré-requisito para a obtenção do diploma de Bacharel em Ciências Biológicas.

SANTO ANDRÉ

2018

RESUMO

A presença de determinadas espécies em diferentes regiões está condicionada por uma série de fatores ecológicos e da paisagem. O arranjo de manchas matrizes e corredores podem influenciar a ocorrência de espécies. Para os humanos, estradas e rodovias são corredores importantes para a locomoção, mas para grande parte da fauna e flora, estradas são matrizes hostis na paisagem. Estas matrizes causam diversos danos e levam ao atropelamento de fauna. Em um levantamento de registros de atropelamentos em território brasileiro, *Cerdocyon thous* – o cachorro-do-mato – foi uma das espécies mais recorrentes nos registros de atropelamentos no Brasil. O cachorro-do-mato é um carnívoro generalista, com grande distribuição na América do Sul, ocorrendo em todos os biomas brasileiros, com exceção do centro da Amazônia. Uma análise da paisagem foi feita utilizando mapas de uso e cobertura do solo e modelos lineares generalizados, nos revelando que os atropelamentos estão relacionados a fatores da paisagem como mosaicos de agropecuária e vegetação nativa, além de estarem relacionadas a proximidade de corpos d'água. A conversão de vegetação nativa em áreas de agropecuária é um dos avanços sobre os biomas que podem ser causados pela presença de estradas. *Cerdocyon thous* mostrou-se uma espécie recorrente neste tipo de arranjo da paisagem, e acreditamos que tenha expandido sua área de vida no bioma amazônico, acompanhando a expansão agrícola e a expansão da malha viária.

Palavras-chave: Mamíferos – Ecologia de Estradas – Ecologia da Paisagem – Atropelamento – Uso do solo.

ABSTRACT

The presence of certain species in different regions is related to many ecological and landscape factors. The arrangement of habitat patches, matrices and corridors might influence a specie's distribuction. For humans, roads are important corridors used for transportation, but for most plants and animals, roads are hostile matrices on the landscape. This kind of matrix damages natural populations in many ways, like fauna roadkill. In a survey of roadkill records in Brazil, *Cerdocyon thous* – the Crabby-eating-fox – was point as one of the most roadkilled-recorded species. The crabby-eating-fox is a generalist carnivore and has a big distribution in South America, occurring in all Brazilian biomes, except for the center of the Amazon rain forest. A landscape analysis using land cover maps and general linear models showed that the roadkill of *Cerdocyon thous* are related to mosaics of farming and natural vegetation, and proximity of water. The conversion of native areas in farming is one of the issues caused by the presence of roads. Our analysis showed that Cerdocyon thous is a frequent specie in this type of landscape, and we believe that there is a relationship between its expantion in the Amazon with the agriculture and road expansion in the biome.

Key words: Mammals – Road Ecology – Landscape Ecology – Roadkill – Land Use

DEDICATÓRIA

Dedicado ao desenvolvimento da universidade de ponta para o século XXI no Brasil.

FINANCIAMENTO

Agradeço à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão de bolsa de iniciação científica (processo nº 16/12785-0), durante o período de 2016 a 2018. Agradeço também ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa de iniciação científica durante o período de 2015 a 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Dona Jacinta Cardoso dos Santos, que é a mulher que me inspira a continuar lutando. Doméstica, divorciada em uma época em que a sociedade e a religião não viam com bons olhos mulheres independentes, minha mãe colocou os dois filhos sozinha em universidades públicas de ponta no Brasil, num país desigual, mesmo sem ter terminado seus próprios estudos no nível fundamental. Devo a ela a força e o orgulho de ser o primeiro integrante da minha família a ter um diploma universitário em uma universidade pública, com acesso à cultura, extensão e pesquisa, privilégios ou direitos básicos que minha própria mãe não teve como eu pude ter. Dedico também a minha irmã mais velha, Denise Cirino, que assim como minha mãe lutou para me criar e me estimular no mundo dos estudos e assim como eu, ela mesma hoje trilha seu caminho em outra universidade pública.

Agradeço também ao presidente Lula, que apesar das controvérsias implantadas pela mídia a respeito de sua imagem nos últimos anos, foi um homem que me inspirou a lutar e a sonhar, mostrando que o pobre pode sim ter acesso aos mesmos direitos dos mais abastados, responsável pela criação da UFABC e pela implementação das cotas, as quais caso não existissem eu estaria hoje ainda limitado em minhas capacidades cognitivas lutando para realizar o sonho distante de me tornar um biólogo e um pesquisador numa universidade de ponta. Sem oportunidades de pouco vale nosso esforço, e eu sou a semente da oportunidade plantada por uma política de inclusão e me orgulho disso.

Agradeço a todos meus colegas que me acompanharam durante essa trajetória, desde os que se foram e se distanciaram, até os que permaneceram ao meu lado. Muitos destes colegas de curso ou de sala se tornaram amigos para vida, sobretudo àqueles que convivo diariamente dentro e fora do laboratório de pesquisa, obrigado Daubian, Stephanie, Thiago, Bianca, Max, Bruno, Guillermo, Márcia, Rodrigo e Artur por todos estes anos de convivência, apoio, risadas, diversão e desespero no laboratório e na vida como meus amigos. Não poderia deixar de citar outro grupo de amigos muito especial, que assim como eu deixaram suas famílias no interior, entraram por cotas e lutaram dia após dia para estar na melhor das federais, Bruno, Eduardo,

Tatiane, Thaís e Juliana, muito obrigado por fazerem parte dessa trajetória e por serem capazes de entender os sonhos dos menos privilegiados e me acompanharem na chegada ao sucesso.

Sendo um trabalho acadêmico não poderia deixar de agradecer primeiramente aos melhores e aos piores professores que tive. Aos melhores, por me inspirarem, me ensinarem, me fazerem me sentir especial e capaz de seguir na tão amada ciência, e aos piores, que não souberam ensinar, que por vezes humilharam seus alunos para se reafirmar e que foram incapazes de conhecer o espírito interdisciplinar da universidade, vocês são responsáveis pela minha incessável luta por uma ciência mais dinâmica, crítica e interdisciplinar. Dedico este trabalho também a todos meus colaboradores, que me cederam dados, dicas, e que puderam me fazer aprender também, como os estimados colegas do NERF/UFRGS e do LEMAC/ESALQ/USP.

Este trabalho também merece uma dedicação muito especial a minha orientadora, que foi para mim como uma grande amiga e aconselhadora durante estes anos, com muita paciência e dedicação comigo e com minhas inconstâncias, muito obrigado Simone R. Freitas, por ser essa pesquisadora sem barreiras e sem tesouras para cortas as asas de seus alunos, nos fazendo pensar e agir além das caixinhas disciplinares, assim como a UFABC propõe.

Por último, gostaria de agradecer à pessoa que talvez seja tão responsável quanto eu por este trabalho, pessoa cuja sem a presença eu jamais conseguiria, técnica e emocionalmente, fazer qualquer item que lerão aqui, ao meu colaborador de pesquisa Artur Lupinetti, por sua competência e paciência em todos os momentos que trabalhamos juntos, pois este é um trabalho à três mãos, juntos eu Artur e Simone somos um time de pesquisa, porém Artur também é meu companheiro na vida, meu namorado e minha força para continuar lutando. Obrigado amor, a você e a sua família (Antônio, Meire, Pedro e Débora) por me acolherem e darem suporte. Obrigado por ser meu colaborador na vida, na pesquisa e nas ideias mirabolantes na ciência, que nem sempre dão certo, mas sempre nos ensinam muito!

EPÍGRAFE

"Os laços afetivos não são somente importantes mas também necessários para o desenvolvimento e manutenção da humanidade.

Quanto mais generosas e bondosas as pessoas forem umas com as outras (e com todas as outras espécies do planeta), melhor e mais pacífica será nossa casa, a Terra.

Todas as pessoas podem ser boas... Mas agir com bondade é uma escolha, um hábito.

Não é preciso ser especial para ter o corpo recheado de oxitocina.

O jeito mais simples e mais eficiente de estimular a produção de oxitocina é com....

Abraços!!!

Isso mesmo... mas não é qualquer abraço!

Tem que ser aquele abraço com vontade, com carinho, com um sorriso no rosto.

Abrace mais vezes!
Abrace mais pessoas,
mais animais,
mais árvores!
Mas, principalmente,
abrace os seus sonhos!

Abrace a ideia de que o mundo pode ser um lugar ainda melhor. E entenda que tudo isso vem de dentro de você!"

Em memória de Dalila Leite.

Princesa Ada: e seu corpo especialmente recheado de algo comum.

Editora UFABC, 2015.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....8

1. DISTRIBUIÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS DE MÉDIO-GRANDE PORTE NO BRASIL: *CERDOCYON THOUS* COMO ESPÉCIE LÍDER.....11

1.1 INTRODUÇÃO.....11

1.2 OBJETIVOS.....14

1.3 METODOLOGIA.....14

1.4 RESULTADOS.....16

1.5 DISCUSSÃO.....22

2. RELAÇÃO ENTRE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES E CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM: O CASO DO *CERDOCYON THOUS*.....23

2.1 INTRODUÇÃO.....23

2.2 OBJETIVOS.....27

2.3 METODOLOGIA.....28

2.4 RESULTADOS.....33

2.5 DISCUSSÃO.....37

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....40

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....42

ANEXOS.....46

Anexo I - Linhas de código utilizadas no software R para análise estatística.....46

INTRODUÇÃO GERAL

A presença de determinadas espécies em diferentes regiões está condicionada por uma série de fatores como o clima, a sazonalidade, a declividade e o relevo, o tipo de vegetação e o uso e cobertura do solo (Ricklefs, 2003). Os organismos não estão distribuídos de forma uniforme no espaço, e deste modo são condicionados pelo que chamamos de paisagem (Metzger, 2001). A paisagem é um elemento da ecologia que pode afetar diferentes organismos em diferentes escalas e com diferentes níveis de impacto, sendo possível através da paisagem fazer predições e encontrar padrões de distribuição a diferentes espécies (Bowers & Metter, 1997).

Sob uma perspectiva de paisagem podemos estudar os componentes de cobertura do solo e classificá-los em manchas de habitat, matrizes e corredores (Metzger, 1999). Na atualidade um importante componente de cobertura do solo são as estradas (Laurance *et al*. 2009), que podem desempenhar o papel de corredores para o homem, porém podem ser matrizes hostis na paisagem para as populações naturais de animais. Vários efeitos das estradas já são conhecidos, como o efeito de borda (Murcia 1995) tanto em espécies animais (Fuentes-Montemayor *et al*. 2009; Maynard *et al*. 2016), quanto em espécies vegetais (Delgado *et al*. 2007), o isolamento e perda de diversidade genética em populações (Keller & Largiader, 2003), a potencialização de espécies invasoras (Otto *et al*. 2014), e o padrão de desmatamento "espinha-de-peixe", que levam a exploração de recursos naturais para dentro da Floresta Amazônica (Perz *et al*. 2007; Arima *et al*. 2015).

Dentre os impactos das rodovias sobre a paisagem, agindo como matrizes, um dos que mais chamam atenção e merecem especial destaque são os atropelamentos a fauna silvestre. A colisão entre veículos e animais em rodovias é uma das áreas de principal interesse da ecologia de estradas, a mortalidade causada pelos atropelamentos pode ter um impacto tanto nas populações animais afetadas, mas além dos impactos sobre a fauna há também impactos sobre

os humanos, ao gerar acidentes com risco à vida (Freitas & Barszcz 2015) e custos monetários. (Huijser *et al*. 2013).

Os mamíferos são animais frequentemente atropelados, com grande parte das carcaças registradas nas rodovias sendo pertencentes a este grupo, seja pela melhor detectabilidade, dado o porte dos animais (Teixeira *et al*. 2013), seja por serem geralmente animais que se locomovem mais na paisagem. Alguns mamíferos podem ocorrer em maiores ou menores áreas, dependendo de seus hábitos de vida, tipo de dieta e padrões de movimentação e até mesmo da cobertura e do uso solo (Cáceres 2011). Um importante dado é gerado quando se registra um atropelamento envolvendo um animal: a ocorrência geográfica da espécie no local, isto é, se o animal foi atropelado naquele local é um forte indicativo de que há uma população daquela espécie habitando a região.

Como já comentado, diversos fatores da paisagem e do ambiente podem determinar a ocorrência de espécies, o que também ocorre com populações de mamíferos (Bowers & Metter, 1997). O cachorro-do-mato, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) é um mamífero carnívoro e generalista, com uma ampla distribuição geográfica, parecendo tolerar distúrbios antrópicos na paisagem e com populações abundantes onde ocorre (Beisiegel *et al*. 2013). A espécie ocorre amplamente na América do Sul, ocupando todos os biomas brasileiros e as bordas da Floresta Amazônica. Alguns trabalhos buscaram verificar estruturações entre diferentes populações da espécie. Um estudo sobre filogeografia da espécie encontrou dois grupos bem estruturados com dados de mtDNA, um ao norte e outro ao sul da distribuição da espécie (Tchaika *et al*. 2007). Outro trabalho com análises morfométricas do crânio buscou entender historicamente a estruturação da espécie, encontrando três grupos distintos que podem ter se estruturado devido a uma glaciação no Holoceno e a manutenção de áreas abertas (Machado & Hingst-Zaher, 2009). São reconhecidas cinco subespécies de *Cerdocyon thous*, das quais três ocorrem no Brasil (Berta, 1982).

Por ser generalista, o animal é encontrado em diferentes tipos de formações vegetais, mas vive principalmente em áreas abertas, savanas, florestas abertas e áreas de borda (Berta, 1982; Cheida *et al*. 2006; Beisiegel *et al*. 2013). Devido a sua ampla distribuição a espécie está presente em 98 Unidades de Conservação dentro e fora do Brasil (Beisiegel *et al*. 2014), sendo considerada uma espécie com *status* de conservação pouco preocupante (IUCN, 2018).

Na ecologia de estradas, *Cerdocyon thous* é um animal bastante recorrente nos artigos de levantamento de atropelamentos a fauna silvestre, sendo um dos mamíferos mais atropelados no Brasil (Dornas *et al*. 2012; Beisiegel *et al*. 2013). Estes atropelamentos podem ser importantes dados para entender a distribuição da espécie e os limites de seu hábito generalista, sendo possível, através de uma abordagem da ecologia da paisagem, entender onde o animal é mais atropelado e quais os fatores estão mais relacionados a estas ocorrências.

1. DISTRIBUIÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS DE MÉDIO-GRANDE PORTE NO BRASIL: *CERDOCYON THOUS* COMO ESPÉCIE LÍDER

1.1 INTRODUÇÃO

O atropelamento de fauna silvestre é um dos principais problemas resultantes do avanço das estradas sobre a paisagem (Forman & Alexander 1998; Forman *et al*. 2003; Coffin 2007; Van der Ree *et al*. 2011; Rosa & Bager 2013). Além dos atropelamentos, muitos outros impactos podem ser levantados a partir da análise de uma descontinuidade linear sobre uma paisagem, uma vegetação ou um bioma (Laurance *et al*. 2009). O estudo de tais impactos é denominado Ecologia de Estradas (Forman *et al*. 2003; Roedenbeck *et al*. 2007), um ramo emergente dentro da Ecologia, que pode ser abordado através de diversas metodologias de pesquisa.

A colisão de veículos com animais nas estradas brasileiras, além de se tratar de um dos maiores impactos sobre os ecossistemas, também possui um caráter metodológico particular em seu tratamento de dados, uma vez que geram-se dados sobre as populações de animais na área a partir do encontro de carcaças nas margens das estradas (Forman *et al*. 2003; Van der Ree *et al*. 2011). Algumas estimativas, como as do Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas, apontam que cerca de 475 milhões de animais sejam atropelados anualmente em estradas brasileiras (CBEE 2016a). Por outro lado, algumas estimativas mais conservadoras estimam que sejam atropelados 14,7 milhões de vertebrados ano a ano no Brasil (Dornas *et al*. 2012). Tais números são discrepantes devido às diferentes métricas usadas para se estimar o número de atropelamentos com base nos dados acessíveis.

As estimativas de atropelamentos podem variar significativamente, assim como a coleta e o acesso aos dados (Dornas *et al*. 2012). Primeiramente nem todos os atropelamentos podem ser registrados, muitos dados são perdidos por não se encontrar a carcaça do animal, ou por muitos dos animais atropelados serem de pequeno porte, não detectando-se sua carcaça.

Além disso, muitos animais atropelados não morrem imediatamente após a colisão, alguns são resgatados e destinados a entidades responsáveis, mas possivelmente muitos acabam morrendo fora da estrada após as colisões. De todo modo, dados de atropelamentos, encontro com carcaças ou resgate de fauna atropelada, são dados que em conjunto têm grande importância para a realização de estudos na área. Além disso, como já discutido por alguns autores, a coleta de dados de animais atropelados nas rodovias, pode estar condicionado à detecção (Teixeira *et al*. 2015) e a remoção (Ratton *et al*. 2014; Teixeira *et al*. 2015) das carcaças nas estradas, tendo em vista que a permanência e decomposição do animal afetam os números finais na amostragem de mortalidade em rodovias.

A fim de se obter dados mais concretos sobre atropelamentos de fauna, criaram-se algumas formas de registro de animais atropelados, dentre eles o sistema Urubu, que permite que usuários apontem, ao se depararem com uma carcaça, o local de atropelamento de animais com uma foto, através de *smartphones*, (CBEE 2016b). O sistema Urubu valida, através da participação de especialistas em cada grupo de fauna, a espécie ou grupo pertencente da carcaça registrada por meio do aplicativo. Além disso, alguns estudos passaram a se debruçar sobre o monitoramento e registro de animais atropelados em rodovias brasileiras (Cheren *et al*. 2007; Coelho *et al*. 2008; Turci & Bernarde 2009; Cunha *et al*. 2010; Dornas *et al*. 2012; Freitas *et al*. 2014; Bueno *et al*. 2015; Carvalho *et al*. 2015). Dentre os grupos mais atropelados e mais estudados estão os mamíferos, pois, além de aparecerem de forma recorrente no registro de trabalhos científicos, notícias em jornais (Freitas & Barszcz 2015), bancos de dados, tais como o BAFS (CBEE 2016b) e outros trabalhos na área, os mamíferos podem ser fortemente afetados em sua distribuição, dispersão e fluxo gênico devido a mudanças na paisagem (Metzger, 2001; Laurance *et al*., 2009). Tais estudos têm gerado uma abundante fonte de dados de atropelamentos (Dornas *et al*. 2012).

Podemos utilizar tais dados para estudar a distribuição das espécies, bem como estimar os efeitos das estradas num contexto populacional e de paisagem, além de nos permitir entender a dispersão de indivíduos e eventualmente identificar os fatores que levam um animal a enfrentar uma matriz composta por estradas (Laurance *et al*., 2009). Podemos também usar as informações para cruzar dados de distribuição genética e distribuição geográfica, para estudar o fluxo gênico de populações.

Apesar do crescente estudo dos atropelamentos à fauna no Brasil, grande parte dos trabalhos publicados na área avaliam a mortalidade dos animais em um espaço limitado de tempo, em um bioma, região ou rodovia específicos e trazem por meio da amostragem um recorte da situação para cada região ou para cada grupo de animais, muitas vezes com uma insuficiência na coleta e divulgação dos dados (Dornas *et al*. 2012).

Grande parte da dificuldade no tratamento dos dados trata-se da fragmentação da informação, devido a uma grande maioria de publicações e estudos feitos com recortes regionais ou com informações insuficientes. Podem ser adotadas diversas formas de se obter dados de atropelamentos, desde coletas sistemáticas a encontros eventuais, ou até mesmo coletando notícias veiculadas pela mídia (Freitas & Barszcz 2015). A proposta de nosso trabalho foi coletar dados de diferentes fontes para obter uma base de dados diversificada sobre a perspectiva dos atropelamentos de mamíferos de médio-grande porte em território brasileiro. Com isso pretendemos obter uma visão mais geral da situação dos atropelamentos, e compará-las aos dados obtidos pelo CBEE, disponibilizados no Banco de Dados Brasileiro de Atropelamentos de Fauna Selvagem - BAFS (CBEE 2016b), por meio do aplicativo Urubu (CBEE 2016c).

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi a coleta de dados de atropelamentos à mamíferos de médio-grande porte em rodovias brasileiras para constituição de uma base de dados, avaliando o cenário apresentado pelos dados numa perspectiva nacional.

Os objetivos específicos foram:

- Identificar as espécies com mais registros de atropelamentos;
- Construir um panorama da distribuição dos registros de atropelamentos.

1.3 METODOLOGIA

Buscou-se diversos artigos e trabalhos técnicos sobre o tema de Ecologia de Estradas e atropelamento de mamíferos, tais trabalhos técnico-científicos. Os trabalhos foram em sua maioria salvos para revisão bibliográfica a utilização de possíveis dados de interesse para composição da base de dados. Inicialmente foram coletados dados apenas que se encaixassem nos dez anos propostos na metodologia original, ou seja, de 2005 a 2015, porém tivemos acesso a alguns trabalhos anteriores, de 2004 e decidimos incluir também em nossa análise para ganharmos maior volume amostral.

Uma busca sistematizada de notícias com registro de atropelamentos a mamíferos silvestres foi feita utilizando ferramentas de busca como *google* e sites de portais de notícias, com o uso de palavras-chave tais como o nome do animal seguido do termo “atropelado” ou “atropelamento de fauna” e variações tais como “fauna silvestre”, “mamífero atropelado”, “acidente envolvendo animal”, “veículo colide com animal”. Em cada busca filtrou-se os resultados de modo que se utilizasse somente notícias ainda não catalogadas em nossa base de dados e que fornecessem ao menos a espécie e em alguns casos apenas o gênero do animal atropelado, a rodovia que ocorreu o acidente, o município mais próximo, data de ocorrência e uma foto junto a notícia para validarmos a identificação.

Além da busca à notícias foram coletados principalmente artigos científicos que fornecessem dados de ocorrência de atropelamentos, em sua maioria sistematizada e coletada pelas equipes de trabalho dos artigos. Muitos traziam tabelas de ocorrências de atropelamentos, outros traziam no corpo do texto dados sobre atropelamentos. Assim como no caso das notícias foram selecionados dados de artigos que fornecessem um número mínimo de itens, tais como, espécie ou gênero, rodovia e ano do atropelamento e esforço amostral.

Os dados coletados foram organizados em uma tabela Excel, algumas ocorrências de atropelamentos preencheram todos os itens dessa tabela, outras ficaram com dados faltantes, mas que não afetaram as análises posteriores. Para todos os dados coletados em artigos, cartilhas e notícias foi utilizado o software *Google Earth* para identificar aproximadamente o local relatado do atropelado, a fim de completar os dados com o município mais próximo ou rodovia, e a partir da camada de informação de biomas do IBGE (IBGE 2016) a cada ocorrência foi localizado o bioma predominante ou ecótono na região.

Grande parte do esforço de coleta durante o período baseou-se no acesso e busca ao Banco de Dados de Atropelamentos da Fauna Silvestre - BAFS (CBEE 2016b) que é um acesso público aos dados coletados pelo Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas, disponibilizado em seu *site*. Consiste de dados de coleta de grupos de pesquisa vinculados ao CBEE – coleta sistemática – e de registros através do aplicativo *mobile* Urubu (CBEE 2015b) – coleta eventual – feita por usuários e enviada com dados georreferenciados ao CBEE por meio do *software* do aplicativo.

O BAFS disponibiliza os dados por meio de um mapa com a distribuição georreferenciada das ocorrências por todo o Brasil, e conta com algumas ferramentas de consulta e busca. Para o uso de dados em 11/04/2016, o mapa foi transposto em tabela Excel para melhor análise e quantificação dos atropelamentos.

Deste modo, os dados coletados foram divididos em duas categorias, uma de coleta manual, com consulta direta a notícias, cartilhas e literatura científica e outra que consiste nos dados do BAFS. Os dados foram todos analisados no Excel, através da montagem de tabelas temáticas e análises numéricas dos atropelamentos por estado, bioma, espécie e ano. Para produção de um mapa aproximado com a distribuição das rodovias com de atropelamentos, foi utilizado o *software* QGIS (http://www.qgis.org/en/site/) conjuntamente com a ferramenta "*fusiontable*" do *GoogleMaps* (https://support.google.com/fusiontables/answer/2571232), que localiza endereços dados em uma tabela através da localização do Google Maps. Deste modo, a análise final nos permitiu identificar as espécies com mais registros de atropelamentos em nossa amostra, a distribuição geográfica, tanto por estado quanto por biomas dos atropelamentos e, além disso, comparar nossa coleta de dados independente com os dados do BAFS, que são a referência na coleta de dados de atropelamentos no Brasil.

1.4 RESULTADOS

Foram coletadas um total de 3131 ocorrências de atropelamentos à mamíferos, distribuídos em onze estados brasileiros, cinco biomas e três ecótonos, resultando em aproximadamente 80 espécies de mamíferos registradas ao longo de onze anos de trabalhos e notícias publicados encontrados na internet – 2004 a 2015.

A espécie com maior número de atropelamentos foi *Cerdocyon thous*, com 662 registros. O maior número de registros foi do gênero *Didelphis* sp., os gambás, que contam com 950 ocorrências, porém estão distribuídas em três espécies diferentes dentro do gênero (*D. aurita*, *D. marsupialis* e *D. albiventis)* sendo que alguns registros não identificaram o espécime atropelado até o nível de espécie, por isso agrupamos todas as ocorrências dentro de uma única categoria, permanecendo na liderança por espécie o *Cerdocyon thous*. Logo em seguida, com 207 registros, ficou *Euphractus sexninctus*, seguidos das duas espécies de tamanduá com ampla

distribuição no Brasil, *Tamandua tetradactyla* e *Myrmecophaga tridactyla*, com 183 e 165 registros respectivamente (Tabela 1).

As quatro espécies líderes em atropelamentos, excluindo o gênero *Didelphis* sp., representaram quase metade dos registros de atropelamentos coletados, aproximadamente 38% do total. Esse resultado é congruente com os dados do BAFS, que se diferem de nossos cinco animais no topo da lista apenas pelo fato de *Myocastor coypus*, um roedor de grande porte, aparecer antes de uma das espécies de tamanduá, *Myermecophaga tridactyla* (Tabela 1).

Os dados do Banco de Dados Brasileiro de Atropelamento de Fauna Selvagem apresentam um total de 5174 atropelamentos, sendo em grande parte atropelamentos a espécies "indefinidas". Excluindo os dados indefinidos, 1239 atropelamentos com espécies não identificadas de mamíferos, nos restam 3935 ocorrências do BAFS, distribuídos ao longo de 13 anos – 2002 a 2015. Assim, nossa coleta com 3131 ocorrências nos dão um volume de dados satisfatórios para um intervalo de 11 anos, quando comparados ao BAFS, que é uma forte referência, com dados coletados pelo público e um grande grupo de pesquisadores.

Os dados dos BAFS apresentam também *Cerdocyon thous* como a espécie líder em registros de atropelamentos com 606 registros, seguido pelo gênero *Didelphis* sp., com 530 registros. Em seguida aparecem *Tamandua tetradactyla* (268), *Euphractus sexninctus* (263), *Myocastor coypus* (245) e *Myrmecophaga tridactyla* (227) (Tabela1).

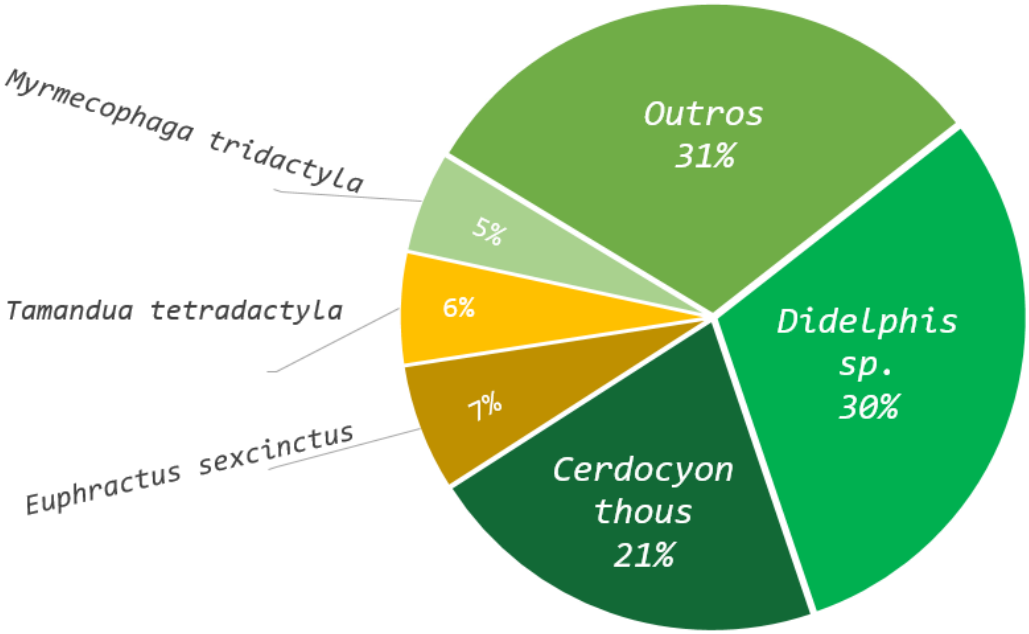

Figura 1 - Gráfico de distribuição das espécies mais atropeladas coletadas em dados secundários.

As tabelas com os 15 animais mais registrados em ambas as bases de dados – nossa coleta e dados do BAFS - podem ser visualizadas a seguir, demonstrando uma grande congruência entre os dados e uma convergência nos resultados numéricos entre os dois tipos de coleta, a coleta de dados secundários pode resultar, analisando em escala nacional, nas mesmas de espécies de mamíferos mais ameaçadas pela mortalidade em estradas.

As 15 espécies mais atropeladas em ambas as coletas são bastante convergentes com uma similaridade de 80% entre elas. Em nossa coleta, o total de registros nos quinze animais mais atropelados representam 86% do total geral e nos dados do BAFS 85% do total geral. A representatividade de cada espécie no total de registros também está expressa na tabela 1.

Tabela 1 - As 15 espécies de mamíferos mais registradas em ambos os tipos de coleta, ordenadas por número de registros

COLETADOS DURANTE A PESQUISA		BAFS	
Espécie	**N° de registros e % do geral**	**Espécie**	**N° de registros e % do geral**
Didelphis sp.	950 (30)	*Cerdocyon thous*	606 (15,4)
Cerdocyon thous	662 (21,1)	*Didelphis sp.*	530 (13,5)
Euphractus sexcinctus	207 (6,6)	*Tamandua tetradactyla*	268 (6,8)
Tamandua tetradactyla	183 (5,8)	*Euphractus sexcinctus*	263 (6,7)
Myrmecophaga tridactyla	165 (5,2])	*Myocastor coypus*	245 (6,2)
Procyon cancrivorus	155 (4,9)	*Myrmecophaga tridactyla*	227 (5,8)
Conepatus chinga	110 (3,5)	*Hydrochaeris hydrochaeris*	217 (5,5)
Dasypus novemcinctus	107 (3,4)	*Procyon cancrivorus*	179 (4,5)
Hydrochoerus hydrochaeris	43 (1,3)	*Conepatus chinga*	169 (4,3)
Nasua nasua	42 (1,3)	*Cavia sp.*	165 (4,2)
Conepatus semistriatus	32 (1)	*Dasypus novemcinctus*	164 (4,2)
Galictis cuja	32 (1)	*Hydrochoerus hydrochaeris*	94 (2,4)
Lycalopex gymnocercus	28 (0,8)	*Nasua nasua*	81 (2,1)
Sphiggurus villosus	23 (0,7)	*Galictis cuja*	72 (1,8)
Lycalopex vetulus	22 (0,7)	*Tapirus terrestris*	63 (1,6)
TOTAL	2716 (86%)	**TOTAL**	3343 (85%)

A distribuição geográfica dos dados coletados foi representada através de um mapa, com limites geográficos dos estados através do IBGE (Figura 2). O estado brasileiro com maior número de registros foi o Rio Grande do Sul – 715 atropelamentos, 22,8 % do total – seguido pelo estado de Mato Grosso do Sul – 701 atropelamentos, 22,3% do total. Todos os doze estados com registros de atropelamentos estão expressos na Tabela 2, incluindo a categoria PR/SC, de um estudo que foi feito entre ambos os estados.

Tabela 2 - Nº de atropelamentos por estado

ESTADO	N° de Atropelamentos
RS	715
MS	701
SC	489
ES	258
GO	250
PR/SC	203
SP	195
MG	138
PA	68
RO	60
PB	47
MT	4
PR	3
TOTAL	3131

Cada linha representada no mapa (Figura 2) representa um trecho de rodovia e apresenta pelo menos um atropelamento. Nossa metodologia de localização dos pontos, busca os pontos através do endereço. Como num mesmo trabalho científico muitos atropelamentos ocorrem num mesmo endereço aproximado (município, rodovia, trecho) cada linha pode representar dezenas de atropelamentos a espécies diversas.

Na distribuição dos dados por bioma, a região com mais atropelamentos foi a Mata Atlântica (Figura 2), com 48% dos dados (1509 atropelamentos). O gênero *Didelphis* foi o mais atropelado dentro do bioma, em nível de espécie *Cerdocyon thous* é a mais recorrente (810 e 244 registros respectivamente, 53% e 16% do total de atropelamentos no bioma), seguidos de *Procyon cancrivorus*, *Dasypus novemcinctus* e *Tamandua tetradactyla*.

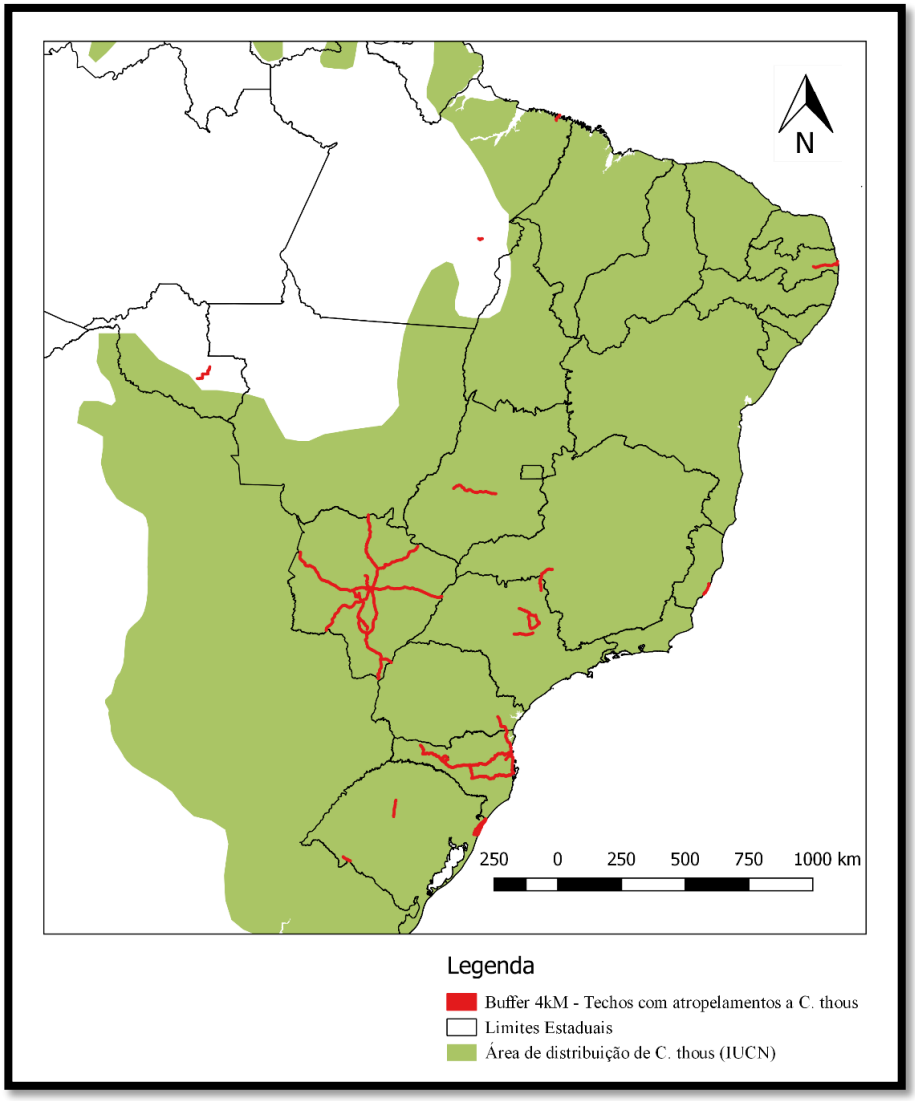

Figura 2 **-** Distribuição de estradas com registros de atropelamentos a Cerdocyon thous, coletadas em publicações sobre atropelamento de fauna. FONTE: Mapa gerado no QGIS

O segundo bioma com mais atropelamentos foi o Cerrado, 17% do total geral, com 522 ocorrências. O animal mais recorrente foi *Cerdocyon thous* com 128 registros (24% do total no bioma), seguidos pelas duas espécies de tamanduá, *Myrmecophaga tridactyla* e *Tamandua tetradatyla*, com 97 (19%) e 76 (15%) atropelamentos cada.

Alguns atropelamentos ocorreram em regiões de transição ou próximos a mais de um bioma, portanto foram classificados como atropelamentos em ecotónos, sendo eles a transição Cerrado/Mata-Atlântica, Caatinga/Mata Atântica e Cerrado/Pantanal (Figura 2), com 105 (3%),

47 (1,5%) e 491 (15%) atropelamentos respectivamente. A transição Cerrado/Pantanal aparece em terceiro lugar na classificação por biomas, sendo mais uma vez, *Cerdocyon thous* o líder de atropelamentos (171 atropelamentos, 35%) seguido por *Euphractus sexninctus* (117, 24%), *Myrmecophaga tridactyla* (57, 12%) e *Tamandua tetradactyla* (38, 8%).

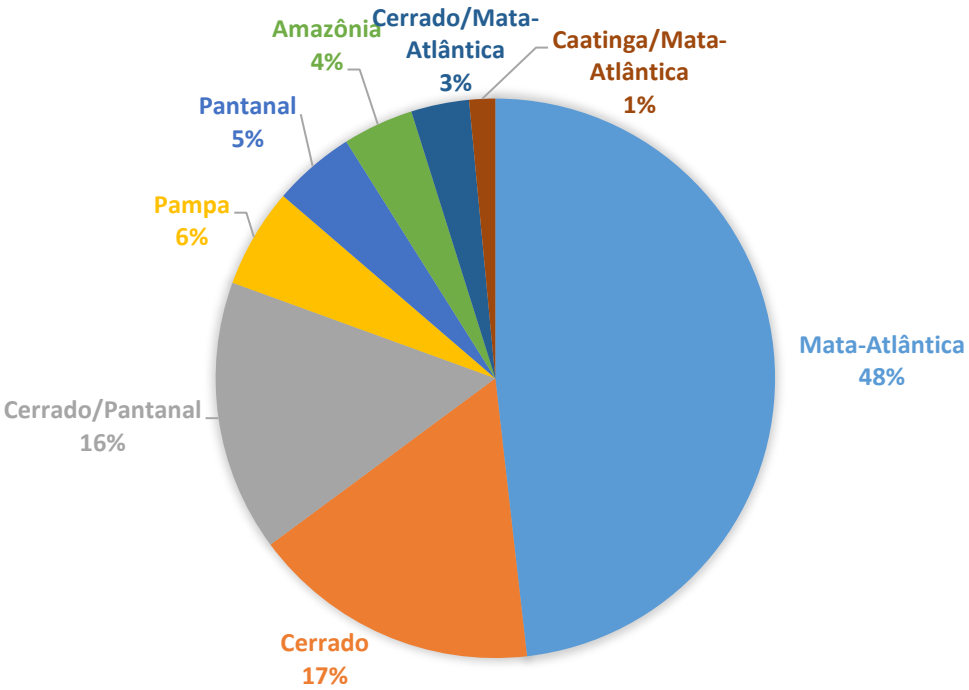

Figura 3- Gráfico da distribuição de atropelamentos (%) pelos biomas brasileiros

Notamos que o Pampa, a Amazônia e a transição Caatinga/Mata Atlântica tiveram baixa representatividade dentro de nossa amostra (6%, 4% e 1%, respectivamente), a transição entre Cerrado/Mata Atlântica e o Bioma Pantanal também possuem uma baixa representatividade, mas tais biomas estão inclusos também em outras categorias de ecótonos. O único bioma que não teve nenhum registro de atropelamentos isoladamente foi a Caatinga. Provavelmente estes biomas pouco representativos precisam de mais estudos tanto por parte dos pesquisadores de campo, quanto por parte do esforço de coleta a dados secundários.

1.5 DISCUSSÃO

Nossa coleta nos possibilitou identificar os animais com maior frequência de registro de atropelamentos, sendo relevante dado para inferir a mortalidade por espécie em estradas brasileiras. Corroborando a literatura (por exemplo, Vieira 1996; Casella *et al*. 2006; Cherém *et al*. 2007; Rosa & Mauhs 2004; Coelho *et al*. 2008; Prada 2004; Rezini 2010), *Cerdocyon thous*, popularmente conhecido como Cachorro-do-mato, foi o animal mais registrado em ocorrências de atropelamentos em rodovias no Brasil. A ocorrência de atropelamentos à espécie em uma rodovia paulista foi associada à cobertura de plantações de florestas (*Pinus sp*.) na região de Cerrado (Freitas *et al*. 2015). Além disso, *C. thous* tem uma abrangente distribuição geográfica, podendo ter sido registrado em todos os biomas e praticamente em todos os trabalhos científicos que foram analisados.

A espécie líder foi atropelada até mesmo dentro da região amazônica, onde não tem grande distribuição, e nossa coleta identificou o registro de um total de 11 atropelamentos a espécie entre os municípios de Parauapebas e Carajás, na Rodovia PA-275 (Guimier-Costa & Sperber 2009), e também 12 atropelamentos na rodovia RO-383, entre os municípios de Cacoal e Alta Floresta D'Oeste, no estado de Rondônia (Turci *et al*. 2009). Esses pontos de atropelamento podem ser um importante dado para a distribuição geográfica da espécie, uma vez que está fora da região biogeográfica apontada pela IUCN (IUCN 2018) . Isso demonstra que muito além da identificação da mortalidade e do impacto das estradas sobre a fauna, o monitoramento e coleta intensiva de dados pode nos dar informações preciosas quanto comportamentos, hábitos de vida e até mesmo biogeografia das espécies estudadas.

Como mostrado em nosso mapa da distribuição de atropelamentos, a grande maioria das rodovias tiveram dezenas, por vezes centenas de atropelamentos num mesmo local. Isso ocorreu devido à imprecisão dos dados obtidos pela revisão bibliográfica, a grande maioria dos artigos e trabalhos científicos não trazem informações suficientes sobre os atropelamentos.

Uma questão bastante relevante é a insuficiência de trabalhos que busquem monitorar as estradas (Dornas *et al*. 2012). Em nossa análise diversos estados, estradas e regiões não foram estudados. Isso demonstra que há uma má distribuição do esforço de coleta em campo entre os estados. Do mesmo modo Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais têm centros de pesquisa ou pesquisadores voltados à ecologia de estradas, o que pode ter deslocado um pouco nossa amostragem para esses estados mais estudados, representando um viés de esforço amostral.

O mapa de distribuição aponta uma maior densidade de atropelamentos nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, que são regiões com maior número de artigos publicados em Ecologia de Estradas. Na região sudeste e centro-oeste os atropelamentos estão distribuídos em áreas próximas ao Cerrado.

De maneira geral podemos identificar quatro espécies que são as mais frequentemente atropeladas, levando em consideração os diferentes recortes: estado, bioma, rodovia, região. *Cerdocyon thous* é o líder de atropelamentos, seguido por *Euphractus sexninctus*, *Tamandua tetradactyla* e *Myrmecophaga tridactyla*, esta última constando como vulnerável segundo a IUCN (IUCN 2014), é uma espécie com ampla distribuição, mas que não é encontrada em parte do território biogeográfico original, mas pode ocorrer em todos os biomas (Medri, *et al*. 2006). O atropelamento ao tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) foi associado à presença de vegetação nativa próxima a estradas (Freitas *et al*., 2014). O tatu-peba (*Euphractus sexninctus*) tem preferência por habitar bordas de mata (Medri *et al*, 2006), podendo ser um agravante para seus atropelamentos, uma vez que estradas causam efeitos de borda. Outro grupo amplamente registrado é o gênero *Didelphis sp*., que apareceu em praticamente todos os trabalhos científicos e todos os biomas, distribuídos dentro das três espécies do gênero.

Os resultados de nosso trabalho foram satisfatórios ao ponto que se aproximaram, através de uma metodologia alternativa, dos números disponíveis pelo BAFS, quando somados,

nosso banco de dados com os do BAFS podemos obter um panorama bastante robusto dos atropelamentos. A coleta dos dados do próprio banco do CBEE foi bastante trabalhosa pela interface não amigável do site, que nos dá apenas pontos, sendo necessário transpô-los em tabelas, e em seguida a intensiva coleta em trabalhos científicos e notícias para montagem de nosso próprio banco. A convergência e congruência dos resultados corroboram para a afirmação de que as quatro espécies supracitadas são de fato espécies chave e líderes para entender o atropelamento de fauna no Brasil, com destaque para *C. thous*, que é um carnívoro generalista, que possui alta abundância de registros, sendo uma das espécies com mortalidade em massa nas rodovias.

2. RELAÇÃO ENTRE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES E CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM: O CASO DO *CERDOCYON THOUS*

2.1 INTRODUÇÃO

Ecologia de estradas: avaliando o impacto à biodiversidade sob a abordagem da Ecologia de Paisagens

A cobertura da vegetação nativa e o uso da terra podem ser utilizados, por meio de mapas, para o estudo de populações biológicas sob a perspectiva da Ecologia de Paisagens (Bueno *et al*. 2015; Freitas *et al*. 2015), permitindo entender como tais populações se organizam e são afetadas pelos diferentes tipos de uso do solo. Sob a perspectiva da Ecologia de Paisagens podemos entender como alguns fatores podem afetar a fauna, tal como: o tamanho e a forma dos fragmentos de habitat, a conectividade entre esses fragmentos e o tipo de matriz no qual estão inseridos (Turner 2001).

Na Ecologia de Estradas podemos avaliar impactos da rede viária sobre as populações e comunidades biológicas (Forman *et al*. 2003; Roedenbeck *et al.* 2007; Van der Ree *et al*. 2015). Numa abordagem de Paisagem, as estradas podem ser um tipo de matriz hostil, já que apresentam um risco às populações e comunidades biológicas, particularmente a fauna, devido às colisões entre veículos e animais e ao efeito-barreira que leva ao isolamento de populações e perda de diversidade nos habitats cortados pelas estradas (Laurance *et al*. 2009; Rosa & Bager 2013; Sunnucks & Balkenhol 2015).

O atropelamento de fauna é um dos principais problemas avaliados pela Ecologia de Estradas (Forman & Alexander 1998; Forman *et al*. 2003; Coffin 2007; Van der Ree *et al*. 2011; Rosa & Bager 2013; Van der Ree *et al*.,2015). A morte de animais devido a colisões é bastante recorrente e seu impacto nas populações e comunidades biológicas é relativamente alto dependendo da espécie envolvida (Forman *et al*. 2003; Van der Ree *et al.* 2011). Associados às

ocorrências de atropelamentos estão diferentes características da paisagem, podendo ser possível encontrar padrões de ocorrência de atropelamentos e a paisagem circundante à estrada (Bueno *et al*. 2015; Freitas *et al*. 2015; Ascensão *et al*. 2017).

Monitoramento de mamíferos atropeladas nas estradas brasileiras

Mamíferos e aves são os grupos de vertebrados mais registrados nos monitoramentos de atropelamento em estradas brasileiras (Dornas *et al*. 2012; CBEE 2016a). A distribuição de ocorrências de registro entre as espécies é bastante heterogênea e isto pode ser justificado por hábitos e áreas de vida diferentes e até mesmo a cobertura de vegetação nativa, proximidade de rios e o tipo de matriz (Bueno *et al*. 2015; Freitas *et al*. 2015).

Nas análises de dados de atropelamentos de mamíferos, *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato) é a espécie mais frequente nos registros do Banco de Dados Brasileiro de Atropelamentos de Fauna Selvagem – BAFS (CBEE, 2016b). Beisiegel e colaboradores (2013) afirmam que o cachorro-do-mato é uma das espécies mais atropeladas em território nacional. Outros autores também afirmam que a espécie é líder em atropelamentos em rodovias nacionais (Vieira 1996; Prada 2004; Rosa & Mauhs 2004; Cherem *et al*. 2007; Coelho *et al*. 2008; Rezini 2010; Lemos *et al*. 2011; Dornas *et al*.,2012). O atropelamento de cachorro-do-mato foi associado à cobertura de plantações de floresta (*Pinus* sp.) em uma rodovia no Cerrado paulista (Freitas *et al*. 2015).

O uso de dados de atropelamentos

De modo geral, os trabalhos publicados na área de Ecologia de Estradas apresentam um panorama local ou temporal limitado, sendo necessária uma análise em maior escala da situação dos atropelamentos. A diminuição do tamanho do fragmento florestal ou nativo de um bioma pode culminar na migração de indivíduos da fauna (Metzger 2001), que eventualmente encontram barreiras físicas como as estradas e são atropelados (Laurance *et al.* 2009). Registros

de tais ocorrências podem nos apresentar dados relevantes quanto às estratégias de dispersão e os motivos pelos quais a fauna de dispersa, fornecendo arcabouço teórico para a identificação de padrões e produção de modelos ecológicos.

Além disso, podemos partir da premissa de que se uma espécie é atropelada em determinado local ela ocorre em determinado local, podendo muitas vezes o grande número de atropelamentos estar associado a existência de uma população naquela região.

Deste modo, entender a ocorrência de atropelamento da espécie objeto deste estudo – *Cerdocyon thous* - é entender a distribuição destes animais no espaço. Além disso, a busca por padrões de paisagem e uso do solo para tais atropelamentos, podem nos fornecer informações relevantes quanto às preferências e ocorrências destes animais em diferentes tipos de manchas de habitat e tipos de matriz na paisagem.

2.2 OBJETIVOS

Entender como os atropelamentos a *Cerdocyon thous* podem estar relacionados às características da paisagem, através do uso de dados georreferenciados de mortalidade do animal em rodovias brasileiras.

- Obter dados georreferenciados de atropelamentos a *Cerdocyon thous* em todo o território brasileiro;

- Verificar em qual tipo de uso e cobertura do solo *Cerdocyon thous* é mais atropelado.

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 COLETA DE DADOS

Atropelamentos

Foram coletados registros de atropelamentos a mamíferos em território nacional, buscando contabilizar os atropelamentos à espécie de estudo – *Cerdocyon thous*. Contamos com a colaboração de alguns pesquisadores que realizaram estudos de monitoramento de animais atropelados em rodovias em diferentes regiões do Brasil. Solicitamos dados de ocorrências de atropelamentos às espécies objeto de estudo, além da coordenada geográfica e data das coletas.

Tivemos ainda uma segunda fonte de dados, coletados em 2016 no Banco de Dados de Brasileiro de Atropelamento da Fauna Selvagem (BAFS), uma iniciativa do Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas (CBEE, 2016b). Na época era possível fazer consulta ponto-a-ponto dos animais atropelados no UrubuMap (CBEE, 2016b) e foram incorporados na análise deste trabalho, eles são provenientes principalmente de projetos de monitoramento de rodovias em diferentes localidades do Brasil, e de dados coletados por colaboradores através do aplicativo *Urubu Mobile* (http://cbee.ufla.br/portal/sistema_urubu/urubu_mobile.php).

Obtivemos assim, duas bases de dados principais: (1) atropelamentos cedidos por colaboradores, georreferenciados; (2) atropelamentos coletados no UrubuMap, também georreferenciados.

Todos os dados foram organizados de acordo com o ano de registro do atropelamento, a fim de tornar possível analisar temporalmente a variação da paisagem ao longo dos pontos de atropelamento e relacionar adequadamente a paisagem à ocorrência.

Uso do Solo e Paisagem

A medição das características foi feita utilizando fonte de dados de uso do solo, do MapBiomas [http://mapbiomas.org/]. O MapBiomas é uma iniciativa de mapeamento de uso do solo e conservação de vegetação nativa, possuindo dados para todos os Biomas brasileiros, ano a ano de 2000 a 2016, com precisão de 30 metros. Utilizamos assim os mapas produzidos, em formato raster (.tif) dos anos correspondentes aos registros de atropelamentos.

As cartas e os mapas de estradas e de rios coletados foram produzidos pelo IBGE, disponível nas bases cartográficas contínuas BCIM (Base Continua ao Milionésimo), versão 2016 [http://downloads.ibge.gov.br/ downloads_geociencias.htm**]**; e, o limite das Unidades de Conservação de Proteção Integral, disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente [http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dadosgeorreferenciados].

2.3.2 ANÁLISE DE DADOS

Geoprocessamento

Os dados de atropelamentos foram organizados em planilhas, identificando o tipo de coordenada e projeção (Lat. Long. ou UTM) e foram processados nos *softwares* de geoprocessamento QGIS v.3.0 [http://www.qgis.org/en/site/] e ArcGIS v.10.1 [https://www.arcgis.com/features/index.html], para a localização dos pontos no território Brasileiro. Todos os pontos foram reprojetados para um mesmo sistema de projeção (WGS 84), para facilitar o geoprocessamento, de forma compatível com os mapas de informações de uso e ocupação do solo.

Para cada ponto de atropelamento foram criados independentemente um *buffer* correspondente a área de influência da paisagem, permitindo serem feitas as medições de uso do solo relacionadas a cada atropelamento isoladamente. A área de influência foi baseada na área de vida estimada de cada espécie. Para o cachorro do mato (*Cerdocyon thous*) a literatura

aborda que em média a área de vida do animal é de 4 km² (Cheida *et al*. 2006; Trovati *et al*. 2007). Para fins de aproximação, considerando que um círculo de 4 km² possui raio de ~ 1,13 km, esse seria o valor do raio de nosso *buffer*. Entretanto, o ponto de atropelamento não necessariamente representa o centro da área de vida do indivíduo, podendo ser por exemplo a borda da área de uso. Deste modo consideramos o dobro do raio da área de vida como a medida para traçar o *buffer*, ou seja, aproximadamente 2,26 km, considerando que o atropelamento ocorreu na borda da área de uso (Figura 4).

Os *buffers* foram feitos através do uso do ArcGIS, sem dissolver os resultados dos polígonos. Deste modo, pudemos calcular o uso do solo e as diferentes características e arranjos espaciais da paisagem que estão dentro da área de influência de cada atropelamento individualmente (Figura 2a).

Após a construção dos *buffers* de influência foram selecionados, ano a ano, os mapas de uso do solo do MapBiomas, e extraídos os componentes da paisagem para cada buffer de influência de cada atropelamento (Figura 2b). Deste modo, se um atropelamento ocorreu, por exemplo, durante o ano de 2013 no bioma Mata Atlântica extraímos as características da paisagem mapeada pelo MapBiomas para o ano e bioma correspondentes. Os *buffers* - polígonos - foram cruzados (ferramenta *Intersect*) com o mapa de uso e cobertura dos respectivos biomas e dos respectivos anos; com o mapa de Unidades de Conservação de Proteção Integral (UC) e com o mapa de estradas e de rios. Para cada *buffer* foram medidas as áreas – em número de pixels de 30x30m - para cada um das classes de uso e cobertura da terra dos biomas mapeadas pelo MapBiomas. Foram medidas também as distâncias da UC mais próxima. Deste modo foi avaliada a porcentagem de cobertura de cada uma das classes de uso e cobertura da terra dentro do *buffer*. Obtivemos as seguintes variáveis representando as características da paisagem: (1) proporção de **floresta**; (2) proporção de **savana**; (3) proporção de **vegetação nativa aberta** do bioma; (4) proporção de **vegetação nativ**a do bioma; (5)

proporção de **pecuária**; (6) proporção de **agricultura;** (7) proporção de **agropecuária** (pecuária+agricultura); (8) proporção de **reflorestamento/silvicultura**; (9) proporção de **corpos d'água**; (10) distância mínima de **unidades de conservação** em relação ao ponto de atropelamento; (11) distância mínima de **corpos d'água** em relação ao ponto de atropelamento.

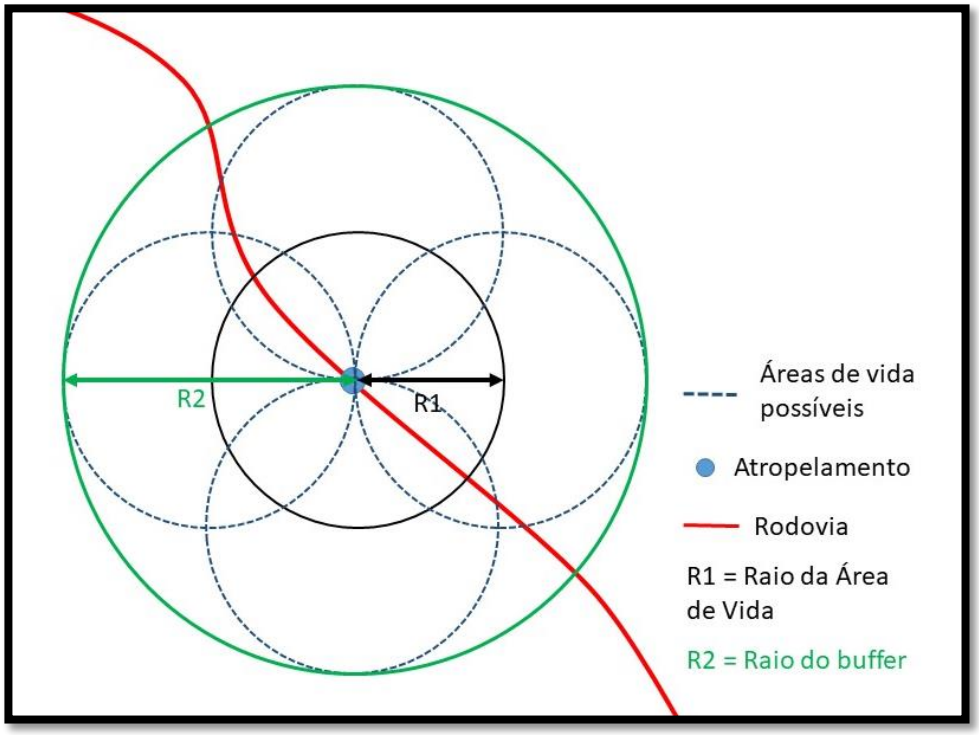

Figura 4- Esquema para construção do *buffer* – O ponto de atropelamento não é necessariamente o ponto central da área de vida do indivíduo, deste modo devemos considerar que o atropelamento pode ter ocorrido na periferia da área de vida, dobrando assim o raio do *buffer* de influência

Para acelerar o processo utilizamos o software *Geospatial Modeling Environment* [http://www.spatialecology.com/gme/index.htm], com a ferramenta "*Intersect Poligon raster"* de modo que conseguimos, com a utilização conjunta do R [https://www.r-project.org/] e o ArcGIS, extrair as informações do mapa com mais eficiência, uma vez que o mapa de uso do solo do MapBiomas é composto por arquivos do tipo *raster* (.tif) e os polígonos de *buffers*, rios e rodovias são arquivos do tipo *shapefile* (.shp).

Ainda com o uso das ferramentas de geoprocessamento, geramos pontos aleatórios que representam os zeros (ausências) em nossa matriz de dados, para a análise do modelo linear

generalizado - *glm*. Selecionamos as rodovias onde ocorreram os atropelamentos, e em seguida geramos os *random points* sobre estas rodovias, ano a ano. Os pontos representando as ausências foram gerados na mesma quantidade dos pontos representando as presenças de atropelamentos para cada espécie, em cada ano e em cada região.

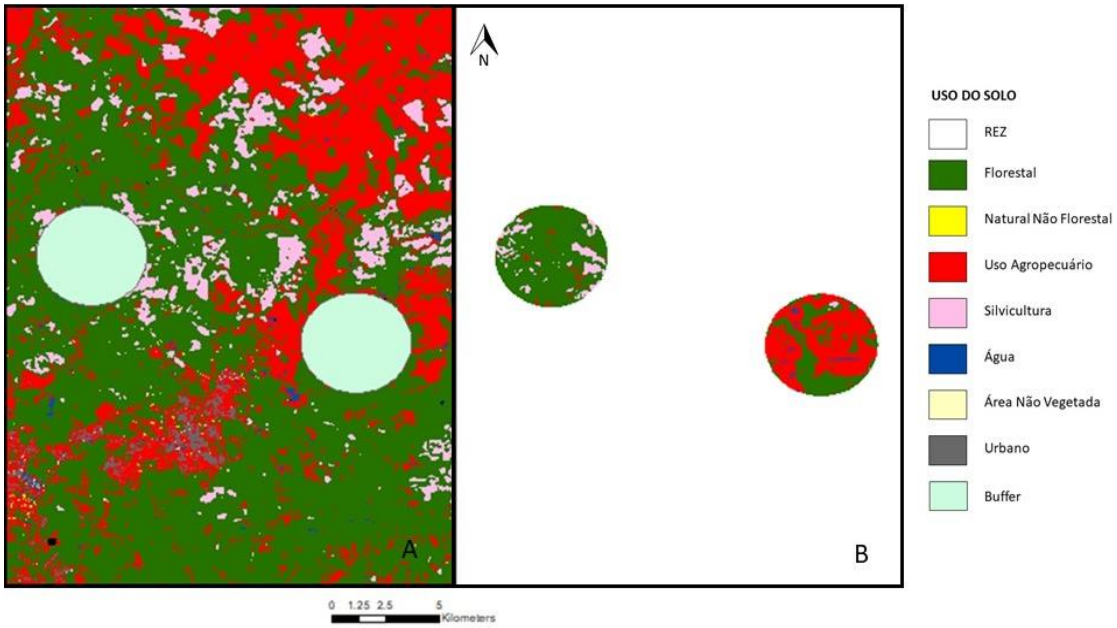

Figura 5 - Exemplo de extração da paisagem no *buffer* de influência. (A) *Buffer* individual para cada atropelamento. (B) área da paisagem a ser medida.

Análise Estatística

Após a divisão dos atropelamentos ano a ano e a extração das características da paisagem, fizemos uma estatística descritiva, analisando a variação temporal do número de registros de atropelamentos para *Cerdocyon thous* bem como a variação temporal do uso do solo dentro da área de influência de cada atropelamento.

Para identificar quais variáveis da paisagem respondem melhor aos registros de atropelamentos à *Cerdocyon thous*, foram criados modelos através de uma análise de regressão linear logística. Em seguida, os modelos foram selecionados por Critério de Informação Akaike (AIC; Burnham & Anderson 2002). Tais análises foram executadas no *software* R (http://www.r-project.org/), funções *glm* e *AICc*, para avaliar a relação entre ocorrência de

atropelamentos e as variáveis de características da paisagem. Na análise de regressão linear, a variável dependente foram as presenças e ausências de atropelamentos – matriz de 0 e 1 - e as variáveis independentes foram as 12 características da paisagem. Para concorrer com esses modelos, foi usado um modelo de efeito nulo (constante = 1), para avaliar a consistência do modelo selecionado pelo AIC. Os modelos foram criados tanto com as características da paisagem isoladamente, quanto em combinação com mais de uma variável (ANEXO I).

2.4 RESULTADOS

Nossa coleta de dados resultou num total de 1282 atropelamentos georreferenciados à *Cerdocyon thous* distribuídos em todos os biomas brasileiros, e em todos os estados com exceção de Acre e Roraima, onde não há registro de ocorrência à espécie. Deste modo, nossas duas bases de dados - (1) atropelamentos cedidos por colaboradores, georreferenciados; (2) atropelamentos coletados no UrubuMap, também georreferenciados – nos deram um panorama satisfatório com uma boa amostragem dos atropelamentos em território nacional, nossas amostras estão bem distribuídas, podendo anular alguns vieses. Entretanto, notamos que no mapa é possível encontrar as regiões onde ocorreram os estudos sistemáticos, como por exemplo a BR-101 na região Sul do Brasil, ou até mesmo a BR-262 no Mato Grosso do Sul. Porém, estes vieses dos dados de estudos sistemáticos em relação aos dados do aplicativo Urubu Mobile – que são aleatórios - são superados pela geração dos pontos de ausência aleatoriamente para a análise binomial.

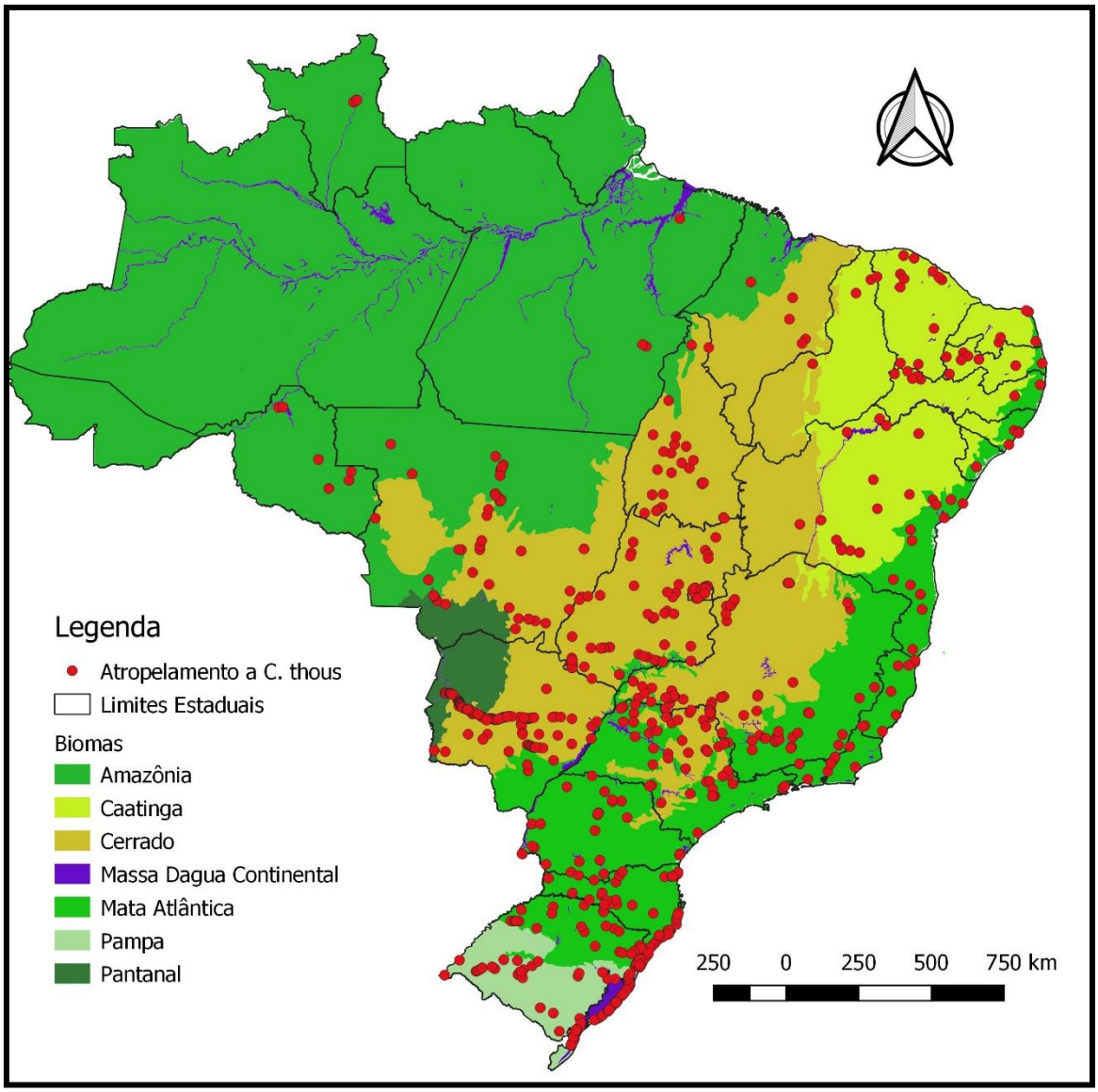

Figura 6 - Mapa de distribuição dos pontos de atropelamentos coletados. Há pontos em quase todos os estados brasileiros e em todos os biomas do território nacional.

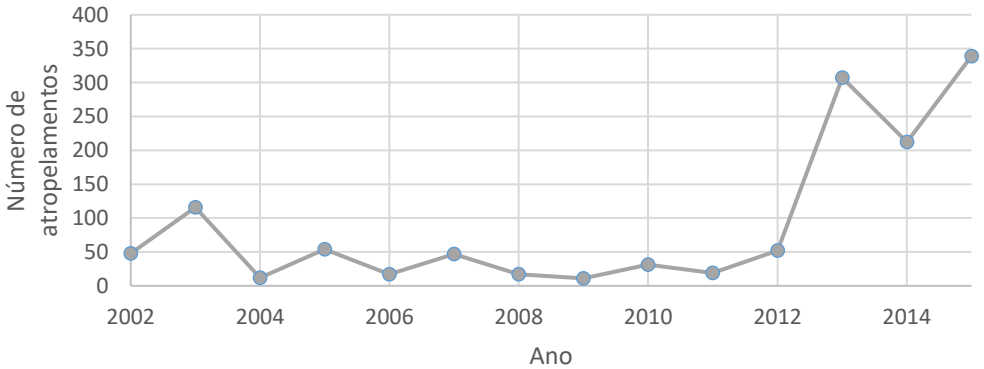

Figura 7 - Registro de atropelamentos a *C. thous* por ano

Após a coleta de dados, geração dos pontos de ausência e a geração dos *buffers* com extração de características da paisagem através do geoprocessamento, como descrito na metodologia, geramos os modelos lineares generalizados no *software R*. Ao todo, foram gerados 45 modelos relacionando as ausências e presenças – 0 e 1 – de atropelamentos às características da paisagem (ANEXO I). Estes modelos foram uni e multivariados e em seguida selecionamos os melhores modelos através do AIC.

Na metodologia por AIC os modelos concorrem entre si, de modo que assumimos que as características da paisagem elencadas possuem, em maior ou menor grau, influência para determinar os atropelamentos, sendo o critério Akaike um ponderador para mostrar o modelo que melhor se ajusta dentre os modelos analisados (Burnham & Anderson 2002). Primeiramente, selecionamos apenas os modelos com uma única variável, para analisar separadamente quais características respondem melhor a presença dos atropelamentos (Tabela 3).

Tabela 3 - Modelos univariados selecionados por AIC em ordem de relevância. (AIC: Valor de Akaike; DAIC: distância do menor valor; DF: graus de liberdade ou número de variáveis do modelo)

MODELO	AIC	DAIC	DF	PESO	EVIDÊNCIA
(+) DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3715.2	0.0	3	0.8123	1.0
(+) AGRICULTURA	3719.6	4.4	3	0.0891	9.1
(+)CORPOS D'ÁGUA NO BUFFER	3721.3	6.1	3	0.0387	21.0
(+)SILVICULTURA	3723.4	8.2	3	0.0135	60.2
(+)PECUÁRIA	3724.0	8.8	3	0.0099	82.1
(+)DISTÂNCIA DE UC'S	3724.4	9.2	3	0.0082	99.1
MODELO NULO	3724.4	9.2	2	0.0081	100.3
(+)SAVANA	3725.0	9.8	3	0.0061	133.2
(+)ÁREA NATURAL ABERTA	3725.3	10.1	3	0.0053	153.3
(+)DISTÂNCIA DE UC'S INTEGRAIS	3725.6	10.4	3	0.0046	176.6
(-) FLORESTA	3726.1	11.0	3	0.0034	238.9

O modelo que melhor respondeu nessa primeira seleção foi a distância do atropelamento a corpos d'água, demonstrando que há uma relação positiva entre os atropelamentos à

Cerdocyon thous e a proximidade de corpos d'água. O modelo que surgiu logo em seguida foi agricultura, porém com menor peso e maior valor de AIC (Tabela 3).

Dados os modelos com uma única variável, selecionamos por AIC os modelos com mais de uma variável para explicar os atropelamentos à espécie, nesta modalidade de seleção o critério por informação Akaike penaliza os modelos com mais variáveis, isto é, quantas mais características da paisagem foram utilizadas para elaborar o modelo maior será seu valor de AIC, de modo que o modelo seja penalizado frente aos outros com menor número de variáveis independentes necessárias – características da paisagem - para explicar nossas variáveis dependentes – atropelamentos à *C. thous* (Burnham & Anderson, 2002).

Tabela 4 - Modelos com mais de uma variável melhor selecionados. (AIC: Valor de Akaike; DAIC: distância do menor valor; DF: graus de liberdade ou número de variáveis do modelo)

MODELO	AIC	DAIC	DF	PESO	EVIDÊNCIA
(+)NATURAL + (+)AGROPECUÁRIA	3706.9	0	7	0.5513	1.0
(+)AGROPECUÁRIA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3709.1	2.2	5	0.1874	2.9
(+)SAVANA + (+)AGROPECUÁRIA	3711.4	4.5	5	0.058	9.5
NATURAL ABERTA + AGROPECUÁRIA	3711.8	4.9	5	0.0478	11.5
(+)AGRICULTURA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3712.2	5.2	4	0.0403	13.7
(+)AGROPECUÁRIA + (+)SILVICULTURA	3712.8	5.8	5	0.0298	18.5
(+)SILVICULTURA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3713.9	6.9	4	0.0171	32.2
(+)AGROPECUÁRIA	3715	8.1	4	0.0097	56.8
(+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3715.2	8.2	3	0.0089	61.9
(+)PECUÁRIA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3715.4	8.4	4	0.0081	68.1
(+)SAVANA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3715.4	8.5	4	0.008	68.9
(+)NATURAL ABERTA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3716	9.1	4	0.0059	93.4
(-)FLORESTA + (+)AGROPECUÁRIA	3716.2	9.3	5	0.0054	102.1
(-)FLORESTA + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3717.1	10.2	4	0.0034	162.1
(+)AGRICULTURA + (+)SILVICULTURA	3717.8	10.9	4	0.0024	229.7
(+)SAVANA + (+)AGRICULTURA	3718.7	11.8	4	0.0015	367.5
(+)NATURAL + (+)DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA	3719.3	12.3	6	0.0012	459.4

Apesar das penalizações, o modelo que melhor se ajustou a presença de atropelamentos à *C. thous* foi justamente àquele que contava com maior número de variáveis independentes (Tabela 4). O modelo com áreas naturais (savanas, florestas e formações não florestais nativas)

e agropecuária (pecuária + agricultura) foi o modelo melhor selecionado, demonstrando que apesar de penalizado por serem necessárias diversas variáveis independentes, este modelo responde melhor frente aos demais, com menos variáveis.

2.5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em nossa análise estatística são bastante satisfatórios e foram capazes de demonstrar as características da paisagem associadas ao atropelamento de *Cerdocyon thous*, todos os modelos melhores posicionados na seleção de AIC, trazem agropecuária como uma de suas componentes. Isso demonstra que este uso da terra, no caso de *Cerdocyon thous*, é bastante determinante para prever os atropelamentos à espécie. Além disso, com relação à diferença da seleção entre os modelos com uma ou mais variáveis, notamos que no caso do primeiro resultado de AIC (Tabela 3), a distância de corpos hídricos foi responsável por grande parte do peso de AIC atribuído pelo método, e em seguida, com o modelos multivariados, aparece novamente nos melhores modelos. Para fins de verificação, criamos um modelo extra que não está representado nas tabelas, com agropecuária, formações naturais e distância de corpos hídricos, e ainda assim, com mais componentes que qualquer outro modelo e apesar de maior penalização, foi o modelo melhor selecionado.

De maneira geral, nossas análises estatísticas demonstraram que corpos d'água possuem uma relação negativa com o atropelamento à *C. thous* – o melhor modelo selecionado apresenta uma relação positiva com a distância da hidrografia. Já com relação a presença de áreas naturais e agropecuária, o modelo mais penalizado ficou em primeiro lugar, representando tanto manchas quanto matrizes de habitat. Podemos interpretar o resultado como uma relação entre a fragmentação da paisagem o atropelamento à espécie, isto é, mesmo modelos isolados como, por exemplo, distância de corpos d'água, ou agricultura que foram melhor selecionados na primeira seleção de AIC, não são suficientes para explicar isoladamente o atropelamento à *C.*

thous, deste modo, acreditamos que este é um sinal de que a fragmentação da paisagem, com a presença de muitas regiões de matriz e manchas de habitat pequenas estejam relacionadas aos atropelamentos à espécie.

Notamos que há sempre uma relação positiva entre matrizes de uso antrópico e os atropelamentos e uma relação negativa nos modelos compostos por cobertura florestal. Isto pode ser interpretado como uma tendência dos atropelamentos ocorrerem em regiões com maiores concentrações de matrizes antrópicas na paisagem e uma tendência de diminuição destas taxas de atropelamentos em paisagens com manchas de habitat florestal, e também podem indicar uma preferência por áreas abertas por parte da espécie.

Com base nos atropelamentos, a matriz parece ser usada por *Cerdocyon thous*, ao menos, temporariamente para atravessar entre manchas de habitat (Bueno *et al*., 2015; Ascensão *et al*., 2017), deste modo, em ambientes fragmentados a espécie está mais susceptível aos atropelamentos.

Outro fator que merece ser levantado é a relação com a distância a corpos d'água, já é conhecido e discutido na literatura que os atropelamentos possam ocorrer em maior frequência próximos a corpos d'água (Freitas *et al*. 2015), pois os animais se locomoveriam por matas ciliares que acompanham rios e riachos e seriam mais atropelados próximos a estas localidades, entretanto para *C. thous* a lógica parece se inverter, em uma rodovia no interior de SP, na transição entre o bioma Cerrado e Mata Atlântica, um estudo de monitoramento de passagens de fauna revelou que *Cerdocyon thous* evita realizar travessias por passagens de fauna com água (Abra 2012), isto seria um fator que pode corroborar para nossos modelos com distância de corpos d'água, uma vez que um dos componentes em nossos modelos é justamente a maior distância de corpos d'água para explicar o atropelamento à espécie, indicando que aparentemente ela evita áreas úmidas ou com rios e riachos.

Acreditamos que *Cerdocyon thous* tenha expandido sua área de ocorrência para regiões desmatadas na Amazônia, assim como foi encontrado na expansão de *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará) no estado do Rio de Janeiro usando áreas abertas pelo desmatamento da Mata Atlântica (Bereta *et al*., 2017) uma vez que referências históricas não trazem a ocorrência do animal com grande representatividade no bioma (BERTA, 1982). Deste modo, analisamos preliminarmente o conjunto de dados de atropelamentos e de ocorrências do GBIF (2018) dentro da Amazônia brasileira, e notamos (Figura 8) que a ocorrência de *C. thous* vai além do proposto pela IUCN, entretanto os pontos de ocorrência se dão em sua grande maioria em regiões que não há mais floresta amazônica conservada, mas sim extensas áreas de terra convertidas em agropecuária e fragmentadas.

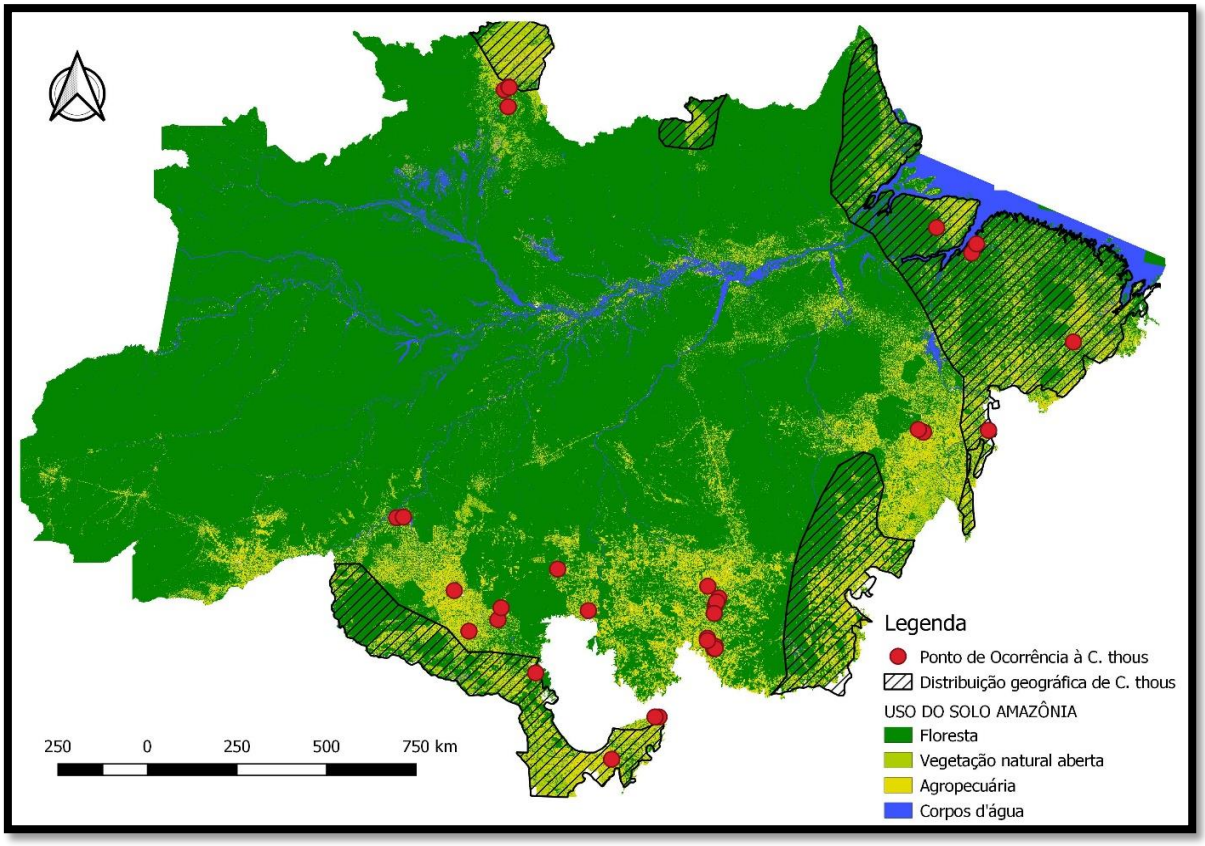

Figura 8 - Ocorrências de *Cerdocyon thous* dentro da Amazônia e fora da área de distribuição da espécie. Os pontos se concentram em regiões onde a floresta já foi convertida em agropecuária.

COSIDERAÇÕES FINAIS

Estes resultados nos permitem discutir a importância de manchas ou matrizes para entender os atropelamentos de *Cerdocyon thous*. Notadamente há uma tendência de ocorrerem atropelamentos em regiões com maiores proporções de matrizes antrópicas na paisagem e uma inversão desse cenário na presença de manchas de habitat. Podemos elencar deste modo as matrizes como o componente mais importante para prever os atropelamentos destas espécies da fauna silvestre. Diferentemente do que pensam a maioria dos conservacionistas as espécies de animais silvestres não se restringem somente a paisagens conservadas, exclusivamente com vegetação nativa, mas ocorrem também em áreas degradas e de uso antrópico. Entretanto este cenário pode ser discutido, pois *Cerdocyon thous* é uma espécie generalista, o que pode justificar sua ocorrência em ambientes degradados.

Cerdocyon thous, que aparenta ser a espécie de mamífero mais atropelada em território nacional, tem a agropecuária e hidrografia como fatores predominantes nos modelos melhores selecionados, cenário que pode representar uma maior necessidade do animal se movimentar na paisagem à procura de recursos, uma vez que o seu habitat está fragmentado e quando se locomove aumentam as chances de encontrar estradas e ocorrerem atropelamentos. Pode representar ainda uma abertura de nicho ecológico, afinal *C. thous* é uma espécie que ocorre também áreas abertas , e com o avanço da matriz de agricultura na paisagem o animal possa talvez ter expandido sua área de vida e seu comportamento de movimentação, podendo potencializar suas taxas de atropelamentos. Assim como foi encontrado na expansão de *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará) no estado do Rio de Janeiro usando áreas abertas pelo desmatamento da Mata Atlântica , acreditamos que *Cerdocyon thous* tenha expandido sua área de ocorrência para regiões desmatadas na Amazônia devido à conversão do bioma em modelos agricultáveis e pastagens de pecuária. Nossos modelos apontam a relação entre os atropelamentos à *C. thous* e as características da paisagem ligadas a agropecuária, e ao

observamos as ocorrências de *Cerdocyon thous* dentro da amazônia, elas são congruentes com o uso antrópico, demonstrando uma possível homogeneização de fauna e flora. Grande parte dos avanços da matriz antrópica pelos biomas naturais se dão através de eixos centrais de estradas e rodovias, estando portanto as estradas altamente ligadas a degradação dos sistemas continentais, afetando a distribuição das espécies. No caso de *C. thous* as matrizes parecem ser um fator para sua ocorrência e também para sua mortalidade em rodovias, o que pode gerar desde acidentes rodoviários envolvendo a espécie, até mesmo modificações nos hábitos naturais desta espécie e de outras, que eventualmente tenham interações com *Cerdocyon thous.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, Fernanda Delborgo. Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo. 2012. *Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo*.

ARIMA, Eugenio Y. *et al*. Explaining the fragmentation in the Brazilian Amazonian forest. *Journal of Land Use Science*, v. 11, n. 3, p. 257-277, 2016.

Ascensão, F., Desbiez, A.L.J., Medici, E.P., Bager, A. (2017). Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research*, A-L.

Beisiegel, B. M., Lemos, F. G., Azevedo, F. C., Queirolo, D., Jorge, R. S. P. (2013) Avaliação do risco de extinção do Cachorro-do-mato Cerdocyon thous (Linnaeus, 1766) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3(1), 138-145.

Bereta, A.; Freitas, S. R. ; Bueno, C. (2017) Novas ocorrências de Chrysocyon brachyurus (Carnivora) no estado do Rio de Janeiro indicando a expansão de sua distribuição geográfica. BOLETIM DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOZOOLOGIA, v. 78, p. 5-8.

BERTA, Annalisa. Cerdocyon thous. *Mammalian species, n. 186, p. 1-4*, 1982.

BOWERS, Michael A.; MATTER, Stephen F. Landscape ecology of mammals: relationships between density and patch size. *Journal of Mammalogy, v. 78, n. 4, p. 999-1013*, 1997.

Bueno, C., Sousa, C. O. M., Freitas, S. R. (2015) Habitat or matrix: which is more relevant to predict road-kill of vertebrates? *Brazilian Journal of Biology*, 75(4), 228-238.

Burnham, K. P., Anderson, D. R. (2002) *Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach*. Springer, New York, 496p.

CÁCERES, Nilton C. Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest–Cerrado interface in south-western Brazil. Italian Journal of Zoology, v. 78, n. 3, p. 379-389, 2011.

Carvalho, C. F., Iannini Custódio, A. E., Marçal Junior, O. (2015) Wild vertebrates road-kill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Gerais, Brasil. *Biosci. J.*, Uberlândia, 31 (3), 951-959.

CBEE, Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas. (2016a) Atropelômetro. Disponível em <http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/ >. Acessado em 11/04/2016.

CBEE, Centro Brasileito de Ecologia de Estradas. (2016b) Urubu Map. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/sistema_urubu/urubu_map.php>. Acessado em 11/04/2016.

Cheida, C. C., *et al*, Ordem Carnivora. In: Reis, N. R. (2006) *Mamíferos do Brasil. Londrina, Ed. Universidade Estadual de Londrina – PR*. Pg.231-275.

Cherem, J.J.; Kammers, M.; Ghizoni-Jr, I.R. & Martins, A. (2007). Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Revista Biotemas*, 20, 81-96.

Coelho, I. P., Kindel, A., Coelho, A. V. P. (2008) Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 689-699.

Coffin, A. W. (2007) From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15, 396-406.

Cunha, H. F. *et al*. 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.

Dornas, R. A. P.;Kindel, A.;Bager, A.; Freitas, S. R. (2012) Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: Bager, A. (Ed.). *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras, Ed. UFLA, Pp. 139-152.

Ferreira, C. M. M. Variação espacial de atropelamentos de mamíferos em área de restinga no estado do Espírito Santo, Brasil. Neotropical Biology and Conservation **9**(3):125-133, 2014.

Forman, R. T. T.; Alexander, L. E. (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Reviews in Ecology & Systematics*, 29, 207-231.

Forman, R.T.T., D. Sperling, J.A. Bissonette, A.P. Clevenger, C.D. Cutshall, V.H. Dale, L. Fahrig, R. France, C.R. Goldman, K. Heanue, J.A. Jones, F.J. Swanson, T. Turrentine & T.C. Winter. (2003). *Road ecology: science and solutions*. Island Press, Washington, 481p.

Freitas, C. H., Justino, C. S., Setz, E. Z. F. (2014) Road-kills of giant anteater in south-eastern Brazil: 10 years monitoring spatial and temporal determinants. *Wildlife Research*, 41, 673–680

Freitas, S. R., Oliveira, A. N., Ciocheti, G., Vieira, M. V., Matos, D. M. S. (2015) How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the brazilian savana. *Oecologia Australis* 18, 35-45.

Freitas, S. R., Sousa, C. O. M., Boscolo, D., Metzger, J. P. (2013) How are native vegetation and reserves affected by different road types in southeastern brazilian state? *Oecologia Australis*, 14(4), 447-458.

Fuentes-Montemayor, E., Cuarón, A. D., Vázquez-Domínguez, E., Benítez-Malvido, J., Valenzuela-Galván, D., & Andresen, E. (2009). Living on the edge: roads and edge effects on small mammal populations. *Journal of Animal Ecology*, *78*(4), 857-865.

GBIF.org (5th August 2018) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ovja8b

HUIJSER, Marcel Pieter; ABRA, Fernanda Delborgo; DUFFIELD, John W. Mammal road mortality and cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (Hydrochoerus hydrochaeris) in São Paulo State, Brazil. *Oecologia Australis, v. 17, n. 1, p. 129-146*, 2013.

IUCN (2014) The IUCN Red List of Threatened Species: Myrmecophaga tridactyla – published in 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T14224A47441961.en>. Acessado em 11/04/2016.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **05 August 2018.**

KELLER, Irene; LARGIADER, Carlo R. Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, v. 270, n. 1513, p. 417-423*, 2003.

Laurance, W. F.;Goosem, M.; Laurance, S. G. W. (2009) Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(12), 659-669.

Lemos, F.G.; Azevedo, F.C.; Costa, H.C.M. & May Junior, J.A. (2011). Human threats to hoary and crab-eating foxes in Central Brazil. *Canid News*, 14.2 [online] http://www.canids.org/canidnews/14/Hoary_and_crab-eating_foxes_in_Brazil.pdf

MACHADO, Fabio De A.; HINGST-ZAHER, Erika. Investigating South American biogeographic history using patterns of skull shape variation on Cerdocyon thous (Mammalia: Canidae). Biological Journal of the Linnean Society, v. 98, n. 1, p. 77-84, 2009.

MAYNARD, Ross J. *et al*. Road-edge effects on herpetofauna in a lowland Amazonian rainforest. *Tropical Conservation Science, v. 9, n. 1, p. 264-290*, 2016.

Medri, I. M., *et al*, Ordem Xenarthra. In: Reis, N. R. (2006) *Mamíferos do Brasil. Londrina, Ed. Universidade Estadual de Londrina – PR.* Pp. 71-99.

Metzger, J. P. (2001). O que é ecologia de paisagem? *Biota Neotropica* v.1 (n.1) [online] http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt

METZGER, J. P. 1999. Estrutura da paisagem e fragmentação: Análise bibliográfica. In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro. *V.71, n.3-1, p.445-463.*

MURCIA, Carolina. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

OTTO, Rüdiger *et al* (2014) Road Edge Effect and Elevation Patterns of Native and Alien Plants on an Oceanic Island (Tenerife, Canary Islands). *Folia Geobot* 49:65–82

PERZ, Stephen G. *et al*. Unofficial road building in the Amazon: socioeconomic and biophysical explanations. *Development and Change, v. 38, n. 3, p. 529-551*, 2007.

Prada, C.S. (2004). Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise dos fatores envolvidos. *Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos*. 147p.

Rezini, J.A. (2010). Atropelamento de mamíferos em rodovias do leste dos Estados do Paraná e Santa Catarina,Sul do Brasil. *Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal do Paraná*, 50 p.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. In: *A economia da natureza*. 2003.

Roedenbeck, I.A., L. Fahrig, C.S. Findlay, J.E. Houlahan, J.A.G. Jaeger, N. Klar, S. Kramer-Schadt & E.A. Van der Grift. (2007). Rauischholzhausen-agenda for road ecology. *Ecology and Society* 12, 11 [online] http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/

Rosa, A.O. & Mauhs, J. (2004). Atropelamento de animais silvestres na rodovia RS-040. *Caderno de Pesquisa Série Biologia*, 16(1), 35-42.

Rosa, C. A.; Bager, A. (2013) Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. *Oecologia Australis*, 17(1), 6-19.

Sunnucks, P., Balkenhol, N. (2015) Incorporating landscape genetics into road ecology. Pp. 110-118. In: R. Van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo. *Handbook of Road Ecology*. Wiley Blackwell, Chichester.

TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann *et al*. Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation, v. 157, p. 317-323*, 2013.

TCHAICKA, Ligia et al. Phylogeography and population history of the crab-eating fox (Cerdocyon thous). Molecular Ecology, v. 16, n. 4, p. 819-838, 2007.

TURCI, Luiz Carlos Batista; BERNARDE, Paulo Sérgio. Vertebrados atropelados na rodovia estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas, v. 22, n. 1, p. 121-127*, 2009.

Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V. (2001) *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New York, Springer-Verlag, 404 p.

Trovati, R. G., de Brito, B. A., & Barbanti Duarte, J. M. (2007). Área de uso e utilização de habitat de cachorro-do-mato (Cerdocyon thous Linnaeus, 1766) no cerrado da região central do Tocantins, Brasil. *Mastozoología neotropical, 14(1)*, 61-68

Van der Ree, R., Jaeger, J.A.G., Van der Grift, E.A., Clevenger, A.P. (2011) Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road Ecology is moving toward

larger scales. *Ecology and Society* 16: 48. [online] http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art48/

Van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (2015) *Handbook of Road Ecology*. Chichester, John Wiley & Sons, 522 p.

Vieira, E.M. (1996). Highway mortality of mammals in central Brazil. *Ciência e Cultura*, 48, 270-272.

ANEXOS

Anexo I
Linhas de código utilizadas no software R para análise estatística

```
N_ATROP = Cthous$N_ATROP

NATURAL_ABERTA = Cthous$NATURAL_ABERTA

model_nulo = glm (N_ATROP~1)

model_FLORESTA = glm (N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA)

model_SAVANA = glm (N_ATROP~Cthous$SAVANA_HA)

model_NATURAL = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA)

model_NATURAL_ABERTA = glm (N_ATROP~NATURAL_ABERTA)

model_NATURAL_ABERTA_PECUARIA = glm
(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_NATURAL_ABERTA_AGRICULTURA = glm
(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$AGRICULTURA_HA)

model_NATURAL_ABERTA_AGROPECUARIA = glm
(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_NATURAL_ABERTA_HIDRO = glm
(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_NATURAL_ABERTA_SILVICULTURA =
glm(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_NATURAL_ABERTA_AGUA = glm (N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$AGUA_HA)

model_NATURAL_ABERTA_UC_TOD = glm
(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$DIST_UCTOD)

model_NATURAL_ABERTA_UC_INT = glm
(N_ATROP~NATURAL_ABERTA+Cthous$DIST_UCINT)

model_PECUARIA = glm (N_ATROP~Cthous$PECUARIA_HA)

model_AGRICULTURA = glm (N_ATROP~Cthous$AGRICULTURA_HA)
```

```
model_AGROPECUARIA = glm
(N_ATROP~Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_URBANA = glm (N_ATROP~Cthous$URBANA_HA)

model_SILVICULTURA = glm (N_ATROP~Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_AGUA = glm (N_ATROP~Cthous$AGUA_HA)

model_DIST_UCINT = glm (N_ATROP~Cthous$DIST_UCINT)

model_DIST_UCTOD = glm (N_ATROP~Cthous$DIST_UCTOD)

model_DIST_HIDRO = glm (N_ATROP~Cthous$DIST_HIDRO)

model_FLORESTA_SAVANA = glm (N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA_HA)

model_FLORESTA_AGRICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA)

model_FLORESTA_PECUARIA = glm
(N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_FLORESTA_AGROPECUARIA = glm
(N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_FLORESTA_SILVICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_FLORESTA_HIDRO = glm (N_ATROP~Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_SAVANA_AGRICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$SAVANA_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA)

model_SAVANA_PECUARIA = glm (N_ATROP~Cthous$SAVANA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_SAVANA_AGROPECUARIA = glm
(N_ATROP~Cthous$SAVANA_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_SAVANA_SILVICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$SAVANA_HA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_SAVANA_HIDRO = glm (N_ATROP~Cthous$SAVANA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_NATURAL_AGRICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA)

model_NATURAL_PECUARIA = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_NATURAL_AGROPECUARIA = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA)

model_NATURAL_AGROPECUARIA_HIDRO = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)
```

```
model_NATURAL_SILVICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_NATURAL_HIDRO = glm
(N_ATROP~Cthous$NATURAL_NAO_FLORESTAL_HA+Cthous$FLORESTA_HA+Cthous$SAVANA
_HA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_PECUARIA_AGRICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$PECUARIA_HA+Cthous$AGRICULTURA_HA)

model_PECUARIA_SILVICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$PECUARIA_HA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_PECUARIA_HIDRO = glm (N_ATROP~Cthous$PECUARIA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_AGRICULTURA_SILVICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_AGRICULTURA_HIDRO = glm
(N_ATROP~Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_AGROPECUARIA_SILVICULTURA = glm
(N_ATROP~Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA+Cthous$SILVICULTURA_HA)

model_AGROPECUARIA_HIDRO = glm
(N_ATROP~Cthous$AGRICULTURA_HA+Cthous$PECUARIA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)

model_SILVICULTURA_HIDRO = glm
(N_ATROP~Cthous$SILVICULTURA_HA+Cthous$DIST_HIDRO)



#TODOS UNIVARIADOS
(CThous_paisagem = AICctab (model_nulo ,
                            model_FLORESTA,
                            model_SAVANA,
                            model_NATURAL,
                            model_PECUARIA,
                            model_AGRICULTURA,
                            model_SILVICULTURA,
                            model_AGUA,
                            model_DIST_UCINT,
                            model_NATURAL_ABERTA,
                            model_DIST_UCTOD,
                            model_DIST_HIDRO,
                            weights = TRUE, delta = TRUE, base = TRUE))


#TODOS
(CThous_paisagem = AICctab (model_nulo ,model_NATURAL_AGROPECUARIA_HIDRO,
         model_FLORESTA, model_SAVANA, model_NATURAL, model_PECUARIA,
         model_AGRICULTURA, model_AGROPECUARIA, model_SILVICULTURA,
         model_AGUA, model_DIST_UCINT,
         model_NATURAL_ABERTA, model_NATURAL_ABERTA_PECUARIA,
         model_NATURAL_ABERTA_AGRICULTURA,
         model_NATURAL_ABERTA_AGROPECUARIA, model_NATURAL_ABERTA_HIDRO,
         model_NATURAL_ABERTA_SILVICULTURA, model_DIST_UCTOD,
         model_DIST_HIDRO, model_FLORESTA_SAVANA,
```

```
        model_FLORESTA_AGRICULTURA, model_FLORESTA_PECUARIA,
        model_FLORESTA_AGROPECUARIA, model_FLORESTA_SILVICULTURA,
        model_FLORESTA_HIDRO, model_SAVANA_AGRICULTURA,
        model_SAVANA_PECUARIA,model_SAVANA_AGROPECUARIA,
        model_SAVANA_HIDRO,
        model_NATURAL_AGRICULTURA,model_NATURAL_AGROPECUARIA,
        model_NATURAL_PECUARIA, model_NATURAL_SILVICULTURA,
        model_NATURAL_HIDRO,
        model_PECUARIA_AGRICULTURA,model_PECUARIA_SILVICULTURAmodel_PECU
        ARIA_HIDRO, model_AGRICULTURA_SILVICULTURA,
        model_AGRICULTURA_HIDRO,model_AGROPECUARIA_SILVICULTURA,
        model_AGROPECUARIA_HIDRO, model_SILVICULTURA_HIDRO, weights =
        TRUE, delta = TRUE, base = TRUE))



#RESULTADOS
                     AICc   dAICc  df weight
model_DIST_HIDRO     3715.2    0.0 3  0.8123
model_AGRICULTURA    3719.6    4.4 3  0.0891
model_AGUA           3721.3    6.1 3  0.0387
model_SILVICULTURA   3723.4    8.2 3  0.0135
model_PECUARIA       3724.0    8.8 3  0.0099
model_DIST_UCTOD     3724.4    9.2 3  0.0082
model_nulo           3724.4    9.2 2  0.0081
model_SAVANA         3725.0    9.8 3  0.0061
model_NATURAL_ABERTA 3725.3   10.1 3  0.0053
model_DIST_UCINT     3725.6   10.4 3  0.0046
model_FLORESTA       3726.1   11.0 3  0.0034
model_NATURAL        3728.8   13.6 5  <0.001


                                  AICc   dAICc  df weight
model_NATURAL_AGROPECUARIA_HIDRO  3701.3    0.0 8  0.9027
model_NATURAL_AGROPECUARIA        3706.9    5.6 7  0.0537
model_AGROPECUARIA_HIDRO          3709.1    7.8 5  0.0182
model_SAVANA_AGROPECUARIA         3711.4   10.1 5  0.0056
model_NATURAL_ABERTA_AGROPECUARIA 3711.8   10.5 5  0.0047
model_AGRICULTURA_HIDRO           3712.2   10.9 4  0.0039
model_AGROPECUARIA_SILVICULTURA   3712.8   11.5 5  0.0029
model_SILVICULTURA_HIDRO          3713.9   12.6 4  0.0017
model_AGROPECUARIA                3715.0   13.7 4  <0.001
model_PECUARIA_AGRICULTURA        3715.0   13.7 4  <0.001
model_DIST_HIDRO                  3715.2   13.9 3  <0.001
model_PECUARIA_HIDRO              3715.4   14.1 4  <0.001
model_SAVANA_HIDRO                3715.4   14.1 4  <0.001
model_NATURAL_ABERTA_HIDRO        3716.0   14.7 4  <0.001
model_FLORESTA_AGROPECUARIA       3716.2   14.9 5  <0.001
model_FLORESTA_HIDRO              3717.1   15.8 4  <0.001
model_AGRICULTURA_SILVICULTURA    3717.8   16.5 4  <0.001
model_SAVANA_AGRICULTURA          3718.7   17.4 4  <0.001
model_NATURAL_HIDRO               3719.3   18.0 6  <0.001
model_AGRICULTURA                 3719.6   18.3 3  <0.001
model_NATURAL_ABERTA_AGRICULTURA  3720.2   18.9 4  <0.001
model_AGUA                        3721.3   20.0 3  <0.001
model_FLORESTA_AGRICULTURA        3721.6   20.3 4  <0.001
model_NATURAL_AGRICULTURA         3722.2   20.9 6  <0.001
model_PECUARIA_SILVICULTURA       3722.9   21.6 4  <0.001
model_NATURAL_ABERTA_PECUARIA     3723.1   21.8 4  <0.001
model_SILVICULTURA                3723.4   22.1 3  <0.001
```

model_NATURAL_ABERTA_SILVICULTURA	3723.7	22.4	4	<0.001
model_SAVANA_PECUARIA	3723.9	22.6	4	<0.001
model_PECUARIA	3724.0	22.7	3	<0.001
model_DIST_UCTOD	3724.4	23.1	3	<0.001
model_nulo	3724.4	23.1	2	<0.001
model_SAVANA	3725.0	23.7	3	<0.001
model_FLORESTA_SILVICULTURA	3725.1	23.8	4	<0.001
model_NATURAL_ABERTA	3725.3	24.0	3	<0.001
model_DIST_UCINT	3725.6	24.3	3	<0.001
model_FLORESTA_PECUARIA	3726.0	24.7	4	<0.001
model_FLORESTA	3726.1	24.8	3	<0.001
model_NATURAL_PECUARIA	3726.5	25.2	6	<0.001
model_FLORESTA_SAVANA	3726.9	25.6	4	<0.001
model_NATURAL_SILVICULTURA	3727.2	25.9	6	<0.001
model_NATURAL	3728.8	27.5	5	<0.001