
ECOLOGIA

LEONARDO GUERRA RIZATTI

**ECOLOGIA DE ESTRADAS EM REGIÕES
NEOTROPICAIS: REVISÃO**



Rio Claro
2012

LEONARDO GUERRA RIZATTI

ECOLOGIA DE ESTRADAS EM REGIÕES NEOTROPICAIS: REVISÃO

Orientador: PROF. DR. MILTON CEZAR RIBEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do grau de Ecólogo

Rio Claro
2012

574.5 Rizatti, Leonardo Guerra
R627e Ecologia de estradas em regiões neotropicais: revisão / Leonardo
Guerra Rizatti. - Rio Claro : [s.n.], 2012
36 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Milton Cezar Ribeiro

1. Ecologia. 2. Ecologia de estradas. 3. Rodovias. 4. Efeito de
estradas. 5. Atropelamentos. 6. Ecologia da paisagem. 7. Biodiversidade.
I. Título.

À minha mãe, meu pai e meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À minha família, que sempre me amou pelo que eu sou, e me deu todo o apoio em cada uma de minhas escolhas, Mãe, Pai e Le. Por cada vez que minha linda mãe teve a paciência de dizer “Calma... Não fica nervoso, vai dar tudo certo!” em nossas longas conversas, e no fim de tudo perguntar com todo carinho “Você ta feliz?”; por cada lição de humanidade que meu pai me ensinou, é só amar as pessoas; e ao meu irmão por ter me dado “papinha feita de capim” quando éramos crianças, e por cada vez que defendeu o irmão mais novo na escola. Vocês são os maiores amores da minha vida!

Ao meu orientador, o amigo Miltinho, pela confiança e apoio no momento que eu mais precisei durante a graduação. Por todas as conversas, conselhos, paciência, pelas oportunidades que me deu, e por me trazer de volta pra terra.

Aos meus amigos e colaboradores desse trabalho, que me ajudaram imensamente a pôr as idéias no lugar e no papel, e tornaram esse trabalho possível, Renata e Giordano.

Aos meus irmãos da vida e meus melhores amigos, Jhen, Thathá, Déby, Rafa, Elen, Davi.

A todas as meninas da querida Morada, por tornarem a minha vida mais divertida e leve, alimentada e com a taça de vinho sempre cheia! Com carinho especial às lindas, Lora, Salmis e Carol purps.

Em especial à Jhen, minha linda e esperta irmã mais velha, que sempre cedeu seu ombro, ouvidos, suas idéias, um belo som, e um café na minha xícara!

Ao casal que sempre me acolheu e conseguiu botar um pouco de juízo em minha cabeça, minha hermana Thathá e Rafa.

Ao Davi, que me acolheu e foi meu primeiro grande amigo, por me apresentar um mundo novo, pelas madrugadas lendo, discutindo, às vezes bebendo, e até fazendo uma tatuagem junto. Por me agüentar três anos, acreditando, brigando e sempre querendo o melhor pra mim.

Á linda e *sexy* Deby, que mostrou com muita elegância que as belas aparências podem ser recheadas do melhor conteúdo!

Á Elen, por ter estado comigo desde o colégio, me acordando com ligações incessantes e pegando no meu pé.

À querida e linda Marina, por ter dividido a vida e a casa comigo por anos, me ouvindo e me aconselhando (altos toques!). À Mari (Japa), pelas risadas, TPMs mais insandecidas, pelos papos na lavanderia de casa comigo sentado no tanque, e pelo doido do Pepito! Ao Caramelo por viver conosco, com sua simplicidade e divertida habilidade com os reparos domésticos!

Ao casal Keryn (irmãzinha) e Petrukio, que nos presentearam e fizeram de mim o “tio Jaca” com meu lindo Luquinhas, que deixou a nossa vida mais colorida e com um ar de gostosa infância.

Às queridas Rafa e Tróia por tantas risadas e coquetéis.

Aos meus amigos que levantavam a mão para que eu parasse de tagarelar, e por se esforçarem para tentar entender “o fantástico mundo paralelo da cabeça do Jaca”.

Ao amigo Tavão (em memória), por ter feito parte das nossas vidas e trazido tantos sorrisos, bons sabores e cafés deliciosos, por me fazer rir escovando peras descascadas para que ficassem lisinhas, bonitas e deliciosas... Ele faz muita falta.

À minha querida turma de Ecologia 2006, Amanda, Clarissa, Jaspion, Fer, Giovana, Ileyne, Lost, Lara (*Baby*), Layon, Livia, Mi, Pocas, Paula, Pedrão, Marronei, Lenda, Beraba, Depois, Thais, Thaysa, Maíra, Maduro, Raquel, Fernanda Dias, Murilo e Carol “Brasil” (por cada apalpada erótica que ganhei). Foi demais ter conhecido vocês, vou sentir muita falta! À amiga, Ju Oler, que sempre esteve disposta a ajudar com sua admirável e espetacular inteligência.

À família Eco que fez muita diferença na minha vida (não vai dar pra enumerar os nomes todos), turmas de 2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009 e 2011.

Aos meus queridos professores, que me proporcionaram todo o conhecimento que podiam. Em especial à Zezé, a mãe da Ecologia, ao Miltinho, um professor humano, e à Rosemarie, uma das melhores entre os mais dedicados e atenciosos professores que pude ter.

Às bibliotecárias, que nos ajudaram a não endoidecer com as normas de apresentação, e aos servidores da universidade, por nos ajudarem nessa jornada.

Por fim, ao Freud, que inventou a psicanálise, e ao universo, pela nossa existência, seja qual for o motivo disso tudo aqui!

Obrigado a todos!

“Um dia uma folha me bateu nos cílios. Achei Deus de uma grande delicadeza.”

(Clarice Lispector)

RESUMO

O desenvolvimento humano obriga que diversos centros urbanos e industriais estejam ligados com os mais diferentes meios de transporte, dos quais o terrestre consiste em um dos mais importantes. Estradas podem cruzar trechos de remanescentes de matas, que comportam considerável diversidade de espécies. Além de dividir esses remanescentes, podem ainda dificultar a conectividade entre diferentes fragmentos. Sabe-se muito pouco sobre esse tipo de impacto. Realizamos uma revisão de literatura sobre o que foi produzido nos Neotrópicos sobre o tema Ecologia de Estradas e sua relação com conservação da biodiversidade. Reunimos 32 trabalhos que abordaram o tema. Unificamos o que se sabe e quais as direções a serem tomadas, bem como as falhas a evitar nas amostragens, para os próximos estudos envolvendo Ecologia de Estradas. Apesar da tendência crescente do assunto, falhas encontradas nos métodos científicos para esse tipo de estudos mostram que não há padronização nos esforços de amostragem ou em desenhos experimentais nesses estudos, e que algumas classes taxonômicas são pouco estudadas. O simples registro de atropelamento animais não deixa claro o impacto decorrente das estradas. A necessidade de diferentes delineamentos para classes taxonômicas específicas deve ser observada para a produção de melhores resultados e dados confiáveis. Animais podem evitar as estradas, ficando isolados e limitados a menores áreas de vida. A dispersão e instalação de espécies exóticas de flora é facilitada por estradas, mas ainda não se sabe como, ou qual a magnitude desse impacto nas comunidades locais. Propusemos um fluxograma como modelo conceitual ilustrando os impactos potenciais das estradas em relação à biodiversidade e suas interações ecológicas.

Palavras-chave: ecologia de estradas, efeito de estradas, Neotrópicos, atropelamentos, ecologia da paisagem, rodovias, biodiversidade.

ABSTRACT

The human development requires that urban and industrial centers to be interconnected, with different modes of transport, among which the land transport is the most important. The roads may cross sections of remnant forests, which contain considerable diversity of species. Besides habitat fragmentation, the roads can also hinder connectivity between different patches. This kind of impact is not very well known. We reviewed the literature on Road Ecology in the Neotropics, and its relation to conservation of the biodiversity. We considered 32 papers on this issue. We compiled what is known and what the direction to take, as well as failures to be avoid in the samples, for future studies involving Road Ecology. Despite the growing trend of this subject, flaws in the methods for this type of studies show that there is no standardization of sampling effort or of experimental design for these studies. We also found that there is a lack of study of some taxonomic classes. The simple animal roadkills records do not make clear the impacts of the roads. The necessity of different designs for specific taxonomic classes must be considered, in order to produce better quality data and reliable results. Animals can avoid roads, getting isolated and limited to smaller areas of life. The dispersal and colonization of exotic flora species are facilitated by roads. Nevertheless, it is not known how or at which scale, these invasions impact the local communities. Finally, we proposed a flowchart as a conceptual model illustrating the potential impacts of roads on biodiversity and ecology interactions.

Keywords: road ecology, road effects, Neotropics, roadkill, landscape ecology, highways, biodiversity.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3. RESULTADOS.....	16
3.1. Ecologia de estradas nos Neotrópicos.....	16
4. DISCUSSÃO.....	23
4.1. Atropelamento animal.....	23
4.2. Movimento animal e potencial de evitação.....	26
4.3. Invasão de espécies exóticas.....	27
4.4. Modelo conceitual.....	28
5. CONCLUSÃO.....	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. Introdução

A biodiversidade pode ser afetada negativamente por diversos fatores, entre eles a perda de habitat, fragmentação (MICHALSKI; PERES, 2005), caça (PERES, 1999; JORDANO et al., 2006; GALETTI et al., 2009) degradação ambiental e expansão de infra-estruturas urbanas e rurais, em particular estradas e rodovias. Muitos estudos tem sido realizados sobre perda de habitat e fragmentação (TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999; PERES, 2001), degradação ambiental (PEREIRA, 2001), porém pouco se sabe sobre os efeitos de estradas e rodovias (FORMAN et al., 2003; COFFIN, 2007; FAHRIG; RYTWINSKI, 2009). Se em escalas globais a quantidade de estudos sobre os efeitos das estradas e rodovias ainda é baixa, em regiões neotropicais esta situação se agrava, uma vez que a Ecologia de Estradas ainda conta com poucos grupos de pesquisas trabalhando com o assunto. Face a escassez de estudos sobre Ecologia de Estradas em regiões neotropicais e dos efeitos das rodovias para a conservação da biodiversidade, o presente trabalho se propõe a fazer uma revisão crítica e sistemática sobre o que se tem publicado a respeito do assunto em revistas de maior reconhecimento científico internacional.

A infra-estrutura ligada ao transporte rodoviário e ferroviário interfere na rotina de quase todo ser humano, seja por motivos diretos, como viagens de lazer e trabalho, ou indiretos, como é o caso do transporte de produtos e matérias primas, garantindo nossa subsistência e manutenção de modelos de organização social (FORMAN et al., 2003). As redes de transporte desenvolvem um papel importante no desenvolvimento social e econômico, interagindo com a paisagem circundante, portanto podendo determinar o poder de determinar o nível e o tipo de ocupação e atividades antrópicas em uma dada região (FORMAN et al., 2003; PERZ, 2007).

Em países da Europa e no Estados Unidos da América, as estradas são mantidas pelo governo. A grande ocorrência de acidentes humanos decorrentes dos atropelamentos de animais, em virtude da fauna local grande porte, causando maiores danos obrigou o governo local a gastar grandes volumes de dinheiro em seguros. Para minimizar os gastos, a solução foi cercar as estradas, para evitar acidentes. Um grupo de ambientalistas liderados por Richard Forman (FORMAN et al. 2003) iniciou um movimento de pesquisas ambientais sobre essa medida, e dessa maneira conseguiram incentivos para estudos envolvendo passagens de fauna, que consistem em vias de deslocamento de fauna para possibilitar que esta cruze estradas com segurança. No Brasil, a ausência de uma política de seguros na rede pública não possibilita o mesmo incentivo financeiro para as pesquisas, apenas no setor terciário.

O termo Ecologia de Estradas, ou *Road Ecology* na língua inglesa, foi proposto por Forman (1998), e refere-se a uma temática crescente de investigação ecológica, baseada nas evidências de que as estradas têm efeitos dramáticos no ecossistema e nos processos ecológicos dos mesmos, temática que está calcada na ecologia, geografia, engenharia e planejamento do espaço.

Os efeitos negativos das estradas¹ podem ser observados no meio abiótico e na perda de biodiversidade (COFFIN, 2007). Dos componentes abióticos da paisagem, são afetados negativamente: hidrologia, a sedimentação e transporte de detritos, composição química do ar e da água, nível de ruídos, luminosidade e microclima da área entorno. Já os efeitos bióticos podem ser classificados como diretos ou indiretos. Nos efeitos diretos estão incluídas as mudanças e os impactos causados pelo contato humano e pelas atividades humanas de uso da paisagem, inclusive a retirada de vegetação para a construção da estrada. Ocorre ainda a mortalidade de animais silvestres em movimento quando ocorrem colisões com veículos durante o fluxo de trânsito. Indiretamente ocorre efeito de borda causado pela alteração do microclima e luminosidade, podendo reter os indivíduos de interior de mata em uma área de vida reduzida, alterando as populações de flora e fauna, e ainda facilitam a instalação de espécies exóticas oportunistas (FORMAN et al., 2003; LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; COFFIN, 2007;).

Estradas e rodovias compõem as redes de transporte terrestre mais utilizado nos Neotrópicos (HOYLE; KNOWLES, 2001). Embora em determinadas situações estradas e rodovias sejam tratadas de forma diferenciada, neste estudo os termos “estradas” e “rodovias” serão considerados sinônimos. As estradas são responsáveis por causar a perda de habitats e a fragmentação, diminuindo o potencial de regeneração das áreas de entorno (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; HANSKI, 1994). Fragmentação é o processo de divisão de um habitat em partes (RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003).

Estudos sugerem que em regiões com elevado nível de perda de habitat e fragmentação alguns processos ecológicos passam a ser negativamente afetados, dentre eles cita-se a extinção local ou reprodução de espécies (HARISOM, 1991), a frugivoria e dispersão (JORDANO et al., 2006), a movimentação de espécies (HANSBAUER, 2008 e 2010) e a capacidade de espécies cruzarem áreas abertas (AWADE; METZGER, 2008). Desta forma, as áreas alteradas que circundam os fragmentos podem ter menos capacidade de

¹ Estradas e rodovias são as vias rurais de rodagem, uma passagem pública para veículos, pessoas ou animais, formando uma pista para viagens de uma localidade para outra (DNIT, 2007, WIEDEMANN, 2003).

favorecer a movimentação de várias espécies, impedindo a capacidade de indivíduos colonizarem outros fragmentos vegetais ou buscarem recursos na paisagem (ANDREWS, 1990). As populações que vivem em ambientes fragmentados podem ter seu fluxo gênico reduzido, levando-as a uma menor diversidade genética. (RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003). Essa redução faz com que o efeito da estocasticidade demográfica, flutuação aleatória nas taxas de crescimento populacional, seja maior, reduzindo as taxas de crescimento, e conseqüentemente aumenta a probabilidade de extinção dessa espécie, elas entram em um “vórtice de extinção” (SOULÉ, 1986) como resposta das interações biológicas e ambientais.

A grande maioria dos estudos com Ecologia de Estradas de Estradas tem uma abordagem no sentido de avaliar a mortalidade animal por atropelamentos, ou a evitação animal decorrente dessa mortalidade. Chamamos de “potencial de evitação” ou “evitação”, o potencial comportamento de dos indivíduos animais evitarem as áreas próximas à estrada.

Estudos sugerem que as estradas podem atuar como barreiras ambientais à movimentação animal (JAEGER, 2005), sua presença juntamente com o tráfego de veículos podem isolar populações de diversas espécies (LAURIE, 1999), em decorrência, isto pode afetar negativamente sua abundância ao longo do tempo (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009). Desta forma, é necessário entender como os organismos respondem aos efeitos das estradas.

Compreender os efeitos potenciais desses empreendimentos lineares sobre a fauna e a flora pode ser essencial para se promover estudos adequados para a conservação da biodiversidade, mas ainda não se sabe a proporção desses impactos ou como eles ocorrem em diferentes biomas e vários níveis de desenvolvimento humano.

Nos Neotrópicos os estudos envolvendo Ecologia de Estradas são ainda muito escassos, provavelmente pelo assunto ter emergido a pouco mais de uma década, sendo raras as revisões sobre o tema (ver LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009). A falta de informações sobre os efeitos das estradas ou sínteses a respeito do assunto tem dificultado ainda mais o entendimento de como ocorrem esses impactos e qual a direção a seguir pelos pesquisadores no sentido de propor novas técnicas de amostragem e análises. Neste trabalho, foi realizada uma revisão da literatura recente sobre Ecologia de Estradas, a fim de compreender como ela vem sendo tratada nos Neotrópicos, buscando definir diretrizes para futuros estudos e estratégias para a conservação da biodiversidade.

Face ao exposto, o objetivo do presente estudo foi de realizar uma revisão crítica e sistemática da literatura de Ecologia de Estradas nos Neotrópicos, sob os seguintes aspectos:

(1) Propor um modelo conceitual de como as estradas podem afetar o ambiente e suas espécies;

- (2) Realizar análise sistemática dos artigos publicados em revistas;
- (3) Propor estratégias para novos estudos com base nas observações encontradas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para orientar a revisão, utilizaram-se procedimentos de seleção de artigos e revisão bibliográfica baseados em meta-análises. Para tal, foram realizadas as seguintes etapas: i) criar o protocolo de revisão; ii) avaliar a qualidade da metodologia; iii) extrair dados; iv) sintetizar as informações.

Foram buscados artigos publicados, em revistas científicas que tratassem sobre o tema Ecologia de Estradas publicados no período de 1998 até setembro de 2012. Isto se deu pois a proposta do termo deriva de uma tendência crescente nessas pesquisas, definida e mais difundida, nesse ano por Forman (1998), caracterizando o tema de forma mais objetiva e focada nessas investigações. A busca foi realizada em três bases de dados, *Scopus* (Scopus, <http://www.scopus.com>), *Scielo* (Scielo, <http://www.scielo.org>) e *Web of Science* (WoS, <http://www.isiknowledge.com>).

Utilizou-se as seguintes palavras-chave combinadas: ecologia e estradas; estradas e efeitos; atropelamentos; estrada e mortalidade; estrada e efeitos; atropelamentos e taxas; *road* e *ecology*; *road* e *effects*; *roadkill*; *highways*; *road* e *mortality*; *road* e *effect*; *roadkill* e *rate*.

A partir dos resultados encontrados, foi feita a leitura dos trabalhos e descarte dos trabalhos que pudessem fugir ao objetivo desta revisão. Foram excluídos: i) trabalhos que abordaram somente desmatamento, ii) que abordavam unicamente a esfera abiótica, e iii) trabalhos que não tiveram o elemento “estradas” descrito como integrante da paisagem estudada, objetivando seu efeito na biodiversidade local. Não foram considerados anais em congressos, notas, ou teses. Os artigos foram separados em grupos comuns aos objetivos dos trabalhos.

Para avaliar a qualidade dos métodos dos trabalhos, foi levado em conta o número de réplicas, uso ou não de controles, táxons analisados (vertebrados, ou mamíferos, ou mamíferos de pequeno porte, ou roedores, p.e.), esforço amostral, amplitude temporal e espacial, análises estatísticas, tamanho da amostra, e origem dos dados (primários, secundários ou anedóticos). Os dados foram organizados sistematicamente em tabelas para permitir um maior potencial de se explorar as informações disponíveis nos artigos.

Para a coleta dos dados, realizou-se leitura interpretativa dos resultados obtidos em cada trabalho, verificando a significância estatística de cada teste apresentado e a eficiência que essa resposta teve dentro do objetivo da pesquisa, considerando a escala espacial e temporal dos trabalhos.

Para a síntese dos dados, observou-se os resultados apresentados, dentro da proposta do trabalho, determinando-se a aplicação desses padrões confrontados com a metodologia do trabalho, considerando-se, mais uma vez, a amplitude espacial e temporal dos dados.

Os trabalhos foram classificados quanto à data de publicação, divididos em três períodos: de 1998 a 2002; de 2003 a 2007; e de 2008 a 2012.

Os trabalhos foram separados em três categorias: Atropelamento animal (categoria 1); Movimento animal e potencial de evitação (categoria 2); e Invasão de espécies exóticas (categoria 3).

Essas categorias foram determinadas por objetivos em comum dos trabalhos selecionados, onde se considerou apenas o que foi produzido por esses artigos:

- **Atropelamento animal**
 - Variação sazonal
 - Variação espacial
 - Variação sazonal e espacial
 - Registros
 - Propostas de métodos
- **Movimento animal e potencial de evitação**
- **Invasão de espécies exóticas**
 - Flora
 - Fauna

Com a finalidade de se analisar o que foi estudado sobre o tema, os grupos de táxons bem definidos assumem grande importância, de maneira que mostram o nível de refinamento das análises e dos padrões encontrados pelos pesquisadores por contarem com método de amostragem adequado para cada classe. Dessa forma, dividiram-se os trabalhos conforme os táxons abordados. Levaram-se em conta os grupos individuais estudados, onde os trabalhos envolvendo todos os grupos de vertebrados separadamente foram classificados tanto dentro do grupo “Todos os vertebrados” como dentro de cada grupo menor abordado em suas análises, e os que abordaram unicamente todos os vertebrados, de maneira geral, foram classificados somente nesse grupo

Para o desenvolvimento de um modelo conceitual, com a finalidade de facilitar a visualização dos níveis de impactos que podem ocorrer sobre os processos ecológicos, e suas consequências envolvendo Ecologia de Estradas, foi criado um fluxograma relacionando as

observações dos trabalhos. Objetivou-se, para isto, criar um modelo no qual seja possível interpretar as possíveis relações pertinentes ao impacto das estradas sobre a biodiversidade.

3. RESULTADOS

3.1 Ecologia de estradas nos Neotrópicos

As buscas nos sites de busca resultaram 82 artigos, dos quais foram selecionados 32 (destacados nas Referencias bibliográficas entre [] e sua numeração de acordo com a ordem alfabética). A análise dos artigos (N=32) demonstrou a tendência crescente de estudos e publicações já esperada no tema (Figura 1.). De 1998-2002 foram publicados 6,25% dos trabalhos, com um aumento para 34,4% em 2003-2007, saltando para 59,4% no último período (2008-2012).

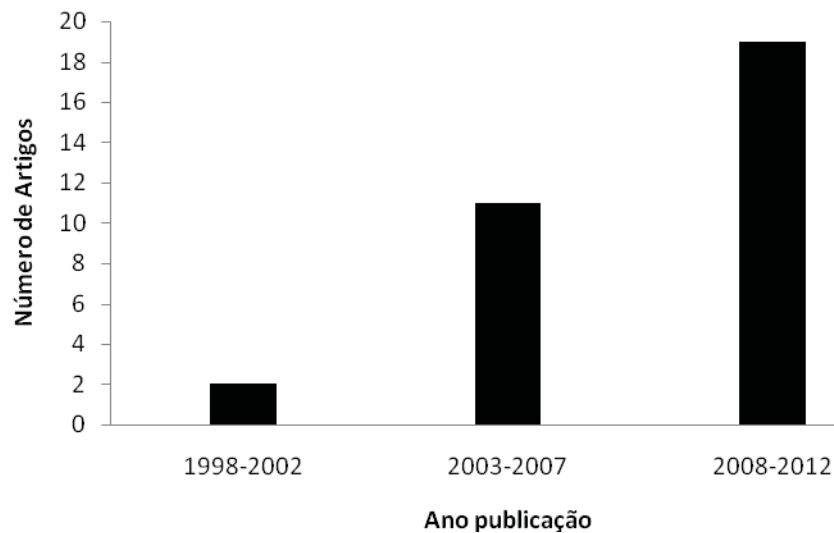


Figura 1. Número de artigos publicados em relação ao período.

Em relação aos grandes grupos, 71,9% dos trabalhos (N=32) foram sobre Atropelamento animal, 25 % sobre Movimento animal e potencial de evitação, e 9,38% sobre Invasão de espécies exóticas (Figura 2.). É importante ressaltar que um dos artigos está classificado em mais de um grupo, à medida que atendeu a mais de uma categoria acima citada. O atropelamento animal foi o tema mais abordado nas publicações.

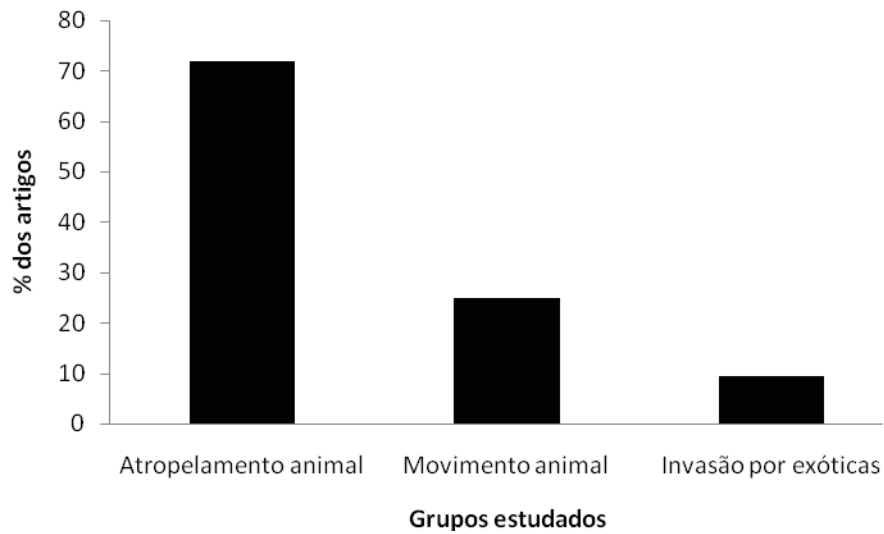


Figura 2. Grandes áreas estudadas nos trabalhos envolvendo Ecologia de Estradas no Neotrópicos

Ao analisar os táxons, mamíferos de médio porte foram os mais estudados (38%; N=32). Os mamíferos em geral estiveram presentes em 31% a 38% dos trabalhos. As aves e os répteis foram estudados em 31% e 28% dos artigos (N=32), respectivamente, anfíbios estiveram presentes nas análises em 16% dos trabalhos. Os táxons com menor participação nas abordagens estudadas foram os invertebrados, seguidos dos trabalhos envolvendo flora, com 3% e 6%, respectivamente. O grupo com todos os vertebrados foram analisados em 28% dos trabalhos (Figura 3.).

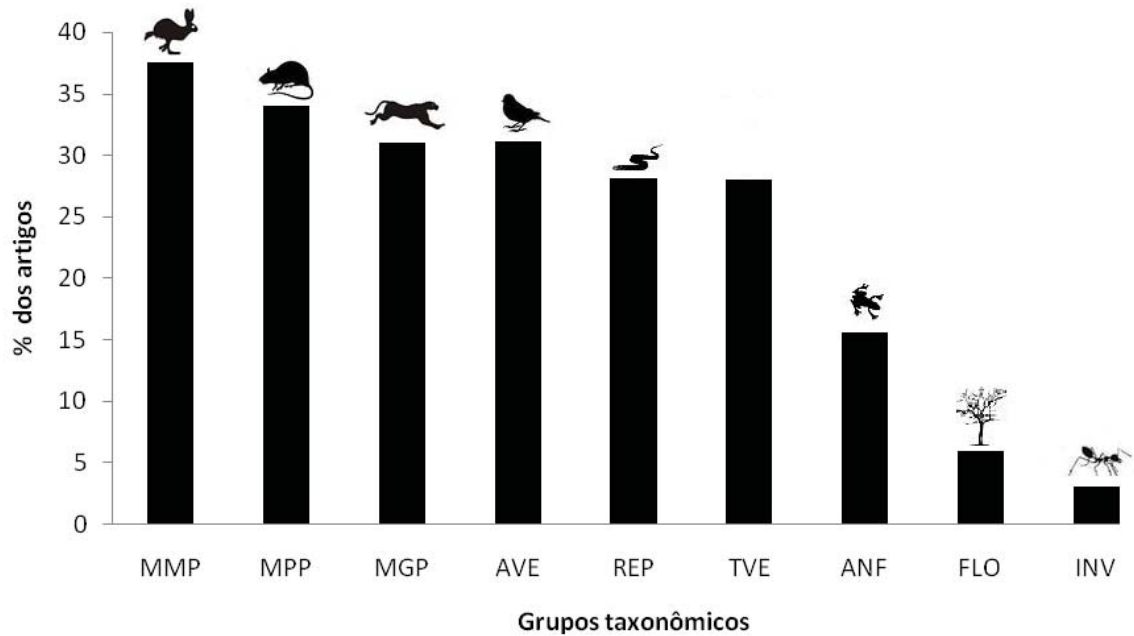


Figura 3. Grupos taxonômicos abordados em Ecologia de Estradas nos Neotrópicos, de um total de 32 artigos. Onde as siglas: MMP refere-se a mamíferos médio porte; MPP mamíferos pequeno porte; MGP mamíferos grande porte; AVE aves; REP répteis; TVE todos os vertebrados; ANF anfíbios; FLO flora; e INV invertebrados.

Ao analisar a categoria 1 (Atropelamentos animais), 21,7% (N=23) estudaram variação sazonal, 13% variação espacial, 21,7% variação espacial e sazonal, 34,8% realizaram registros de atropelamentos, e 8,7% realizaram alguma proposta de métodos de estudos sobre os atropelamentos (Tabela 1). Somente sete (30,4%; N=23) descreveram quantos observadores estavam presentes durante a amostragem. Em alguns trabalhos não foi adequadamente descrito seu método de coleta dos dados ou análise estatística. Foram listados também os trabalhos que envolvem associações com a riqueza de espécies locais, abundância e diversidade, bem como seus respectivos esforços de amostragem, com a finalidade de explicitar correlações com a fauna local da área estudada. Na linha “outros esforços”, da Tabela 1, foram classificados os trabalhos nos quais haviam esforços além dos de coleta dos atropelamentos. No tópico “interações ecológicas”, estiveram presentes os trabalhos com algum possível processo ecológico abordado em suas análises. E ainda foram relacionados os trabalhos com grupos específicos.

Os trabalhos envolvendo a categoria 2, movimento animal, foram re-classificados em relação aos seguintes grupos taxonômicos: aves; anfíbios; e mamíferos (Tabela 2.). Desses,

quatro (57%; N=7) trabalharam com aves, dois (28,5%) com mamíferos, e um (14,3%) com anfíbios. Os répteis não estiveram presente em nenhum trabalho. Foram relacionadas as médias de capturas (animais e dados correspondentes às capturas), e as recapturas. Dos sete trabalhos, quatro fizeram o uso de controles adequados para determinar a validade de seus dados, salvo a exceção de um trabalho [11], o qual não compreendia essa situação. Foram exibidos também os trabalhos que continham réplicas nos quais, três artigos não executaram réplicas adequadas para as análises propostas e confirmação de um padrão.

A categoria 3, Invasão de exóticas relacionada a estradas, contou com um (33,3%; N=3) trabalho tratando de invertebrados, e dois (66,6%) tratando de plantas invasoras (Tabela 3.). Os trabalhos foram comparados quanto à área de amostragem utilizada, número de réplicas, controle efeitos de riqueza e abundância.

Tabela 1. Categoria 1. Análise e classificação dos subgrupos dos artigos sobre atropelamentos animais de 1998 até 2012. Os artigos foram separados em: Variação Sazonal, Variação Espacial, Variação Espacial e Sazonal, Registros, e propostas de métodos. Verificar no texto definições. Os números em [/] correspondem à respectiva numeração nas referências.

Parâmetros	Subcategorias				
	Variação sazonal	Variação espacial	Variação sazonal e espacial	Registros	Proposta métodos
Artigos	5	3	5	8	2
Média quilômetros totais (min-máx)*	1926 (216-3720)	2007.6 (115.2-3900)	10796 (1100-21600)	20634 (572-77760)	9009
Média dias observações (min-máx)*	65.5 (30-124)	39 (30-48)	193.4 (13-704)	172 (5-720)	84 (77-91)
Média observadores (min-máx)*	3 (2-5)	-	2,25 (2-3)	1	-
Velocidade (km/h) (min-máx)*	40 (20-60)	65	60 (40-100)	55 (30-80)	50
Réplicas	[30, 26, 1]	[7, 31, 6]	[25, 9, 16, 13, 24]	[17, 19, 27, 29]	[2, 3]
Outros esforços	-	[7, 31, 6]	-	-	-
Controle**	-	[7, 31, 6]	-	-	-
Riqueza des espécies atropeladas	[26, 1]	[31]	[25, 9]	-	[2, 3]
Efeitos de riqueza na área de entorno	-	[31, 6]	-	-	-
Área amostrada (m ²)	-	6300-80x(≤1000) [6, 31]	-	-	-
Média Número parcelas (min-máx)	-	28 [31], 80[6]	-	-	-
Esforço (horas/homem)	-	172 [31]	-	-	-
Abundância local no entorno	-	[7, 31, 6]	-	-	-
Área amostrada (m ²)	-	6300-80x(≤1000) [6, 31]	-	-	-
Média Número parcelas (min-máx)	-	28 [31], 80 [6]	-	-	-
Esforço (horas/homem)	-	172 [31]	-	-	-
Abundância atropelados	[1]	[31, 6]	-	-	[3]
Diversidade	[1]	-	-	-	[2]
Tamanho corporal	[26, 18]	[6]	-	[8, 14, 12]	-
Interações ecológicas	-	[31, 6]	-	-	[2]
Grupos específicos	[4, 1, 18]	[7, 31, 6]	[25, 9, 16]	[17, 8, 19, 14, 28, 29, 12]	[3]
Associação com fluxo veicular	[1]	[6]	[9]	-	-
Ausência método específico	[4]	-	-	[17, 8, 19, 14, 23]	-

Tabela 2. Categoria 2. Análise e classificação dos sub- grupos dos artigos sobre movimento animal e potencial de evitação de 1998 até 2012. Os artigos foram separados de acordo com o grupo taxonômico que abordaram: Aves, Anfíbios e Mamíferos. Os números em [] correspondem à respectiva numeração nas referências.

Parâmetros	Subcategorias		
	Aves	Anfíbios	Mamíferos
Artigos	4	1	2
Período amostragem (meses)	11.75 (5-24)	26	55 (3-108)
Médias capturas (min-máx)	1080 (11-3681)	313	131 (11-251)
Média recapturas (min-máx)	810	76	n/a
Média amostragens (min-máx)	171 (26-450)	-	3150 (22-6278)
Média réplicas (min-máx)	15 (5-30)	-	6 (1-11)
Média controles (min-máx)	59 (13-150)	-	1
Outros esforços	[15, 20]	[7]	[11]
Efeitos riqueza	[15, 20]	n/a	-
Número amostras (mín- máx)	215(30-444)	n/a	-
Abundância local	[15]	[7]	-
Número amostras	444	-	-
Modelagem de movimento	-	-	[11]
Tamanho corporal	[28, 20]	-	[10, 11]
Interações ecológicas	[28, 21, 15, 20]	-	[11]
Ausência de método específico	-	-	-

Tabela 3. Categoria 3. Análise e classificação dos subgrupos dos artigos sobre invasão de exóticas de 1998 até 2012. Os artigos foram separados de acordo com o grupo taxonômico que abordaram: Fauna e flora. Os números em [] correspondem à respectiva numeração nas referências.

Parâmetros	Subcategorias	
	Fauna	Flora
Artigos	1	2
Espécies encontradas	n/a	221.5 (66-377)
Área amostrada (m ²)	1	1.760 (1720-1800)
Média amostragens (min-máx)	30	30.5 (18-43)
Média réplicas (min-máx)	3	2
Média controles (min-máx)	-	-
Efeitos riqueza	-	[22, 5]
Número amostras	-	30.5 (18-43)
Área amostrada (m ²) (min-máx)	-	1720-1800
Abundância local	-	[22, 5]
Número amostras	-	30.5 (18-43)
Área amostrada (m ²) (min-máx)	-	1760 (1720-1800)
Interações ecológicas	[32]	[22, 5]
Ausência de método específico	-	-

4. DISCUSSÃO

O número de trabalhos publicados abordando Ecologia de Estradas nos Neotrópicos cresce à medida que o tema ganha mais destaque e se refinam os métodos de amostragem para as análises desses efeitos. Apenas um dos trabalhos utilizou de dados secundários.

Esses trabalhos mostraram que os grupos dos Anfíbios, Invertebrados e Flora ainda são pouco estudados. Os mamíferos voadores neotropicais ainda não foram abordados em nenhum trabalho de Ecologia de Estradas.

4.1. Atropelamento animal

Os trabalhos diferem muito sobre a apresentação da descrição de métodos, o esforço de amostragem como distâncias totais analisadas ou período estudado, número de observadores presentes no veículo e velocidade de amostragem.

O esforço de amostragem é importante ao se analisar os atropelamentos de fauna e seus impactos, proporcionando uma comparação clara dos métodos utilizados para a coleta dos dados de atropelamentos (DORNAS, 2012). Diferentes classes animais requerem esforços de amostragens distintos para que haja qualidade no trabalho, podendo prejudicar alguns grupos quando se realiza o esforço para um grupo genérico. O período de amostragem ao longo do dia é outro fator que deve ser considerado (DORNAS, 2012). O esforço deve ser adequado ao objetivo do estudo e ao grupo taxonômico que se deseja estudar. Para estudos de monitoramento de vertebrados em geral, indica-se o esforço semanal, ou mais de uma vez por semana, por um período maior que um ano. (BAGER; ROSA, 2011)

Nos Neotrópicos, o aumento de atropelamento de répteis e anfíbios é relacionado positivamente com o alto fluxo de veículos diários (CÁCERES et al., 2010; COELHO; KINDEL; COELHO, 2008, ATTADEMOS et al., 2011), e para aves essa relação é inversa, onde as maiores taxas de atropelamentos estão relacionadas a área de menor fluxo de veículos (ATTADEMOS et al., 2011). Há uma relação entre o nível de ruído e o afastamento das aves, à medida que uma via de menor fluxo tem um nível menor de ruído e de tamanho, repelindo com menos intensidade a travessia de aves de sub-bosque, o que pode ser responsável pelo maior índice de atropelamento (DELEVEY; STOUFFER, 2000; LAURANCE; STOUFFER; LAURANCE, 2004; OLIVEIRA; ALBERTS; FRANCISCO, 2011). Essa relação será mais explorada adiante, no tópico sobre movimento animal e potencial de evitação (4.2.).

A variação sazonal nos atropelamentos de animais foi o assunto mais abordado em Ecologia de Estradas nos Neotrópicos no período estudado. Para os vertebrados como um grupo geral, não foram detectados padrões sazonais observados para atropelamentos, podendo variar de acordo com a composição da riqueza e abundância populacional das espécies (COELHO; KINDEL; COELHO, 2008; GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009; PRADO; FERREIRA; GUIMARÃES, 2006, SANTOS; ROSA; BAGER 2012, TURCI; BERNARDE, 2009). As taxas de atropelamento em cada classe animal, durante o ano, variam individualmente, equilibrando os resultados obtidos para a variação sazonal do grupo “todos os invertebrados”, parâmetro que deve ser observado quando se estuda as variações sazonais dos atropelamentos de um grupo tão genérico como vertebrados. Para aves e répteis, o aumento do atropelamento está relacionado positivamente com estações chuvosas, sendo mais expressivo no verão (ATTADEMO et al., 2011, ROSA; BAGER, 2012, SANTOS; ROSA; BAGER, 2012).

Na comparação entre estradas de diferentes paisagens, com riquezas comparáveis entre si, ocorrem diferenças nas taxas de atropelamentos, em virtude da maior abundância das espécies nas áreas mais conservadas do que nas áreas menos conservadas (CÁCERES et al., 2010), pela diminuição das populações locais, decorrentes do impacto das estradas ao longo do tempo (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009). Não ocorrem variações significantes nas taxas de atropelamentos ao longo de diferentes trechos de uma estrada sem que sua composição de habitat, ou de matriz, mude de um trecho para outro (GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009; PRADO; FERREIRA; GUIMARÃES, 2006).

Além disso, os trechos das estradas que contam com maior número de fragmentos no entorno registram maiores taxas de atropelamentos de animais (CUNHA; MOREIRA; SILVA, 2010). Distintas áreas dentro do mesmo bioma podem registrar diferentes valores para cada classe taxonômica, mesmo que os valores totais de atropelamentos sejam semelhantes (COELHO; KINDEL; COELHO, 2009). Portanto, com base nos trabalhos analisados, a paisagem local deve ser considerada em escala fina, levando-se em conta os fragmentos presentes próximos à estrada, assim como a composição e abundância de espécies de cada localidade.

Cairo e Zalba (2007) fizeram uma estimativa do tamanho de uma população de *Melanophryniscus sp.* baseada em captura e recaptura, no entorno de uma estrada que passa por campos de pastagens na Argentina, e encontraram uma estimativa de atropelamento de 2,5 a 5,9% dessa população anualmente.

Áreas com maior oferta de alimentos registram as maiores taxas de atropelamentos para aves quando se considera a composição da matriz como tipos de habitats diferentes em escala reduzida da paisagem ao longo de uma estrada, como exemplo, áreas de plantio de arroz e áreas alagadas (ROSA; BAGER, 2012). Para algumas espécies de anfíbios, com pequena mobilidade e áreas reduzidas de vida, a composição de espécies varia no interior de uma mata e nas áreas próximas à estrada, mesmo que estejam na mesma área, devido às alterações no microclima (VARGAS-SALINAS; DELGADO-OSPINA; LÓPEZ-ARANDA, 2011), devendo-se considerar essa composição quando se verifica o impacto dos atropelamentos sobre esses animais.

Para a criação de medidas mitigatórias sobre o atropelamento animal, deveriam ser determinados os trechos de uma estrada onde se registram constantemente atropelamentos animais, criando-se passagens de fauna, ou diminuindo a velocidade máxima permitida nesses trechos. As passagens de fauna ainda precisam ser estudadas nos Neotrópicos (GOOSEM, 2001 e 2000). Essa medida, no entanto, leva em conta somente as taxas de atropelamentos, sem considerar a riqueza de espécies alvo e suas taxas de atropelamento, bem como a diversidade total e a presença de espécies ameaçadas (BAGER; ROSA, 2010). Dessa maneira, algumas espécies animais podem ser favorecidas em detrimento de outras. Para proteção de fauna atropelada, Bager e Rosa (2010) propuseram um índice para estabelecimento de trechos prioritários na conservação dos animais levando em conta esses aspectos, em uma hierarquização de coeficientes estabelecidos para cada um dos parâmetros.

Há uma clara variação nos tipos de métodos utilizados entre os artigos analisados no grupo de atropelamentos animais, sendo evidente que não ocorre uma padronização nos métodos de pesquisa no assunto ou esforço de amostragem nos trabalhos. Esses trabalhos foram subdivididos em cinco categorias em relação aos objetivos de compreensão do tema, incluído entre elas, uma categoria na qual estiveram presentes os trabalhos que apresentaram apenas dados descritivos, como indícios de áreas com registros visíveis dos atropelamentos, mesmo que não associados com nenhum padrão.

Para se avaliar o impacto de atropelamentos na fauna local, é necessário conhecimento sobre a riqueza de espécies da região, visando determinar quais são afetadas, e em relação à abundância das populações locais, que podem determinar o nível que esse impacto tem sobre essa população. Apenas dois dos 23 trabalhos associaram a riqueza local com os dados obtidos na análise de suas amostras de atropelamentos. Grupos de fauna focados em um determinado táxon exigem um método de amostragem compatível e podem oferecer melhores resultados do que quando se adota um método padrão de amostra para vários grupos,

comprometendo a qualidade dos resultados sobre as hipóteses apresentadas; dos 23 artigos classificados nessa categoria, seis trabalharam com todos os grupos.

O simples registro dos animais não é uma ferramenta eficiente para a compreensão de como estradas afetam a biodiversidade, à medida que não objetivam o esclarecimento de nenhum padrão com a finalidade de elucidar os estudos sobre esse impacto.

4.2. Movimento animal e potencial de evitação

As estradas afetam de maneira distinta grupos animais funcionalmente diferentes. Para algumas espécies, ela é uma barreira para o seu movimento, podendo obrigá-los a se manter isolados. Aves de sub-bosque da Amazônia central evitam cruzar estradas devido à clareira linear que estas proporcionam, ficando restritos aos interiores de mata (DELEVEY; PHILIP; STOUFFER, 2001; LAURANCE; STOUFFER; LAURANCE, 2004). As clareiras luminosas produzidas pela estrada acabam por atuar como barreiras na livre movimentação desses animais, restringindo a sua área de vida e isolando as populações, mesmo com estímulos auditivos para cruzá-la. Algumas espécies frugívoras, de borda e de área aberta em geral não são afetadas em sua movimentação ao cruzar estradas, ao passo que espécies solitárias são mais inibidas e raramente as atravessam, e até mesmo estradas estreitas e com baixo fluxo de veículos podem restringir a movimentação local de pássaros insetívoros, com exceção de áreas com grande cobertura de dossel (LAURANCE; STOUFFER; LAURANCE, 2004). De maneira geral, as estradas estreitas com dossel fechado representam uma barreira menor para bandos de aves de sub-bosque, enquanto as mais largas e com clareiras luminosas inibem a movimentação desses animais (DELEVEY; PHILIP; STOUFFER, 2001). Os padrões de movimento de aves variam de acordo com as espécies. Em Floresta Atlântica, uma espécie de pássaro insetívoro (*Chamazea campanisoma*) é inibido de cruzar estradas, até mesmo sombreadas e com pequenas aberturas de dossel, dentro de um parque, enquanto outra espécie insetívora (*Pyriglena leucoptera*) acaba por cruzar sempre, e uma terceira (*Conopophaga lineata*) exibe um comportamento intermediário, cruzando algumas vezes (OLIVEIRA JR.; ALBERTS; FRANCISCO, 2011). Nos Andes, condores (*Vultur gryphus*) demonstraram um comportamento de evitação em relação a estradas, mesmo quando atraídos para forrageio (SPEZIALE; LAMBERTUCCI; OLSSON, 2008), demonstrando que a construção de estradas deve evitar habitats das populações de espécies sensíveis ao trânsito de veículos.

Mamíferos sensíveis de grande porte também podem ter um comportamento de evitar áreas próximas das estradas. Jaguares (*Panthera onça*) numa Floresta Tropical, principalmente as fêmeas, evitam se aproximar de estradas e áreas de ocupação humana

(COLCHERO et al., 2010). Sua população pode estar isolada pelo fato de uma estrada cortar seu habitat. Nesse trabalho foi proposto um modelo Bayesiano de movimento de jaguares, prevendo onde estariam os locais mais adequados para a construção de passagens de fauna na rodovia que corta a floresta.

Para anfíbios, as estradas podem isolar suas populações, e acarretar a diminuição do fluxo gênico como consequência. Um trabalho de dois anos em uma estrada nos campos de pastagem na Argentina com um sapo endêmico (*Melanophryniscus sp.*) capturou 313 indivíduos, e recapturou 76 nas margens da estrada, desse número de recapturas, apenas dois indivíduos a haviam cruzado (CAIRO; ZALBA, 2007).

A movimentação de espécies em relação às estradas ainda não é conhecida ou pesquisada nas devidas proporções, e os estudos envolvendo essa evitação resultam em parâmetros melhores sobre o impacto das estradas. Esses trabalhos contam com um delineamento experimental de mais qualidade, tanto nas réplicas como no esforço de amostragem e controle, evidenciando com clareza os resultados obtidos.

Sugere-se que estudos envolvendo o fluxo gênico de espécies de fauna decorrentes da fragmentação pelas estradas devem ser realizados para explicar especificamente como esse tipo de impacto ocorre (MIOTTO et al., 2011).

4.3. Invasão de espécies exóticas

Todos os trabalhos associaram seus dados a processos ecológicos de maneira clara. As estradas facilitam a invasão de espécies exóticas, tendo um grande impacto na biota local (BARBOSA et al., 2010; COFFIN, 2007, FORMAN et al., 2003, LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; PAUCHARD; ALABACK, 2004). As estradas podem tanto facilitar a dispersão de sementes advindas do transporte sobre elas, como ainda criar microclimas e condições favoráveis à instalação de exóticas, sendo a porta de entrada dessas espécies para o interior da área local e ainda onde se encontra o maior número de plantas exóticas nas matas (BARBOSA et al., 2010; PAUCHARD; ALABACK, 2004).

A construção de estradas pavimentadas altera as características físicas do solo, aumentando os níveis de cálcio e alumínio ao longo de sua margem. Algumas espécies locais não resistem a essa alteração e cedem espaço para que exóticas possam se instalar, e além disso, o escoamento de água lateral às estradas também favorece o desenvolvimento dessas plantas (BARBOSA et al., 2010).

Outro mecanismo que pode facilitar a entrada e dispersão de plantas exóticas são os insetos herbívoros, que também tem sua entrada facilitada pelas estradas não pavimentadas,

de maneira que suas colônias se instalam preferencialmente nesses locais, resultando em um aumento em sua abundância (VASCONCELOS; VIEIRA-NETO; MUNDIM, 2006).

A entrada de exóticas numa área é responsável pela alteração da cadeia trófica local. O aumento do efeito de borda leva ao aumento das espécies oportunistas e diminuição das especialistas (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). São poucas as pesquisas tratando dessa questão nos Neotrópicos. A proposição de futuras medidas de mitigação deve levar em conta essa interação ecológica de grande importância para a comunidade local, e conservação de sua biodiversidade.

4.4. Modelo conceitual

A proposta de um modelo conceitual consiste em visualizar os possíveis efeitos decorrentes de uma estrada no ambiente e suas relações com as interações ecológicas locais, impactos físicos e populacionais, e suas prováveis conseqüências no ambiente, e em relação à biodiversidade local (Figura 4.). Criou-se um fluxograma, no qual as setas são vetores que representam possíveis conseqüências da situação anterior a ela, bem como interações que se intensificam quando apresentadas como um vetor em ambas as direções. Este fluxograma representa os possíveis impactos de uma estrada na região da qual faz parte. Note-se que o bloco amarelo ao lado esquerdo representa um ciclo, e que esses efeitos vão se intensificando, um Vórtice de Extinção, (SOULÉ, 1986).

De maneira geral, um ambiente encontra-se em um equilíbrio local, e à partir da construção de uma estrada os impactos negativos surgem: Fragmentação, e Alteração do ambiente físico. A fragmentação pode levar à falta de recursos locais, aumentando a competição entre as espécies e obrigando o movimento animal na matriz, levando possivelmente às estradas e a atropelamentos potenciais. A entrada de exóticas facilitada pelas estradas pode alterar a composição de espécies locais, levando ao aumento da competição, e ainda diminuir populações locais, podendo ocorrer efeitos de extinção local para espécies residentes na área.

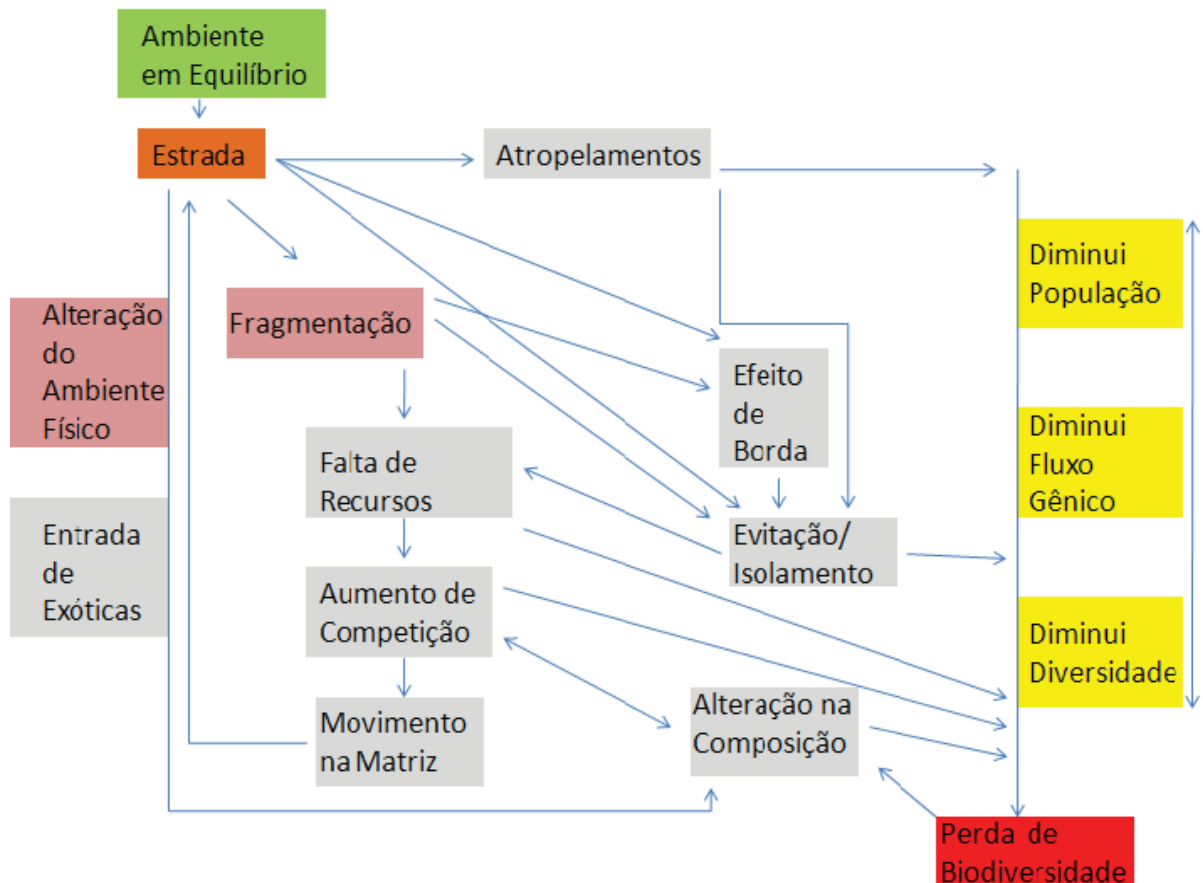


Figura 4. Fluxograma com possíveis efeitos das estradas no ambiente e na biodiversidade local. A seta externa à direita, nas caixas em amarelo, representa um “Vórtice de Extinção” (Soulé, 1986), as caixas em vermelho escuro representam alterações imediatas à instalação das estradas, as caixas cinzas representam as alterações posteriores.

O efeito de borda decorrente da fragmentação ou pelo microclima na margem das estradas, pode levar ao isolamento de várias espécies de interior, levando ainda à falta de recursos locais.

Uma consequência dramática ocorre quando se instala um vórtice de extinção, à direita do fluxograma, onde os elementos que compõem esse fluxo se intensificam e podem levar à perda da biodiversidade.

5. CONCLUSÃO

Os estudos em Ecologia de Estradas voltados para atropelamentos evidenciam a importância de um método adequado, com esforço de amostragem compatível com o objetivo proposto. Futuros trabalhos devem levar em conta esse aspecto. Mesmo com o número crescente de trabalhos esclarecendo esses impactos, constatamos falta de padrão nos métodos de amostragens e falta da definição de réplicas ou unidades amostrais de forma experimental. A clareza dos objetivos deve ser observada para um resultado coerente com a proposta dos trabalhos, bem como o método adotado, e apesar da dificuldade de se determinar um controle para esses trabalhos. Esse item é de grande valia para a real determinação dos resultados sobre a hipótese, a qual nem sempre fica evidente nos trabalhos, apontando outra falha. O simples título referindo o impacto dos atropelamentos sobre a fauna pode levar o leitor a crer que realmente vai obter dados confiáveis sobre o impacto, quando na verdade tem apenas taxas de atropelamento.

A falta do número de observadores durante a amostragem em alguns trabalhos mostra uma deficiência na coleta dos dados, de maneira que a detecção dos animais atropelados pode variar muito e não sabemos ao certo o quanto essas detecções não descritas são confiáveis. Dados secundários podem gerar ruídos nas análises se não vierem acompanhados da descrição do método de amostragem adotado. O número de dias de observações variou grandemente, em um sub-tópico chegou a variar de 13 até 704 vezes, dificultando mais ainda a padronização desses resultados. A falta de esforço de amostragem e métodos padronizados dificulta muito a comparação dos resultados, se tornando impossível pra alguns trabalhos.

Ainda faltam muitos estudos que mostrem o efeito negativo de atropelamentos nas populações locais de flora e fauna. Esses atropelamentos impactam a ponto de extinções locais e regionais? Não sabemos quais as proporções que essa questão assume sobre a abundância das espécies envolvidas, e para isso, é necessário conhecimento da riqueza e abundância local, a fim de entender o nível dos efeitos negativos dos atropelamentos. Estudar grupos específicos e espécies das quais se sabe, ou pode-se estimar, o tamanho populacional produz resultados mais confiáveis dentro desse cenário, bem como explica os padrões de sazonalidade nos atropelamentos da fauna selvagem. Não há estudos sobre a eficiência de passagens de fauna, nem mesmo sobre como elas estão sendo tratadas nos Neotrópicos.

Pouco se sabe na atualidade sobre a movimentação animal, ainda mais quando se refere às estradas. Os estudos sobre movimentação animal e potencial de evitação das áreas

próximas às estradas contam com os melhores delineamentos experimentais executados nos Neotrópicos dentro da temática, mas é ainda uma pequena porcentagem dos trabalhos desenvolvidos. Entender como a fauna se movimenta é de suma importância para entender sua relação com os empreendimentos lineares e as alterações nas paisagens ligadas a eles. Modelagens ecológicas desses padrões podem ajudar a prevenir tanto acidentes quanto produzir medidas mitigatórias para que essas populações não fiquem isoladas. Estes dados podem subsidiar políticas de licenciamento ambiental utilizados por órgãos governamentais ao terceirizar os empreendimentos. As diferentes coberturas de dossel na vegetação circunvizinha às estradas ainda não foi abordada para várias classes taxonômicas, ela seria importante na movimentação animal entre os lados das estradas? Para quais grupos animais? O isolamento decorrente das estradas é um problema sério, e ainda não foi abordado nos Neotrópicos. Será que existe isolamento genético para algumas populações? As relações de fluxo gênico devem ser levadas em conta para explicar esses impactos (MIOTTO et al., 2011). Não sabemos como o fluxo gênico ocorre em relação a uma barreira tão real à movimentação animal como as estradas. Não sabemos quais mecanismos levam os animais a tentar cruzá-las. O barulho emitido por uma Rodovia pode repelir muitas espécies (COFFIN, 2007), tema que também ainda não foi abordado nos Neotrópicos.

Para a invasão de espécies exóticas, ainda temos muita pouca informação sobre o dano que essas invasões podem ter no ambiente, mas a alteração na composição local já é um problema de grande magnitude e não sabemos como se dão os mecanismos de dispersão pelas estradas e rodovias. Não há absolutamente nenhuma informação sobre a entrada de parasitas, por exemplo. Futuros estudos poderiam elucidar melhor a dispersão de parasitas através das estradas, e seus efeitos na fauna e flora locais.

É imprescindível que sejam feitos mais trabalhos na área de Ecologia de Estradas, e que sua qualidade seja compatível com esse tema, do qual ainda sabemos muito pouco, principalmente nos Neotrópicos.

Espera-se que esse trabalho possa unificar o que foi feito até agora nos Neotrópicos e evidencie quais as lacunas dessa temática. Espera-se ainda que na próxima década os novos trabalhos envolvendo Ecologia de Estradas possam elucidar várias relações desses empreendimentos com o ambiente e a biodiversidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, A. **Fragmentation of habitat by Roads and Utility Corridors: A review.** Australian Zoologist: 26(3 e 4), p. 130-141, 1990.

ATTADEMO, A. M. et al. **Wildlife vertebrate mortality in roads from Santa Fe Province, Argentina.** Revista Mexicana de Biodiversidad: 82, p. 915-925, 2011. [1]

AWADE, M.; METZGER, J. P. **Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation.** Austral Ecology: 33(7), p. 863-871, 2008.

BAGER, A.; ROSA, C. A. **Priority ranking of Road sites for mitigating wildlife roadkill.** Biota Neotropical: 10(4), 2010. [2]

BAGER, A.; ROSA, C. A. **Influence of Sampling Effort on the Estimated Richness of Road-Killed Vertebrate Wildlife.** Environmental Management: 47, p. 851-858, 2011. [3]

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R., HARPER, J. L. **Ecologia - De indivíduos a ecossistemas.** 4ª edição. Artmed: Brasil, 2007. 740p.

BUENO, C.; ALMEIDA, P. J. A. L. **Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora).** Revista Brasileira de Zoociências: 12(3), p. 219-226, 2010. [4]

BARBOSA, N. P. U. et al. **Distribution of non-native invasive species and soil properties in proximity to paved roads and unpaved roads in a quartzitic mountainous grassland of southeastern Brazil (rupestrian fields).** Biol Invasions: 12, p. 3745-3755, 2010. [5]

CÁCERES, N. C. et al. **Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil.** Zoologia: 28(5), p. 709-717, 2010. [6]

CAIRO, S. L.; ZALBA, S. M. **Effects of a paved Road on mortality and mobility of red bellied toads (*Melaniphryniscus* SP.) in Argentinean grasslands.** Amphibia-Reptilia: 28, p. 377-385, 2007. [7]

CHEREM, J. J. et al. **Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil.** Revista Biotemas: 20(3), p. 81-96, 2007. [8]

COELHO, I. P.; KINDEL, A.; COELHO, A. V. P. **Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil.** Eur J Wildl Res: 54, p. 689-699, 2008. [9]

COELHO, L. H. L. **Influence of linear habitats in mammal activity: test of the travel lanes hypothesis.** Revista Brasileira de Biologia: 59(1), p. 55-58, 1999. [10]

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

- COLCHERO, F. et al. **Jaguars on the move: modeling movement to mitigate fragmentation from road expansion in the Mayan Forest.** *Animal Conservation*: 14, p. 158-166, 2011. [11]
- COSTA, L. S. **Levantamento de mamíferos silvestres de pequeno e médio porte atropelados na BR 101, entre os municípios de Joinville e Piçarras, Santa Catarina.** *Biosc. J.*: 27(3), p. 666-672, 2011. [12]
- CUNHA, H. F.; MOREIRA, F. G. A.; SILVA, S. S. **Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*: 32(3), p. 257-263, 2010. [13]
- CUPERUS, R.; et al. **Guidelines for ecological compensation associated with highways.** *Biol.Conserv.*: 90, p. 41-51, 1999.
- DELGADO-V, C. A. **Muerte de mamíferos por vehículos en la Vía del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia.** *Actual Biol*: 29(87), p. 235-239, 2007. [14]
- DEVELEY, P. F.; STOUFFER, P. C. **Effects of Roads on Movements by Understory Birds in Mixed-Species Flocks in Central Amazonian Brazil.** *Conservation Biology*: 15(5), p. 1416-1422, 2000. [15]
- DNIT, **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte.** Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas, Ministério do Transporte, 2007. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/> Acesso em 03 set. 2012.
- DORNAS, R. A. P. et al. **Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil.** In: BAGER, A. *Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas.* Lavras: Editora UFLA, 2012. p. 139-152.
- FAHRIG, L., RYTWINSKI, T.; **Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis.** *Ecology and Society*: 14, p. 21, 2009.
- FORMAN, R. T. T. et al. **Road ecology: Science and solutions.** Island Press: Washington, 2003. 481p.
- FORMAN, R. T. T.; DEBLINGER, R. D. **The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway.** *Conservation Biology*: 14, p. 36-46, 2000.
- FORMAN, R. T. T. **Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States.** *Conservation Biology*: 14, p. 31-35, 2000.
- FORMAN, R. T. T. **Road ecology: A solution for the giant embracing us.** *Landscape Ecology*, 13, Number 4, III-V, 1998.
- FREITAS, S. R.; HAWBAKER, T. J.; METZEGGER, J. P. **Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest.** *Forest Ecology and Management*: 259, p. 410-417, 2010.
- GALETTI, M. et al. **Priority areas for conservation of the Atlantic Forest large mammals.** *Biological Conservation*: 142(6), p. 1229-1241, 2009.

GOOSEM, M. **Effects of tropical rainforest roads on small mammals: edge changes in community composition.** *Wildlife Research*: 27, p. 151-163, 2000.

GOOSEM, M. **Effects of tropical rainforest roads on small mammals: inhibition of crossing movements.** *Wildlife Research*: 28, p. 351-364, 2001.

GUMIER-COSTA, F.; SPERBER, C. F. **Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil.** *Acta Amazonica*: 39(2), p. 459-466, 2009. [16]

HANSBOUER, M. M. et al. **Movements of neotropical understory passerines affected by anthropogenic forest edges in the Brazilian Atlantic rainforest.** *Biological Conservation*: 141(3), p. 782-791, 2008.

HANSBOUER, M. M. et al. **Landscape perception by forest understory birds in the Atlantic rainforest: black-and-white versus shades of grey.** *Landscape Ecology*: 25(3), p. 407-417, 2010.

HANSKI, I. **A practical model of metapopulation dynamics.** *Journal of Animal Ecology*: 63, p. 151-162, 1994.

HARISON, S. **Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation.** *Biological Journal of the Linnean Society*: 42(1-2), p. 73-88, 1991.

HATMANN, P. A.; HARTMANN, M. T.; MARTINS, M. **Snake road mortality in a protected area in the Atlantic Forest of southeastern Brazil.** *South American Journal of Herpetology*: 6(1), p. 35-42, 2011. [17]

HEGEL, C. G. Z.; CONSALTER, G. C.; ZANELLA, N. **Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul.** *Revista Biotemas*: 25(2), p. 165-170, 2012. [18]

HOYLE, B; KNOWLES, R. **Modern transport Geography.** 2ª Edição. Wiley: England. 2001. 374 p.

JAEGER, J. A. G. et al. **Predicting when animal populations are at risk from roads: An interactive model of road avoidance behavior.** *Ecological modeling*: 185, p. 329-348, 2005.

JORDANO et al. **Ligando Frugivoria e Dispersão de Sementes à Biologia da Conservação.** In: Duarte, C.F., et al. *Biologia da conservação: essências.* São Paulo: Editorial Rima, 2006. p. 411-436.

KUNZ, T. S.; GHIZONI-JR, I. R. **Serpentes encontradas mortas em rodovias do estado de Santa Catarina, Brasil.** *Revista Biotemas*: 22(2), p. 91-103, 2009. [19]

LAURANCE, S. G. W.; STOUFFER, P. C.; LAURANCE, W. F. **Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia.** *Conservation Biology*: 18 (4), p. 1099-1109, 2004. [20]

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

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. **Procedimentos metodológicos da construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica.** Rev. Katál: 10, p. 37-45, 2007.

MCLAREN, A. D.; FAHRIG, L.; WALTHO, N. **Movement of small mammals across divided highways with vegetated medians.** Canadian journal of zoology, Volume 89, Issue 12, p. 1214-1222, December 2011.

MICHALSKI, F.; PERES, C. **Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia.** Biological Conservation: 124(3), p. 383-396, 2005.

MIOTTO et al. **Monitoring a Puma (*Puma concolor*) Population in a Fragmented Landscape in Southeast Brazil.** Biotropica: 44(1), p. 98–104, 2012.

NEPSTAD, D. et al. **Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests.** Forest Ecology and Management: 154, p. 395-407, 2001.

OLIVEIRA JR., P. R. R.; ALBERTS, C. C.; FRANCISCO, M. R. **Impact of Road Clearings on the Movements of Three Understory Insectivorous Bird Species in the Brazilian Atlantic Forest.** Biotropica: 43(5): 628-632, 2011. [21]

PAUCHARD, A.; ALABACK, P. B.; **Influence of Elevation, Land Use, and Landscape Context on Patterns of Alien Plant Invasions along Roadsides in Protected Areas of South-Central Chile.** Conservation Biology: 18(1), p. 238-248, 2004. [22]

PEREIRA, G. **A natureza (dos) nos fatos urbanos: produção do espaço e degradação ambiental.** Desenvolvimento e Meio Ambiente: 3, p. 33-51, 2001.

PERES, C. A. **Synergistic Effects of Subsistence Hunting and Habitat Fragmentation on Amazonian Forest Vertebrates.** Conservation Biology: 15(6), p. 1490-1505, 2001.

PERES, C.A. **Evaluating the sustainability of subsistence hunting in tropical forests.** London: Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, 1997, 40 p.

PERZ, S. G. et al. **Unofficial road building in the Amazon: socioeconomic and biophysical explanations.** Development and Changes: 38, p. 529-551, 2007.

PINOWSKI, J. **Roadkills of Vertebrates in Venezuela.** Revista Brasileira de Zoologia: 22(1), p. 191-196, 2005. [23]

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, Z. F. S. **Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados.** Scientiarum. Biological Sciences: 28(3), p. 237-241, 2006. [24]

RAMBALDI, M. D.; OLIVEIRA, D. A. S. **Fragmentação de ecossistemas.** Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade e Florestas: Brasília, DF, 2003. 508p.

ROSA, C. A.; BAGER, A. **Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds.** Journal of Environmental Management: 97, p. 1-5, 2012. [25]

ROSEN, P. C.; LOWE, C. H. **Highway mortality of snakes in the sonoran desert of southern Arizona.** Biological Conservation, 68, p. 143-148, 1994.

SALVADOR, A. D. **Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica**. Porto Alegre: Sulina, 1986.

SANTOS, A. L. P. G.; ROSA, C. A.; BAGER, A. **Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil**. Revista Biotemas: 25(1), p. 73-79, 2012. [26]

SILVA, M. O. et al. **Road kills impact over the herpetofauna of Atlantic Forest (PR-340, Antonina, Paraná)**. Acta Biol. Par.: 36(1-2), p. 103-112, 2007. [27]

SOULÉ, M. E. **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity**. Sinauer Associates, 1986. 584p.

SPEZIALE, K. L.; LAMBERTUCCI, A.; OLSSON, O. **Disturbance from roads negatively affects Andean condor habitat use**. Biological Conservation: 141, p. 1765-1772, 2008. [28]

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. **Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in montane Atlantic Forest of southeastern Brazil**. Biological Conservation: 91 (2-3), p. 119-127, 1999.

TREJO, A.; SEIJAS, S. **Una estimación de aves muertas en ruta en el Parque Nacional Nahuel Huapi, noroeste de la Patagonia Argentina**. Hornero: 18(2), p. 97-101, 2003. [29]

TURCI, L.C.B.; BERBARDE, P. S. **Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil**. Revista Biotemas: 22(1), p. 121-127, 2009. [30]

VARGAS-SALINAS, F.; DELGADO-OSPINA, I.; LÓPEZ-ARANDA, F. **Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia**. Caldasia: 33(1), p. 121-138, 2011. [31]

VASCONCELOS, H. L.; VIEIRA-NETO, E. H. M.; MUNDIM, F. M. **Roads After the Colonization Dynamics of a Keystone Herbivore in Neotropical Savannas**. Biotropica: 38(5), p. 661-665, 2006. [32]

WIEDEMANN, C. **External evaluation of road networks**. In: ISPRS Archives, Vol. XXXIV, Part 3/W8, Munich, p. 17-19, Sept. 2003.