

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**INFLUÊNCIA DA PAISAGEM E DA SAZONALIDADE NO
ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS SILVESTRES NO ENTORNO
DE UMA ÁREA PROTEGIDA NO SUDESTE DO BRASIL**

ALINE DE CASTRO ALVARENGA

VILA VELHA
JULHO / 2016

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**INFLUÊNCIA DA PAISAGEM E DA SAZONALIDADE NO
ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS SILVESTRES NO ENTORNO
DE UMA ÁREA PROTEGIDA NO SUDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

ALINE DE CASTRO ALVARENGA

VILA VELHA
JULHO / 2016

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

A473i Alvarenga, Aline de Castro.
Influência da paisagem e da sazonalidade no atropelamento
de vertebrados silvestres no entorno de uma área protegida no
sudeste do Brasil / Aline de Castro Alvarenga – 2016.
56 f.: il.

Orientador: Ana Carolina Srebek-Araujo.
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ecossistemas) -
Universidade Vila Velha, 2016.
Inclui bibliografias.

1. Ecologia animal. 2. Vertebrado – Espírito Santo.
3. Vida selvagem. I. Srebek-Araujo, Ana Carolina.
II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 591.7

ALINE DE CASTRO ALVARENGA

**INFLUÊNCIA DA PAISAGEM E DA SAZONALIDADE NO
ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS SILVESTRES NO
ENTORNO DE UMA ÁREA PROTEGIDA NO SUDESTE DO
BRASIL**

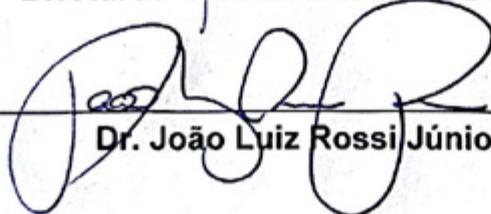
Dissertação apresentada à
Universidade Vila Velha, como pré-
requisito do Programa de Pós-
graduação em Ecologia de
Ecossistemas, para a obtenção do
título de Mestre em Ecologia.

Aprovada em 29 de Julho de 2016,

Banca Examinadora:



Dr. Aureo Banhos dos Santos (CCA/UFES)



Dr. João Luiz Rossi Júnior (UVV)



Dra. Ana Carolina Srbek de Araujo (UVV)
Orientadora

Ao meu filho Igor, por ser minha eterna
inspiração e razão de viver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo fôlego de vida, pela oportunidade de me conceder tamanha experiência e certamente pelos inúmeros livramentos recebidos durante a fase de coleta de dados.

À minha família pelo carinho, incentivo e suporte, sobretudo por suprir minha ausência durante os momentos de dedicação mais intensa e exclusiva a esse trabalho.

À minha orientadora, Prof.^a Dr^a Ana Carolina Srbek de Araujo, pela oportunidade de aprendizado, pelas valiosas contribuições e principalmente pela paciência e compreensão em alguns momentos difíceis nessa jornada.

À toda equipe de professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas da Universidade Vila Velha; bem como aos membros da banca examinadora, pelas contribuições e aprendizado.

Às amigas queridas pelo incentivo e apoio para a execução desse trabalho, principalmente: Savana Nunes, Roberta Guimarães, Carolina Perin, Marcia Modenesi, Erica Munaro, Maria Otávia Crepaldi, Rita Mendes, Silvia Futada, Dulci Marchesi e Joseany Trarbach.

Aos colegas de curso e de trabalho que enriqueceram e muito esse trabalho com suas discussões e contribuições.

À Letícia Sangy Dias e aos condutores do Parque Estadual de Pedra Azul (Adílio, Michele, Carlos e Hélio) pelo auxílio nas amostragens.

Aos zoólogos que auxiliaram na identificação das carcaças: Renato Bérnils, Jacques Passamani e João Luiz Gasparini.

À SEAMA/IEMA pelo suporte técnico e logístico, disponibilizando acervo de imagens do setor de Geomática e veículo para amostragem dos atropelamentos.

À CAPES pelo auxílio através da disponibilização da taxa PROSUP.

Obrigada!

SUMÁRIO

Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Materiais e Métodos	5
<i>Área de estudo</i>	<i>5</i>
<i>Coleta de dados</i>	<i>7</i>
<i>Análise de registros</i>	<i>8</i>
<i>Análises espaciais</i>	<i>9</i>
<i>Análises estatísticas</i>	<i>10</i>
Resultados	12
Discussão	19
Referências Bibliográficas	24
Apêndices	29

RESUMO

ALVARENGA, Aline de Castro, M.Sc., Universidade Vila Velha – ES, julho de 2016. **Influência da paisagem e da sazonalidade no atropelamento de vertebrados silvestres no entorno de uma área protegida no sudeste do Brasil.** Orientadora: Ana Carolina Srбек-Araujo.

A presença de rodovias margeando ou adentrando áreas protegidas é um fator agravante dos impactos negativos das estradas sobre a fauna silvestre. Número de espécies de fauna e flora associadas, características da paisagem no entorno, intensidade de tráfego, clima e sazonalidade são alguns dos elementos que podem influenciar as taxas de atropelamento de fauna no entorno de áreas protegidas. O presente estudo teve como objetivo estabelecer os elementos da paisagem com maior influência e o efeito da sazonalidade e variáveis climáticas sobre o atropelamento de vertebrados silvestres em trecho de duas rodovias associadas ao Parque Estadual da Pedra Azul (PEPAZ), região serrana centro-sul do Espírito Santo, sudeste do Brasil. A coleta de dados foi realizada mensalmente, durante o período de janeiro a dezembro de 2015, em trecho de 20 km em cada rodovia (BR-262 e ES-164), totalizando 60 dias de amostragem por trecho. Foram registrados 355 eventos de atropelamento de vertebrados silvestres (Amphibia = 10; Reptilia = 40; Aves = 155; Mammalia = 149; vertebrado indeterminado = 1), totalizando pelo menos 82 táxons afetados na região (Amphibia = 4; Reptilia = 11; Aves = 47; Mammalia = 20). Entre as espécies registradas, uma ave e dois mamíferos são classificados como ameaçados de extinção. A taxa de atropelamento de vertebrados foi equivalente nas duas rodovias, sendo aves o grupo mais afetado na ES-164 e mamíferos na BR-262. Foi obtido um maior número de registros na estação chuvosa, embora não tenha sido observada diferença entre o número de registros obtidos em cada estação do ano quando comparadas as rodovias. Houve correlações positivas significativas entre a taxa de atropelamento mensal e a temperatura, embora a precipitação não tenha influenciado os eventos analisados. Quando avaliados os elementos da paisagem, a distância em relação ao corpo d'água mais próximo e o tipo de uso e ocupação do solo foram variáveis importantes para explicar o padrão de distribuição dos registros ao longo dos trechos de rodovia amostrados. Os atropelamentos de mamíferos estiveram associados com áreas de macega; aves com cultivos agrícolas e áreas edificadas; e répteis com áreas de pastagem. Os dados apresentados demonstraram que a estação do ano e a temperatura influenciaram os eventos de atropelamento e que o efeito de cada rodovia foi diferenciado para cada classe de vertebrados devido a peculiaridades no tipo de uso e ocupação do solo no entorno de cada trecho amostrado. As duas rodovias afetaram negativamente a fauna de vertebrados no entorno do PEPAZ, podendo acarretar impactos sobre toda biodiversidade local e regional, uma vez que essa área protegida integra um importante corredor ecológico da Mata Atlântica do Espírito Santo. É recomendado o estabelecimento de medidas para redução da velocidade e a instalação de mecanismos de transposição para a fauna nos trechos de rodovia adjacentes ao PEPAZ para conservação da biota em longo prazo.

Palavras-chave: atropelamento de fauna, Ecologia de Estradas, *Hotspots* de atropelamento, impacto de rodovias, Mata Atlântica.

ABSTRACT

ALVARENGA, Aline de Castro, M.Sc., Universidade Vila Velha – ES, July 2016. **Influence of landscape and seasonality on wild vertebrates roadkill around a protected area in southeastern Brazil.** Advisor: Ana Carolina Srbek-Araujo.

The presence of roads bordering or entering protected areas is an aggravating factor for negative impacts of roads on wildlife. The number of fauna and flora species associated to the areas, landscape features, traffic intensity, weather and seasonality are some of the elements that can influence wildlife roadkill rates around protected areas. This study aimed to establish landscape elements with influence and the effect of seasonality and climatic variables on the wild vertebrates roadkill in two roads associated with the Pedra Azul National Park (PEPAZ), south-central mountain region of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil. Data collection was carried out monthly during the period of January to December 2015, totaling 60 sampling days. We sampled 20 km on each highway (BR-262 and ES-164). We recorded 355 roadkill events of wild vertebrates (Amphibia = 10; Reptilia = 40; Aves = 155; Mammalia = 149; indeterminate vertebrate = 1), totaling at least 82 taxa affected in the region (Amphibia = 4; Reptilia = 11; Aves = 47; Mammalia = 20). One bird and two mammals are classified as threatened species. The roadkill rate was equivalent in the two highways. Birds were the most affected group in the ES-164 and mammals in the BR-262. A higher number of records were obtained in the rainy season, although it was not observed difference between the number of records obtained in each season when we compared the roads. There were significant positive correlations between the monthly rate of roadkill and temperature, despite precipitation did not influence the roadkill events. When assessing the landscape elements, the distance from the nearest waterbody and the type of land use were important variables to explain the pattern of distribution of records on the sampled highway stretches. The roadkill of mammals were associated with “macega”; birds with crops and built-up areas; and reptiles with pasture. Our data demonstrated roadkill events in the studied region were influenced by season and temperature, and the effect of each road was different to each vertebrate class due to peculiarities in land use surrounding each road sampled section. The two highways negatively affected wild vertebrates around PEPAZ, and may result in impacts on local and regional biodiversity because this protected area is part of an important ecological corridor of the Atlantic Forest of the state of Espírito Santo. We recommend the establishment of measures to reduce speed and the installation of wildlife road-crossing structures in the highway stretches adjacent to PEPAZ for wildlife conservation in long term.

Keywords: Atlantic Forest, Highway impact, Road Ecology, Roadkill Hotspots, wildlife roadkill.

Influência da Paisagem e da Sazonalidade no Atropelamento de Vertebrados Silvestres no entorno de uma Área Protegida no sudeste do Brasil

Aline de C. Alvarenga*, Ana C. Srbek-Araujo

Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas, Universidade Vila Velha (UVV), Vila Velha, ES, Brasil

* Autor para correspondência: alinealv@gmail.com

Introdução

A crescente expansão de empreendimentos rodoviários ocorrida nas últimas décadas, associada ao aumento contínuo da frota de veículos em circulação, têm intensificado os efeitos ecológicos negativos das rodovias (Bager & Grilo 2013), tornando-as uma das principais ameaças globais à conservação da biodiversidade em diferentes partes do mundo (Forman & Alexander 1998; Coffin et al. 2007).

A construção de empreendimentos rodoviários geralmente implica na supressão de áreas de floresta nativa, sendo um dos principais fatores de fragmentação de habitat, alterando a função e a estrutura da paisagem local (e.g. Forman & Alexander 1998; Trombulak & Frissel 2000; Goosem 2007). Outros fatores negativos surgem como a abertura de estradas, como o favorecimento de novas áreas para ocupação humana e suas respectivas atividades, propiciando ainda mais fragmentação de áreas naturais (Forman & Alexander 1998; Trombulak & Frissel 2000), além de contribuir também para a intensificação dos efeitos de borda (Forman & Deblinger 2000), a introdução de espécies exóticas invasoras (Trombulak & Frissel 2000), a disseminação de doenças, a alteração do comportamento de espécies e o potencial aumento da pressão de caça, entre outros fatores (e.g. Forman & Alexander 1998; Trombulak & Frissel 2000; Coffin et al. 2007).

De forma geral, os impactos das rodovias sobre a fauna silvestre podem ser agrupados em três efeitos principais: o “efeito barreira”, decorrente da fragmentação de habitats causada pela rodovia e que, por sua vez, acarreta o isolamento físico pela restrição do deslocamento de indivíduos, causando o isolamento de populações (Forman & Alexander 1998; Laurance et al. 2009); o “efeito evitação” (do inglês *avoidance*), que consiste no desencorajamento de alguns espécimes a atravessarem a rodovia, muitas vezes associado ao ruído do tráfego intenso (Forman & Alexander 1998); e a mortalidade de espécimes decorrente da colisão com veículos (e.g. Forman & Alexander 1998; Trombulak & Frissel 2000; Coffin et al. 2007). A mortalidade de espécimes é o principal impacto das rodovias, sendo também a variável mais comumente estudada em diferentes partes do mundo, provavelmente pela facilidade de demonstração da relação “causa–consequência” e pela fácil constatação dos eventos de atropelamento em campo (Clevenger et al. 2003).

Os atropelamentos de fauna podem ser influenciados por um conjunto de fatores, tais como a composição da paisagem e a sazonalidade. Isso decorre do fato destes fatores determinarem a forma como os recursos estão disponíveis em um determinado ambiente, influenciando a composição das comunidades, a abundância das populações e a movimentação das espécies ali existentes, interferindo nos padrões sazonais e espaciais de atropelamento (Trombulak & Frissel 2000; Erritzoe et al. 2003; Pracucci et al. 2012).

O Brasil possui atualmente 1,72 milhão de quilômetros de malha rodoviária, incluindo rodovias federais, estaduais, municipais e estradas não pavimentadas (CNT 2016). Especificamente no Espírito Santo (ES), a malha rodoviária pavimentada, considerando trechos de rodovias federais e estaduais, compreende 3,98 mil quilômetros (CNT 2015). Neste estado, estudos relacionados à investigação dos impactos de rodovias sobre a fauna silvestre são escassos (Milli & Passamani 2006; Concessionária Rodovia do Sol 2015; Klippel et al. 2015; Oliveira et al. 2015; Srebek-Araujo et al. 2015), mas já permitem constatar que a perda de espécimes pode ser significativa, afetando também espécies ameaçadas de extinção.

A presença de rodovias margeando ou adentrando áreas naturais protegidas é um fator agravante dos impactos negativos das estradas sobre a fauna silvestre (Clevenger et al. 2003; Ramp et al. 2006), sobretudo para espécies que não toleram os efeitos de borda, que são sensíveis a pressões

antrópicas (como caça e fragmentação de habitat), que ocorrem em baixas densidades, que são incapazes de transpor rodovias ou que utilizam estes locais como uma fonte de recursos alimentares e de termorregulação (Schonewald-Cox & Buechner 1992). No Brasil, grande parte das áreas protegidas é atravessada por rodovias ou margeada por estruturas rodoviárias (Braz & França 2016). Neste cenário, fatores como número de espécies de fauna e flora associadas e intensidade de tráfego são alguns dos elementos que podem interferir nas taxas de mortalidade por atropelamento em estradas associadas a áreas protegidas (Garriga et al. 2012).

O presente estudo teve como objetivo estabelecer os elementos da paisagem com maior influência e determinar o efeito da sazonalidade e variáveis climáticas sobre o atropelamento de vertebrados em trecho de duas rodovias associadas a uma área protegida do estado do Espírito Santo, considerando: (I) os grupos de vertebrados mais afetados na região como um todo e em cada rodovia; e (II) a existência de pontos críticos de atropelamento ao longo de cada trecho amostrado.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O presente estudo foi conduzido no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (PEPAZ; 20°23'32" - 20°29'24" S e 40°00'25" - 40°59'29" W), no município de Domingos Martins, região serrana centro-sul do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil (Fig. 1). O PEPAZ possui 1.240 ha e abriga duas formações rochosas com mais de 1.800 m de altitude, denominadas Pedra Azul (ou Pedra do Lagarto) e Pedra das Flores. O Parque está inserido nos domínios da Floresta Ombrófila Densa Montana e da Floresta Ombrófila Densa Altimontana, que constituem vegetações florestais influenciadas pelo alto regime das chuvas e localizadas acima de 1.500 m de altitude (CEPEMAR 2004).

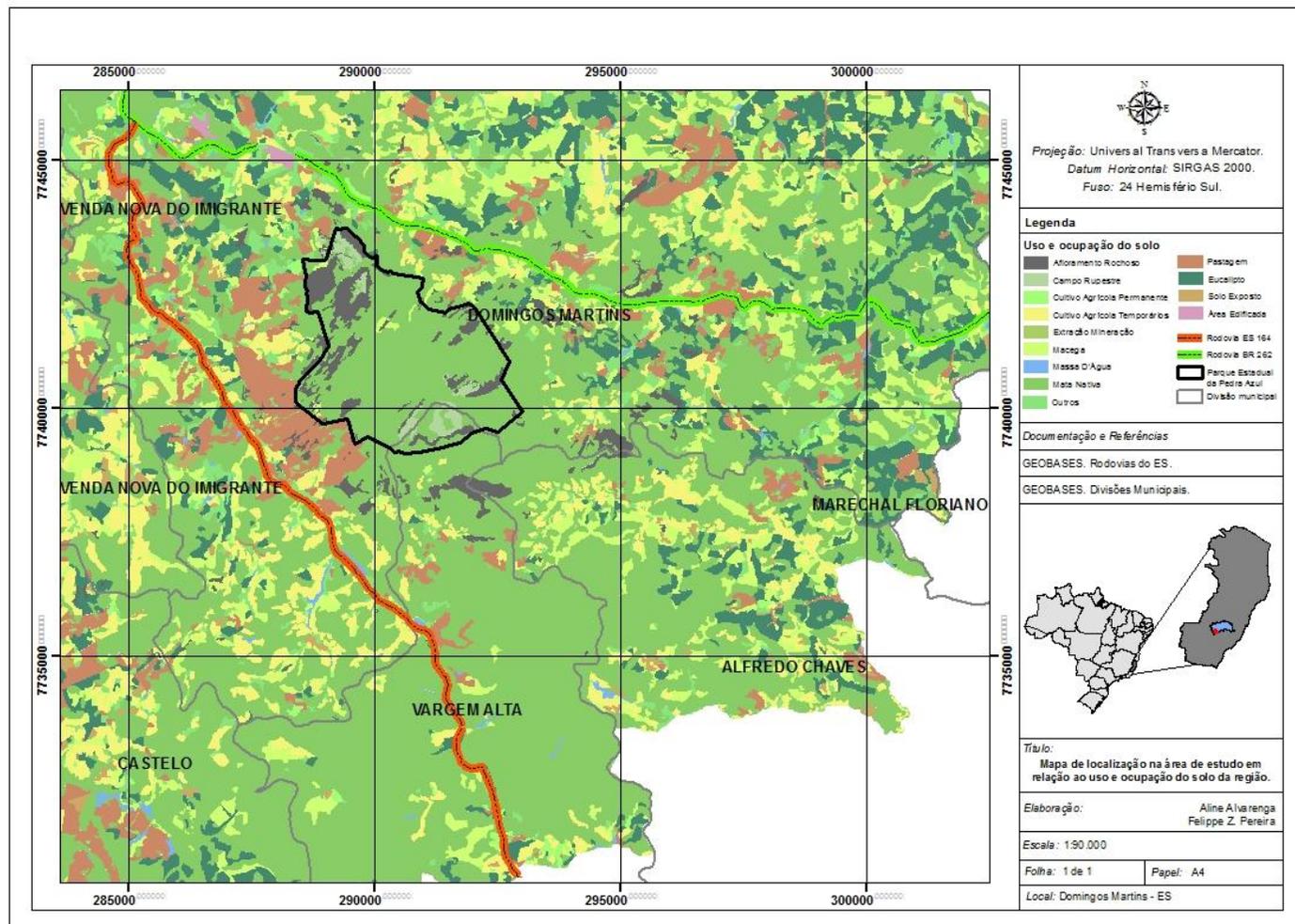


Fig. 1 - Mapa da região de inserção do Parque Estadual da Pedra Azul (PEPAZ), estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil, considerando o uso e ocupação do solo (conforme legenda), os limites do PEPAZ (linha preta - polígono), os limites municipais (linha cinza) e o trecho amostrado das rodovias BR-262 (linha verde pontilhada – ao norte) e ES-164 (linha alaranjada pontilhada – ao sul).

Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo subtropical úmido com verão temperado (Cfb; Alvares et al. 2014). A temperatura é amena, apresentando média anual de 19 °C, mas que pode chegar a 0 °C em regiões mais altas durante o inverno (CEPEMAR 2004). A precipitação média é de 1.200 mm anuais, variando entre 943 a 1.906 mm (CEPEMAR 2004). Os meses mais chuvosos se concentram no período de outubro a março, denominado estação chuvosa, enquanto o período de maior estiagem corresponde ao intervalo entre abril a setembro, denominado estação seca (Alvares et al. 2014). A região de Pedra Azul está inserida na bacia hidrográfica do rio Jucu, consistindo em uma das principais fontes de abastecimento hídrico da região metropolitana de Vitória, possuindo como corpos d'água principais o rio Jucu Braço Norte e o rio Jucu Braço Sul, este último com a nascente localizada dentro do PEPAZ (CEPEMAR 2004).

O PEPAZ integra o Corredor Ecológico Pedra Azul–Forno Grande (Espírito Santo 2014), servindo como um importante refúgio para a biota local e regional. A região está composta por remanescentes florestais importantes para a biodiversidade da Mata Atlântica, incluindo áreas protegidas e grandes remanescentes florestais que consistem em áreas prioritárias para conservação, tanto por servirem de conexão florestal, como por abrigarem espécies ameaçadas de extinção (Siqueira & Mesquita 2007; Espírito Santo 2010). Este corredor se estende do município de Marechal Floriano a Venda Nova do Imigrante, abrangendo 511,21 km² de territórios sob grande pressão antrópica (Espírito Santo 2014).

O PEPAZ está sob influência de duas rodovias de grande porte, as quais atravessam sua zona de amortecimento (Fig. 1): a rodovia federal BR-262, que interliga os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul; e a rodovia estadual ES-164, que comunica a região centro serrana do Espírito Santo com o litoral sul do Estado.

Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no período de janeiro a dezembro de 2015, durante cinco dias consecutivos por mês, totalizando 60 dias de amostragem. Foram amostrados 20 km na BR-262 (entre os quilômetros 74 e 94) e a mesma extensão na ES-164 (entre os quilômetros 294 e 314), totalizando 40 km de estradas amostradas. Os dois trechos foram percorridos nos dois sentidos

(norte e sul), sendo amostrados a faixa de rolamento que estava sendo trafegada e seu respectivo acostamento, em cada ocasião, resultando em um deslocamento total de 80 km por dia de amostragem. Os trechos de rodovia amostrados foram percorridos com o auxílio de veículo, sempre no período da manhã, contando com a participação de um motorista e um observador. Durante a amostragem, o veículo trafegava a uma velocidade média de 50 km/hora (Bager 2013). Por questões de segurança da equipe, foi desconsiderada a amostragem a pé, visto que alguns trechos amostrados não possuem acostamento ou, quando presentes, são de dimensões muito reduzidas.

Durante as amostragens, no momento em que o observador detectava a presença de uma carcaça na rodovia (mais precisamente na mesma mão de direção de tráfego), efetuava-se a parada do veículo em local seguro e o registro da ocorrência em ficha de campo, seguido da anotação da coordenada geográfica correspondente e da realização do registro fotográfico do espécime, incluindo uma escala graduada (centímetros). A ficha de campo continha informações como data, rodovia amostrada, sentido de tráfego (pista), táxon, sexo e idade do espécime (quando possível), entre outras informações. Após registro do espécime, a carcaça era removida para fora da rodovia, de modo que não fosse novamente contabilizada. A coleta de dados foi realizada mediante autorização emitida pelos órgãos estadual e federal competentes (IEMA nº 006/2015 e ICMBio nº 47257/15, respectivamente).

Análise de registros

As fotografias foram detalhadamente analisadas em laboratório e os táxons foram identificados com o auxílio de guias de campo (Emmons & Feer 1997; Gasparini 2012; Reis et al. 2014; Sigrist 2014). Para confirmação das identificações, foi realizada a consulta a pesquisadores de notório saber da área de zoologia (João Luiz Gasparini, para anfíbios; Renato Bérnils, para répteis; Jacques Passamani, para aves) mediante o envio dos registros fotográficos de cada carcaça.

Para quantificação do número de táxons afetados em cada classe de vertebrados, foi adotado um procedimento conservador, considerando a menor categoria taxonômica à qual o registro foi atribuído, sem replicação. Para isso, os registros tidos como “indeterminado” ou “não identificado”

não foram contabilizados quando a categoria taxonômica mínima estabelecida (família ou gênero, por exemplo) já havia sido contabilizada a partir de outros registros.

Análises espaciais

Os registros de atropelamento foram analisados quanto à sua distribuição espacial considerando os atributos da paisagem observados no entorno imediato de cada carcaça detectada. Foram coletadas informações sobre hidrografia (distância em relação ao corpo d'água mais próximo), área urbana (distância em relação à área urbana mais próxima) e tipo de uso e ocupação do solo. Para determinação do tipo de uso e ocupação do solo, foi estabelecido um *buffer* de 100 m de raio a partir do ponto de registro de cada espécime e definida a categoria predominante, tendo sido consideradas seis classes: mata nativa, macega, pastagem, cultivo agrícola, reflorestamento com eucalipto e área edificada. Para as análises espaciais foi empregada a base de dados disponibilizada pelo setor de Geomática do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e pela Secretaria de Estado para Assuntos de Meio Ambiente (SEAMA - Projeto Reflorestar), a partir da qual foram acessados os dados referentes às drenagens (rede hidrográfica) e ao mapeamento de uso e ocupação do solo na região estudada (dados gerados a partir da interpretação de ortofotomosaicos obtidos em 2014). As análises espaciais em questão foram realizadas utilizando o Programa ArcGIS, versão 10 (Esri 2010).

Para avaliar se houve agrupamentos (aglomerados) de registros e determinar a existência de pontos críticos de atropelamento ao longo de cada trecho amostrado, denominados pontos quentes (do inglês *hotspots*), foi realizada a Estimção de Densidades pelo Método Kernel. A partir deste método são determinados os locais com maior densidade de registros, por meio da interpolação dos pontos de atropelamento, os quais são classificados em diferentes graus de intensidade que, por sua vez, originam mapas de calor para a distribuição espacial dos atropelamentos. Para geração das curvas de densidade foi utilizado um *buffer* com 500 metros de raio (Skórka et al. 2015), sendo possível realizar a interpolação dos pontos de atropelamentos, classificando-os em diferentes graus de intensidade, através de mapas de calor. O programa utilizado para essa análise foi o Quantum GIS, versão 2.0 (OSGeo 2014).

Análises estatísticas

Para comparação da ocorrência de atropelamentos de vertebrados nos dois trechos amostrados, foi calculada a taxa média de atropelamento de vertebrados, a qual é baseada no número de indivíduos atropelados em função do esforço de amostragem realizado considerando a extensão do trecho e o número de dias de amostragem (indivíduos/km/dia). Para estes cálculos, foram considerados 20 km por rodovia a cada dia de amostragem, independente das amostragens terem sido efetuadas nas duas pistas independentemente. Essa taxa tem sido comumente utilizada em estudos que avaliam o impacto de estradas sobre a fauna silvestre (e.g. Rosa & Bager 2012; Bager & Fontoura 2013), tendo sido adotada para favorecer a comparação com outros trabalhos.

Para verificar se houve diferença significativa entre o número de vertebrados registrados em cada trecho de rodovia amostrada foi empregado o Teste do Qui-quadrado considerando o valor total obtido para cada classe. O Teste do Qui-quadrado também foi empregado para avaliar se houve diferença no número de registros de atropelamento entre as estações do ano (seca e chuvosa). Para verificar se o atropelamento de vertebrados esteve relacionado com variáveis climáticas, foi utilizada a Correlação de Spearman, empregando o número de atropelamentos mensais obtidos para vertebrados em geral e os dados climáticos mensais registrados para a região de inserção do PEPAZ durante o período de amostragem. Análises semelhantes foram realizadas considerando os registros de mamíferos e de aves separadamente. Como variáveis climáticas foram testadas temperatura (média geral, média das máximas e média das mínimas para cada mês) e precipitação mensal. Os dados climáticos utilizados foram obtidos junto ao Sistema de Informações Meteorológicas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) para a estação meteorológica automática de Domingos Martins.

Foi utilizado Teste do Qui-quadrado empregando Tabelas de Contingência (2 x 2) para avaliar se houve associação entre as variáveis estação do ano e rodovia. Para analisar a associação entre as variáveis “classe de vertebrado e estação do ano” e “classe de vertebrado e rodovia” foi empregado o Teste G (Tabelas de Contingência 4 x 2).

O Teste t foi empregado para avaliar se a distância dos registros de atropelamento em relação ao corpo d'água ou área urbana mais próxima variou entre rodovias e entre as estações do ano. Para verificar o efeito da sazonalidade, as mesmas análises foram realizadas considerando os registros obtidos nas estações seca e chuvosa separadamente. Análises de Variância (ANOVA um fator) foram empregadas para avaliar se a variação no número de atropelamentos para cada classe de vertebrado (tratamento) pode ser explicada pela distância em relação ao corpo d'água ou à área urbana mais próxima (variável resposta). Análises semelhantes foram realizadas considerando separadamente os registros obtidos em cada estação do ano.

Análises Log-Linear (tabelas de contingência multifatoriais baseadas em frequências - matriz) foram empregadas para avaliar a interação entre as variáveis estação do ano, rodovia e classe de vertebrados a partir da seleção de modelos que melhor explicam a variação dos dados. Em uma segunda abordagem, além das variáveis citadas, foi incluído o tipo de uso e ocupação do solo no entorno imediato de cada registro. Os modelos selecionados são aqueles que abrangem o menor número de interações necessárias e que ao mesmo tempo incluem todos os efeitos de importância (significância) para que os valores observados se ajustem ao máximo aos valores esperados (StatSoft 2005; Gotelli & Ellison 2011).

Análises de Correspondência (CA) foram realizadas para avaliar a relação entre as classes de vertebrados e as variáveis do ambiente e determinar os conjuntos de fatores que melhor explicam a distribuição dos registros de atropelamento. Para isso, foi utilizada a mesma matriz empregada nas Análises Log-Linear (incluindo o tipo de uso e ocupação do solo) e geradas as coordenadas de interação entre as variáveis analisadas. Estas foram plotadas em gráfico *bi-plot* considerando a ordenação das classes de vertebrados e a ordenação das variáveis do ambiente (Gotelli & Ellison 2011).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando os Programas Statistica (versão 7) e BioEstat (versão 5.3). Para os Testes do Qui-quadrado com grau de liberdade igual a 1 foi aplicada a correção de continuidade de Yates (Zar 2010). Para o Teste G foi aplicada a Correção de Williams para obtenção de melhor aproximação com o Teste do Qui-Quadrado (Ayres et al. 2007). Para determinação da significância das análises estatísticas foi adotado p-valor < 0,05.

Resultados

Foram registrados 355 eventos de atropelamento de vertebrados silvestres, sendo 184 (52%) registros na BR-262 e 171 (48%) na ES-164 (Tabela 1; Fig. 2). A taxa de atropelamento de vertebrados foi equivalente nas duas rodovias, sendo de 0,15 indivíduos/km/dia na BR-262 e 0,14 indivíduos/km/dia na ES-164, não tendo havido diferença no número total de registros obtidos em cada rodovia ($X^2_{\text{Yates}} = 0,410$; g.l. = 1; $p = 0,522$).

Tabela 1 - Número de registros de atropelamento de vertebrados silvestres no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015, considerando o total de eventos e separadamente as rodovias BR-262 e ES-164, de acordo com a classe taxonômica.

Classe	ES-164	BR-262	Total
Amphibia	6	4	10
Reptilia	28	12	40
Aves	100	55	155
Mammalia	36	113	149
Indeterminada	1	-	1
Total	171	184	355

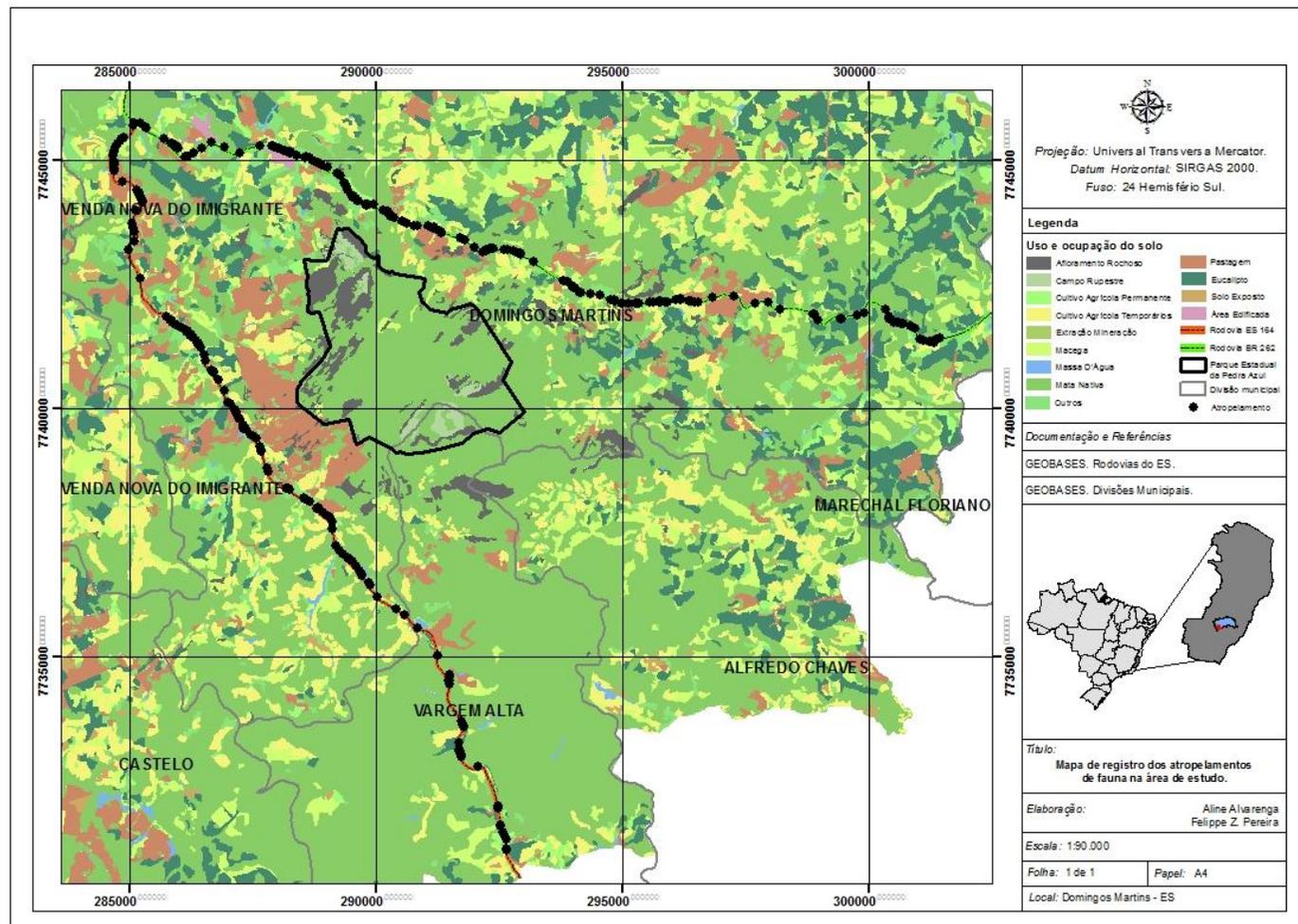


Fig. 2 - Distribuição dos registros de atropelamento de vertebrados silvestres (pontos pretos) no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES) (linha preta - polígono), entre janeiro e dezembro de 2015, considerando as rodovias BR-262 (linha verde pontilhada - ao norte) e ES-164 (linha alaranjada pontilhada - ao sul).

Dos 355 registros obtidos, 292 (82%) foram identificados em nível de gênero/espécie, 13 (4%) apenas de Família, 25 (7%) apenas de Ordem e 24 (7%) apenas de Classe (Apêndice A). Para apenas um registro não foi possível determinar a qual grupo taxonômico o espécime pertencia (vertebrado indeterminado). Foram obtidos registros de atropelamento de representantes das Classes Amphibia, Reptilia, Aves e Mammalia (Tabela 1), tendo sido identificados pelo menos quatro táxons de anfíbios anuros, 11 de répteis, 47 de aves e 20 de mamíferos, totalizando pelo menos 82 táxons de vertebrados afetados por atropelamentos na área de estudo, sendo 54 na BR-262 e 51 na ES-164 (Apêndice A).

Houve diferença na distribuição do número de registros obtidos para cada classe de vertebrados entre as duas rodovias amostradas ($G_{\text{Williams}} = 59,399$; g.l. = 3; $p < 0,0001$), tendo havido um maior número de registros de mamíferos na BR-262 e de aves na ES-164 (Tabela 1; Apêndices B, C, D e E). Na Classe Mammalia, a Ordem Didelphina foi a mais afetada pelos atropelamentos (72 registros), correspondendo a aproximadamente 48% o total de atropelamentos de mamíferos, seguida da Ordem Rodentia (36 registros), com 24% dos atropelamentos dessa classe (Apêndice A). Na Classe das Aves, houve um predomínio da ordem Passeriforme (104 indivíduos), correspondendo a 67% dos registros desse grupo (Apêndice A).

Sazonalidade e variáveis climáticas

Foi obtido um maior número de registros de atropelamento na estação chuvosa ($n = 255$; 72%), em comparação com a estação seca ($n = 100$; 28%) ($X^2_{\text{Yates}} = 65,823$; g.l. = 1; $p < 0,0001$), tendo sido os meses de janeiro, fevereiro e dezembro aqueles que reuniram o maior número de registros (Fig. 3). Não foi observada diferença entre o número de registros obtidos em cada rodovia quando comparadas as estações do ano ($X^2_{\text{Yates}} = 1,504$; g.l. = 1; $p = 0,220$) (Tabela 2; Apêndices F e G). O número de registros de cada classe de vertebrados foi significativamente diferente entre as estações do ano ($G_{\text{Williams}} = 13,067$; g.l. = 3; $p < 0,005$) (Tabela 2)

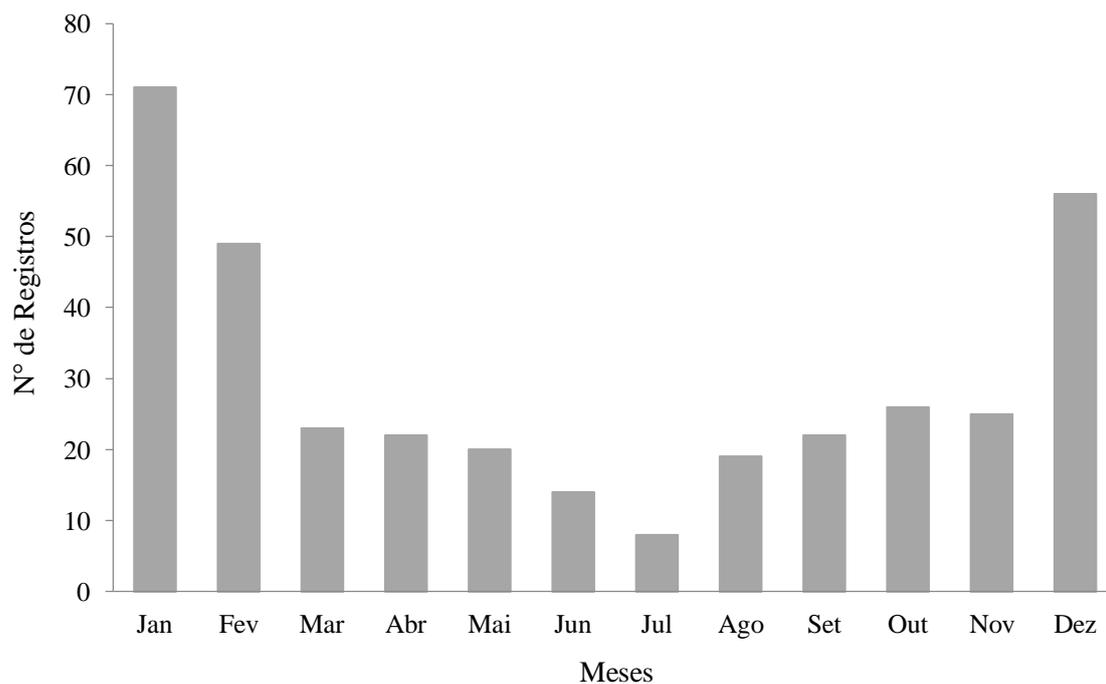


Fig. 3 – Distribuição mensal dos registros de atropelamento de vertebrados silvestres no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015, considerando as rodovias BR-262 e ES-164 em conjunto.

Tabela 2 - Número de registros de atropelamento de vertebrados silvestres no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015, considerando as rodovias BR-262 e ES-164 e as estações do ano, de acordo com a classe taxonômica.

Classe	ES-164		BR-262	
	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
Amphibia	-	6	-	4
Reptilia	6	22	-	12
Aves	26	74	24	31
Mammalia	11	25	33	80
Indeterminada	-	1	-	-
Total	43	128	57	127

Quanto à interação das variáveis climáticas (sazonalidade e precipitação) com os registros de atropelamento, foram observadas correlações positivas significativas entre a taxa de atropelamento mensal de vertebrados e a temperatura média ($r_s = 0,797$; $p = 0,002$; 12 pares), a temperatura máxima ($r_s = 0,832$; $p < 0,001$; 12 pares) e a temperatura mínima ($r_s = 0,733$; $p = 0,007$; 12 pares). Os dados não revelaram correlação significativa entre a taxa de atropelamentos de vertebrados e a precipitação ($r_s = 0,281$; $p = 0,377$; 12 pares). Quando analisadas as taxas de atropelamento de mamíferos, houve correlação positiva significativa com temperatura média ($r_s = 0,747$; $p = 0,005$; 12 pares), temperatura máxima ($r_s = 0,786$; $p = 0,002$; 12 pares) e a temperatura mínima ($r_s = 0,666$; $p = 0,017$; 12 pares). Para aves, obteve-se igualmente correlação positiva significativa com temperatura média ($r_s = 0,645$; $p = 0,024$; 12 pares) e temperatura máxima ($r_s = 0,715$; $p = 0,009$; 12 pares), sendo marginalmente significativa com temperatura mínima ($r_s = 0,567$; $p = 0,054$; 12 pares). Não houve correlação significativa com precipitação para mamíferos ($r_s = 0,281$; $p = 0,377$; 12 pares) ou para aves ($r_s = 0,144$; $p = 0,656$; 12 pares).

Elementos da paisagem

A distância dos registros em relação ao corpo hídrico mais próximo foi diferente entre rodovias, tanto para os registros em geral ($t = -6,431$; $p < 0,001$), quanto para as estações separadamente (seca: $t = -5,278$; $p < 0,001$; chuvosa: $t = -4,638$; $p < 0,001$). A distância dos registros de atropelamentos em relação à mancha urbana mais próxima não variou entre estradas (geral: $t = 0,830$; $p = 0,408$; seca: $t = 0,077$; $p = 0,939$; chuvosa: $t = 0,867$; $p = 0,388$). A distância em relação ao corpo d'água mais próximo não variou entre as classes (geral: $F = 1,595$; g.l. = 3; $p = 0,190$; seca: $F = 1,940$; g.l. = 3; $p = 0,149$; chuvosa: $F = 0,916$; g.l. = 3; $p = 0,434$). O mesmo foi observado para distância dos registros de atropelamento em relação ao centro urbano mais próximo (geral: $F = 0,550$; g.l. = 3; $p = 0,648$; seca: $F = 0,148$; g.l. = 3; $p = 0,863$; chuvosa: $F = 0,489$; g.l. = 3; $p = 0,690$).

Foi detectada a presença de pontos com concentração de registros de atropelamento de vertebrados na área estudada, estando dispersos ao longo de ambas as rodovias amostradas (Fig. 4). Para os mamíferos, destacaram-se pontos de concentração ao longo da BR-262, havendo apenas

um ponto de concentração representativo na ES-164, próximo à localidade de São Paulo do Aracê (Apêndice H). Para as aves, houve maior número de pontos quentes na ES-164, especialmente em São Paulo do Aracê e na região da mata de Caetés, ao sul da divisa dos municípios de Domingos Martins e Vargem Alta (Apêndice H).

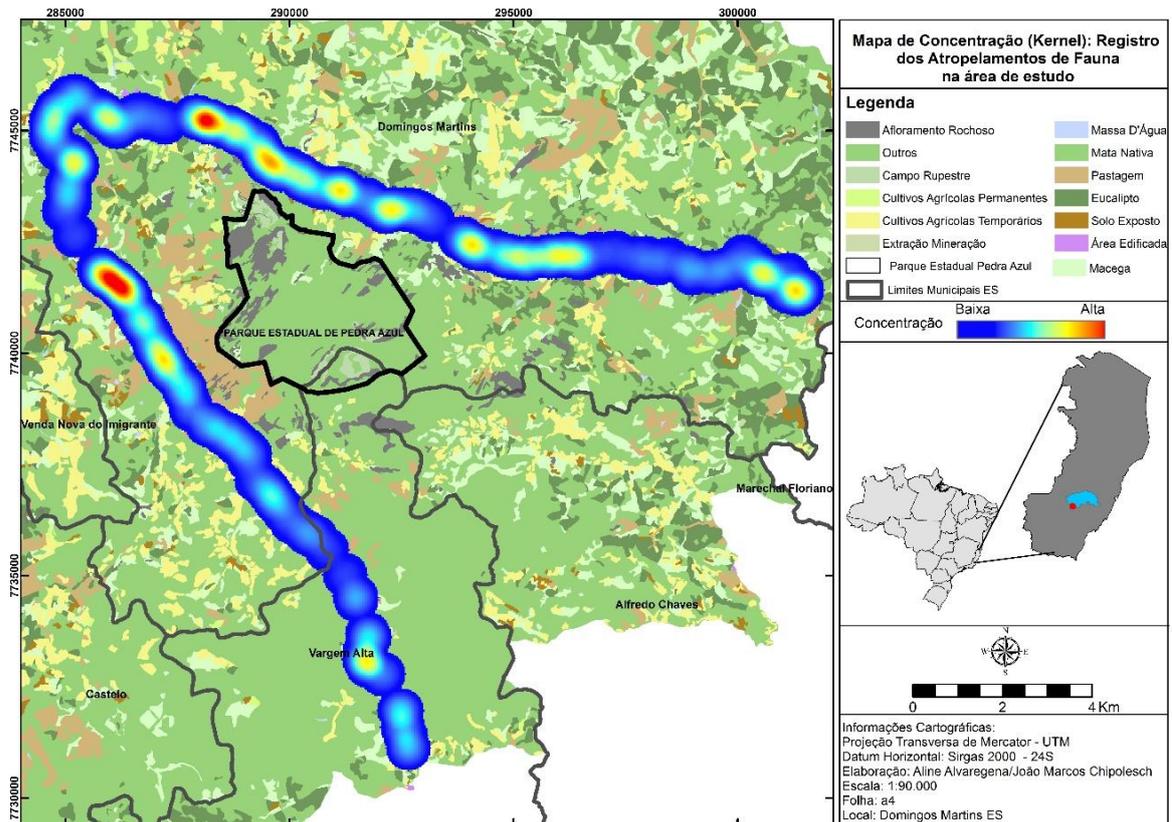


Fig. 4 - Mapa de concentração dos registros de atropelamento de vertebrados silvestres no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015. O ponto vermelho mais ao norte na BR-262 refere-se ao perímetro urbano do distrito de Pedra Azul; o ponto vermelho mais ao norte na ES-164 refere-se ao perímetro urbano do distrito de São Paulo do Aracê; e a mancha amarela mais ao sul na ES-164 refere-se à região da mata de Caetés.

Interação entre fatores

O melhor modelo indicado pela Análise Log-Linear foi aquele composto pelas interações de duas variáveis, sendo a combinação [“classe x rodovia” e “classe x estação”] o modelo mais explicativo para os registros de atropelamento de vertebrados na área de estudo (Qui-quadrado de Pearson =

7,256; g.l. = 4; p = 0,123). Quando incluídas as informações sobre uso e ocupação do solo, o modelo composto por uma única variável foi o mais representativo e “uso e ocupação do solo” representou a variável que melhor explicou os registros de atropelamento de vertebrados no entorno do PEPAZ (Qui-quadrado de Pearson = 13,506; g.l. = 90; p = 1,000).

A Análise de Correspondência (Fig. 5) demonstrou que houve associação entre os registros de mamíferos com macega. Os registros de atropelamento de aves se associaram principalmente com cultivo agrícola e área edificada. Os registros de répteis foram associados com áreas de pastagem. As variáveis analisadas não mostraram associação representativa com os registros de anfíbios.

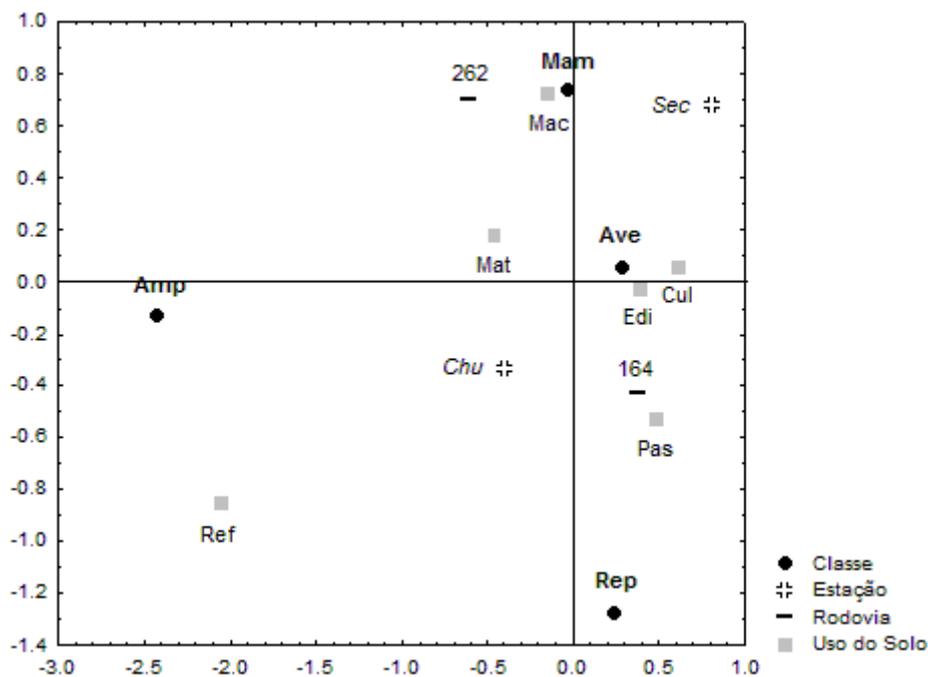


Fig. 5 - Ordenação entre as classes de vertebrados e as variáveis do ambiente (estação do ano, rodovia e uso e ocupação do solo) considerando as coordenadas de interação obtidas a partir da Análise de Correspondência. Legenda: Classe: Amphibia (Amp), Reptilia (Rep), Aves (Ave) e Mammalia (Mam); Estação: seca (Sec) e chuvosa (Chu); rodovia: ES-164 (164) e BR-262 (262); Uso do Solo: mata nativa (Mat), macega (Mac), pastagem (Pas), cultivo agrícola (Cul), reflorestamento com eucalipto (Ref) e área edificada (Edi).

Discussão

Os dados apresentados no presente estudo demonstraram que o atropelamento de vertebrados silvestres no entorno do PEPAZ foi influenciado por elementos da paisagem, sazonalidade e variáveis climáticas, tendo sido observadas diferenças na distribuição dos registros obtidos na ES-164 e na BR-262.

A influência da paisagem foi significativa e evidenciada pelos padrões distintos de distribuição dos registros de atropelamento de vertebrados em cada rodovia, com maior número de registros de mamíferos na BR-262 e de aves na ES-164. Os registros de mamíferos podem ser explicados, em termos gerais, pelo maior uso, por parte deste grupo, das áreas de floresta no entorno da BR-262 (especialmente espécies arborícolas e sensíveis a alterações ambientais), localizados na porção mais ao norte do PEPAZ, além de trechos de macega observados ao longo desta rodovia (espécies generalistas). Para aves, sugere-se que as áreas agrícolas e edificadas (predominantes na ES-164), sejam um fator preponderante de atração das espécies em geral para forrageamento em áreas próximas da rodovia, tornando-as mais suscetíveis aos atropelamentos nesse tipo de paisagem.

A estação chuvosa correspondeu ao período com maior acúmulo de registros de atropelamento de vertebrados na área estudada, o que corrobora trabalhos realizados em outras localidades no Brasil (e.g. Coelho et al. 2008; Rosa & Bager 2012; Santos et al. 2012; Machado et al. 2015) e em outros países (e.g. Clevenger 2003; Garriga et al. 2012). O incremento de registros na estação chuvosa pode ser atribuído à maior produtividade primária, que interfere diretamente no comportamento da fauna, levando-a a uma maior intensidade de deslocamento para forrageamento e acasalamento (Machado et al. 2015). Embora a taxa de precipitação tenha sido maior nos meses que correspondem à estação chuvosa ao longo de 2015 (chuvosa = 1.042 mm; seca = 332 mm), ressalta-se que os meses de abril e setembro apresentaram elevadas taxas de precipitação (101 e 111 mm, respectivamente), ao contrário do observado em outubro (54 mm) (INCAPER 2016). Desta forma, sugere-se os valores observados nestes meses, com inversão do padrão esperado para as estações seca e chuvosa, possam ter ocultado o efeito da precipitação no número de atropelamentos mensais, ao contrário do observado para temperatura.

De forma semelhante a outros estudos (Clevenger et al. 2003; Pracucci et al. 2012; Machado et al. 2015; Lin 2016) constatou-se um maior número de atropelamentos de mamíferos e aves no presente estudo. Entretanto, considera-se que os registros de anfíbios e répteis possam ter sido subestimados, conforme apontado por outros autores (Mazerolle 2004; Coelho et al. 2012), seja pela menor massa corporal que possuem, induzindo a uma baixa capacidade de detecção, ou por suas carcaças estarem sujeitas a um maior índice de remoção por animais necrófagos (Santos et al. 2012; Ratoon 2014; Secco et al. 2014) ou maior deterioração pelo tráfego constante de veículos (Secco et al. 2014). Com relação aos registros de serpentes observados no presente estudo, pode-se considerar a possibilidade de um percentual dos atropelamentos estar associado a eventos intencionais por parte dos condutores, de forma semelhante ao observado por Secco et al. (2014).

A alta taxa de atropelamento da Família Didelphidae, especialmente representada pelo gambá (*Didelphis aurita*; n = 67) no presente estudo, pode ser explicada por sua ampla distribuição na paisagem e uso de vários tipos de ambientes, sendo considerada uma espécie generalista, o que o torna mais suscetível aos atropelamentos (Grilo et al. 2016). Em contrapartida, constatou-se que as demais espécies de mamíferos registradas no presente estudo, com exceção do ouriço-cacheiro (*Coendou spinosus*; n = 27), incluindo as que constam como vulneráveis na lista de espécies ameaçadas de extinção (sagui-da-serra, *Callithrix flaviceps*; e ouriço-preto, *Chaetomys subspinosus*) (Espírito Santo 2005; IUCN 2016; Brasil 2014), apresentaram número reduzido de registros.

Para as aves, houve maior número de registros da Ordem Passeriformes, ressaltando que os registros de aves estiveram associados a cultivos agrícolas e área edificada no presente estudo. Este resultado pode ser explicado pela variação nos tipos de habitat utilizado pelo grupo, incluindo ambientes antropizados, além de características de forrageamento e tipo de voo, o que pode interferir na taxa de mortalidade de aves de forma geral (Erritzoe et al. 2003; Laurance et al. 2009). Em contrapartida, Jack et al. (2015) observou uma alta mortalidade de aves em áreas florestais que são cortadas por rodovias, sugerindo uma maior suscetibilidade do grupo nesses trechos do que em áreas abertas. Esse possível padrão foi observado no trecho que compreende a Mata de Caetés, conforme identificação de um dos *hotspots* de atropelamento de aves gerados pelo mapa de calor

(Apêndice I). Ressalta-se que, entre as aves, houve registro de uma espécie considerada ameaçada de extinção, o jacuaçu (*Penelope obscura*), estando classificada na categoria vulnerável de acordo com as listas estadual e federal de espécies ameaçadas de extinção (Espírito Santo 2005; Brasil 2014).

A influência da paisagem nos atropelamentos de vertebrados pode estar relacionada aos usos preferenciais do ambiente pela fauna, de acordo com suas características taxonômicas (e.g. Freitas et al. 2015; Grilo et al. 2016). Entretanto, no que tange às distâncias calculadas entre cada registro e o curso hídrico mais próximo, considera-se que essa variável pode ter sido influenciada pela maior proximidade da ES-164 com o córrego São Paulo, o qual está localizado ao longo de todo trecho amostrado nesta rodovia. Por outro lado, Shepard et al. (2013) indicam que, de modo geral, os cursos d'água podem ser uma rota preferencial para a fauna durante o deslocamento pela maior probabilidade de localização de recursos alimentares. Com relação à distância da área urbana mais próxima, embora esta variável não tenha sido significativa para explicar o padrão de distribuição dos registros de atropelamento na área de estudo como um todo, houve concentrações de atropelamentos de vertebrados em trechos associados a áreas urbanizadas de Pedra Azul (BR-262) e de São Paulo do Aracê (ES-164). Estes resultados sugerem que para alguns grupos a proximidade de áreas urbanas é representativa, conforme demonstrado também pela associação entre os registros de aves e área edificada.

A influência da sazonalidade e da paisagem na ocorrência de atropelamentos também foi corroborada pelos resultados obtidos nos modelos Log-Linear, tendo sido selecionados modelos que incluem as variáveis estação e/ou uso e ocupação do solo no entorno do PEPAZ. Esse resultado é semelhante a outros estudos que consideraram as mesmas variáveis (Pracucci et al. 2012; Freitas et al. 2015; Grilo et al. 2016). Um maior conhecimento sobre a interação de tais variáveis com os registros de atropelamento, associada à identificação de *hotspots* de atropelamento, contribui para a definição de locais mais apropriados para implantação de medidas mitigadoras.

Peculiaridades em relação às rodovias amostradas também podem ser destacadas quanto à sua possível influência na ocorrência de atropelamentos de fauna silvestre. Ressalta-se, por exemplo, que as características físicas das duas rodovias são diferentes, havendo predomínio de aclives /

declives na BR-262, enquanto na ES-164 predominam trechos retilíneos e pouco íngremes. Destaca-se ainda que mecanismos e dispositivos de redução e controle de velocidade são observados apenas na BR-262, considerando os trechos amostrados, onde cinco radares fixos limitam de 80 km/h para 60 km/h a velocidade máxima permitida em alguns trechos. Na ES-164, a velocidade máxima permitida é de 60 km/h, mas não há nenhum mecanismo de fiscalização de velocidade em todo o trecho amostrado. Além disso, tanto no trecho amostrado da ES-164 quanto da BR-262, há escassez de sinalização vertical indicando a possibilidade de travessia das rodovias por representantes da fauna silvestre, apesar de ambas margearem uma área protegida.

Embora não tenha sido possível a obtenção de dados confiáveis sobre a intensidade de tráfego que permitissem a comparação entre as duas rodovias, durante o período de estudo foi constatado que o tráfego de veículos é maior na BR-262, com um maior uso desta por veículos pesados (caminhões e ônibus, por exemplo). Com base na distribuição dos registros de atropelamento em cada período mensal de amostragem, verificou-se uma maior tendência de encontro de carcaças frescas no início das amostragens, às segundas-feiras, ou seja, animais atropelados no dia anterior ou no início da manhã do dia de amostragem, exceto nos meses de janeiro e dezembro. Desta forma, sugere-se que o tráfego de veículos mais intenso nos dias úteis (segunda à sexta) possa ter um efeito inibidor sobre a fauna, reduzindo a ocorrência de atropelamentos, o que pode ser atribuído, por exemplo, à maior geração de ruído pelos veículos (e.g. Van der Ree et al. 2011; Lin 2016). Ao contrário, nos finais de semana, a intensidade do tráfego diminui (sobretudo de veículos pesados), podendo haver mais tentativas de travessia pela fauna e, conseqüentemente, mais eventos de atropelamento. Além disso, em função do menor número de veículos, os motoristas podem trafegar em uma velocidade muito acima da permitida, dificultando a fuga dos espécimes ou a frenagem dos veículos.

Os resultados aqui apresentados podem representar uma subestimativa da taxa real de atropelamento de vertebrados silvestres no entorno do PEPAZ, sobretudo para espécies de menor tamanho corporal (especialmente das Classes Amphibia e Reptilia). Além da maior taxa de remoção por necrófagos e da deterioração mais rápida das carcaças (e.g. Secco et al. 2014), ressalta-se que as amostragens por veículos também podem diminuir a capacidade de detecção dos

animais de menor porte, sendo recomendado realizar, sempre que possível, amostragens a pé ao longo dos trechos estudados (Klippel et al. 2015; Coelho et al. 2012).

Em relação às possíveis medidas mitigadoras, considerando que em geral os registros de atropelamento de vertebrados estão dispersos ao longo de praticamente todo o trecho amostrado nas duas rodovias, sugere-se que sejam avaliadas medidas para redução da velocidade dos veículos nas adjacências do PEPAZ como um todo, com a definição de ações mais específicas para cada trecho crítico (*hotspots* de atropelamento), como, por exemplo, passagens aéreas em trechos com maiores registros de atropelamentos de fauna arborícola e passagens subterrâneas nos pontos com concentração de registros de espécies terrícolas e escansoriais.

Os dados apresentados no presente estudo demonstram que a estação do ano e a temperatura influenciaram os eventos de atropelamento de fauna na região estudada, sendo o efeito da BR-262 e da ES-164 diferenciado para répteis, aves e mamíferos devido a peculiaridades no tipo de uso e ocupação do solo no entorno de cada trecho amostrado. As duas rodovias afetaram negativamente a fauna de vertebrados silvestres no entorno do PEPAZ, especialmente quando considerada sua atuação em sinergia, podendo acarretar impactos sobre toda biodiversidade local e regional, uma vez que essa área protegida integra um importante corredor ecológico da Mata Atlântica do Espírito Santo. Mediante tal ameaça, fazem-se necessárias ações referentes à gestão do PEPAZ no que tange à proposição, junto a setores governamentais, e implementação de medidas que promovam a redução da velocidade nos trechos da RR-262 e da ES-164 adjacentes a essa área protegida, bem como a instalação de mecanismos de transposição para a fauna, minimizando os efeitos negativos das rodovias e contribuindo para a conservação da biota em longo prazo.

Referências Bibliográficas

- Alvares CA et al., 2014. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711–728.
- Ayres M et al., 2007. *BioEstat 5.3: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas*. Belém: MCT, IDSM e CNPq.
- Bager A, 2013. Projeto Malha - Manual para equipe de campo. Lavras: Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, Universidade Federal de Lavras.
- Bager A & Fontoura V, 2013. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. *Ecological Engineering*, 53:31-38.
- Bager A & Grilo C, 2013. Road ecology. *Oecologia Australis*, 17:4-5.
- Brasil, 2014. Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Braz VS & França FGR, 2016. Wild vertebrate roadkill in the Chapada dos Veadeiros National Park, Central Brazil. *Biota Neotropica*, 16:e0182.
- CEPEMAR, 2004. Plano de Manejo do Parque Estadual da Pedra Azul. Vitória: CEPEMAR - Serviços de Consultoria em Meio Ambiente.
- Coelho IP, Kindel A & Coelho, AVP, 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, 54:689-699.
- Coelho IP et al., 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 112:17-26.
- Clevenger AP, Chruszcz, B & Gunson, KE, 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109:15-26.
- CNT, 2015. Pesquisa CNT de Rodovias 2015: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, SEST, SENAT.
- CNT, 2016. Boletim Estatístico – 05-2016. Brasília: Confederação Nacional do Transporte.
- Coffin AW, 2007. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15:396–406.

- Concessionária Rodovia do Sol, 2015. 27º Relatório do monitoramento de animais silvestres atropelados na Rodovia do Sol (ES-060). Vila Velha: Concessionária Rodovia do Sol.
- Emmons LH & Feer F, 1997. Neotropical Rainforest Mammals: A field guide. 2 ed. Chigago: The University of Chicago Press.
- Espírito Santo, 2005. Decreto 1.499-R, de 13 de junho de 2005. Institui a lista da fauna e flora ameaçadas de extinção do Espírito Santo. Vitória: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo.
- Espírito Santo, 2010. Decreto 2.530-R, de 02 de junho de 2010. Identifica Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado. Vitória: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo.
- Espírito Santo, 2014. Decreto 3.615-R, de 14 de julho de 2014. Institui o Corredor Ecológico Pedra Azul – Forno Grande. Vitória: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo.
- Esri, 2010. ArcGIS 10 - Using ArcGIS Desktop. Redlans: Environmental Systems Research Institute.
- Erritzoe J, Mazgajski, TD & Rejt L, 2003. Bird casualties on european roads - a review. *Acta Ornithologica*, 38:77-93.
- Forman RTT & Deblinger RD, 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*, 14:36-46.
- Forman RTT & Alexander LE, 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29:207-231.
- Freitas SRD et al., 2015. How landscape patterns influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian Savanna. *Oecologia Australis*, 18:35-45.
- Garriga N et al., 2012. Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*, 21:2761-2774.
- Gasparini JL, 2012. Anfíbios e Répteis – Vitória e Grande Vitória, Espírito Santo. Vitória: GSA.
- Goosem M, 2007. Fragmentation impacts caused by roads through rainforests. *Current Science*, 93:1587-1595.

- Gotelli NJ & Ellison AM, 2011. *Princípios de Estatística em Ecologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Grilo C et al., 2016. Do the size and shape of spatial units jeopardize the road mortality-risk factors estimates? *Natureza & Conservação*, 14:8-13.
- INCAPER, 2016. *Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo*, 5 (2). Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.
- IUCN, 2016. *The IUCN Red List of Threatened Species - 2016-2*. Cambridge: International Union for Conservation of Nature.
- Jack J et al., 2015. Influence of traffic mortality on forest bird abundance. *Biodiversity and Conservation*, 24:1507-1529.
- Klippel AH et al., 2015. Using DNA Barcodes to identify Road-Killed Animals in two Atlantic Forest Nature Reserves, Brazil. *PLoS ONE*, 10:e0134877.
- Laurance WF, Goosem M & Laurance, SGW, 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 24:659-669.
- Lin SC, 2016. Landscape and traffic factors affecting animal road mortality. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 24:10-20.
- Machado FS, et al., 2015. Roadkill on vertebrates in Brazil: seasonal variation and road type comparison. *North-Western Journal of Zoology*, 11:247-252.
- Mazerolle MJ 2004. Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. *Herpetologica*, 60:45-53.
- Milli MS & Passamani M, 2006. Impacto da Rodovia Josil Espindula Agostini (ES - 259) sobre a mortalidade de animais silvestres (Vertebrata) por atropelamento. *Natureza on line*, 4:40-46.
- Oliveira RS et al., 2015. Ocorrência de Endoparasitos em ouriços-cacheiros (*Sphiggurus insidiosus*) e ouriço-preto (*Chaetomys subspinosus*). *Natureza on line*, 13:229-233.
- OSGeo, 2014. *Manual do QGIS 2.0*. Chigago: Open Source Geospatial Foundation.
- Pracucci A, Rosa CA & Bager A, 2012. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais Brasil. *Biotemas*, 25:73-79.

- Ramp D, Wilson VK & Croft DB, 2006. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*, 129:348-359.
- Ratton P, Secco H & Rosa CA, 2014. Carcass permanency time and its implications to the roadkill data. *European Journal of Wildlife Research*, 60:543-546.
- Reis NR et al., 2014. *Mamíferos Terrestres de Médio e Grande Porte da Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Technical Books.
- Rosa CA & Bager A, 2012. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. *Journal of Environmental Management*, 97:1-5.
- Santos SM, Carvalho F & Mira A, 2012. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLoS ONE*, 6:e25383.
- Secco HKC et al., 2014. Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a Brazilian road introduction. *Tropical Conservation Science*, 7:561-571.
- Sigrist T, 2014. *Guia de Campo: Avifauna Brasileira*. 4ª edição. São Paulo: Avis Brasilis.
- Schonewald-Cox C & Buechner M, 1992. Park protection and public roads. In Fielder PL & Jain SK (eds.). *The theory and practice of nature conservation, preservation and management*. Conservation Biology. London: Chapman and Hall. p. 375-395.
- Shepard ELC et al., 2013. Energy landscapes shape animal movement ecology. *American Naturalist*, 182:298-312.
- Siqueira LP & Mesquita CAB, 2007. *Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no corredor central*. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica.
- Skórka P et al., 2015. Biodiversity collision blackspots in Poland: separation causality from stochasticity in roadkills of butterflies. *Biological Conservation*, 187:154-163.
- Srbek-Araujo AC, Mendes, SL & Chiarello AG, 2015. Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) roadkill in Brazilian Atlantic Forest and implications for species conservation. *Brazilian Journal of Biology*, 75:581-586.

StatSoft, 2005. STATISTICA (data analysis software system). Version 7.1. Tulsa: StatSoft.

Trombulak CS & Frissel AC, 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14:18-30.

Van der Ree R et al., 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society*, 16:48.

Zar JH, 2010. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall International Editions.

Apêndice

Apêndice A 1 – Registros de atropelamento obtidos no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015, de acordo com a classificação taxonômica e a rodovia.

	Nome popular	ES-164	BR-262	Total
Classe Amphibia		6	4	10
Ordem Anura				
Família Bufonidae				
<i>Rhinela</i> sp.	sapo-cururu	2	2	4
Família Cycloramphidae				
<i>Thoropa miliaris</i>	rã-das-pedras		1	1
Família Hylidae				
<i>Phyllomedusa rohdei</i>	sapo	1		1
Família Leptodactylidae				
<i>Leptodactylus latrans</i>	rã-manteiga	2		2
<i>Leptodactylus</i> sp.	rã	1		1
Anura indeterminado			1	1
Classe Reptilia		28	12	40
Ordem Squamata				
Subordem Serpentes				
Família Dipsadidae				
<i>Atractus</i> sp.	serpente		1	1
<i>Erythrolamprus aesculapii</i>	serpente		1	1
<i>Erythrolamprus miliaris</i>	cobra d'água	1	1	2
<i>Oxyrhopus clathratus</i>	coral-falsa	2	1	3
<i>Sibynomorphus neuwiedi</i>	dormideira-cinzenta	11	3	14

<i>Taeniophallus</i> sp.	serpente	2		2
<i>Xenodon neuwiedii</i>	jararaca-falsa	2		2
Família Viperidae				
<i>Bothrops jararaca</i>	jararaca	6	1	7
Subordem Sauria				
Família Gymnophthalminae				
<i>Heterodactylus imbricatus</i>	lagarto		1	1
Família Tropiduridae				
<i>Strobilurus torquatus</i>	lagarto		1	1
<i>Tropidurus</i> sp.	lagarto	2		2
Ordem indeterminada				
Família indeterminada				
não identificada	serpente	2	2	4
Classe Aves		100	55	155
Ordem Accipitriformes				
Família Accipitridae				
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó		1	1
não identificada			1	1
Ordem Apodiformes				
Família Trochilidae				
<i>Clytolaema rubricauda</i>	beija-flor-rubi		1	1
<i>Florisuga fusca</i>	beija-flor-preto	1	1	2
<i>Leucochloris albicollis</i>	beija-flor-de-papo-branco		1	1
<i>Thalurania glaucopis</i>	beija-flor-de-fronte-violeta	2		2
Ordem Columbiformes				
Família Columbidae				
<i>Columbina</i> sp.	rolinha	5		5

<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha	1	1	2
<i>Patagioenas picazuro</i>	pombão		1	1
não identificada	pombo	1		1
Ordem Cuculiformes				
Família Cuculidae				
<i>Crotophaga ani</i>	anú-preto	3	1	4
<i>Guira guira</i>	anú-branco		1	1
Ordem Galliformes				
Família Cracidae				
<i>Penelope obscura</i>	jacuaçu	1		1
Ordem Gruiformes				
Família Rallidae				
<i>Aramides saracura</i>	saracura-do-mato	2		2
<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã	1		1
não identificada	saracura		1	1
Ordem Passeriformes				
Família Furnariidae				
<i>Lochmias nematura</i>	joão-porca	1		1
<i>Synallaxis spixi</i>	joão-teneném	2	1	3
Família Hirundinidae				
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora	1		1
Família Parulidae				
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	piá-cobra	1		1
Família Passerellidae				
<i>Arremon semitorquatus</i>	tico-tico do mato	1		1
<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico		1	1
Família Pipridae				

<i>Ilicura militaris</i>	tangarazinho	1		1
Família Tamnophilidae				
<i>Taraba major</i>	choró-boi		1	1
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	choca-da-mata		1	1
Família Thraupidae				
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	bico-de-veludo		1	1
<i>Sicalis flaveola</i>	canário-da-terra	15	5	20
<i>Sporophila caerulescens</i>	coleiro	3	3	6
<i>Sporophila nigricolis</i>	coleiro	1		1
<i>Sporophila</i> sp.	coleiro	3		3
<i>Tachyphonus coronatus</i>	tiê-preto	2	1	3
<i>Tangara ornata</i>	sanhaço-de-encontro-amarelo		1	1
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu	17		17
não identificada		1		1
Família Tityridae				
<i>Pachyramphus castaneus</i>	caneleiro		2	2
<i>Pachyramphus marginatus</i>	caneleiro-bordado	1		1
Família Troglodytidae				
<i>Troglodytes musculus</i>	garrinchinha ou corruíra		1	1
Família Turdidae				
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	1	1	2
Família Tyrannidae				
<i>Elaenia</i> sp.	guaracava	2		2
<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	1		1
<i>Myiophobus fasciatus</i>	passeriforme	1		1
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	2	1	3
<i>Satrapa icterophrys</i>	suiriri-pequeno	1		1

<i>Tolmomyias poliocephalus</i>	bico-chato-de-cabeça-cinza	1	1	2
não identificada		2		2
Vireonidae				
<i>Hylophilus thoracicus</i>	vite-vite	1		1
Xenopidae				
<i>Xenops</i> sp.	bico-virado		1	1
Família indeterminada				
não identificada		12	9	21
Ordem Piciformes				
Família Picidae				
<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo	1		1
<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado		1	1
Família Ramphastidae				
<i>Pteroglossus bailloni</i>	araçari-banana	1		1
Ordem Psittaciforme				
Família Psittacidae				
não identificada			1	1
Ordem Strigiformes				
Família Strigidae				
<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira	3		3
<i>Megascops choliba</i>	coruja-do-mato		1	1
<i>Strix virgata</i>	coruja-do-mato	1	2	3
Ordem indeterminada				
Família indeterminada				
não identificada		2	8	10
Classe Mammalia		36	113	149
Ordem Carnivora				

Família Canidae					
	<i>Cerdocyon thous</i>	cachorro-do-mato	1	2	3
		não identificada		1	1
Família Mustelidae					
	<i>Eira barbara</i>	irara	1	2	3
Família Procyonidae					
	<i>Nasua nasua</i>	quati		2	2
	<i>Potos flavus</i>	jupará		1	1
	<i>Procyon cancrivorus</i>	mão-pelada		1	1
Ordem Chiroptera					
Família Phyllostomidae					
		não identificada	1		1
Família Vespertilionidae					
		não identificada	2		2
		Chiroptera indeterminado	1		1
Ordem Cingulata					
Família Dasypodidae					
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	tatu-galinha	2	3	5
	<i>Dasypus septemcinctus</i>	tatu-galinha		2	2
	<i>Dasypus sp.</i>	tatu-galinha		1	1
	<i>Euphractus sexcinctus</i>	tatu-testa-de-ferro/peba	2	1	3
Ordem Didelphimorphia					
Família Didelphidae					
	<i>Didelphis aurita</i>	gambá	17	50	67
	<i>Philander frenatus</i>	cuíca-de-quatro-olhos	2	3	5
Ordem Primata					
Família Atelidae					

<i>Alouatta guariba</i>	bugio		2	2	
Família Cebidae					
<i>Callithrix flaviceps</i>	sagui-da-serra		1	1	
<i>Callithrix geoffroyi</i>	sagui-da-cara-branca		1	1	
Ordem Rodentia					
Família Caviidae					
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	capivara		1	1	
Família Cricetidae					
<i>Oligoryzomys</i> sp.	rato-do-mato		1	1	
não identificada	rato		1	2	3
Família Cuniculidae					
<i>Cuniculus paca</i>	paca		2	2	
Família Erethizontidae					
<i>Chaetomys subspinosus</i>	ouriço-preto		2	2	
<i>Coendou spinosus</i>	ouriço-cacheiro		5	22	27
Ordem indeterminada					
Família indeterminada					
não identificada			11	11	
Vertebrado indeterminado			1	1	
Total Geral			171	184	355
Número de Táxons			51	54	82

Apêndice A 2 – Registro Fotográfico das espécies de vertebrados silvestres atropelados no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.

Classe Amphibia



Phyllomedusa rohdei



Thoropa miliaris



Rhinela sp.



Leptodactylus latrans

Classe Reptilia



Oxyrhopus clathratus



Erythrolamprus miliaris



Erythrolamprus aesculapii



Sibynomorphus neuwiedi



Taeniophallus sp.



Xenodon neuwiedii



Bothrops jararaca



Atractus sp.



Heterodactylus imbricatus



Tropidurus sp.



Strobilurus torquatus

Classe Aves



Rupornis magnirostris



Clytolaema rubricauda



Florisuga fusca



Leucochloris albicollis



Thalurania glaucopis



Crotophaga ani



Columbina talpacoti



Patagioenas picazuro



Aramides saracura



Guira guira



Penelope obscura



Synallaxis spixi



Pardirallus nigricans



Lochmias nematura



Arremon semitorquatus



Stelgidopteryx ruficollis



Geothlypis aequinoctialis



Megascops choliba



Zonotrichia capensis



Ilicura militaris



Taraba major



Thamnophilus caeruleus



Schistochlamys ruficapillus



Sicalis flaveola



Sporophila caeruleus



Sporophila nigricolis



Volatinia jacarina



Tachyphonus coronatus



Tangara ornata



Pachyramphus marginatus



Pachyramphus castaneus



Troglodytes musculus



Myiodynastes maculatus



Turdus rufiventris



Elaenia sp.



Pitangus sulphuratus



Myiophobus fasciatus



Satrapa icterophrys



Xenops sp.



Tolmomyias poliocephalus



Hylophilus thoracicus



Pteroglossus bailloni



Colaptes campestris



Picumnus cirratus



Strix virgata



Athene cunicularia

Classe Mammalia



Cerdocyon thous



Eira barbara



Nasua nasua



Potos flavus



Procyon cancrivorus



Dasypus novemcinctus



Dasypus septemcinctus



Euphractus sexcinctus



Philander frenatus



Didelphis aurita



Hydrochoerus hydrochaeris



Cuniculus paca



Oligoryzomys sp.



Chaetomys subspinosus



Coendou spinosus



Callithrix flaviceps

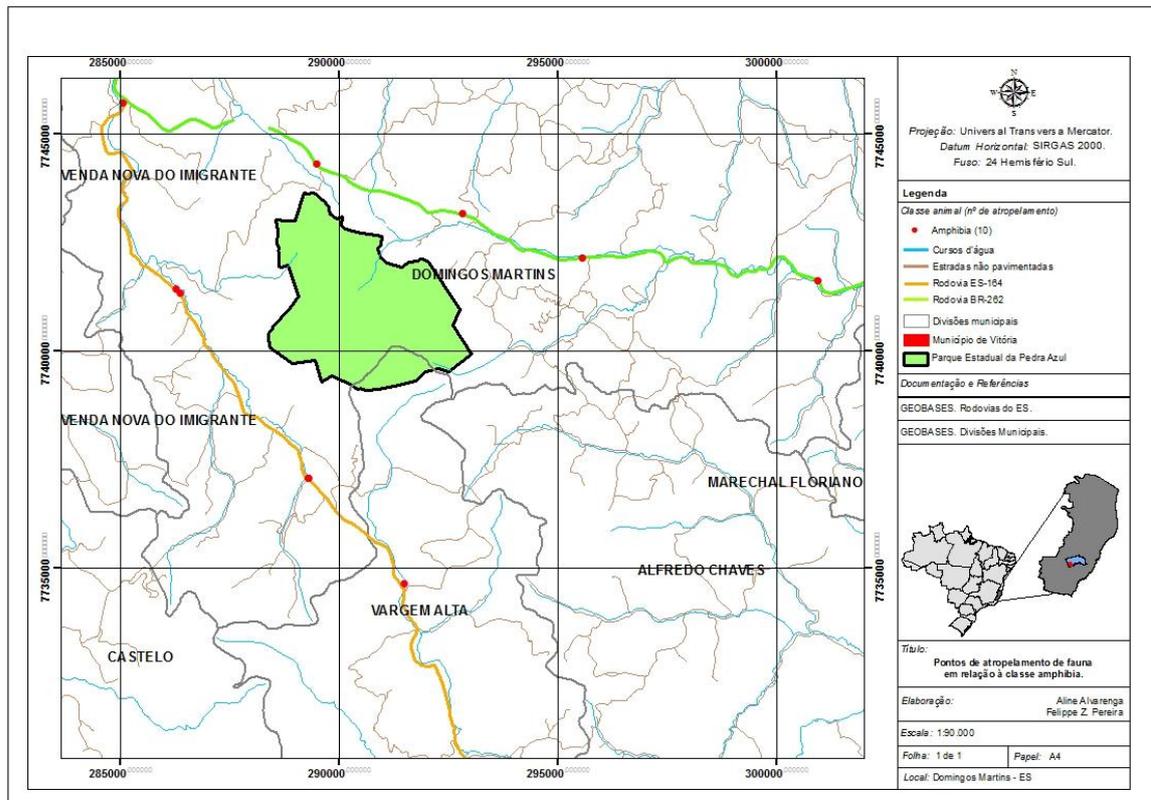


Callithrix geoffroyi

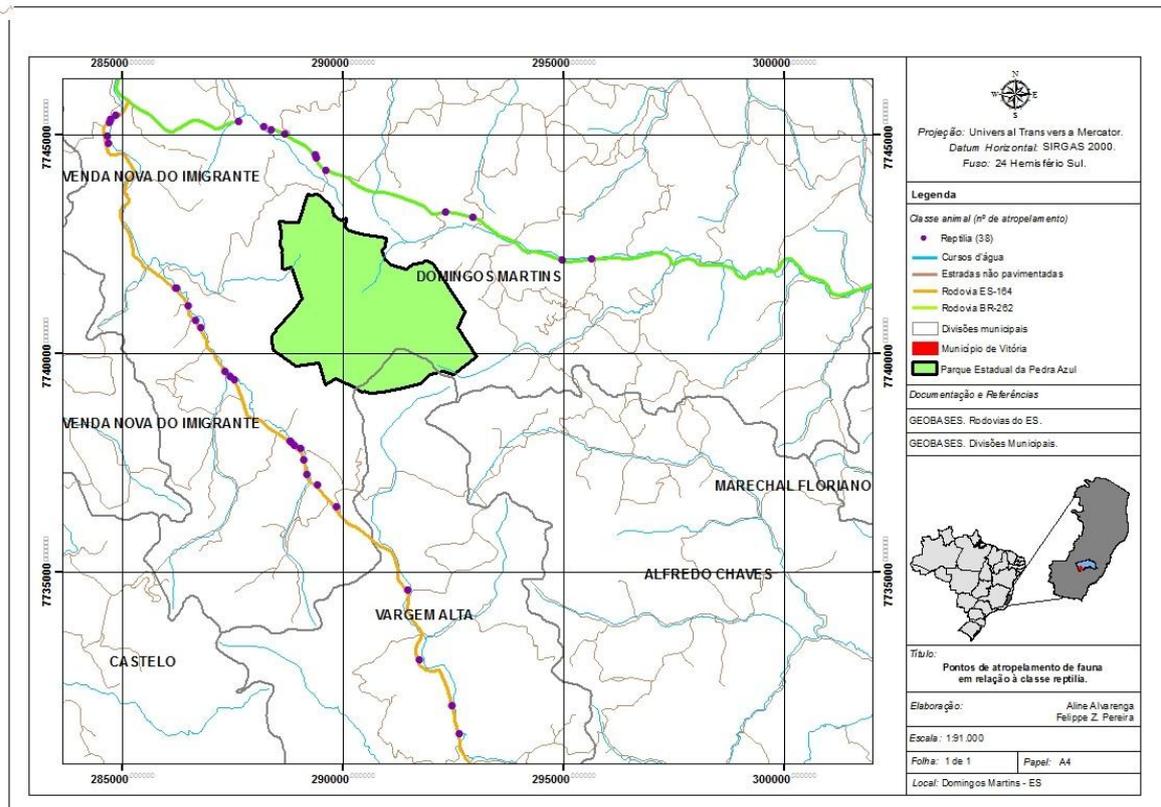


Alouatta guariba

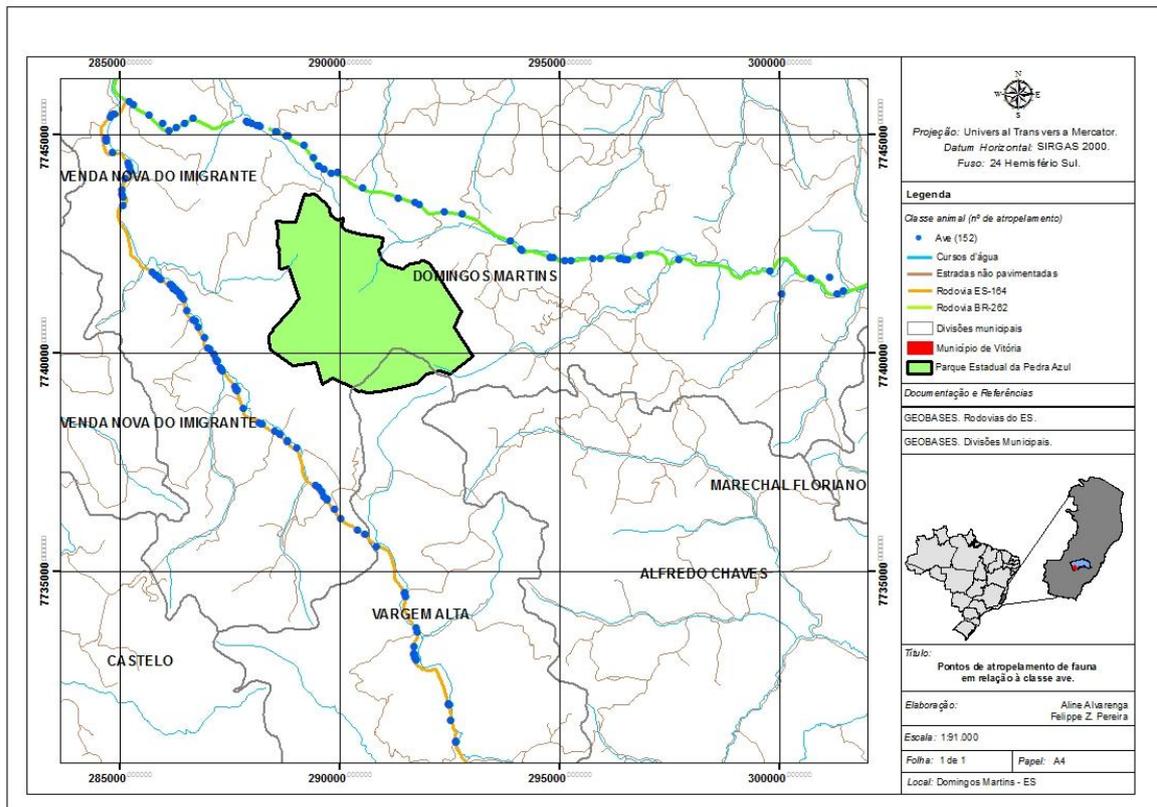
Apêndice B - Distribuição dos registros de atropelamento de Anfíbios no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



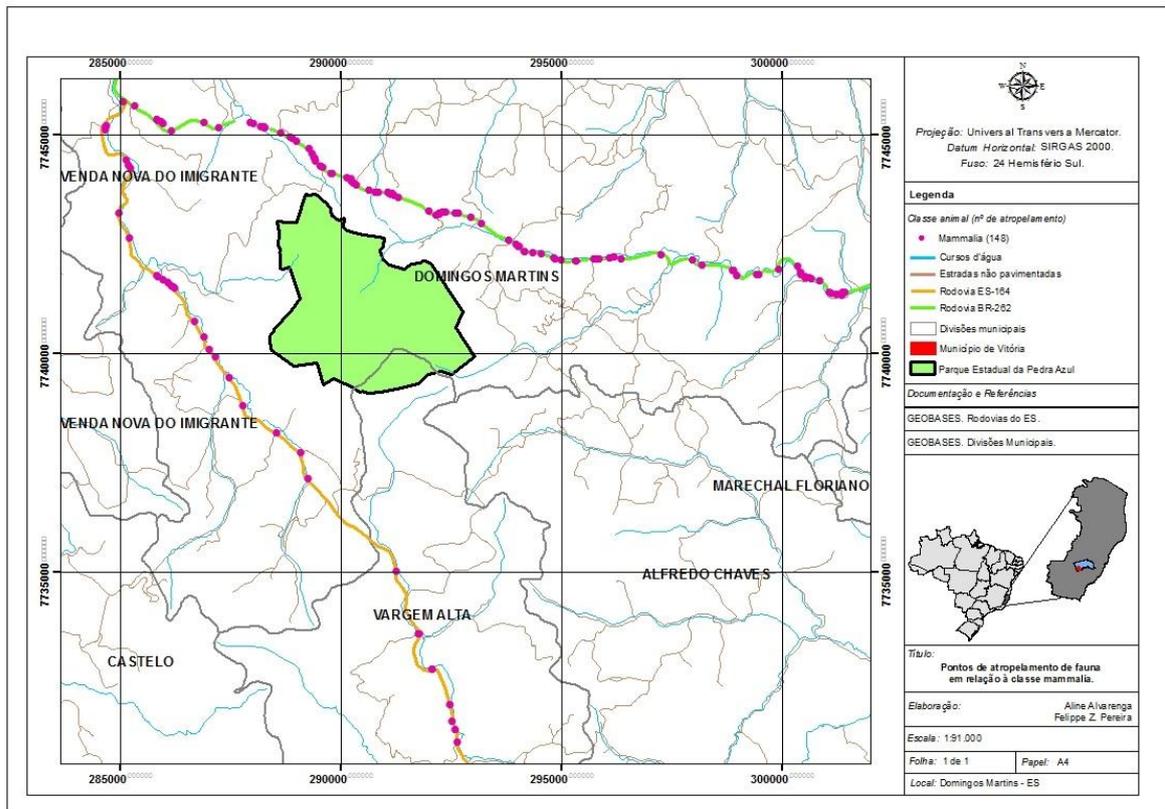
Apêndice C - Distribuição dos registros de atropelamento de Répteis no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



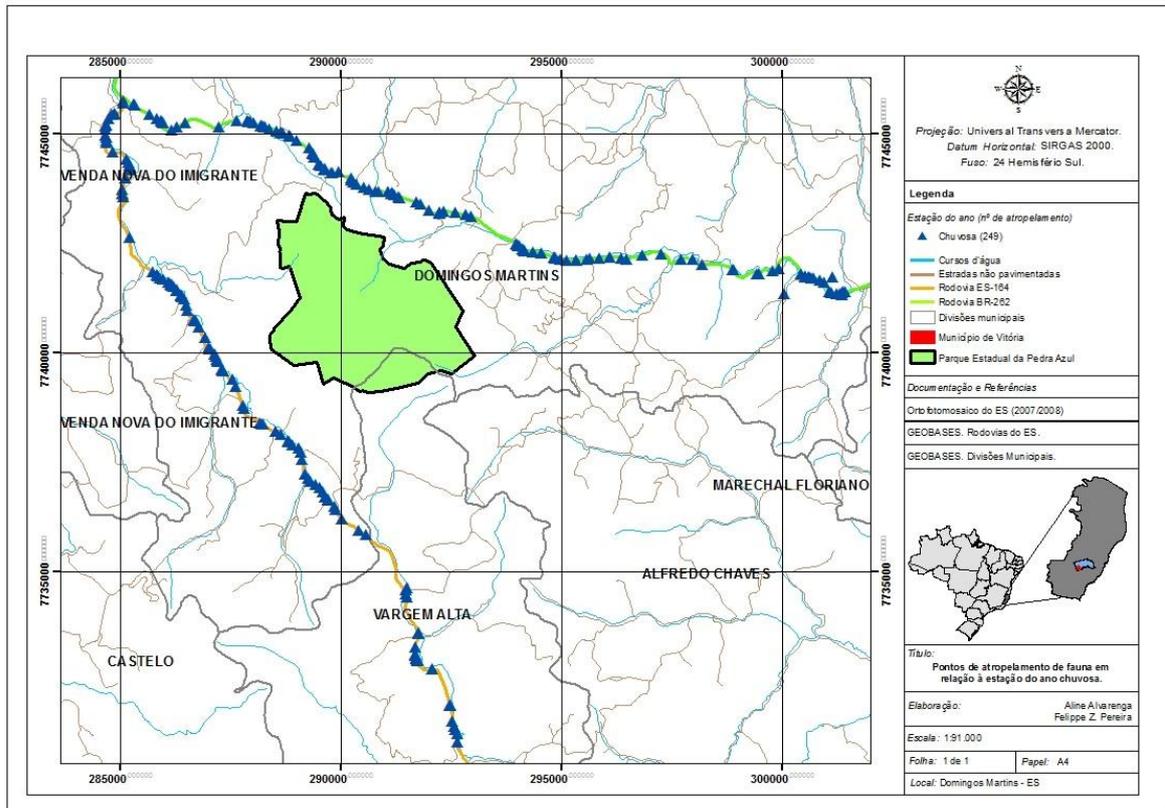
Apêndice D - Distribuição dos registros de atropelamento de Aves no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



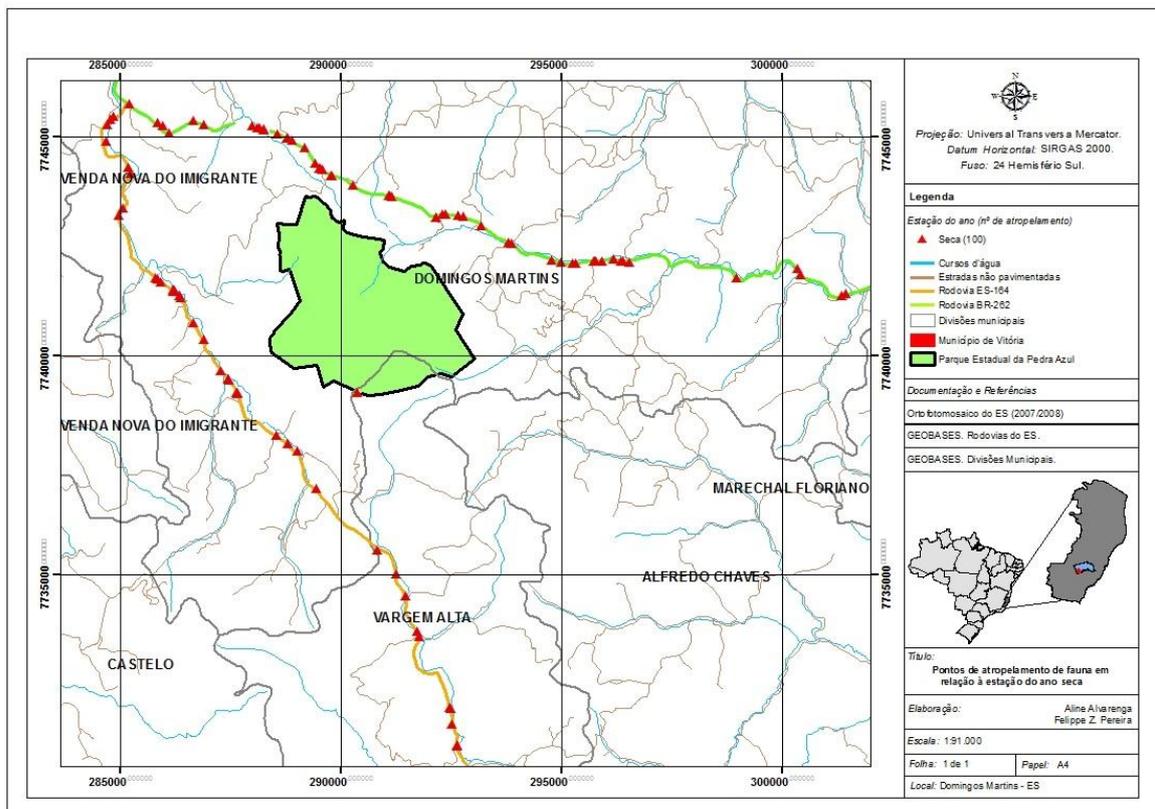
Apêndice E - Distribuição dos registros de atropelamento de Mamíferos no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



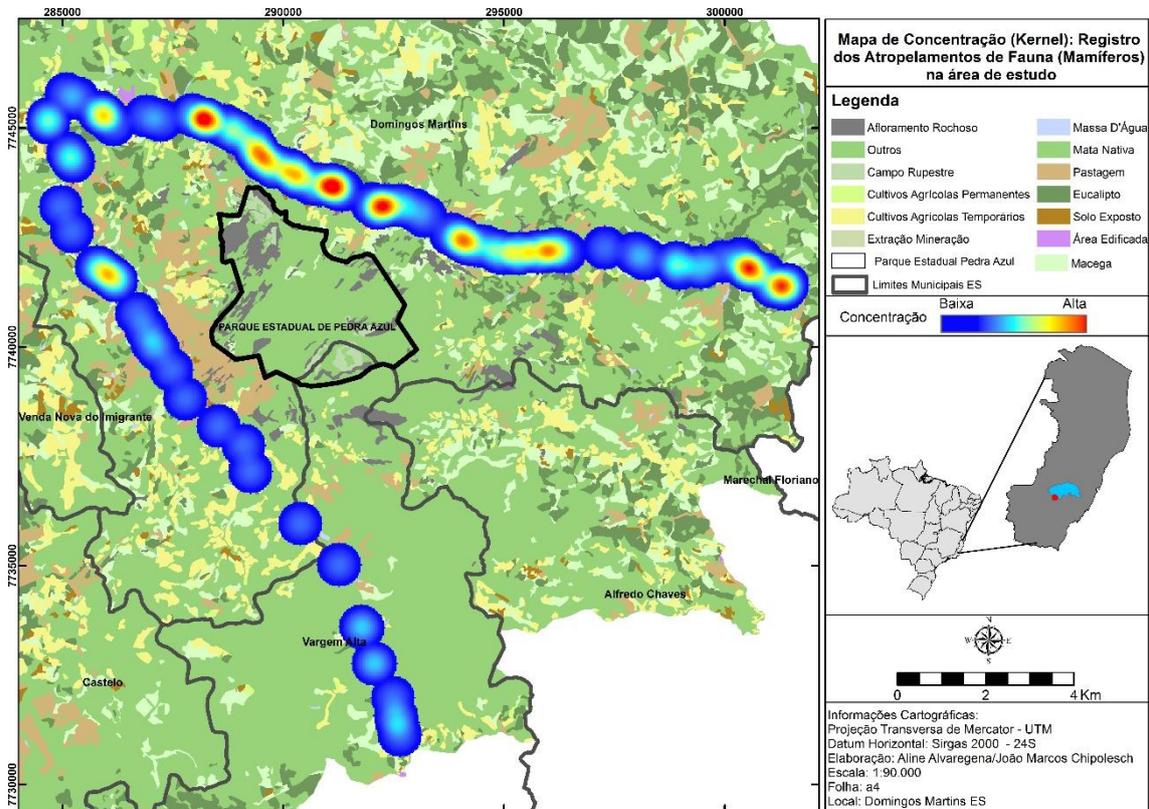
Apêndice F - Distribuição dos registros de atropelamento de vertebrados silvestres obtidos durante a estação chuvosa no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



Apêndice G - Distribuição dos registros de atropelamento de vertebrados silvestres obtidos durante a estação seca no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



Apêndice H - Mapa de concentração dos registros de atropelamento de Mamíferos no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.



Apêndice I - Mapa de concentração dos registros de atropelamento de Aves no entorno do Parque Estadual da Pedra Azul (Domingos Martins / ES), entre janeiro e dezembro de 2015.

