

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC  
Bacharelado em Ciências Biológicas

Beatriz Juchimiuk Roberto Mancio

Atropelamentos de animais silvestres e domésticos em rodovias sob concessão do  
Estado de São Paulo

Santo André - SP  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC  
Bacharelado em Ciências Biológicas

Beatriz Juchimiuk Roberto Mancio

Atropelamentos de animais silvestres e domésticos em rodovias sob concessão do  
Estado de São Paulo

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso do Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do ABC, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof. Dra. Simone Rodrigues de Freitas.

Santo André - SP  
2023

## Resumo

As rodovias apresentam importantes benefícios, sociais e econômicos para a sociedade, uma vez que permitem o acesso de pessoas e reduzem o tempo de entrega de produtos, além de ligar locais de difícil acesso. No entanto, é sabido que as rodovias e sua contínua expansão até as mais remotas áreas naturais resultam em impactos ecológicos severos. Os atropelamentos de animais em rodovias já foram apontados em diversos estudos como tendo impacto negativo expressivo na fauna, além de comprometerem a segurança operacional e gerarem custos para os usuários e administradores rodoviários. O objetivo deste trabalho é analisar dados de atropelamentos de fauna da CETESB do período de janeiro de 2019 a dezembro de 2021 em rodovias do Estado de São Paulo, a fim de fornecer informações recentes para as concessionárias sobre as rodovias com as maiores incidências de atropelamentos e das espécies mais atingidas e validar se as maiores rodovias do estado são as que possuem a maior taxa de atropelamentos por km. Todos os dados foram solicitados à CETESB pela Professora Doutora Simone Rodrigues de Freitas e alunos e compilados em Excel (versão 2012) em estágio realizado no ano de 2022. Sendo assim, foram analisados 321.257 registros de ocorrências de atropelamentos de animais, entre répteis, aves e mamíferos, em 190 rodovias e estradas não pavimentadas do estado de São Paulo, considerando as estradas de intersecção e ligação. Foi verificado que as rodovias que possuem as maiores taxas de atropelamentos/km não são as maiores em extensão, como Rodovia Ayrton Senna, Campinas-Monte Mor, Bandeirantes, Rodoanel Mario Covas e Imigrantes, verificando que a hipótese inicial, de rodovias maiores terem maior taxa de atropelamentos por km, foi rejeitada. Além disso, foi feita a listagem das espécies afetadas, sendo que os animais que possuem o maior número de registros foram Gado bovino (*Bos taurus*), Cachorro (*Canis lupus familiaris*), Cavalos/égua (*Equus caballus*) e Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), nessa ordem. Espera-se boa visualização para a CETESB e concessionárias das rodovias onde é mais necessário atuar de forma a mitigar os atropelamentos, além de ter maior conhecimento das espécies que são mais atingidas e das rodovias que possuem mais ocorrências para que novas propostas de desvio de fauna ou desvio de rota possam ser analisadas.

Palavras-chave: Atropelamento; Mamífero; Rodovia; Estado de São Paulo; Conservação biológica; Segurança humana.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	5
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	8
2.1 Banco de dados .....	8
2.2 Relação do entorno com animais silvestres e domésticos .....	8
2.3 Espécies e rodovias .....	9
Figura 1: Rodovia Marechal Rondon. Fonte: Google, 2023.....	10
Figura 3: Rodovia Ayrton Senna. Fonte: Google, 2023. ....	11
Figura 4: Rodoanel Mário Covas. Fonte: Google, 2023.....	12
Figura 5: Rodovia Dom Pedro I. Fonte: Google, 2023.....	12
Figura 6: Rodovia Raposo Tavares. Fonte: rodoviaraposotavares.com.br.....	13
Figura 7: Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros. Fonte: Google, 2023. .....	13
Figura 8: Rodovia Imigrantes. Fonte: Google, 2023. ....	14
Figura 9: Rodovia dos Bandeirantes. Fonte: Google, 2023. ....	14
Figura 10: Rodovia Campinas-Monte Mor. Fonte: Google, 2023.....	15
2.4 Análise de dados .....	15
3. RESULTADOS .....	16
3.1 Ocorrências por ano/mês e números gerais de fatalidade.....	16
Figura 11: Total de ocorrências registradas no período considerado de 2019 a 2021 (entre fatais, não fatais e sem informação), separados pelos meses de cada ano. .....	16
Tabela 1: Quantidade de ocorrências registradas, separadas por ano e com percentual levando em conta o total geral para o cálculo. ....	17
Tabela 2: Análise z-score e nível de significância para os dados dos atropelamentos fatais e não fatais dos anos de 2019, 2020 e 2021. ....	17
Tabela 3: Classificação do tipo de animal, quantidade de ocorrências relacionadas e percentual em relação ao total de registros de atropelamentos.....	18

Tabela 4: Análise z-score e nível de significância para os dados de animais domésticos e silvestres nos anos de 2019, 2020 e 2021.....	19
3.2 Relação do entorno com animais silvestres e domésticos.....	19
Tabela 5: Tipo de entorno e quantidade de ocorrências registradas e percentual do entorno em relação ao total registrado das ocorrências. Cada entorno com sua ocorrência para animais domésticos, silvestres e animais não identificados quanto ao tipo. ....	20
3.3 Espécies atropeladas.....	20
Figura 12: Famílias e espécies atropeladas e o total de ocorrências registradas para cada uma. ....	21
Tabela 6: Ocorrências de atropelamentos registradas por espécie e seu percentual sob o total registrado; Tendência de ameaça de extinção das espécies pela categorização do MMA (Ministério do Meio Ambiente): VU (vulnerável), ST (estável), EN (em perigo). Classificados de forma alfabética da ordem taxonômica. ....	22
3.4 Registros de atropelamentos por rodovias .....	25
Tabela 7: Informações das rodovias relacionadas com o número de atropelamentos, taxa de fatalidade, ocorrências por km. ....	25
4. DISCUSSÃO .....	26
Figura 13: Espécies ameaçadas de extinção que constam dentre a classificação dos 20 grupos de espécies mais atingidos pelos atropelamentos; A - <i>Philodryas livida</i> (Cobra verde); B - <i>Tolypeutes tricinctus</i> (Tatu-bola); C - <i>Myrmecophaga tetradactyla</i> (Tamanduá-bandeira); D - <i>Lycalopex vetulus</i> (Raposa-do-campo), E - <i>Chrysocyon brachyurus</i> (Lobo-guará).....	30
5. CONCLUSÃO .....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
Apêndice A – Espécies categorizada pelas administradoras das rodovias como “Domésticas”, relacionadas às ocorrências:.....	39
Apêndice B – Espécies categorizada pelas administradores das rodovias como “Silvestres” relacionadas às ocorrências .....	41
Apêndice C – Processos CETESB.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade é essencial para a manutenção do equilíbrio ecológico e para o bem-estar humano. Por outro lado, o crescimento das rodovias é uma necessidade para a mobilidade e o desenvolvimento econômico. Portanto, é importante equilibrar esses dois aspectos, de modo que o crescimento das rodovias não afete a conservação da biodiversidade. No entanto, é sabido que as rodovias e sua contínua expansão até as mais remotas áreas naturais têm resultado em impactos ecológicos severos. (TROCME, 2003; LAURANCE *et al.*, 2014).

Os atropelamentos de animais em rodovias já foram apontados em diversos estudos como tendo impacto negativo expressivo na fauna, além de comprometerem a segurança operacional e gerarem custos para os usuários e administradores rodoviários (MENDONÇA *et al.*, 2023). O número de mamíferos de médio-grande porte atropelados no Brasil pode chegar a quase 9 milhões por ano (máximo de 8,7 milhões e média de 1,3 milhão) (PINTO *et al.*, 2022). ABRA, *et al.* (2021), em estudo feito com 18 rodovias no Estado de São Paulo (6.580 km de rodovias monitoradas) estimou que durante 10 anos de monitoramento de atropelamentos em rodovias, foi registrado um total de 37.744 mamíferos atropelados, representando um total de 32 espécies de mamíferos de médio a grande porte (número médio de atropelamentos/ano =  $3.774 \pm 1.159$ ; min = 1.932; max = 5.369; 0.6 atropelamentos/km/ano). E, uma estimativa do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE), da Universidade Federal de Lavras (Ufla), elaborada a partir da análise de 14 estudos científicos com registros de mortes em diversos biomas, aponta que 5 milhões de animais de grande porte, como capivaras, onças, macacos e lobos-guará, são mortos anualmente em rodovias e estradas do país (VASCONCELOS, 2017).

Assim, além da mortalidade, os efeitos para os animais silvestres também acarretam a perda de habitat (FORMAN *et al.*, 2003), redução na qualidade do habitat em zonas adjacentes às rodovias (e.g. ruído, iluminação artificial, poluição e perturbação visual) (FORMAN *et al.*, 2003; EIGENBROD *et al.*, 2009; PARRIS *et al.*, 2009), efeito barreira, incluindo a interrupção de migrações e dispersões. Não obstante, estradas que cortam áreas de floresta criam espaços onde a vegetação das bordas das rodovias, tipicamente mais secas e mais quentes do que o interior da floresta, com elevada mortalidade de árvores, numerosas lacunas no dossel e uma proliferação de trepadeiras adaptadas à perturbação, podem alterar a composição da comunidade e a abundância de muitos grupos faunísticos diferentes que habitam a região (LAURENCE, 2009).

Os período noturnos são, em média, os que possuem mais registros de incidentes envolvendo animais nas estradas. Por conta de baixa sinalização, muitos animais invadem a estrada e são surpreendidos por automóveis, o que fica evidenciado em estudo feito por FREITAS & BARSZCZ (2015) no qual foi visto que os acidentes envolvendo animais domésticos e silvestres que ocorreram à noite (25% e 38% respectivamente) ou de madrugada (24% e 23% respectivamente) foram acima da média (19% domésticos e 8% silvestres).

A mortalidade direta tem o potencial de alterar a estrutura demográfica de populações de animais silvestres (STEEN & GIBBS, 2004) e criar sumidouros de populações locais (NIELSEN *et al.*, 2006). E os atropelamentos em rodovias são um dos principais fatores de redução da população de animais silvestres no mundo. No caso do Brasil, estamos falando de espécies ameaçadas de extinção, como lobo-guará, onça-parda e tamanduá-bandeira” (VASCONCELOS, 2017). Além da perda de biodiversidade, as colisões afetam a operação da malha viária, geram perdas materiais e colocam em risco a vida do motorista e ocupantes dos veículos. Em 2014 as colisões com veículos e animais representaram 1,9% de todas as colisões relatadas, das quais 40,9% resultaram em ferimentos humanos e 2,6% resultaram em mortes humanas (ABRA *et al.*, 2019).

Para reduzir a mortandade de animais e tornar as rodovias mais seguras, concessionárias e órgãos públicos do setor rodoviário adotam há algum tempo soluções para diminuir o problema, como a instalação de cercas ou barreiras nas margens das pistas, o que pode ser mais estratégico, visto que evitar a passagem de um lado para o outro reduz a possibilidade de atropelamento (BUENO *et al.*, 2013) e a construção de passagens subterrâneas para a fauna (VASCONCELOS, 2017). Além disso, especialistas em Ecologia de Estradas em diversos países têm usado localizações georreferenciadas de colisões envolvendo animais em rodovias para investigar padrões espaciais em relação às características das rodovias e da paisagem (RAMP *et al.*, 2005; MOUNTRAKIS & GUNSON, 2009).

Novas propostas vêm sendo propostas como a feita por TEIXEIRA *et al.* (2020), na qual propôs melhorias no processo de avaliações dos impactos ambientais com o fim de reduzir os impactos na fauna. Assim, ao invés do processo ser feito na ordem de diagnóstico ambiental, identificação dos impactos e prognóstico dos impactos, o estudo sugeriu ser feito de forma inversa, identificação dos impactos, após diagnóstico ambiental e por fim, prognóstico dos impactos, permitindo assim, que na etapa de prognóstico, será predito não somente se um impacto acontecerá, mas estimar com qual intensidade afetará os valores de biodiversidade a serem protegidos.

Modelos de predição podem ser úteis para agências de meio ambiente e de transporte pois permitem a identificação de áreas onde medidas de mitigação para redução dos atropelamentos são mais necessárias (ABRA *et al.*, 2021). Os modelos também podem influenciar o design de novas rodovias e prever quais impactos as rodovias podem ter em relação às populações silvestres. Dentro do licenciamento de obras rodoviárias, esse é um tema exaustivamente analisado. E, considerando a dinâmica da paisagem, entender quais características da paisagem indicam eventos de atropelamentos também pode fornecer modelos que podem ser aplicados em outras regiões e adaptáveis a mudanças porque a medida de mitigação estaria associada a uma característica da paisagem ao invés de agregações de atropelamentos (BUENO *et al.*, 2015).

Em agosto de 2018 a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) criou uma normativa, publicada como Decisão de Diretoria CETESB 141/2018 (DD 141/2018), para as rodovias estaduais de São Paulo, que dispõe sobre a aprovação dos Critérios para a destinação de animais mortos em rodovias (CETESB, 2018), assim os administradores rodoviários devem enviar à CETESB, semestralmente, um relatório contendo as ocorrências de atropelamentos de fauna na faixa de domínio, assim como as destinações dadas tanto aos animais vivos como às carcaças removidas (MENDONÇA *et al.*, 2023). Com isso, a CETESB possui dados importantíssimos para que análises sejam feitas e medidas sejam adotadas de forma mais específica.

Os dados obtidos neste estudo são específicos do Estado de São Paulo, porém, é válido citar o que foi estudado por PINTO, *et al.* (2022), considerando estatísticas de atropelamentos a nível nacional, que observou que o número de mamíferos de médio-grande porte atropelados no Brasil pode chegar a quase 9 milhões por ano (máximo de 8,7 milhões e média de 1,3 milhão). Esse resultado representa cerca de 11.000 toneladas de biomassa de mamíferos perdidas por ano no Brasil devido a atropelamentos. Ou seja, é notável que se cada estado buscar mitigar este problema em sua área de atuação, os números nacionais tenderão a reduzir, melhorando as estatísticas de atropelamentos no Brasil e suas regiões.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os dados da CETESB de 2019 a 2021 referente aos atropelamentos de animais registrados nas rodovias de São Paulo que possuem monitoramento, com o intuito de validar se as maiores rodovias do estado são as que possuem a maior taxa de atropelamentos por km e disponibilizar informações úteis do período, identificando para a CETESB e concessionárias as rodovias que possuem maior incidência de casos e as espécies mais atingidas, para auxiliar na busca constante por

melhorias no processo de mitigação dos atropelamentos, em prol da conservação da biodiversidade e da segurança humana nas estradas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 BANCO DE DADOS

Os dados apresentados foram fornecidos pela CETESB e compreendem o período entre janeiro de 2019 a dezembro de 2021, em rodovias sob concessão do Estado de São Paulo. Todos os dados foram solicitados à CETESB (ver apêndice C) pela Professora Doutora Simone Rodrigues de Freitas e alunos, em estágio realizado no ano de 2022. Os dados dos relatórios da CETESB foram compilados em planilhas do Excel® (versão 2012) através das informações presentes nos processos fornecidos pelas CETESB (constam nos anexos), totalizando 321.257 linhas de dados do período proposto, nas quais foram analisados os seguintes parâmetros: ano e mês da coleta (figura 11), rodovia (tabela 5), tipo de entorno (tabela 3), tipo de animal (doméstico ou silvestre – tabela 2), grau de fatalidade (tabela 1), nome popular e científico (tabela 4). Os dados foram dispostos em forma de gráficos e tabelas, de acordo com o melhor formato para visualização.

A base de dados continha informações de coordenadas (dos incidentes), coordenadas (das rodovias), entorno (das rodovias), ano e mês (dos registros), rodovia (número de identificação), km (local onde o animal foi encontrado), tipo de animal (silvestre ou doméstico), grupo (mamífero, ave ou réptil), nome popular, nome científico, quantidade de registros (de atropelamentos) e estado do animal (fatal ou não fatal).

O ano de 2019 não começa com um número expressivo ou padronizado de acidentes envolvendo a fauna (figura 11), sendo que só a partir de maio este número parece seguir um padrão, levando em conta os meses posteriores. Pode haver alguma falta de dados para o ano de 2019, visto ser anterior à pandemia e não haver qualquer outra questão que afetasse drasticamente a ida e vinda da população pelas estradas.

### 2.2 RELAÇÃO DO ENTORNO COM ANIMAIS SILVESTRES E DOMÉSTICOS

Foram definidos para este trabalho 5 tipos de entornos (tabela 3), a saber “rural/urbano/residencial”, “áreas de plantio”, “pastagens”, “fragmentos de vegetação” e “cursos d’água”. O entorno “rural”, foi unido com os entornos “urbano” e “residencial”, visto que todos os três possuem a presença regular e constante humana, diferente dos demais, como o entorno “plantio”, por exemplo.

Por “Rural/Urbano/Residencial” entende-se qualquer comércio, empresa, residência ou moradia no entorno, sendo sítios, chácaras e estábulos contados neste grupo; por

“Áreas de plantio” entende-se quaisquer tipos de plantio, como cana-de-açúcar, milho, café, eucalipto, soja e outros; por “Pastagens” entende-se área de pasto de animais em maior área (maior representatividade), mesmo que próximo ou mesclado tenhamos áreas de moradia ou fragmentos de vegetação; por “Fragmento de vegetação” entende-se área de vegetação natural que ainda permanece, mas que foi interrompida por barreiras antrópicas ou naturais; por “curso d’água” entende-se trechos de rios ou lagos que foram cortados pelas estradas, sendo que podem ter sido interrompidos ou possuem continuidade por baixo das rodovias, nesta categoria também envolve declives, visto que a mata ciliar de rios ou lagos fica em região angular nas laterais dos barrancos. Além disso, há registros nos quais não foi possível identificar o entorno e por isso ficou classificado como “Não definido”. Com relação aos registros em que não foi possível identificar o tipo de espécie como silvestre ou doméstico há a classificação de “Não identificado”.

### 2.3 ESPÉCIES E RODOVIAS

Para cada tópico foram utilizados filtros para que os dados pudessem ser contabilizados. Foram criadas tabelas, algumas com informações além do que constava na base de dados, como mais detalhes sobre as espécies descritas e as rodovias citadas. No total foram analisados registros de 247 espécies distintas, entre mamíferos, aves e répteis (tabela 4).

Com relação ao registro do tipo de animal, entende-se por “não identificado” registros de animais no qual não foi possível identificar a espécie. Entende-se por animais domésticos, segundo o banco de dados fornecido pela CETESB: cavalos, bois, cachorros, gatos, cabras, aves domésticas, patos, lebres e outros (Ver apêndice A). E, por animais silvestres, entende-se: Veado, capivara, tatu, gambá, cachorro do mato, coruja, jiboia, entre outros (Ver apêndice B). A classificação por silvestre ou doméstico estava previamente feita no banco de dados utilizado.

Além disso, com relação à fatalidade (tabela 1) é importante ressaltar que os “atropelamentos fatais” se referem aos animais que foram encontrados já sem vida ou que faleceram nos momentos posteriores ao acidente. Os “atropelamentos não fatais” são os animais que sobreviveram, com sequelas ou não e os “não identificados” correspondem aos registros que não permitiram identificar se tratava de ocorrências de atropelamento fatal ou não fatal.

Também, foram analisadas 190 rodovias e estradas não pavimentadas, todas percorrendo trechos do estado de São Paulo, nos quais as principais foram (Tabela 5):

- Rodovia Marechal Rondon - SP 300 (Figura 1): Anteriormente Via Marechal Rondon é uma rodovia do estado de São Paulo, e, também, recebe a denominação de Rodovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto, de Jundiaí até Itu. Inicia na cidade de Itu e termina seu trajeto na divisa com Mato Grosso do Sul. É administrada em toda a sua extensão por três concessionárias: Rodovias das Colinas (Itu à Tietê), Rodovias do Tietê (Tietê à Bauru) e Via Rondon (Bauru à Castilho).



Figura 1: Rodovia Marechal Rondon. Fonte: Google, 2023.

- Rodovia Anhanguera - SP 330 (Figura 2): anteriormente denominada Via Anhanguera liga a Capital Paulista ao Interior do Estado, iniciando seu trajeto no bairro da Lapa, São Paulo, capital e termina no município Igarapava, divisa natural com o estado de Minas Gerais. Atualmente é administrada pela concessionária AutoBAN.



Figura 2: Rodovia Anhanguera. Fonte: Google, 2023

- Rodovia Ayrton Senna - SP 070 (Figura 3): antiga rodovia dos Trabalhadores, inicia seu trajeto no bairro da Penha, São Paulo e termina no município de Guararema, na região do Alto Tietê. Seu traçado é paralelo à Rodovia Presidente Dutra. Atualmente é administrada pela concessionária Ecopistas.

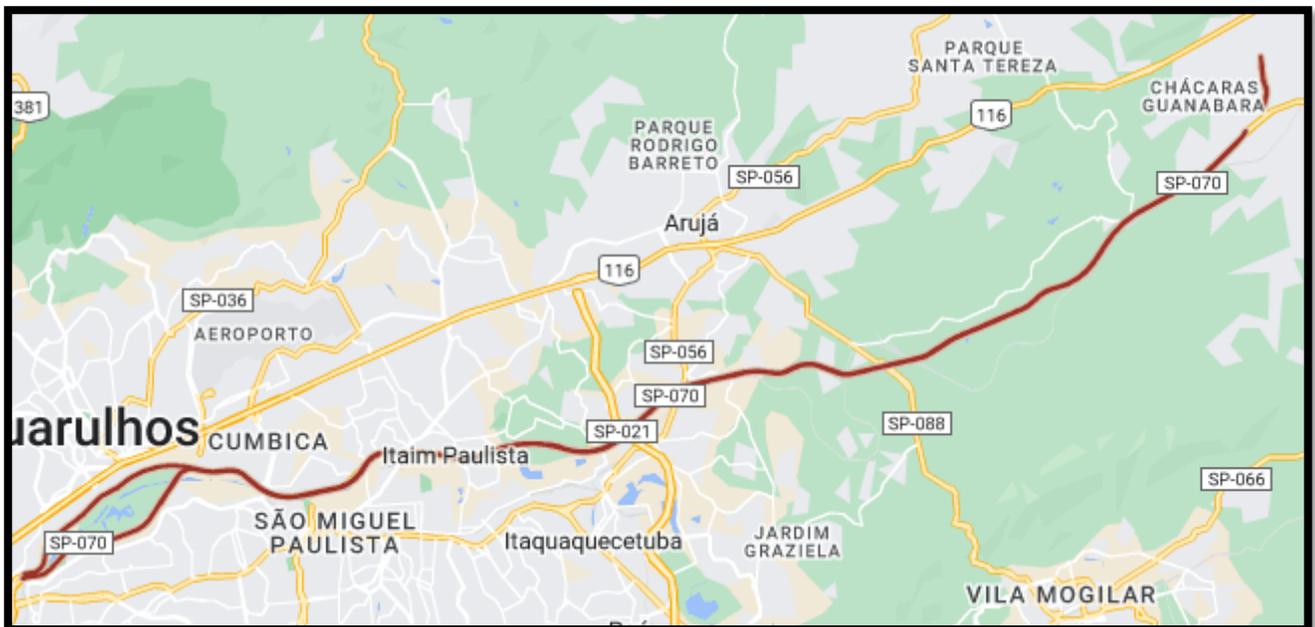


Figura 3: Rodovia Ayrton Senna. Fonte: Google, 2023.

- Rodoanel Mário Covas - SP 021 (Figura 4): também conhecido como Rodoanel Metropolitano de São Paulo inicia seu trajeto em Perus, São Paulo e vai até o acesso à

Rodovia Régis Bittencourt, no município de Embu das Artes. Atualmente é administrada pela concessionária CCR RodoAnel.



Figura 4: Rodoanel Mário Covas. Fonte: Google, 2023

- Rodovia Dom Pedro I - SP 065 (Figura 5): faz a ligação do Vale do Paraíba e a Região Metropolitana de Campinas, iniciando seu trajeto em Jacareí e segue até Campinas, no entroncamento com a Anhanguera. Atualmente é administrada pela concessionária CCR AutoBAn.

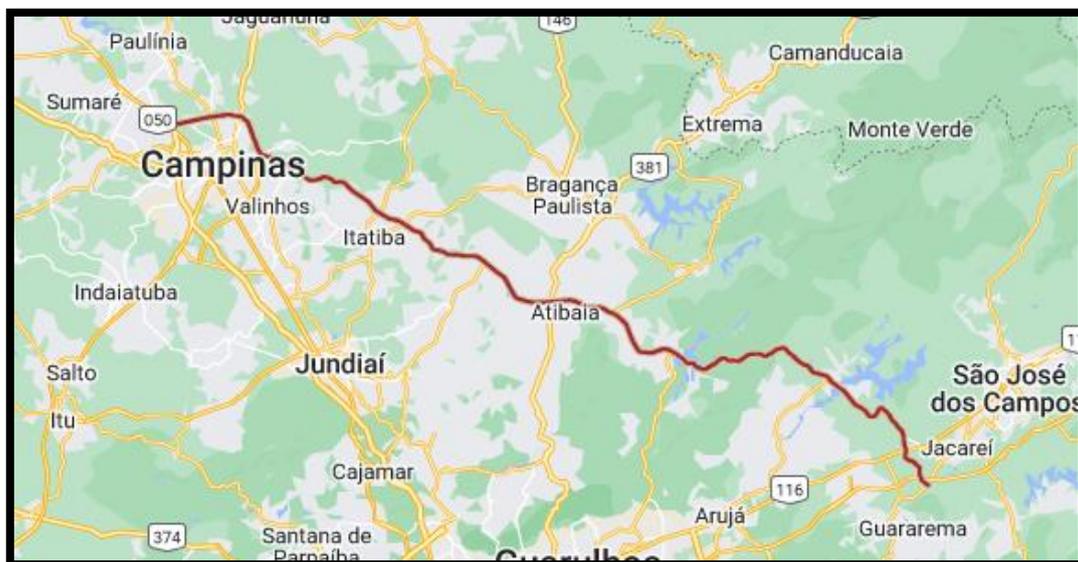


Figura 5: Rodovia Dom Pedro I. Fonte: Google, 2023

- Rodovia Raposo Tavares - SP 270 (Figura 6): Inicia seu trajeto na região do Butantã, São Paulo, capital e termina no Município de Presidente Epitácio. Atualmente é administrada pela concessionária CCR ViaOeste.

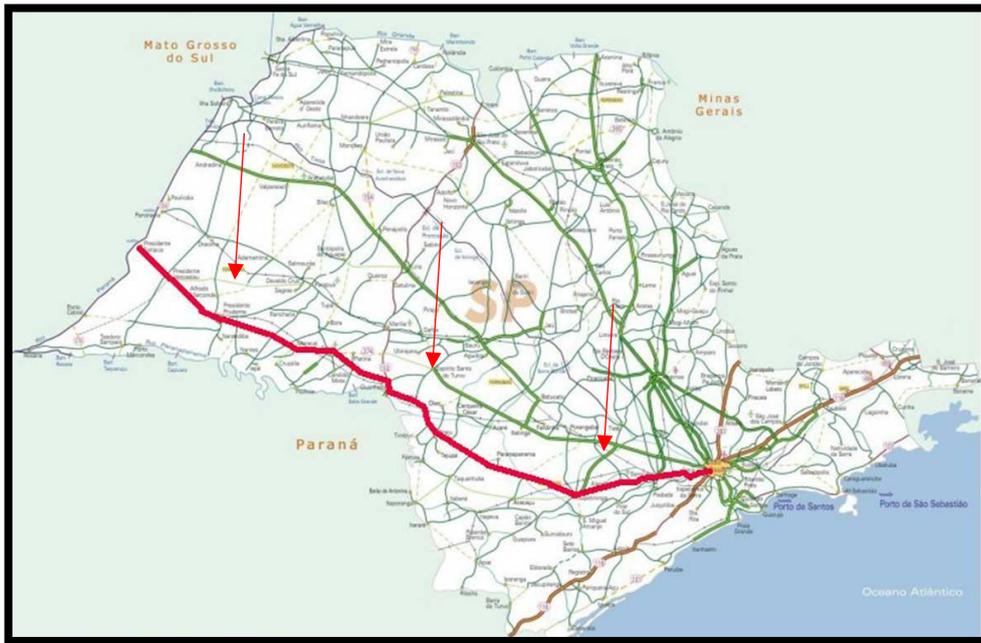


Figura 6: Rodovia Raposo Tavares. Fonte: rodoviaraposotavares.com.br

- Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros - SP 294 (Figura 7): Seu traçado é na direção oeste do estado, recebe este nome no município de Araraquara, início do seu trajeto, e termina no município de Panorama, divisa com Mato Grosso do Sul. Atualmente é administrada pela concessionária EixoSP.



Figura 7: Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros. Fonte: Google, 2023.

- Rodovia dos Imigrantes - SP 160 (Figura 8): Inicia seu trajeto no bairro do Jabaquara, São Paulo, capital e termina no município de Praia Grande, no litoral sul do estado. Integra o

complexo de rodovias denominado Sistema Anchieta-Imigrantes. Atualmente é administrada pela concessionária Ecovias.



Figura 8: Rodovia Imigrantes. Fonte: Google, 2023.

- Rodovia dos Bandeirantes - SP 348 (Figura 9): Tem seu início na Ponte Ulysses Guimarães em Pirituba, São Paulo, capital e termina na Rodovia Anhanguera no município de Cordeirópolis. Atualmente é administrada pela concessionária CCR AutoBAN.



Figura 9: Rodovia dos Bandeirantes. Fonte: Google, 2023.

- Rodovia Campinas-Monte Mor - SP 101 (Figura 10): é uma rodovia situada na Região Metropolitana de Campinas, ligando-a a regiões próximas do interior de São Paulo, como

Monte Mor, Capivari, Rafard e Hortolândia. Atualmente é administrada pela concessionária Rodovias do Tietê.

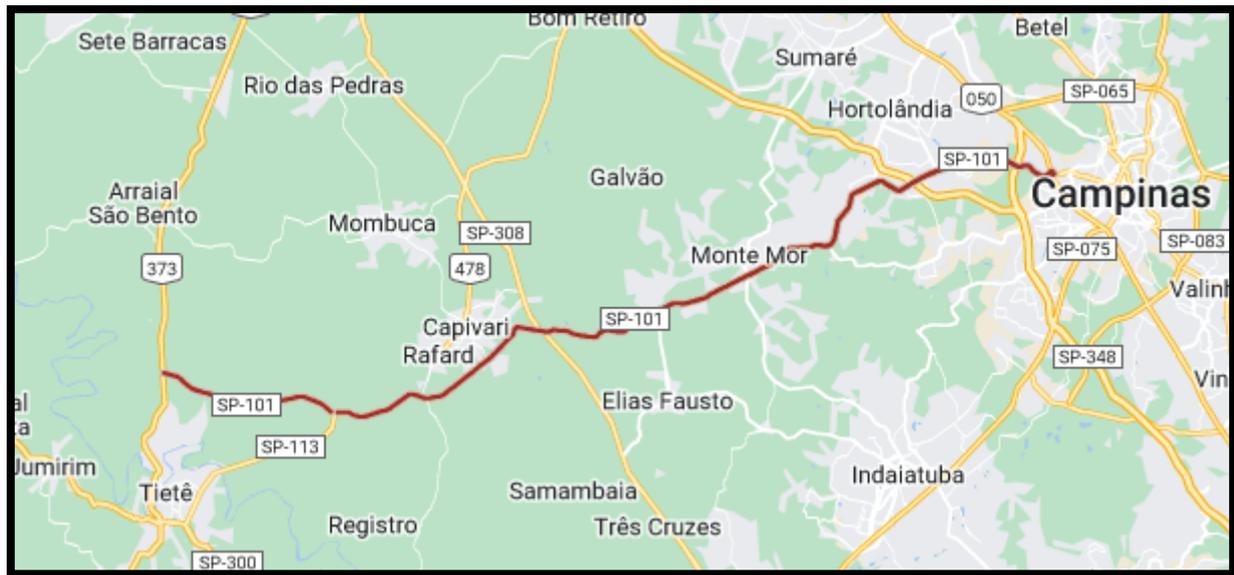


Figura 10: Rodovia Campinas-Monte Mor. Fonte: Google, 2023.

## 2.4 ANÁLISE DE DADOS

Foi realizado teste z-score para inferir se a diferença entre os dados é grande o suficiente para ser significativa estatisticamente. Foi utilizado erro de 5% e two-tailed hypothesis durante as análises. A fonte usada para os cálculos foi o site Social Science Statistics, acessível pelo link:

<https://www.socscistatistics.com/tests/ztest/default2.aspx>

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 OCORRÊNCIAS POR ANO/MÊS E NÚMEROS GERAIS DE FATALIDADE

Feita a divisão anual e mensal dos registros, é possível verificar que houve uma queda brusca nos atropelamentos, mais especificamente a parte de julho de 2020 e que se manteve ao longo do ano de 2021. Como dito anteriormente, o ano de 2019 começa em baixa, de acordo com dados coletados o que reflete em um aumento na taxa de registros até meados de 2020.

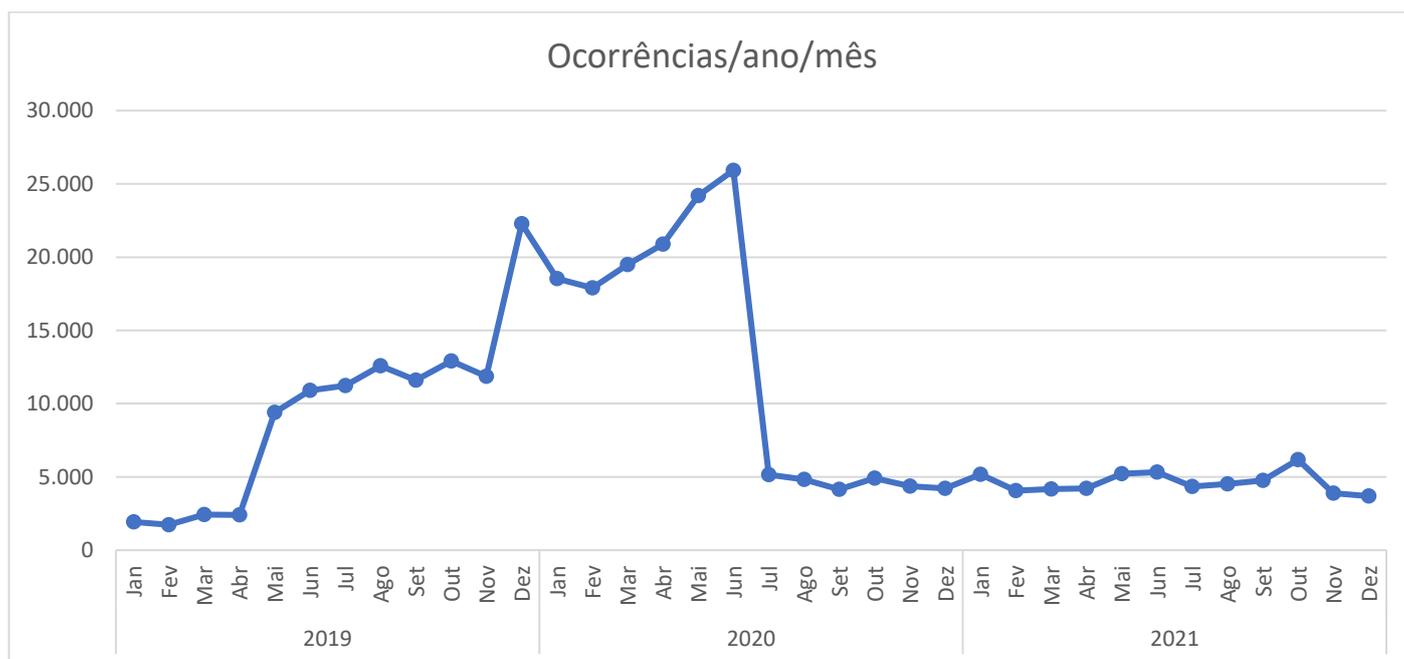


Figura 11: Total de ocorrências registradas no período considerado de 2019 a 2021 (entre fatais, não fatais e sem informação), separados pelos meses de cada ano.

Com os dados de maio/19 a dezembro/19, uma análise de 8 dos 12 meses, é possível ver que:

- De maio a novembro os números seguem muito próximos, variando entre 10.900 e 12.906. Uma variação de 18%.
- Então em dezembro de 2019 há um aumento expressivo, passando de 11.859 ocorrências em novembro/2019 para 22.271 ocorrências em dezembro/2019, um aumento de cerca de 88%.

O número de ocorrências segue subindo até junho de 2020, chegando ao número de 25.923 ocorrências de atropelamentos envolvendo a fauna silvestre e doméstica.

A partir dos dados coletados, é possível dividir as ocorrências de atropelamentos e categorizá-las em relação à sua fatalidade (tabela 1), dentro do período de janeiro/2019 –

dezembro/2021. Os atropelamentos não fatais são mais abundantes, porém seguidos de perto dos atropelamentos fatais, que representam mais de 40% do total de ocorrências.

Tabela 1: Quantidade de ocorrências registradas, separadas por ano e com percentual levando em conta o total geral para o cálculo.

Tipo de Ocorrências	Quantidade	Percentual em relação ao total geral
<b>Atropelamentos Fatais</b>		
2019	46.747	15%
2020	65.077	20%
2021	23.463	7%
Total	135.287	42%
<b>Atropelamentos Não Fatais</b>		
2019	46.048	14%
2020	88.751	28%
2021	31.861	10%
Total	166.660	52%
<b>Atropelamentos com Fatalidade não identificada</b>		
2019	18.440	6%
2020	682	0,00%
2021	188	0,00%
Total	19.310	6%
<b>Total Geral</b>	<b>321.257</b>	

Realizado teste z-score (tabela 2) para validar se houve diferença significativa entre os anos com relação à fatalidade com 5% de erro. No caso dos registros fatais entre 2019/2020, 2019/2021 e 2020/2021 não houve diferença significava, conforme visto na tabela. Com relação aos atropelamentos não fatais o resultado da comparação entre os anos de 2019 e 2020 mostrou que há diferença significativa com  $z=-81.6083$  e  $p=0,00001$  (resultado significativo com  $p < .05$ ). O mesmo ocorreu para a comparação entre 2019 e 2021 com  $z=-61.7034$  e  $p=0,00001$ . Já na comparação de 2020 e 2021 não há diferença significativa.

Tabela 2: Análise z-score e nível de significância para os dados dos atropelamentos fatais e não fatais dos anos de 2019, 2020 e 2021.

Dados comparados	Descrição	Referência	z-score	Nível de significância	Significância
2019-2020	Atropelamentos fatais	$p < .05$	-0.4784	0,63122	Não significativo
2019-2021	Atropelamentos fatais	$p < .05$	-0.9397	0,34722	Não significativo

2020-2021	Atropelamentos fatais	p < .05	-0.6066	0,54186	Não significativo
2019-2020	Atropelamentos não fatais	p < .05	-81.6083	0,00001	Significativo*
2019-2021	Atropelamentos não fatais	p < .05	-61.7034	0,00001	Significativo*
2020-2021	Atropelamentos não fatais	p < .05	0.186	0,8493	Não significativo

Sendo assim, no caso das comparações feitas em que não houve diferença significativa os valores de um ano não são diferentes dos valores de outro ano. Porém, nas comparações entre 2019/2020 e 2019/2021 para atropelamentos não fatais vimos que há diferença significativa, ou seja, os valores de um determinado ano são diferentes dos valores de outro ano.

O percentual de animais domésticos e silvestres (tabela 3) segue o mesmo padrão se compararmos o total geral anual e o total de cada ano. Sendo assim, é clara a situação de que animais considerados domésticos são mais afetados pelos atropelamentos nas estradas. O ano de 2020, mesmo em meio à pandemia, possui os maiores percentuais de atropelamentos, tanto para animais domésticos e silvestres, quanto para os animais no qual o tipo não foi identificado. Já o ano de 2021 não segue esta mesma proporção, sendo que é possível ver, que dos 3 anos, é o que apresenta a menor taxa de ocorrências, tanto para silvestres quanto para animais domésticos.

Tabela 3: Classificação do tipo de animal, quantidade de ocorrências relacionadas e percentual em relação ao total de registros de atropelamentos.

<b>Tipo de Animal</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>% em relação ao total geral</b>
<b>Doméstico</b>		
2019	78.787	25%
2020	105.114	33%
2021	38.690	12%
Total	222.591	69%
<b>Silvestre</b>		
2019	30.486	9%
2020	47.066	15%
2021	15.756	5%
Total	93.308	29%
<b>Não identificado</b>		
2019	1.567	0,50%
2020	2.526	1%
2021	1.265	0,40%
Total	5.358	2%

Os níveis de significância foram analisados (tabela 4) e, com relação aos animais domésticos a comparação entre 2019-2020 resultou em  $z=17.2775$  e  $p=0,00001$ , ou seja, há diferença significativa entre os dados destes anos. O mesmo pode ser visto para os anos de 2019-2021, no qual temos  $z=6.9017$  e  $p=0,00001$  e para os anos de 2020-2021 temos  $z=-6.5411$  e  $p=0,00001$ . Em resumo, para os animais domésticos, há diferença significativa entre os anos considerados.

Com relação aos animais silvestres a comparação 2019-2020 resultou em  $z=-16.3095$  e  $p=0,00001$ , com diferença significativa. Nos anos 2019-2021 temos  $z=-3.3414$  e  $p=0,00084$ , também com diferença significativa e o mesmo é visto na comparação 2020-2021 com  $z=9.4696$  e  $p=0,00001$ . Para os animais silvestres, da mesma forma que para os domésticos, na comparação entre os anos foi verificado que há diferença significativa entre os registros para estes tipos de animais.

Tabela 4: Análise z-score e nível de significância para os dados de animais domésticos e silvestres nos anos de 2019, 2020 e 2021.

Dados comparados	Descrição	Referência	z-score	Nível de significância	Significância
2019-2020	Animais domésticos	$p < .05$	17.2775	0,00001	Significativo*
2019-2021	Animais domésticos	$p < .05$	6.9017	0,00001	Significativo*
2020-2021	Animais domésticos	$p < .05$	-6.5411	0,00001	Significativo*
2019-2020	Animais silvestres	$p < .05$	16.3095	0,00001	Significativo*
2019-2021	Animais silvestres	$p < .05$	-3.3414	0,00084	Significativo*
2020-2021	Animais silvestres	$p < .05$	9.4696	0,00001	Significativo*

### 3.2 RELAÇÃO DO ENTORNO COM ANIMAIS SILVESTRES E DOMÉSTICOS

O entorno das rodovias possui grande influência sobre as taxas de atropelamentos, sendo que uma determinada região, com suas características próprias, pode facilitar ou dificultar a passagem, tanto de animais como de humanos. Nos relatórios foram usados 5 tipos de entorno: rural/urbano/residencial, áreas de plantio, pastagens, fragmentos de vegetação e cursos d'água (tabela 5).

O entorno que possui a menor quantidade de dados registrados foi a de cursos d'água e que possui a maior quantidade de ocorrências foram as pastagens. Se verificarmos e somarmos os dois entornos com os maiores percentuais, pastagens e rural/urbano/residencial veremos que possuem, juntos, 76,58% do total de ocorrências registradas.

Tabela 5: Tipo de entorno e quantidade de ocorrências registradas e percentual do entorno em relação ao total registrado das ocorrências. Cada entorno com sua ocorrência para animais domésticos, silvestres e animais não identificados quanto ao tipo.

<b>Tipo Do Entorno</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>% Em Relação Ao Total</b>
<b>Rural/Urbano/Residencial</b>	<b>99.187</b>	<b>30,90%</b>
Domésticos	79.077	79,72%
Silvestres	19.033	19,19%
Não identificado	1.077	1,08%
<b>Áreas De Plantio</b>	<b>18.470</b>	<b>5,62%</b>
Domésticos	10.776	58,34%
Silvestres	7.501	40,61%
Não identificado	193	1,04%
<b>Pastagens</b>	<b>147.090</b>	<b>45,68%</b>
Domésticos	97.423	66,23%
Silvestres	46.722	31,76%
Não identificado	2.945	2%
<b>Fragmento De Vegetação</b>	<b>33.061</b>	<b>10,3%</b>
Domésticos	18.094	54,73%
Silvestres	14.295	43,24%
Não identificado	672	2,02%
<b>Curso D'água</b>	<b>542</b>	<b>0,17%</b>
Domésticos	247	45,57%
Silvestres	292	53,87%
Não identificado	3	0,56%
<b>Não Definido</b>	<b>22.907</b>	<b>7,33%</b>
Domésticos	16.974	74,1%
Silvestres	5.465	23,85%
Não identificado	468	2,04%

### 3.3 ESPÉCIES ATROPELADAS

As famílias mais afetadas (figura 12) possuem uma gama de espécies bem variadas, passando de mamíferos de grande, médio e pequeno porte, para répteis e aves. Porém, é nítido que os mamíferos de grande porte são os mais afetados pelos atropelamentos, ocupando os primeiros três lugares no ranking dos mais afetados, considerados domésticos. Em quarto lugar temos a família *Caviidae*, representada pelas capivaras (sp.

*Hydrochoerus hydrochaeris*), com 21.977 registros, ou seja, possui o primeiro lugar de espécie silvestre mais afetada.

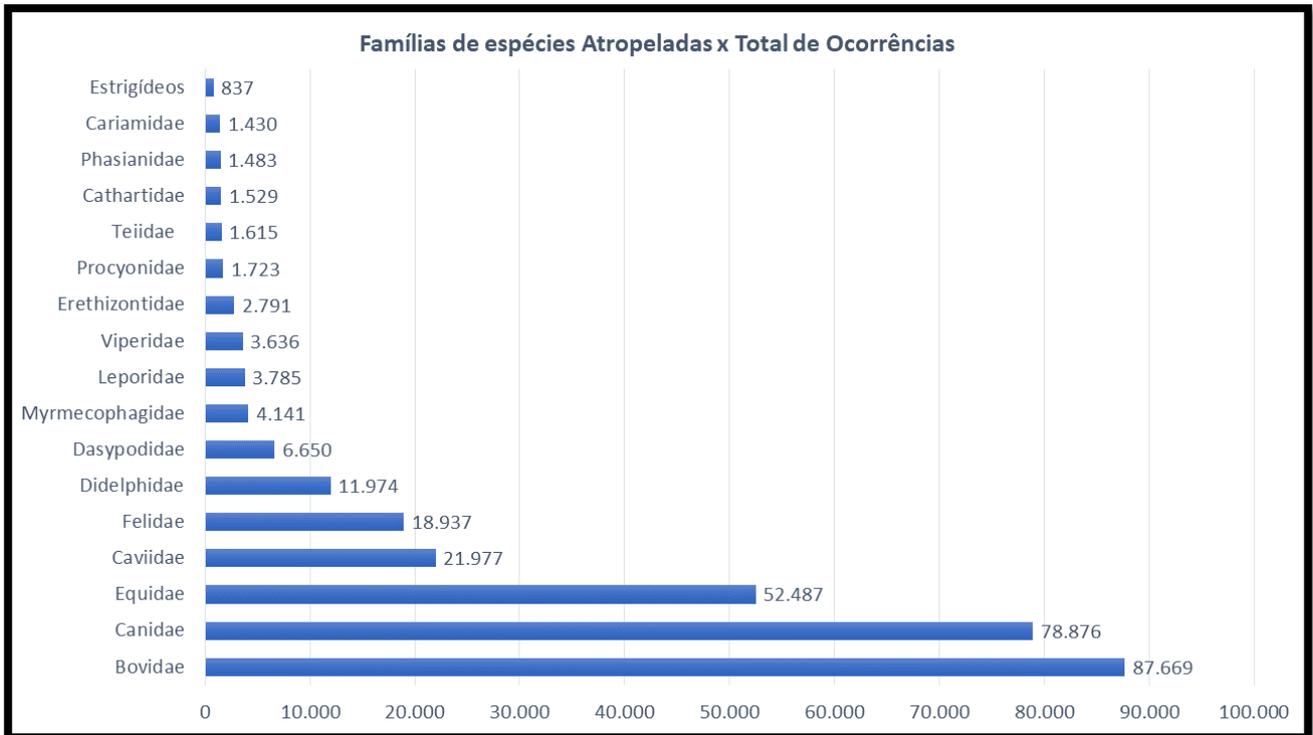


Figura 12: Famílias e espécies atropeladas e o total de ocorrências registradas para cada uma.

Foi detalhado cada espécie com sua categoria de ameaça de extinção (tabela 4), segundo a Portaria MMA nº 148, publicada em 07 de junho de 2022 pelo Ministério do Meio Ambiente (LEITE, 2022) e o total de ocorrências para cada espécie dentro das famílias mencionadas na figura 12.

Na figura 12, a família *Bovidae*, detalhada na tabela 4, conta com 3 representantes, sendo a espécie *Bos taurus* (Gado Bovino) a que possui a maior quantidade de ocorrências, com um total de 75.680 registros, representando 23,55% do total de atropelamentos. Da mesma forma a família *Canidae*, no qual há algumas espécies detalhadas, porém, a *Canis lupus familiaris* (cachorro doméstico) é a espécie que possui o maior número de ocorrências desta família, com 70.524 de registros seguida pela espécie *Equus caballus* (cavalo) com 52.487 registros.

As aves são as espécies menos afetadas, conforme pode ser visto na figura 12 e na tabela 6, figurando nas duas últimas posições do ranking de espécies e famílias mais afetadas.

Tabela 6: Ocorrências de atropelamentos registradas por espécie e seu percentual sob o total registrado; Tendência de ameaça de extinção das espécies pela categorização do MMA (Ministério do Meio Ambiente): VU (vulnerável), ST (estável), EN (em perigo). Classificados de forma alfabética da ordem taxonômica.

Nome científico	Nome popular	Ameaça de extinção	Ocorrências	% do total de registros
<b>Ordem Artiodactyla</b>				
<b>Família Bovidae</b>				
<i>Bos taurus</i>	Gado Bovino	ST	87.669	27,28%
<i>Bubalus bubalis</i>	Búfalo	ST		
<i>Capra aegagrus hircus</i>	Bode/Cabra	ST		
<b>Ordem Cariamiformes</b>				
<b>Família Cariamidae</b>				
<i>Cariama cristata</i>	Seriema	ST	1.430	0,44%
<b>Ordem Carnivora</b>				
<b>Família Felidae</b>				
<i>Felis catus</i>	Gato	ST	19.270	5,90%
<i>Leopardus pardalis</i>	Jaguatirica	ST		
<b>Família Canidae</b>				
<i>Canis lupus familiaris</i>	Cachorro Doméstico	ST	70.524	21,93%
<i>Cerdocyon thous</i>	Graxaim-do-mato	ST	8.352	2,59%
<i>Lycalopex vetulus</i>	Raposa-do-campo	VU		
<i>Vulpes vulpes</i>	Raposa vermelha	ST		
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	Lobo-guará	VU	586	0,18%
<b>Família Procyonidae</b>				
<i>Nasua nasua</i>	Quati	ST	1.723	0,53%
<b>Ordem Cathartiformes</b>				
<b>Família Cathartidae</b>				
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu de cabeça preta	ST	1.529	0,47%
<i>Sarcoramphus papa</i>	Urubu rei	ST		
<i>Cathartes burrovianus</i>	Urubu de cabeça amarela	ST		
<b>Ordem Cingulata</b>				
<b>Família Dasypodidae</b>				
<i>Dasyus novemcinctus</i>	Tatu-galinha	ST	6.650	2,06%
<i>Tolipeutes matacus</i>	Mataco	ST		
<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba ou Tatu-peludo	ST		
<i>Dasyus septemcinctus</i>	Tatuí ou Tatu-mulita	ST		
<i>Tolypeutes tricinctus</i>	Tatu-bola	EN		
<b>Ordem Didelphimorphia</b>				
<b>Família Didelphidae</b>				
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá-de-orelha-branca	ST	11.974	3,72%

<i>Didelphis aurita</i>	Gambá-de-orelha-preta	ST		
<b>Ordem Galliformes</b>				
<b>Família Phasianidae</b>	Galo/Galinha	ST		
<i>Gallus gallus domesticus</i>			1.483	0,46%
<b>Ordem Lagomorpha</b>				
<b>Família Leporidae</b>	Lebre-europeia	ST		
<i>Lepus europaeus</i>			3.785	1,17%
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Tapeti ou Tapiti-comum	ST		
<b>Ordem Perissodactyla</b>				
<b>Família Equidae</b>	Cavalo/Égua	ST		
<i>Equus caballus</i>			52.487	16,32%
<b>Ordem Pilosa</b>				
<b>Família Myrmecophagidae</b>	Tamanduá-bandeira	VU		
<i>Myrmecophaga tetradactyla</i>			4.144	1,28%
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-Mirim	ST		
<b>Ordem Rodentia</b>				
<b>Família Caviidae</b>	Capivara	ST		
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>			21.977	6,84%
<b>Família Erethizontidae</b>	Porco-espinho	ST		
<i>Coendou prehensilis</i>				
<i>Sphiggurus villosus</i>	Ouriço-cacheiro	ST	2.791	0,86%
<i>Coendou spinosus</i>	Porco-espinho anão	ST		
<i>Erinaceus europaeus</i>	Ouriço terrestre	ST		
<b>Ordem Squamata</b>				
<b>Família Viperidae</b>	Jararaca	ST		
<i>Bothrops jararaca</i>				
<i>Bothrops moojeni</i>	Caiçaca, Jacuruçu ou Jararacão	ST		
<i>Crotalus durissus terrificus</i>	Cascavel	ST		
<i>Epicrates Cenchria</i>	jiboia arco-íris ou salamanta	ST		
<i>Micrurus corallinus</i>	Coral verdadeira	ST		
<i>Spilotes pullatus</i>	Caninana	ST	3.636	1,13%
<i>Chironus quadricarinatus</i>	Cobra-cipó-marrom	ST		
<i>Chironius bicarinatus</i>	Cobra-cipó-verde	ST		
<i>Dipsas mikanii</i>	Cobra dormideira	ST		
<i>Sibynomorphus mikanii</i>	Jararaca dormideira	ST		
<i>Boa constrictor</i>	Jiboia constritora	ST		
<i>Liophis</i>	Serpente de água	ST		
<i>Philodryas livida</i>	Cobra-verde	VU		
<i>Typhlopidae</i>	Cobra-cega	ST		

<i>Erythrolamprus miliaris</i>	Cobra-lisa	ST		
<i>Helicops infrataeniatus</i>	Cobra-d'água	ST		
<i>Oxyrhopus clathratus</i>	Falsa-coral	ST		
<i>Tomodon dorsatus</i>	Cobra espada comum	ST		
<i>Eunectes murinus</i>	Sucuri	ST		
<i>Clelia clelia</i>	Muçurana ou cobra-preta	ST		
<i>Philodryas olfersii</i>	Cipó-listrada	ST		
<i>Atractus reticulatus</i>	Cobra-da-terra	ST		
<b>Família Teiidae</b>	<i>Lagarto-teui</i>	ST		
<i>Tupinambis merianae</i>				
<i>Tupinambis teguixin</i>	Lagarto teui branco	ST	1.615	0,50%
<i>Salvator merianae</i>	Lagarto teui gigante	ST		
<i>Enyalius iheringii</i>	Lagarto iguaninha ou papa-vento	ST		
<b>Ordem Strigiformes</b>				
<b>Família Estrigídeos</b>	<i>Coruja orelhuda</i>	ST		
<i>Asio clamator</i>				
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja-buraqueira	ST		
<i>Tyto alba</i>	Coruja-das-torres	ST		
<i>Tyto furcata</i>	Coruja-da-igreja	ST	837	0,26%
<i>Megascops choliba</i>	Corujinha-do-mato	ST		

Animais em extinção no Brasil prefiguram dentre as famílias mais atingidas, sendo as espécies classificadas nessa condição pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2022: *Myrmecophaga tadaractyla* (Tamanduá-bandeira), *Lycalopex vetulus* (Raposa-do-campo), *Tolypeutes tricinctus* (Tatu-bola), *Philodryas livida* (Cobra verde) e *Chrysocyon brachyurus* (Lobo guará). Além disso, na base de dados também foram encontradas ocorrências para *Leopardus pardalis* (Jaguaritica) porém, na portaria publicada de 2022 pelo MMA, esta espécie não figura mais entre as ameaçadas de extinção, sendo que para este grupo as espécies que ainda constam nesta classificação são: *Leopardus colocolo*, *Leopardus geoffroyi*, *Leopardus guttulus*, *Leopardus tigrinus*, *Leopardus wiedii* e *Panthera onca*.

Importante ressaltar que todas as espécies detalhadas (tabela 6) foram consideradas nesta seção por estarem dentre as famílias mais atingidas, porém, não compreendem todas as espécies que possuem registros na base de dados selecionada, havendo ainda outras espécies de outras famílias que possuem ocorrências, porém em menor quantidade, comparadas às famílias informadas na figura 12, sendo que o corte para a classificação foi

até a primeira família que apresenta o maior número de registros menor do que mil, o que resultou em 17 famílias consideradas.

### 3.4 REGISTROS DE ATROPELAMENTOS POR RODOVIAS

As rodovias constituem elemento principal para a questão dos atropelamentos de fauna, visto que elas normalmente são feitas entre trechos de mata, pastagens e plantios, ou entre casas e construções. A listagem das 190 rodovias e estradas não pavimentadas foi feita e foram separadas as 10 rodovias com os maiores índices de atropelamentos (Tabela 7).

Nota-se que a maior rodovia, a saber Rodovia Raposo Tavares, com 654 km de extensão, não é a que possui a maior quantidade de ocorrências por km, sendo esta a rodovia Ayrton Senna, com 299,33 ocorrências por km durante os 3 anos do estudo feito. Além disso, a rodovia que possui a maior fatalidade é a rodovia dos Imigrantes, que não é a maior em extensão e nem a que possui mais ocorrências por km.

Tabela 7: Informações das rodovias relacionadas com o número de atropelamentos, taxa de fatalidade, ocorrências por km.

Rodovia	Número	Extensão (Km)	Nº de registros	Registros fatais	Taxa de fatalidade	Ocorrência /Km
Rodovia Marechal Rondon	SP 300	558	16.670	4.445	27%	29,87
Rodovia Anhanguera	SP 330	453	16.218	3.417	21%	35,80
Rodovia Ayrton Senna	SP 070	48,3	14.458	3.303	23%	299,33
Rodoanel Mário Covas	SP 021	117	13.427	914	7%	114,76
Rodovia D. Pedro I	SP 065	145	8.769	1.991	23%	60,47
Rodovia Raposo Tavares	SP 270	654	7.917	1.273	16%	12,10
Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros	SP 294	331	7.069	1.622	23%	21,35
Rodovia dos Imigrantes	SP 160	58	6.616	2.272	34%	114,06
Rodovia dos Bandeirantes	SP 348	173	6.302	582	9%	36,42
Rodovia Campinas-Monte Mor	SP 101	31	5.438	931	17%	175,41

A malha viária estudada atravessa uma região composta por 144 municípios e, considerando somente a quantidade de habitantes de São Paulo, no ano de 2020, de 46.289.333 habitantes e de Campinas, em 2021, de 1.223.237 habitantes, sabemos que essa malha viária engloba milhões de pessoas, além de regiões de exploração da

agroindústria canavieira e bioenergética, somadas às de soja, café, milho, amendoim, além do comércio, indústrias e outros.

#### 4. DISCUSSÃO

Com os dados anuais é possível observar que de 2019 para 2020 houve um aumento considerável no total de atropelamentos. De 2020 para 2021 houve uma drástica redução, que, muito provavelmente ocorreu por conta do período de isolamento social imposto pelas regras governamentais durante a pandemia do SARS-CoV-2 (COVID-19). Em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia e então teve início o período de isolamento social no Brasil. Sendo assim, o fato de haver menos registros de atropelamentos no período de janeiro a maio de 2019, quando comparado com o mesmo período de 2020, pode significar que não houve a contabilização correta das informações e repasse dos incidentes à CETESB na mesma proporção em que foi feito posteriormente. Sendo este o caso, alguns fatores podem ter contribuído, como:

- Ajustes na padronização do repasse dos relatórios de registros de atropelamentos das concessionárias para a CETESB, principalmente das rodovias menores, com menor fluxo de veículos;

- Rodovia que possui mais de uma concessionária para administração, as quais podem ter procedimentos distintos de como repassar a informação ou registrar as ocorrências.

E então, é nítido que a partir de julho de 2020 há uma queda drástica no número de atropelamentos da fauna nas rodovias, no qual, comparando os períodos de “maio/19 – junho/20” e “julho/20 – dezembro/21”, é possível observar uma queda de 80% no número de ocorrências.

Com as medidas de restrição e isolamento social adotadas por muitos países para controlar a disseminação da COVID-19, muitas pessoas reduziram suas atividades fora de casa, incluindo as viagens de carro. Como resultado, houve uma diminuição acentuada do tráfego de veículos nas rodovias. Por exemplo, de acordo com FHWA (2020), nos Estados Unidos, houve uma queda de cerca de 40% no tráfego de veículos em abril de 2020, em comparação com o mesmo período do ano anterior. Em algumas áreas metropolitanas, a queda foi ainda mais significativa, com reduções de até 60% no tráfego. E, assim como visto por SILVA (2021), esta contabilização dos dados é preliminar e precisará ser feita nova avaliação nos anos pós pandemia, para que os dados possam ser comparados com períodos normais de circulação de modais e veículos de passeio.

Os dados revelam que o efeito do isolamento social no Brasil levou cerca de 4 meses em 2020 (março – junho/2020) para refletir, de modo significativo, nos registros de atropelamentos de fauna nas rodovias. Porém, mesmo com diversas restrições de circulação devido à pandemia, se utilizarmos os dados de julho/20 a dezembro/21, sendo 540 dias em 18 meses, podemos inferir que a cada hora, 6,4 animais foram atropelados, com um total de 83.117 animais atropelados neste período específico.

Considerando o total de ocorrências, temos que 42,11% foram atropelamentos fatais, 51,87% foram atropelamentos não fatais e 6% não identificados (não continha registro de fatalidade ou sobrevivência). As comparações dos anos de 2019, 2020 e 2021 para os atropelamentos fatais mostrou que não houve diferença significativa entre os registros, ou seja, os valores de um ano não são diferentes dos valores de outro ano. Embora haja um aumento no número de atropelamentos fatais de 2019 para 2020, também houve um aumento proporcional no número de registros. Porém, entre 2019-2020 e 2019-2021, para os registros não fatais, foi verificada diferença significativa, ou seja, é improvável que isso tenha ocorrido por acaso e valida o efeito de algo externo que pode ter influência nos dados, como a pandemia.

O entorno das rodovias pode contribuir de diversas maneiras para estes números, e, após serem analisados e quantificados foi visto que o tipo de entorno que possui a maior taxa de ocorrências é o tipo 'pastagens'. Isso foi verificado por MEDRANO-VIZCAÍNO (2021), que explorou o efeito das estradas na mortalidade animal, com espécies endêmicas de vertebrados na região dos Andes e verificou que a maioria dos atropelamentos ocorreu nas rodovias com o entorno predominantemente de pastagens e pontes, e concluíram que pastagens e pontes podem estar funcionando como armadilhas ecológicas. Assim, pode-se inferir que as pastagens, áreas com vegetação predominantemente rasteira, sem grandes obstáculos, facilita a locomoção da fauna que, por falta de cerca adequada ou barreira física, acaba invadindo a pista e gerando acidentes. Além disso, quando a paisagem é predominantemente composta por pastagens, os animais precisam se deslocar mais em busca de abrigo sombreado. Esse movimento diminui de frequência quando há algumas áreas de mata na paisagem, permitindo que os indivíduos descansem e, portanto, diminuindo a chance de encontrar uma estrada e, conseqüentemente, ser atropelado (CIRINO, *et. al.*, 2022).

O outro tipo de entorno que, também, apresentou alta taxa de ocorrências foi o Rural/Urbano/Residencial. Há, nesse tipo de entorno, muitos animais domésticos e, além disso, há atrativos para que animais silvestres se aproximem, já que podem ser atraídos por cheiros de lixo, alimentos e até ração de outros animais. Por esse motivo é interessante

verificar que, de acordo com o banco de dados estudado, dos 222.591 animais domésticos atropelados, 79.077 estavam em rodovias com o entorno do tipo Rural/Urbano/Residencial e 97.423 estavam em rodovias com o entorno do tipo Pastagens. Considerando estes dois tipos de entornos, é válido dizer que eles contêm 79,30% do total de ocorrências envolvendo animais considerados domésticos. Dado que corrobora o que foi apurado por FREITAS & BARSZCZ (2015), no qual foi verificado que em um período de 5 anos, com dados de rodovias a nível nacional, que 70% dos registros de espécies atropeladas foram de animais domésticos e 30% representaram ocorrências para animais silvestres.

É possível que se tenha mais informações dos animais domésticos do que dos silvestres, pois os domésticos possuem donos(as) que informam com mais precisão sobre o acidente ou que levam a hospitais veterinários e, assim, os animais entram na estatística dos atropelamentos. O mesmo não ocorre para os animais silvestres, que estão soltos e, muitas vezes, suas mortes podem passar despercebidas e suas carcaças podem ser levadas, pela chuva, por outros animais, outros carros ou até apodrecer não sendo encontrados pelas concessionárias para serem contabilizados e, quando sobrevivem, mesmo feridos, podem retornar para a mata local. Este é um viés do estudo considerando os animais silvestres, visto que não há como saber se o número apresentado está próximo da realidade, visto que há limitações humanas de mão de obra para coletar os dados, a grande extensão das rodovias e a questão de que animais silvestres que sobrevivem podem retornar para os locais do entorno das rodovias.

Ainda sobre o entorno, os dados deste trabalho devem ser contrapostos com o que foi visto por BUENO, *et. al.* (2015), o qual, analisando cobertura florestal, cobertura herbácea, campos de cultivo e área urbano, verificou que a proximidade do rio e a cobertura vegetal herbácea, ambos modelos de efeito de matriz, foram associados à maioria dos grupos de vertebrados atropelados. Com relação à cobertura vegetal herbácea, sendo relacionada no nosso trabalho como pastagem, ambos os trabalhos possuem dados semelhantes, concluindo que nestas regiões há maior ocorrência de atropelamentos, o que já indica que sejam lugares no qual seja necessário buscar medidas preventivas, visto o alto índice de ocorrências. Entretanto, com relação à proximidade com rios, no presente trabalho não foi encontrada a mesma relação que BUENO, *et al.* (2015), visto que a quantidade de registros em locais de cursos d'água foi ínfima, comparado com os registros dos demais tipos de entorno.

Considerando as espécies acometidas pelos atropelamentos é grande a quantidade de ocorrências registradas para o *gado bovino (Bos Taurus)*, *cachorros (Canis Lúpus familiaris)*, *cavalos e éguas (Equus caballus)*, que representam apenas 5% das espécies,

porém com 62% das ocorrências. No caso do gado, muitas vezes eles são criados em áreas rurais próximas às rodovias e podem escapar de suas propriedades, buscando pastagens ou água em outras áreas.

Esses fatores podem levar a colisões entre veículos e gado, especialmente durante a noite ou em condições de baixa visibilidade. O número total de bovinos no Estado de São Paulo verificado foi de 10,10 milhões de cabeças em 2020, e a distribuição desses animais, conforme a classificação por aptidão do rebanho utilizada pelo IEA (Instituto de Economia Agrícola), indica que, em bovinos de corte, estima-se uma população de 6,28 milhões de cabeças, na categoria gado misto, o número de cabeças foi de 2,72 milhões e em bovinos para leite, com o total de 1,09 milhão de cabeças (IEA, 2020).

No caso dos cachorros, eles são frequentemente encontrados em áreas urbanas próximas às rodovias. Muitos cães são abandonados ou vivem em situação de rua e podem ser atraídos pela comida ou água encontrada ao longo das estradas. Além disso, muitos cachorros perseguem carros ou correm pela rodovia em busca de seus donos, o que pode aumentar o risco de colisões. O grande número de atropelamentos de cães se deve à grande quantidade de animais desta espécie, sendo que no estado de São Paulo, a população canina foi estimada em 2.507.401 milhões de animais no ano de 2012, tendendo a crescimento (CANATTO *et. al*, 2012).

Os cavalos também são frequentemente atropelados em rodovias, especialmente em áreas rurais, visto que podem escapar de suas propriedades e percorrer grandes distâncias, inclusive cruzando rodovias. Isso pode ocorrer, por exemplo, se eles se assustarem com algo ou se não houver barreiras físicas suficientes para mantê-los dentro de uma área segura. Além disso, o cavalo é usado como meio de locomoção na área rural, o que significa exposição na estrada e aumento de chances de colisões com veículos.

Devido à grande utilização pelos seres humanos, estes animais acabam mais expostos a regiões de circulação de automóveis, como ruas e rodovias. Esse pode ser o motivo de os números de registros do gado, cães e equinos representarem 65% das ocorrências, considerando as 20 espécies mais atingidas.

FREITAS & BARSZCZ (2015), no estudo feito em rodovias de todo o Brasil, verificou que no estado de São Paulo o animal silvestre que mais continha incidentes de atropelamentos foram as capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). No presente trabalho, a quantidade de capivaras atropeladas também foi significativa, com um total de 21.977 ocorrências, garantindo para esta espécie o 4º lugar dentre as espécies mais atingidas contabilizadas e o primeiro lugar dentre as espécies silvestres mais atingidas. Esta espécie já foi monitorada em diversos outros estudos (CÁCERES *et al.*, 2010; DORNAS *et al.*,

2012), o que nos indica a grande incidência de capivaras no estado de São Paulo, o que pode ter influência da mata atlântica, bioma em que a ocorrência desta espécie é maior.

Dentre estas as famílias mais afetadas há espécies ameaçadas de extinção segundo a Portaria MMA nº 148, publicada em 07 de junho de 2022 pelo Ministério do Meio Ambiente (LEITE, 2022), que atualiza a lista oficial das espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção no Brasil. Segundo esta portaria e levando em conta as espécies destacadas na tabela 4, temos, categorizadas pelo ministério do meio ambiente como “Em perigo (EN)” ou “Vulnerável (V)”:

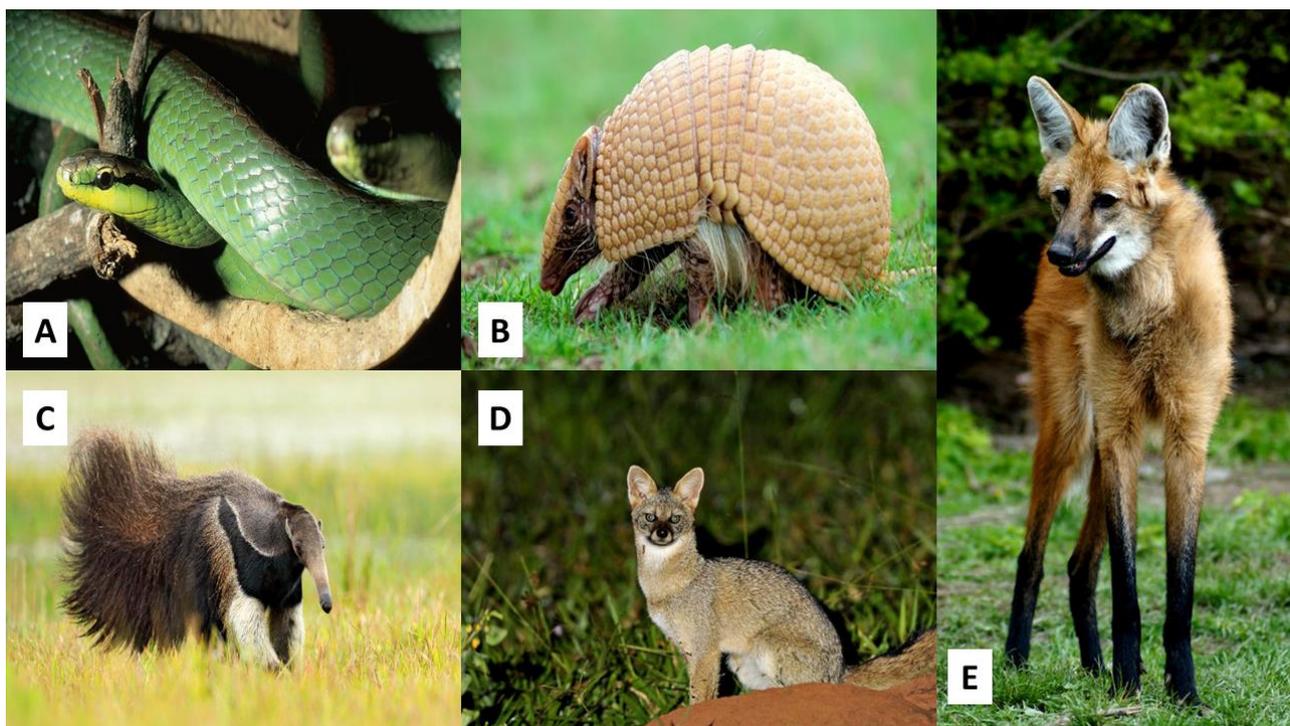


Figura 13: Espécies ameaçadas de extinção que constam dentre a classificação dos 20 grupos de espécies mais atingidos pelos atropelamentos; A - *Philodryas livida* (Cobra verde); B - *Tolypeutes tricinctus* (Tatu-bola); C - *Myrmecophaga tetradactyla* (Tamanduá-bandeira); D - *Lycalopex vetulus* (Raposa-do-campo), E - *Chrysocyon brachyurus* (Lobo-guará).

- *Myrmecophaga tetradactyla* (Tamanduá-bandeira) – VU: Vulnerável
- *Lycalopex vetulus* (Raposa-do-campo) – VU: Vulnerável
- *Tolypeutes tricinctus* (Tatu-bola) – EN: Em Perigo
- *Philodryas livida* (Cobra verde) – VU: Vulnerável
- *Chrysocyon brachyurus* (Lobo-guará) - VU: Vulnerável

O fato de animais ameaçados estarem presentes na incidência dos atropelamentos não é um dado novo, visto que em estudo feito por PRADA (2004), no Estado de São Paulo,

algumas espécies ameaçadas (nem todas de ocorrência natural do estado) foram contabilizadas dentre registros de atropelamentos, como Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), Jaguatirica (*Leopardus pardalis*), Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tedradactyla*) e Jacaré-do-papo-amarelo (*Cayman latirostris*) e, no estudo feito por FONSECA (2014) foi identificado, na região nordeste do estado de São Paulo, registros de atropelamentos do Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e da raposinha-do-campo (*Lycalopex vetulus*), ambos em situação de vulnerabilidade.

Conforme informado nos resultados, foram encontrados registros neste trabalho para Jaguatirica (*Leopardus pardalis*) que, na época dos estudos citados acima estava na classificação de animal ameaçado de extinção, porém, na portaria publicada do Ministério do Meio Ambiente mais recente, de 2022, esta espécie não figura mais entre as ameaçadas de extinção, sendo que para este grupo as espécies que ainda constam nesta classificação são: *Leopardus colocolo*, *Leopardus geoffroyi*, *Leopardus guttulus*, *Leopardus tigrinus*, *Leopardus wiedii* e *Panthera onca*.

No geral, nestes casos, os altos índices de atropelamento podem contribuir para o declínio populacional destas espécies e até mesmo para sua efetiva extinção.

Independente da classificação de doméstico ou silvestre, fato é que há espécies que são mais afetadas pelos atropelamentos do que outras. Animais maiores tendem a ser vistos com maior facilidade, não só pelo seu tamanho, mas também pelos danos que podem ocasionar, assim, animais menores, muitas vezes sofrem atropelamentos, porém, não são contabilizados, visto que seus acidentes podem passar despercebidos. Entretanto, mesmo que muitos animais possam não ser registrados pelas concessionárias, aqueles que foram contabilizados representam resultados interessantes e que mostram a situação de vulnerabilidade a que muitos animais são expostos diariamente.

Além das relações das espécies atingidas, é amplamente necessário saber onde os registros estão ocorrendo. As rodovias do estado de São Paulo já foram palco de análises de atropelamentos, como fez PRADA (2004) com um trecho da região nordeste do estado, mas, agora, considerando uma escala estadual, separamos as 10 rodovias com os maiores índices de atropelamentos, as quais representam apenas 5,26 % do total de 190 rodovias, dentro da base considerada, mas são responsáveis por 102.884 registros dos atropelamentos, ou seja 26,12% do total.

Existem vários fatores que podem influenciar a quantidade de atropelamentos de animais em rodovias, fazendo com que algumas rodovias tenham mais atropelamentos de fauna do que outras. Alguns desses fatores incluem:

- Localização geográfica: Algumas áreas geográficas têm mais fauna que outras e, portanto, rodovias que atravessam essas áreas podem ter maiores índices de atropelamentos de animais;
- Tipo de ecossistema: Rodovias que atravessam áreas de ecossistemas como florestas, cerrados, savanas e áreas úmidas podem ter mais atropelamentos de animais, pois essas áreas costumam ter mais fauna e as estradas muitas vezes dividem habitats naturais dos animais;
- Tipo de entorno: Como visto, rodovias que atravessam áreas de pastagens também podem ter altos índices de atropelamentos;
- Densidade de tráfego: Rodovias com alta densidade de tráfego, como aquelas que conectam grandes cidades ou que são utilizadas para transporte de cargas, têm maior probabilidade de ter mais atropelamentos de animais do que estradas menos movimentadas.

Além disso, é importante observar que a taxa de atropelamentos pode exercer grande influência sobre a taxa de fatalidade. A Rodovia dos Imigrantes, está em 8º lugar na lista, com 6.616 registros de atropelamentos, mas possui a maior taxa de fatalidade nesses acidentes de 34%, maior do que a rodovia Marechal Rondon (1º lugar na lista) com 27% de fatalidades e que a rodovia Anhanguera (2º lugar na lista) com 21% de fatalidade, esta análise leva em conta o total de atropelamentos registrados e isso varia bastante entre as rodovias, sendo que pode esse o motivo desta discrepância.

A grande variação de espécies atropeladas era esperada, pois estas rodovias atravessam diferentes tipos de paisagens, desde áreas naturais até áreas urbanas, o que influencia diretamente na riqueza e abundância de espécies. Embora os dados de atropelamentos demonstrem a mortalidade direta na estrada para diferentes espécies, é importante enfatizar que nem todos os atropelamentos são registrados. Causas potenciais para a subnotificação são a remoção de carcaças por necrófagos (RATTON *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2016) ou pessoas (ABRA, 2021).

Dados de atropelamentos como os expostos neste trabalho podem ser extremamente úteis para as concessionárias que administram rodovias, pois esses dados podem fornecer informações valiosas sobre onde, quando e como os atropelamentos estão ocorrendo. Com base nesses dados, as concessionárias podem tomar várias medidas para mitigar os atropelamentos.

Onde ocorrem mais atropelamentos? Conforme visto as rodovias Ayrton Senna, Campinas-Monte Mor, Rodoanel Mário Covas e Imigrantes possuem altos índices de Ocorrência/Km. Esses pontos podem ser sinalizados de forma mais clara, ter mais

iluminação e/ou placas para redução de velocidade dos motoristas e fornecer informações aos motoristas sobre os riscos de atropelamentos e medidas preventivas que podem ser tomadas por eles para evitar esses acidentes. Além de buscar a constante melhoria dos procedimentos existentes para implementação de pontos de passagem de fauna e criação de novas ferramentas para mitigar os atropelamentos.

Em resumo, os dados de atropelamentos podem ajudar as concessionárias a entender melhor o problema e a aumentar/melhorar as medidas preventivas para reduzir a incidência de atropelamentos nas rodovias.

Dessa forma, além do exposto acima, conseguimos verificar que não são as maiores rodovias do estado que possuem a maior taxa de atropelamentos por km, mas sim aquelas que, possuem menor extensão com alto índice de acidentes registrados, o que é esperado, visto que em rodovias maiores o cálculo dos registros acaba ficando bem mais distribuído do que em rodovias com menor extensão.

Para este estudo, acreditamos que a principal limitação não é a metodologia, mas uma base de dados que possui alguns campos com falta de informações, como por exemplo o trecho específico da rodovia em que o acidente foi registrado e alguns outros campos em branco como espécie e fatalidade. Além da numeração de muitas rodovias que não estava no mesmo padrão e exigiu um trabalho manual para correção, o que pode ser passível de erro. No entanto, acreditamos que nossas estimativas de atropelamentos para o estado de São Paulo podem ser úteis e devem permitir que os órgãos ambientais e de transporte melhorem seu planejamento, regulamentação e investimentos em medidas de mitigação eficazes destinadas a abordar os efeitos negativos das estradas sobre a vida selvagem (ABRA, 2021).

## 5. CONCLUSÃO

Contribuímos para identificar, em escala estadual, quais as espécies de animais que são mais atingidas por acidentes envolvendo automóveis nas rodovias do estado de São Paulo e a frequência de mortalidade – dada pelas taxas de atropelamentos. Apresentamos, de forma muito relevante, as rodovias estaduais com maior taxa de acidentes registrados envolvendo mamíferos, répteis e aves, considerando para esta análise as espécies que obtiveram maiores percentuais de incidentes. Com isso foi possível observar que as 10 rodovias com maiores índices de atropelamentos de fauna representam, de forma bem expressiva, 26,12% do total de atropelamentos analisados.

Ainda, validamos que a hipótese inicial de que as rodovias maiores são as que possuem maior taxa de atropelamentos por km não se verificou correta, visto que rodovias

menores em extensão com alto índice de registros de atropelamentos apresentaram maiores números de ocorrências por km.

Apesar dos dados obtidos neste estudo trazerem uma ideia da realidade deste assunto nas rodovias estaduais, no período citado, os impactos dos atropelamentos na redução das populações, principalmente de espécies ameaçadas de extinção, precisam ser mais profundamente estudados, principalmente nos anos pós pandemia. Como incorporar as rodovias na flora local, sem aumentar os danos causados na fauna? O quanto a mortalidade da fauna nas estradas tem afetado as populações silvestres e domésticas que vivem e circulam no entorno das rodovias? Essas são questões que podem vir a ser estudadas a partir deste trabalho e que trarão mais dados sobre as políticas atuais que estão sob as rodovias para tentar mitigar estes problemas, validando sua eficiência e buscando novas formas de reduzir as taxas de atropelamentos, principalmente nas grandes rodovias do estado. Além de trazerem mais informações sobre dados populacionais e de abundância da fauna local.

É possível inferir que o conhecimento destes dados pode ser de grande contribuição para concessionárias e forças políticas que atuam na conservação da fauna, aliadas às necessidades humanas. Sendo as grandes rodovias, que passam pelos maiores centros comerciais e industriais do estado as que possuem os maiores números de acidentes envolvendo a fauna e os veículos que transitam por elas, fica evidente que é preciso um trabalho em conjunto da CETESB com as concessionárias a fim de reduzir os números de atropelamentos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F. D., GRANZIERA, B. M., HUIJSER, M. P., FERRAZ, K. M. P. M. de B., HADDAD, C. M., & PAOLINO, R. M. **Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil.** PLOS ONE, 14(4), e0215152, 2019, doi:10.1371/journal.pone.0215152.

ABRA, F. D., HUIJSER, M. P., MAGIOLI, M., BOVO, A. A. A., & FERRAZ, K. M. P. M. de B. **An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil.** Heliyon, 7(1), e06015, 2021, doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06015.

BUENO, Cecília, FAUSTINO, Mariana T. & FREITAS, Simone R. **Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, Southeastern Brazil.** Oecologia Australis. 17. 130-137, 2013, 10.4257/oeco.2013.1702.11.

BUENO, C., SOUSA, C. O. M., & FREITAS, S. R. **Habitat or matrix: which is more relevant to predict road-kill of vertebrates?** Brazilian Journal of Biology, 75 (4 suppl 1), 228–238, 2015, doi:10.1590/1519-6984.12614.

CÁCERES, N. C., HANNIBAL, W., FREITAS, D. R., SILVA, E. L., ROMAN, C., & CASELLA, J. **Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil.** Zoologia. Curitiba. 27(5), 709–717, 2010, <https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000500007>.

CANATTO, B. D., SILVA, E. A., BERNARDI, F., MENDES, M. C. N. C., PARANHOS, N. T., & DIAS, R. A. **Caracterização demográfica das populações de cães e gatos supervisionados do município de São Paulo.** Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária e Zootecnia, 64, 2012, <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600017>

CIRINO, Douglas W., CUNHA, Artur L., DE FREITAS, Carlos H. e FREITAS, Simone R. **Do the roadkills of different mammal species respond the same way to habitat and matrix?** Nature Conservation. 47, 65-85, 2022, 10.3897/natureconservation.47.73010.

**COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB.** Decisão de Diretoria 141/2018/I, de 14 de agosto de 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/decisoes-de-diretoria/dd-141-2018-i-destinacao-de-animais-mortos-em-rodovias-4/>, 2018.

**DER - Departamento de Estradas e Rodagem.** São Paulo. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/WebSite/MalhaRodoviaria/PesquisaRodovias.aspx>, 2023.

DORNAS, Rubem, KINDEL, Andreas, BAGER, Alex e FREITAS, Simone R. **Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil.** Ecologia de estradas: tendências e

pesquisas (pp.139-152), Chapter: Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil Publisher: Editora UFLA. 2012.

**EIGENBROD, F., HECNAR, S.J., FAHRIG, L. Quantifying the road-effect zone: threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada.** Ecology and Society, Wolfville, v. 14, p. 1-18, 2009.

**FHWA - Federal Highway Administration.** [S. l.], Disponível em: [https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tables/vmt/vmt\\_forecast\\_sum.pdf](https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tables/vmt/vmt_forecast_sum.pdf), 2020.

FONSECA, Vanessa Suzana Cavaglieri. **Análise dos pontos críticos de atropelamento de animais em rodovias operadas por uma concessionária na região nordeste do Estado de São Paulo e recomendação de medidas mitigadoras.** Dissertação (MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [S. l.], 2014.

FORMAN, RTT; SPERLING, D; BISSONETTE, JA; CLEVINGER, AP; CUTSHALL, CD; DALE, VH. **Road ecology: science and solutions.** Island Press, Washington DC, USA. 2003. <https://doi.org/10.1002/ep.670220307>

FREITAS, S. R. de, & BARSZCZ, L. B. **A perspectiva da mídia online sobre os acidentes entre veículos e animais em rodovias brasileiras: uma questão de segurança?** Desenvolvimento e Meio Ambiente, 33. 2015. doi:10.5380/dma.v33i0.36910

**IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA.** Previsões e Estimativas do Efetivo e Produção Animal do Estado de São Paulo. Disponível em: [http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14922#:~:text=2021.&text=O%20n%C3%BAmero%20total%20de%20bovinos,a%202019%20\(Tabela%202\).](http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14922#:~:text=2021.&text=O%20n%C3%BAmero%20total%20de%20bovinos,a%202019%20(Tabela%202).) 2020.

LAURANCE WF, GOOSEM M, LAURANCE SG. **Impacts of roads and linear clearings on tropical forests.** Trends Ecol Evol. Dec; 24(12):659-69. 2009. doi:10.1016/j.tree.2009.06.009. PMID: 19748151.

**LAURANCE, W. F. et al. A global strategy for road building.** Nature, USA, v. 513, p. 229, Set. 2014.

LEITE, Joaquim Alvaro Pereira. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE GABINETE DO MINISTRO.** PORTARIA MMA Nº 148, DE 7 DE JUNHO DE 2022, [s. l.].

MENDONÇA, Renata Ramos *et al.* **Perfil e Análise das Ocorrências Envolvendo Animais em Rodovias do Estado de São Paulo (2019-2021).** REET Brasil, E-book "Impacto dos Transportes na Fauna", 2023.

MEDRANO-VIZCAÍNO, P. and ESPINOSA, S., **Geography of roadkills within the Tropical Andes Biodiversity Hotspot: Poorly known vertebrates are part of the toll.** *Biotropica*, 53: 820-830. 2021. <https://doi.org/10.1111/btp.12938>

MOUNTRAKIS, G; GUNSON, KE. **Multi-scale spatiotemporal analyses of moosevehicle collisions: a case study in northern Vermont.** *Intern J Geo Info Syst*, 23: 1389e1412. 2009.

NIELSEN, E.; STENHOUSE, G.B.; BOYCE, M.S. **A habitat-based framework for grizzly bear conservation in Alberta.** *Biological Conservation*, Washington, DC, v. 130, p. 217–229, Feb. 2006.

PARRIS, K.M.; LORD, M.V.; NORTH, J.M.A. **Frogs call at a higher pitch in traffic noise.** *Ecology and Society*, Wolfville, v. 14, p. 25, 2009.

PINTO, Fernando, CIRINO, Douglas, CERQUEIRA, Rafaela, ROSA, Clarissa Alves da e FREITAS, Simone R. **How Many Mammals Are Killed on Brazilian Roads? Assessing Impacts and Conservation Implications.** *Diversity*. 2022. 14. 835. 10.3390/d14100835.

PRADA, Cristiana de Santis. **Atropelamentos de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: Quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos.** Dissertação (Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - Universidade Federal de São Carlos, [S. l.], 2004.

RAMP, D.J. et al. **Modelling of wildlife fatality hotspots along the snowy mountain highway in New South Wales**, Australia. *Biological Conservation*, Washington DC, v. 126, p. 474-490, Dec. 2005.

RATTON, P., SECCO, H., DA ROSA, C.A., **Carcass permanency time and its implications to the roadkill data.** *Eur. J. Wildl. Res.* 60 (3), 543–546, 2014.

SANTOS, R.A.L., SANTOS, S.M., SANTOS-REIS, M., DE FIGUEIREDO, A.P., BAGER, A., AGUIAR, L.M., ASCENSAO, F., **Carcass persistence and detectability: reducing the uncertainty surrounding wildlife-vehicle collision surveys.** *PloS One* 11 (11), e0165608, 2016.

SILVA, Yan Giovanni Freitas. **ESTUDO DE ATROPELAMENTO ANIMAL NO TRECHO DA RODOVIA BR 101/RJ NAS MARGENS DO PARQUE ESTADUAL CUNHAMBEBE, RIO DE JANEIRO: PROPOSTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS COM ÊNFASE EM ECOLOGIA DE ESTRADAS.** Monografia (Graduação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, [S. l.], 2021.

STEEN, D.A.; GIBBS, J.P. **Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations.** Conservation Biology, Washington, v. 18, p. 1143–1148, Jul. 2004.

TEIXEIRA, Fernanda, *et. al.* **Predição de impactos na fauna: uma proposta para aprimorar estudos de impacto ambiental.** 89. 146-153. 2020.

TROCMÉ, M. **Habitat Fragmentation Due to Linear Transportation Infrastructure: An Overview of Mitigation Measures in Switzerland.** Swiss Transport Research Conference, Switzerland, p. 15-17, Mar. 2003.

VASCONCELOS, Yuri. **Animais na Pista. Ecologia de Estradas,** Pesquisa FAPESP, ed. 260, 2017.

APÊNDICE A – ESPÉCIES CATEGORIZADA PELAS ADMINISTRADORAS DAS RODOVIAS COMO  
 “DOMÉSTICAS”, RELACIONADAS ÀS OCORRÊNCIAS:

<b>Nome Popular</b>	<b>Nome Científico</b>
Anu-preto	<i>Crotophaga ani</i>
Boi	<i>Bos taurus</i>
Búfalo	<i>Bubalus bubalis</i>
Cabra-selvagem	<i>Capra aegagrus hircus</i>
Cachorro doméstico	<i>Canis lupus familiaris</i>
Capivara	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>
Caprino	<i>Caprinae</i>
Carneiro/Ovelha	<i>Ovis aries</i>
Cavalo	<i>Equus caballus</i>
Cavalo doméstico	<i>Equus ferus caballus</i>
Gato-do-mato-pequeno	<i>Leopardus tigrinus</i>
Cobra espada comum	<i>Tomodon dorsatus</i>
Cobra-cipó	<i>Chironius bicarinatus</i>
Cobra-dágua	<i>Erythrolamprus miliaris</i>
Codorna-amarela	<i>Nothura maculosa</i>
Coelho-doméstico	<i>Oryctolagus sp.</i>
Coelho-europeu	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Coral-falsa	<i>Oxyrhopus sp.</i>
Coral-verdadeira	<i>Micurus corallinus</i>
Coruja-buraqueira	<i>Athene cunicularia</i>
Cotia	<i>Dasyprocta aguti</i>
Gado-bovino-doméstico	<i>Bos taurus</i>
Galinha dangola	<i>Numida meleagris</i>
Galinha doméstica	<i>Gallus gallus domesticus</i>
Galo-banquiva	<i>Gallus gallus</i>
Gambá	<i>Didelphis aurita</i>
Gambá-de-orelha-branca	<i>Didelphis albiventris</i>
Ganso	<i>Anser sp.</i>

Gato-doméstico	<i>Felis catus</i>
Gavião Carcará	<i>Caracara plancus</i>
Gavião-carijó	<i>Rupornis magnirostris</i>
Graxaim-do-mato	<i>Cerdocyon thous</i>
Jararaca	<i>Bothrops jararaca</i>
Javaporco	<i>Sus scrofa</i>
Jiboia vermelha	<i>Epicrates Cenchria</i>
Jibóia-constritora	<i>Boa constrictor</i>
Lagarto-teiu	<i>Tupinambis merianae</i>
Lebre-europeia	<i>Lepus europaeus</i>
Macaco-prego	<i>Sapajus nigritus</i>
Maritaca	<i>Pionus</i>
Marreca Cabocla	<i>Dendrocygna Autumnais</i>
ovelha	<i>Ovies aries</i>
Papagaio-verdadeiro	<i>Amazona aestiva</i>
Pato doméstico	<i>Anas platyrhynchos</i> <i>domesticus</i>
Pavão	<i>Pavo cristatus</i>
Periquito-rico ou Periquito-verde	<i>Brotogeris tirica</i>
Peru - Selvagem	<i>Meleagris gallopavo</i>
Pomba	<i>Columba livia</i>
Porco	<i>Sus scrofa domesticus</i>

APÊNDICE B – ESPÉCIES CATEGORIZADA PELAS ADMINISTRADORES DAS RODOVIAS COMO  
 “SILVESTRES” RELACIONADAS ÀS OCORRÊNCIAS

<b>Nome Popular</b>	<b>Nome científico</b>
Alma-de-gato	<i>Piaya cayana</i>
Anta	<i>Tapirus terrestris</i>
Anu-branco	<i>Guira guira</i>
Anu-preto	<i>Crotophaga ani</i>
Araçari-castanho	<i>Pteroglossus castanotis</i>
Araçari-poca	<i>Selenidera maculirostris</i>
Aranha	<i>Araneae</i>
Arara	<i>Ara chloropterus</i>
Arara-canindé	<i>Ara ararauna</i>
Ariranha	<i>Pteronura brasiliensis</i>
Asa-branca	<i>Patagioenas picazuro</i>
Asno	<i>Equus asinus</i>
Bacurau/Curiango	<i>Caprimulgidae</i>
Beija-flor	<i>Trochilidae</i>
Bem-te-vi	<i>Pitangus sulphuratus</i>
Biguá	<i>Phalacrocarax brasilianus</i>
Biguatinga	<i>Anhinga anhinga</i>
Boi	<i>Bos taurus</i>
Búfalo	<i>Bubalus bubalis</i>
Bugio-preto	<i>Alouatta caraya</i>
Bugio-ruivo	<i>Alouatta guariba</i>
Burro	<i>Equus asinus</i>
Cabra-selvagem	<i>Capra aegagrus hircus</i>
Cachorro-do-mato	<i>Cerdocyon thous</i>
Cágado	<i>Chelidae</i>
Cágado-de-barbicha	<i>Phrynops geoffranus</i>
Cágado-de-pescoço-de-cobra	<i>Hydromedusa tectifera</i>
Cágado-pescoço-de-cobra	<i>Hydromedusa</i>

Calango	<i>Tropidurus sp.</i>
Calopsita	<i>Nymphicus hollandicus</i>
Canário-da-terra	<i>Sicalis flaveola</i>
cangambá	<i>Conepatus sp.</i>
Canídeos	<i>Cerdocyon thous</i>
Caninana - cobra	<i>Spilotes pullatus</i>
Capivara	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>
Carão	<i>Aramus guarauna</i>
Carcará	<i>Caracara plancus</i>
Carneiro	<i>Ovis aries</i>
Cascavel	<i>Crotalus durissus terrificus</i>
Cateto	<i>Pecari tajacu</i>
Caxinguelê/Serelepe	<i>Guerlinguetus sp.</i>
Cervo do Pantanal	<i>Blastocerus dichotomus</i>
Cobra Cipó Marrom	<i>Chironus quadricarinatus</i>
Cobra-d'água	<i>Helicops infrataeniatus</i>
Cobra dormideira	<i>Dipsas mikanii</i>
Cobra Jararaca dormideira	<i>Sibynomorphus mikanii</i>
Cobra espada comum	<i>Tomodon dorsatus</i>
Serpentes de água	<i>Liophis</i>
Cobra verde	<i>Philodryas livida</i>
Cobra-cega	<i>Typhlopidae</i>
Cobra-cipó-verde	<i>Chironius bicarinatus</i>
Cobra-lisa	<i>Erythrolamprus miliaris</i>
Cobra-da-terra	<i>Atractus reticulatus</i>
Cobra-de-duas-cabeças	<i>Amphisbaena alba</i>
Cipó-listrada	<i>Philodryas olfersii</i>
Coelho	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Coral-verdadeira	<i>Micurus corallinus</i>
Coral-falsa	<i>Oxyrhopus clathratus</i>
Coruja-buraqueira	<i>Athene cunicularia</i>
Coruja-do-campo ou Corujinha-do-mato	<i>Megascops choliba</i>

Coruja-orelhuda	<i>Asio clamator</i>
Coruja-das-torres	<i>Tyto alba</i>
Coruja-suindara ou Coruja-da-igreja	<i>Tyto furcata</i>
Corvo	<i>Corvus</i>
Cotia	<i>Dasyprocta aguti</i>
Cuíca	<i>Philander opossum</i>
Cuica de cauda grossa	<i>Lutreolina crassicaudata</i>
Cuíca-lanosa	<i>Caluromys philander</i>
Curiango	<i>Nyctidromus albicollis</i>
Curicaca	<i>Theristicus caudatus</i>
Dormideira	<i>Dipsas indica</i>
Escorpião	<i>Scorpiones</i>
Escorpião-marrom	<i>Tityus bahiensis</i>
Esquilo	<i>Guerlinguetus ingrami</i>
Furão	<i>Galictis sp.</i>
Gambá	<i>Didelphis marsupialis</i>
Gambá-de-orelha-branca	<i>Didelphis albiventris</i>
Gambá-de-orelha-preta	<i>Didelphis aurita</i>
Ganso-africano	<i>Anser cygnoides</i>
Garça	<i>Ardeidae</i>
Garça-moura	<i>Ardea cocoi</i>
Gato-do-mato-pequeno	<i>Leopardus tigrinus</i>
Gavião	<i>Accipitridae</i>
Gavião Carcará	<i>Caracara plancus</i>
Gavião-caboclo	<i>Heterospizias meridionalis</i>
Gavião-carijó	<i>Rupornis magnirostris</i>
Gavião-carrapateiro	<i>Milvago chimachima</i>
Gavião-de-cabeça-cinza	<i>Leptodon cayanensis</i>
Gavião-de-rabo-branco	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>
Gavião-do-banhado	<i>Circus buffoni</i>
Gralha	<i>Cyanocorax caereleus</i>
Gralha-do-campo	<i>Cyanocorax cristatellus</i>

Guará	<i>Eudocimus ruber</i>
Guaxinim	<i>Guaxinim</i>
Inhambu/Perdiz	<i>Tinamidae sp.</i>
Irerê	<i>Dendrocygna viduata</i>
Jabuti	<i>Chelonoidis carbonaria</i>
Jacaré-coroa	<i>Paleosuchus trigonatus</i>
Jacaré-do-papo-amarelo	<i>Caiman latirostris</i>
Jacu	<i>Penelope obscura</i>
Jacupemba	<i>Penelope superciliaris</i>
Jaguatirica	<i>Leopardus pardalis</i>
jandaia-de-testa-vermelha	<i>Aratinga auricapillus</i>
Jararaca	<i>Bothrops jararaca</i>
Jararaca Caiçaca, Jacuruçu ou Jararacão	<i>Bothrops moojeni</i>
Jaritataca	<i>Conepatus semistriatus</i>
Javali	<i>Sus sp.</i>
Jiboia Constrictora	<i>Boa constrictor</i>
Jiboia vermelha, jiboia arco-íris ou salamanta	<i>Epicrates Cenchria</i>
João-bobo	<i>Nystalus chacuru</i>
João-de-barro	<i>Furnarius rufus</i>
Jupará-verdadeiro	<i>Potos flavus</i>
Lagarto	<i>Lacertilia</i>
Lagarto Teiú gigante	<i>Salvator merianae</i>
Lagarto Verde, iguaninha ou papa-vento	<i>Enyalius iheringii</i>
Lagarto-teiu	<i>Tupinambis merianae</i>
Lagarto teui branco	<i>Tupinambis teguixin</i>
Lebre-europeia	<i>Lepus europaeus</i>
Lobo	<i>Canis lupus</i>
Lobo guará	<i>Chrysocyon brachyurus</i>
Lontra	<i>Lontra longicaudis</i>
Macaco-prego	<i>Sapajus nigritus</i>
Mão-pelada	<i>Procyon cancrivorus</i>

Maria-faceira	<i>Syrigma sibilatrix</i>
Maritaca	<i>Pionus</i>
Marreca Cabocla	<i>Dendrocygna Autumnais</i>
Marreco	<i>Anas penelope</i>
Mico-leão-preto	<i>Leontopithecus chrysopygus</i>
Morcego	<i>Chiroptera sp.</i>
Muçurana/ Cobra Preta	<i>Clelia clelia</i>
Onça Parda	<i>Puma concolar</i>
Onça pintada/preta	<i>Panthera onca</i>
Ouriço-cacheiro	<i>Sphiggurus villosus</i>
Ouriço-coandu ou Porco-espinho	<i>Coendou prehensilis</i>
Ouriço Porco-espinho anão	<i>Coendou spinosus</i>
Ouriço terrestre	<i>Erinaceus europaeus</i>
Ozotoceros bezoarticus	<i>Veado-campeiro</i>
Paca	<i>Cuniculus paca</i>
Papagaio-verdadeiro	<i>Amazona aestiva</i>
Pato Silvestre	<i>Cairina moschata</i>
Paturi	<i>Netta sp.</i>
Pavão	<i>Pavo cristatus</i>
Pavó	<i>Pyroderus scutatus</i>
Perdiz	<i>Rhynchotus rufescens</i>
Periquitão-maracanã	<i>Psittacara leucophthalmus</i>
Periquito	<i>Brotogeris sp.</i>
Periquito-rei	<i>Eupsittula aurea</i>
Periquito-rico	<i>Brotogeris tirica</i>
Peru	<i>Meleagris</i>
Pé-vermelho	<i>Amazonetta brasiliensis</i>
Pica-pau-do-campo	<i>Colaptes campestris</i>
Pomba	<i>Columbidae</i>
Pomba-galega	<i>Patagioenas cayennensis</i>
Porco Espinho	<i>Erinaceus</i>
Preá	<i>Cavia aperea</i>

Preguiça	<i>Choloepus didactylus</i>
Preguiça-de-três-dedos	<i>Bradypus variegatus</i>
Puma concolor	<i>Onça parda</i>
Quati	<i>Nasua nasua</i>
Quero-quero	<i>Vanellus chilensis</i>
Quiriquiri	<i>Falco sparverius</i>
Rã-manteiga	<i>Leptodactylus latrans</i>
Raposa vermelha	<i>Vulpes vulpes</i>
Raposinha-do-campo	<i>Lycalopex vetulus</i>
Ratão-do-banhado	<i>Myocastor coypus</i>
Ratazana	<i>Ratus norvegicus</i>
Rato	<i>Rattus norvegicus</i>
Rato do Mato	<i>Ratus ratus</i>
Rato-silvestre	<i>Akadon sp.</i>
Rolinha-caldo-de-feijão	<i>Columbina talpacoti</i>
Sabiá-do-campo	<i>Mimus saturninus</i>
Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i>
Sagui	<i>Saguinus spp</i>
Sagui-da-serra-escuro	<i>Callithrix aurita</i>
Sagui-de-tufos-brancos	<i>Callithrix jachus</i>
Sagui-de-tufos-pretos	<i>Callithrix penicillata</i>
Sanhaço-cinzento	<i>Thraupis sayaca</i>
Sapo	<i>Anaxyrus terrestris</i>
Sapo-cururu	<i>Rhinella icterica</i>
Saracura-do-mato	<i>Aramides saracura</i>
saracura-três-potes	<i>Aramides cajaneus</i>
Sauá	<i>Callicebus nigrifrons</i>
Savacu	<i>Nycticorax nycticorax</i>
Seriema	<i>Cariama cristata</i>
Sucuri	<i>Eunectes murinus</i>
Suiriri	<i>Satrapa icterophrys</i>
Sussuarana	<i>Puma concolor</i>

Tamanduá Bandeira	<i>Myrmecophaga tetradactyla</i>
Tamanduá Mirim	<i>Tamandua tetradactyla</i>
Tapicuru	<i>Phimosus infuscatus</i>
Tapiti	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>
Tartaruga	<i>Testudines</i>
Tatu mataco	<i>Tolipeutes matacus</i>
Tatu-bola	<i>Tolypeutes tricinctus</i>
Tatu-galinha	<i>Dasyus novemcinctus</i>
Tatuí ou Tatu-mulita	<i>Dasyus septemcinctus</i>
Tatupeba ou tatu-peludo	<i>Euphractus sexcinctus</i>
Tiê-preto	<i>Tachyphonus coronatus</i>
Tucano	<i>Ramphastos sp.</i>
Tucano-de-bico-preto	<i>Ramphastos vitellinus</i>
Tucano-de-bico-verde	<i>Ramphastos dicolorus</i>
Tucano-toco	<i>Ramphastos toco</i>
Urubu-de-cabeça-amarela	<i>Cathartes burrovianus</i>
Urubu-de-cabeça-preta	<i>Coragyps atratus</i>
Urubu-rei	<i>Sarcoramphus papa</i>
urutau	<i>Nyctibius sp.</i>
Urutu	<i>Bothrops alternatus</i>
Veado	<i>Mazama sp.</i>
Veado campeiro	<i>Ozotoceros sp.</i>
Veado-catingueiro	<i>Mazama guazoubira</i>
Veado-campeiro	<i>Ozotoceros bezoarticus</i>
Veado-mateiro	<i>Mazama americana</i>

## APÊNDICE C – PROCESSOS CETESB

### PROCESSOS CETESB

CETESB.061260/2019-47
CETESB.060264/2019-75
CETESB.060259/2019-44
CETESB.060139/2019-65
CETESB.060099/2019-24
CETESB.058852/2019-46
CETESB.055079/2020-84
CETESB.051370/2019-19
CETESB.051365/2019-88
CETESB.051270/2019-92
CETESB.051181/2019-62
CETESB.051172/2019-97
CETESB.051164/2019-83
CETESB.051114/2019-33
CETESB.050437/2019-23
CETESB.047166/2019-80
CETESB.046956/2019-04
CETESB.046951/2019-09
CETESB.046950/2019-48
CETESB.046949/2019-51
CETESB.046931/2019-47
CETESB.017023/2020-76
CETESB.017022/2020-15
CETESB.017017/2020-84
CETESB.017015/2020-62
CETESB.017014/2020-01
CETESB.017013/2020-40
CETESB.017011/2020-28
CETESB.017010/2020-67
CETESB.017008/2020-19
CETESB.016970/2020-10
CETESB.016967/2020-01
CETESB.016964/2020-28
CETESB.016961/2020-45
CETESB.016959/2020-97