



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

GERALDO JACINTO DA SILVA FILHO

**ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS E EFETIVIDADE DE MEDIDAS MITIGADORAS
PARA A REDUÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE FAUNA NO DISTRITO
FEDERAL**

Presidente Prudente - SP
2024



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

GERALDO JACINTO DA SILVA FILHO

**ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS E EFETIVIDADE DE MEDIDAS MITIGADORAS
PARA A REDUÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE FAUNA NO DISTRITO
FEDERAL**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Avaliação e Análise do Impacto Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Silva
Coorientadores: Prof. Dr. Sérgio Marques Costa e Prof. Dr. Edson Assunção Mareco

Presidente Prudente - SP
2024

363.7
S586a

Silva Filho, Geraldo Jacinto da.
Análise de pontos críticos e efetividade de medidas
mitigadoras para a redução de atropelamentos de fauna
no Distrito Federal / Geraldo Jacinto da Silva Filho. -
Presidente Prudente, 2024.

80 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e
Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste
Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2024.

Bibliografia.

Orientador: Dr. Paulo Antônio Silva

1.Mortalidade animal. 2.Fragmentação de *habitats*.
3.Ecologia de estradas. 4.Medidas mitigadoras. 5.Fauna
silvestre. I. Título.

Catálogo na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

GERALDO JACINTO DA SILVA FILHO

**ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS E EFETIVIDADE DE MEDIDAS MITIGADORAS
PARA A REDUÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE FAUNA NO DISTRITO
FEDERAL**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Presidente Prudente, 18 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Paulo Antonio Silva
Prof. Dr. Orientador
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente - SP

Maíra Rodrigues Uliana
Prof. Dra. Membro Titular Interno
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente - SP

Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva
Prof. Dra. Membro Titular Externo
IFG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Anápolis - GO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, por seu apoio incondicional e incentivo durante toda essa jornada. agradeço especialmente aos meus pais (*in memoriam*), por sempre acreditarem no meu potencial e me ensinarem o valor da dedicação e da perseverança.

Aos amigos e colegas que compartilharam comigo essa caminhada, pela companhia e pelos momentos de troca e aprendizado.

E, por fim, dedico esta dissertação à natureza, que me inspira a buscar soluções para a preservação da fauna e a conservação da biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar força e resiliência ao longo de toda essa jornada.

Agradeço ao meu orientador, por sua incansável dedicação, paciência e por acreditar no potencial deste trabalho. Suas orientações foram fundamentais para a construção deste estudo.

À Unoeste - Presidente Prudente - SP, pela oportunidade e pelo suporte técnico e acadêmico fornecido ao longo do curso.

Ao Projeto Rodofauna e às equipes dos órgãos ambientais e rodoviários que colaboraram com os dados e informações possíveis para o desenvolvimento deste estudo.

Aos meus colegas de pesquisa, pelo companheirismo e troca de experiências que enriqueceram essa caminhada acadêmica.

Aos meus amigos e familiares, de um modo especial à minha esposa e filhos, por todo o apoio, compreensão e incentivo em cada momento dessa trajetória, sempre acreditando em mim, mesmo nos dias mais difíceis.

Por fim, dedico este trabalho a todos que, direta ou indiretamente, desenvolvem para a realização deste sonho. Que este estudo possa contribuir para a conservação da biodiversidade do Cerrado e para a preservação de nossa fauna.

“Conservar é dar às coisas que amamos o direito de continuar a existir.”

(Aldo Leopold)

RESUMO

Análise de pontos críticos e efetividade de medidas mitigadoras para a redução de atropelamentos de fauna no Distrito Federal

A mortalidade de fauna devido a atropelamentos em rodovias é um problema global que representa uma séria ameaça à biodiversidade, especialmente em regiões com elevada riqueza ecológica. No Distrito Federal, Brasil, este fenômeno é exacerbado pela expansão da infraestrutura rodoviária e pelo aumento do número de veículos em circulação. Este estudo investigou os impactos dos atropelamentos de fauna no Distrito Federal, com o objetivo de identificar pontos críticos (*hotspots*) e avaliar a efetividade das medidas mitigadoras implementadas. Utilizando dados coletados pelo Projeto Rodofauna entre abril de 2010 e março de 2012, foram identificados diversos *hotspots* em áreas próximas às principais unidades de conservação, como a Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE), o Parque Nacional de Brasília (PNB), o Jardim Botânico de Brasília (JBB) a Reserva Ecológica do IBGE (IBGE) e a Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL). Através de análises espaciais e vistorias em campo, foram mapeados corredores ecológicos e áreas de *habitat* essenciais para a fauna, facilitando a localização estratégica de passagens de fauna e cercas direcionadoras. A avaliação das passagens de fauna e cercas existentes revelou que, embora sejam estratégias promissoras, enfrentam desafios significativos de manutenção, especialmente em áreas urbanas. Este estudo conclui que são necessárias ações mais eficazes e contínuas para reduzir a mortalidade da fauna, incluindo a ampliação das medidas mitigadoras, melhorias na manutenção das estruturas existentes e campanhas educativas voltadas para motoristas. Além disso, a implementação de políticas públicas robustas e a integração de tecnologias avançadas de monitoramento são recomendadas para garantir a sustentabilidade e a eficácia das estratégias de mitigação. Os resultados deste estudo fornecem subsídios valiosos para a formulação de políticas públicas e estratégias de conservação, promovendo um equilíbrio sustentável entre o desenvolvimento rodoviário e a preservação da biodiversidade no Distrito Federal.

Palavras-chave: Mortalidade animal; Fragmentação de *habitats*; Ecologia de estradas; Medidas mitigadoras; Fauna silvestre.

ABSTRACT

Analysis of critical points and effectiveness of mitigating measures to reduce wildlife run-overs in the Federal District

The mortality of wildlife due to roadkill is a global issue that poses a serious threat to biodiversity, especially in regions with high ecological richness. In the Federal District, Brazil, this phenomenon is exacerbated by the expansion of road infrastructure and the increase in the number of vehicles. This study investigates the impacts of wildlife roadkill in the Federal District, aiming to identify critical points (hotspots) and evaluate the effectiveness of implemented mitigation measures. Using data collected by the Rodofauna Project between April 2010 and March 2012, several hotspots were identified near major conservation units, such as the Águas Emendadas Ecological Station (ESECAE), Brasília National Park (PNB), Brasília Botanical Garden (JBB), Reserva Ecológica do IBGE (IBGE) and the Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL). Through spatial analyses and field inspections, ecological corridors and key habitat areas for wildlife were mapped, facilitating the strategic placement of wildlife crossings and guiding fences. The evaluation of existing wildlife crossings and fences revealed that while promising, these strategies face significant maintenance challenges, especially in urban areas. This study concludes that more effective and continuous actions are necessary to reduce wildlife mortality, including the expansion of mitigation measures, improvements in the maintenance of existing structures, and educational campaigns for drivers. Additionally, the implementation of robust public policies and the integration of advanced monitoring technologies are recommended to ensure the sustainability and effectiveness of mitigation strategies. The results of this study provide valuable insights for the formulation of public policies and conservation strategies, promoting a sustainable balance between road development and biodiversity preservation in the Federal District.

Keywords : Animal mortality ; Habitat fragmentation ; Road ecology ; Mitigation measures ; Wildlife.

LISTA DE SIGLAS

BRT -	Bus Rapid Transit (Transporte Rápido por Ônibus)
DF -	Distrito Federal
DER-DF -	Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal
DNIT -	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ESECAE -	Estação Ecológica Águas Emendadas
FAL -	Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília
FAL/UnB -	Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília
GDF -	Governo do Distrito Federal
IBAMA -	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM -	Instituto Brasília Ambiental
ICMBio -	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
JBB -	Jardim Botânico de Brasília
ODS -	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG -	Organização Não Governamental
PCA -	Plano de Controle Ambiental
PDOT/DF -	Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal
PNB -	Parque Nacional de Brasília
PRAD -	Plano de Recuperação de Área Degradada
PROGEPLAN -	Projetos, Gestão e Planejamento
RODOFAUNA -	Projeto de Monitoramento e Mitigação dos Impactos de Rodovias à Fauna do Distrito Federal
SEMARH -	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SENATRAN -	Secretaria Nacional de Trânsito
SIG -	Sistema de Informações Geográficas
SRDF -	Sistema Rodoviário do Distrito Federal
SUTEC -	Superintendência Técnica
TOPOCART -	Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos
TR - CC -	Termo de Referência - Concorrência
ZEE DF -	Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno da ESECAE.....	44
Quadro 2-	Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno do PNB.....	45
Quadro 3-	Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno do JBB-FAL-IBGE	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Exemplos de animais mortos devido a atropelamentos nas Rodovias do DF	18
Figura 2-	Visão geral da localização das Unidades de Conservação no Distrito Federal	24
Figura 3-	Mapa Rodoviário do Distrito Federal	28
Figura 4-	Mapa Ambiental do Distrito Federal	29
Figura 5-	Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE).....	30
Figura 6-	Parque Nacional de Brasília (PNB) - FLONA.....	31
Figura 7-	Anta (PNB) e Macacos (ESECAE).....	32
Figura 8-	Vegetação Típica do Cerrado (PNB).....	33
Figura 9-	Vegetação Típica do Cerrado (Reserva IBGE)	33
Figura 10-	Vegetação Lindeira na Rodovia Federal BR-020 km 31, próximo à ESECAE.....	34
Figura 11-	Vegetação Lindeira na Rodovia Distrital DF-001 km 38,7, próximo ao JBB, FAL/UnB e Reserva Ecológica IBGE	34
Figura 12-	Vegetação Lindeira na Rodovia Distrital DF-001, próximo ao PNB	35
Figura 13-	Rodovia Distrital DF-128 km 4,5, próximo à ESECAE	36
Figura 14-	Rodovia Distrital DF-345 km 1,5, próximo à ESECAE	36
Figura 15-	Rodovia Distrital DF-205, próximo à ESECAE	37
Figura 16-	Rodovia Federal BR-020, próximo à ESECAE.....	37
Figura 17-	Rodovia Distrital DF-001 (PNB)	38
Figura 18-	Rodovia Distrital DF-003 (PNB)	38
Figura 19-	Rodovia Distrital DF-001 (JBB, FAL/UnB, Reserva Ecológica IBGE) ..	39
Figura 20-	Mapa de localização dos pontos de hotspots no entorno da ESECAE	45
Figura 21-	Mapa de localização dos pontos de hotspots (PNB).....	46
Figura 22-	Mapa de localização dos pontos de <i>hotspots</i> (JBB-FAL-IBGE)	47
Figura 23-	Núcleo de Corredores Ecológicos do Distrito Federal.....	49
Figura 24-	Alambrado direcionador de fauna - DF-001 (PNB)	52
Figura 25-	Passagem de fauna - DF-001 (PNB).....	52
Figura 26-	Passagem de fauna tipo túnel climático - DF-001 (PNB)	53
Figura 27-	Alambrado direcionador com limite de velocidade - DF-001 (PNB)	53
Figura 28-	Sinalização vertical - Sonorizadores - DF-001 (PNB).....	54

Figura 29-	Estratégia de configuração de conectores ambientais.....	56
Figura 30-	Sugestão para passagens de fauna.....	58
Figura 31-	Passagem de Fauna - Rodovia Distrital DF-001, km 100,1 (PNB).....	61
Figura 32-	Sinalização na DF-128 km 4,5 (ESECAE)	61
Figura 33-	Passagem para herpetofauna tipo túnel climático na DF001 - km 99.8 (PNB)	62
Figura 34-	Sinalização DF-001 km 31,7 (JBB-FAL-UnB)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Ocorrências de atropelamentos por classe de animais nas Unidade de Conservação	25
Tabela 2-	Classificação de Medidas Mitigadoras	40

SUMÁRIO

	PRÓLOGO	15
1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Problema de pesquisa e Hipótese	19
1.2	Objetivos	20
1.2.1	Objetivo Geral.....	20
1.2.2	Objetivos Específicos	20
1.3	Estrutura da Dissertação	21
1.4	Metodologia	22
2	DISTRITO FEDERAL: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO AMBIENTAL E DA BIODIVERSIDADE.....	27
2.1	Contexto rodoviário	27
2.2	Situação Ambiental	29
2.3	Características da Fauna e Flora nas Unidades de Conservação.....	31
2.4	Características das Rodovias que Abrangem as Unidades de Conservação	35
2.5	Situação Rodoviária-Ambiental.....	39
3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
3.1	Identificação dos <i>hotspots</i> de atropelamentos de fauna.....	42
3.2	Levantamento dos corredores ecológicos e áreas de <i>habitat</i> essenciais para a fauna no DF	48
3.3	Avaliação da efetividade das passagens de fauna e cercas existentes	50
3.4	Verificação das propostas e as implementações de medidas mitigatórias	55
4	DISCUSSÃO	64
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS.....	70

PRÓLOGO

Meu nome é Geraldo Jacinto da Silva Filho, sou natural de Corumbá de Goiás - GO. Iniciei minha carreira profissional em Aparecida de Goiânia - GO na área Rodoviária em 1992 onde trabalhei até 2007, atuando na área de controle de produção, tecnológico e de qualidade. Na ocasião houve participação na implantação de sistemas ISO 9002:94 (Qualidade) e ISO 14001 (Ambiental). Posteriormente, após mudança de estado, passei a atuar no Distrito Federal em obras de infraestrutura, como pavimentação, drenagem, OAE e construção civil. Atualmente estou atuando como servidor público concursado do Governo do Distrito Federal (GDF). Estou desenvolvendo função no Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal, na Superintendência de Obras, atuando na gestão e fiscalização de contratos bem como na manutenção e conservação de Rodovias do Sistema Rodoviário do Distrito Federal.

No que se refere à formação acadêmica, tenho formação em Técnico em Estradas, pela Escola Técnica Federal de Goiás, concluído em 1991, Licenciatura Plena em Física e Engenharia Civil, pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, concluídos respectivamente nos anos de 1996 e 2002. No ano de 2019, concluí a Pós-Graduação *latu sensu* em MBA Infraestrutura de Transporte e Rodovias, no Instituto de Pós-Graduação & Graduação - IPOG, em que apresentei a monografia com o título “FATORES QUE INFLUENCIAM NAS INUNDAÇÕES DAS TESOURINHAS DA ASA NORTE”

Além dessa especialização, contribuí na publicação, com outros autores, em capítulos de livros, como por exemplo, "EROSÃO DO SOLO E URBANIZAÇÃO NO DISTRITO FEDERAL. ESTUDO DE CASO DA VOÇOROCA NA RODOVIA DF-250", sob ISBN e DOI <https://doi.org/10.22533/at.ed.74724300110>, publicado em 26/01/2024, Páginas 103-117, Capítulo 10; “REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O USO DE FIBRAS RESIDUAIS DA AGROINDÚSTRIA COMO REFORÇO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL, DOI 10.37885/230412818, Publicado em 30/05/2023, Páginas 56-73, Capítulo 4. Contribuí ainda com a apresentação de pôster e resumo expandido no evento III CIAS - Congresso Internacional Ambiente & Sustentabilidade, com o tema

“PLANEJAMENTO AMBIENTAL FRENTE AOS DESAFIOS DE SUSTENTABILIDADE, DESIGUALDADE E VIDA TERRESTRE”.

A escolha de estudar a incidência de atropelamentos de fauna nas rodovias do Distrito Federal não foi por acaso. Durante minhas visitas e pesquisas de campo, testemunhei a frequente mortalidade de animais silvestres nas estradas, o que me impactou profundamente. Essas experiências pessoais, aliadas a dados alarmantes fornecidos por órgãos ambientais, reforçaram a necessidade de identificar os *hotspots*, ou locais de maior incidência de atropelamentos de fauna.

Ainda assim, a expansão da rede viária, impulsionada pelo crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, tem gerado impactos significativos sobre a biodiversidade global. O atropelamento de animais silvestres nas rodovias é um dos problemas mais evidentes e preocupantes, resultando em perdas populacionais, fragmentação de *habitats* e consequências ecológicas de longo prazo. O Distrito Federal, com sua rica biodiversidade e crescente urbanização, não está imune a essa problemática. Diante desse cenário, a presente pesquisa busca contribuir para o avanço do conhecimento sobre os impactos dos atropelamentos de fauna nas rodovias locais, identificar áreas críticas e propor medidas eficazes para mitigar esses impactos. Os resultados deste estudo poderão servir como referência para outras regiões e contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficientes para a conservação da biodiversidade."

1 INTRODUÇÃO

A perda de animais por atropelamento nas rodovias é um problema global que tem se intensificado com o crescimento urbano e a expansão da infraestrutura rodoviária. Este fenômeno representa uma séria ameaça à biodiversidade, especialmente em regiões com elevada riqueza ecológica. Atropelamentos de fauna resultam em significativas perdas de indivíduos e espécies, além de causar a fragmentação de habitats, isolando populações e comprometendo a conectividade ecológica necessária para a migração e dispersão de espécies.

A expansão acelerada da malha rodoviária no Distrito Federal (DF) reflete um aumento contínuo no número de veículos em circulação, exacerbando o problema dos atropelamentos de fauna. Desde a sua criação em 1960, o DF tem testemunhado um crescimento significativo em sua infraestrutura rodoviária e na frota de veículos. Atualmente, a extensa rede rodoviária abrange eixos distritais, vicinais, acessos, anéis, contornos e arcos estaduais (DER-DF, 2023b). Esse desenvolvimento, aliado ao aumento expressivo da frota de veículos, que cresceu substancialmente nos últimos cinco anos (SENATRAN, 2018; SENATRAN, 2023), tem impactado negativamente a fauna local, contribuindo consideravelmente para os atropelamentos. Nesse sentido, segundo Laurence *et. al.* (2014), a expansão das redes viárias e o aumento do tráfego de veículos têm levado a um crescimento significativo no número mortes de animais silvestres no mundo todo.

O Distrito Federal se destaca pela sua importância ambiental no Bioma Cerrado, que abriga uma rica biodiversidade e possui várias Unidades de Conservação. Entre essas unidades, destacam-se a Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE), o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Jardim Botânico de Brasília (JBB), além da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL) e a Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essas áreas desempenham papéis cruciais na preservação da biodiversidade do Cerrado, um dos biomas mais ameaçados do Brasil.

Os atropelamentos de fauna emergem como uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade no DF, especialmente em áreas protegidas e de relevante interesse ecológico. As rodovias não apenas causam mortes diretas de animais, mas também contribuem para a fragmentação dos habitats, criando barreiras físicas que isolam populações e dificultam o fluxo gênico entre elas (Forman;

Alexander, 1998). Este isolamento pode levar à redução da variabilidade genética, aumentando a vulnerabilidade das espécies à extinção. A figura 1, retrata a realidade dos atropelamentos ocorrido nas rodovias do DF, neste caso na área de estudo.

Figura 1- Exemplos de animais mortos devido a atropelamentos nas Rodovias do DF



Fonte: O autor (2023; 2024)

No campo da ecologia de estradas, diversos estudos têm sido realizados para entender e mitigar os impactos das rodovias sobre a fauna. Entre as estratégias propostas estão a instalação de passagens de fauna e cercas direcionadoras, a redução da velocidade dos veículos em áreas críticas e a melhoria da sinalização rodoviária (Bager, 2012; Prada, 2004). No entanto, a eficácia dessas medidas ainda necessita de avaliações mais robustas e contextualizadas para garantir sua aplicabilidade e eficiência.

Sendo assim, considerando a área ambiental de parques e corredores ecológicos do Distrito Federal, bem como o crescimento e importância da malha viária, necessário se faz um aprofundamento no tema, no sentido de minimizar os impactos do trânsito na proteção da fauna local.

A presente dissertação visa avaliar os dados de atropelamento de fauna coletados pelo Projeto Rodofauna entre 2010 e 2013 em trechos da ESECAE, PNB e JBB-FAL-IBGE, com foco em caracterizar a biodiversidade presente nas áreas de Unidades de Conservação do Distrito Federal, identificar os pontos críticos de atropelamentos (*hotspots*) por meio de registros ambientais, levantar os corredores ecológicos e áreas de habitat fundamentais para a fauna local, com o intuito de propor a localização estratégica de passagens de fauna e cercas, além de avaliar a efetividade das medidas mitigatórias existentes, como cercas e passagens de fauna, por meio de vistorias em campo e análises de estudos técnico-ambientais sobre a implementação dessas medidas.

Este projeto é fruto do convênio celebrado entre a Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Campus de Presidente Prudente-SP e a Faculdade Horizonte de Brasília-DF, fundado na reflexão sobre sustentabilidade e desenvolvimento econômico para a região do Distrito Federal, na qual se encontra o bioma cerrado. A principal contribuição do Prointer Brasília é proporcionar o suporte aos estudos que compreendem o desenvolvimento da região.

Ainda assim, a pesquisa se enquadra no décimo quinto objetivo da Agenda 2030, “Vida Terrestre”, principalmente no que se refere a “promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres” e “deter a perda de biodiversidade”.

1.1 Problema de pesquisa e Hipótese

O atropelamento de fauna é um problema global com graves consequências para a biodiversidade. No contexto do Distrito Federal, a questão ganha ainda mais relevância devido à expansão urbana e à crescente demanda por infraestrutura viária. Além disso, a perda de fauna pode impactar os ecossistemas locais e gerar custos socioeconômicos.

Problema

Qual a combinação de medidas mitigadoras mais eficaz para reduzir os atropelamentos de fauna em *hotspots* identificados nas rodovias do Distrito Federal, considerando as características das rodovias e as condições ambientais?

Hipóteses:

A combinação de passagens de fauna com cercas e sinalização, adaptadas às características da fauna local e do habitat, é a medida mais eficaz para reduzir os atropelamentos de fauna em *hotspots* identificados.

A eficácia das passagens de fauna é maior em locais com alta densidade de fauna e em trechos de rodovia com velocidade limite reduzida.

A presença de corredores ecológicos próximos aos *hotspots* aumenta a probabilidade de ocorrência de atropelamentos.

A manutenção inadequada das passagens de fauna e cercas reduz significativamente a sua eficácia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar os dados de atropelamento de fauna coletados pelo Projeto Rodofauna entre 2010 e 2013 em trechos da ESECAE, PNB e JBB-FAL-IBGE, com foco em caracterizar a biodiversidade presente nas áreas de Unidades de Conservação do Distrito Federal, identificar os pontos críticos de atropelamentos (*hotspots*) por meio de registros ambientais, levantar os corredores ecológicos e áreas de habitat fundamentais para a fauna local, com o intuito de propor a localização estratégica de passagens de fauna e cercas, além de avaliar a efetividade das medidas mitigatórias existentes, como cercas e passagens de fauna, por meio de vistorias em campo e análises de estudos técnico-ambientais sobre a implementação dessas medidas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1) Caracterizar a biodiversidade do Distrito Federal na Área de Estudo;

2) Identificar *hotspots* de atropelamentos de fauna nas rodovias do DF, utilizando registros de órgãos ambientais;

3) Levantar os corredores ecológicos e áreas de *habitat* essenciais para a fauna no DF, visando a localização estratégica de passagens de fauna e cercas;

4) Avaliar a efetividade das passagens de fauna e cercas existentes na mitigação de atropelamentos, por meio de vistorias em campo;

5) Verificar as propostas e as implementações de medidas mitigatórias com base nos resultados de atropelamentos e estudos técnico-ambientais.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta pesquisa está organizada em 5 capítulos correlacionados. O Capítulo 1, Introdução, apresentou por meio de sua contextualização o tema proposto neste trabalho, bem como o problema, as hipóteses, os objetivos geral e específicos. Demonstrou ainda a metodologia utilizada.

O Capítulo 2, apresenta a fundamentação teórica, tendo como tema central uma contextualização ambiental e da biodiversidade do Distrito Federal. Foi possível verificar todo o contexto rodoviário e ambiental, com uma explanação quanto as características das rodovias, bem como da fauna e flora que abrangem as Unidades de Conservação. Por fim, o capítulo apresenta um paralelo entre a situação Rodoviária e Ambiental.

O Capítulo 3, possui o enfoque na análise dos resultados. São apresentados os dados relativos aos objetivos quanto à identificação dos pontos críticos (*hotspots*), aos corredores ecológicos e áreas de hábitat importantes para a fauna no Distrito Federal, à efetividade das passagens de fauna e cercas existentes, às medidas mitigadoras propostas no Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), outras propostas e por fim as medidas mitigatórias implantadas.

O Capítulo 4, discussão, faz uma explanação da situação relativa aos resultados apresentados no capítulo anterior. Aborda questões importantes como os impactos dos atropelamentos, apresenta críticas ao modelo tradicional de estudos, contempla os desafios e limitações das mitigações, fala da importância dos corredores ecológicos, dos desafios na implementação de medidas mitigadoras, bem como do papel das políticas públicas.

No Capítulo 5, são tecidas as considerações finais. É observado que os atropelamentos de animais representam uma séria ameaça à biodiversidade do Distrito Federal e defende a necessidade de um esforço conjunto para conciliar o desenvolvimento rodoviário com a conservação da natureza, garantindo a sobrevivência das espécies e a saúde dos ecossistemas a longo prazo. Faz também uma exaltação ao Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), possui ainda uma ênfase nas ações necessárias para mitigar os atropelamentos de fauna no Distrito Federal, destaca a importância da colaboração entre diferentes setores da sociedade para alcançar os objetivos propostos e finalmente, conclui que os resultados da pesquisa podem ser utilizados para subsidiar políticas públicas, ações de manejo e iniciativas de educação ambiental voltadas para a conservação da fauna silvestre.

1.4 Metodologia

Podemos avaliar que a pesquisa combinou diferentes métodos, mas o método hipotético-dedutivo foi o principal guia para a investigação dos dados. Essa abordagem permitiu a construção de um conhecimento sólido sobre a problemática dos atropelamentos de fauna no Distrito Federal e contribuiu para a proposição de medidas de conservação da biodiversidade.

Sob o ponto de vista da natureza, podemos caracterizá-la como uma pesquisa aplicada com fundamentos teóricos. No que se refere ao ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa pode ser classificada como predominantemente quantitativa, com alguns elementos qualitativos.

Sendo assim, esta pesquisa possui um caráter descritivo ao descrever a distribuição espacial dos atropelamentos e as características das medidas mitigadoras. Ela também é exploratória ao buscar aprofundar o conhecimento sobre o tema e identificar novas áreas de pesquisa.

A escolha desse método ocorre pela necessidade de testar e validar as hipóteses propostas com base em dados concretos, como os obtidos pelo Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013) e as vistorias de campo. Essa abordagem é eficaz para permitir a dedução de conclusões gerais sobre a problemática dos atropelamentos de fauna, após a verificação empírica dos dados e a integração com os registros de atropelamentos.

Quanto aos procedimentos metodológicos, foram utilizados os seguintes procedimentos técnicos na pesquisa:

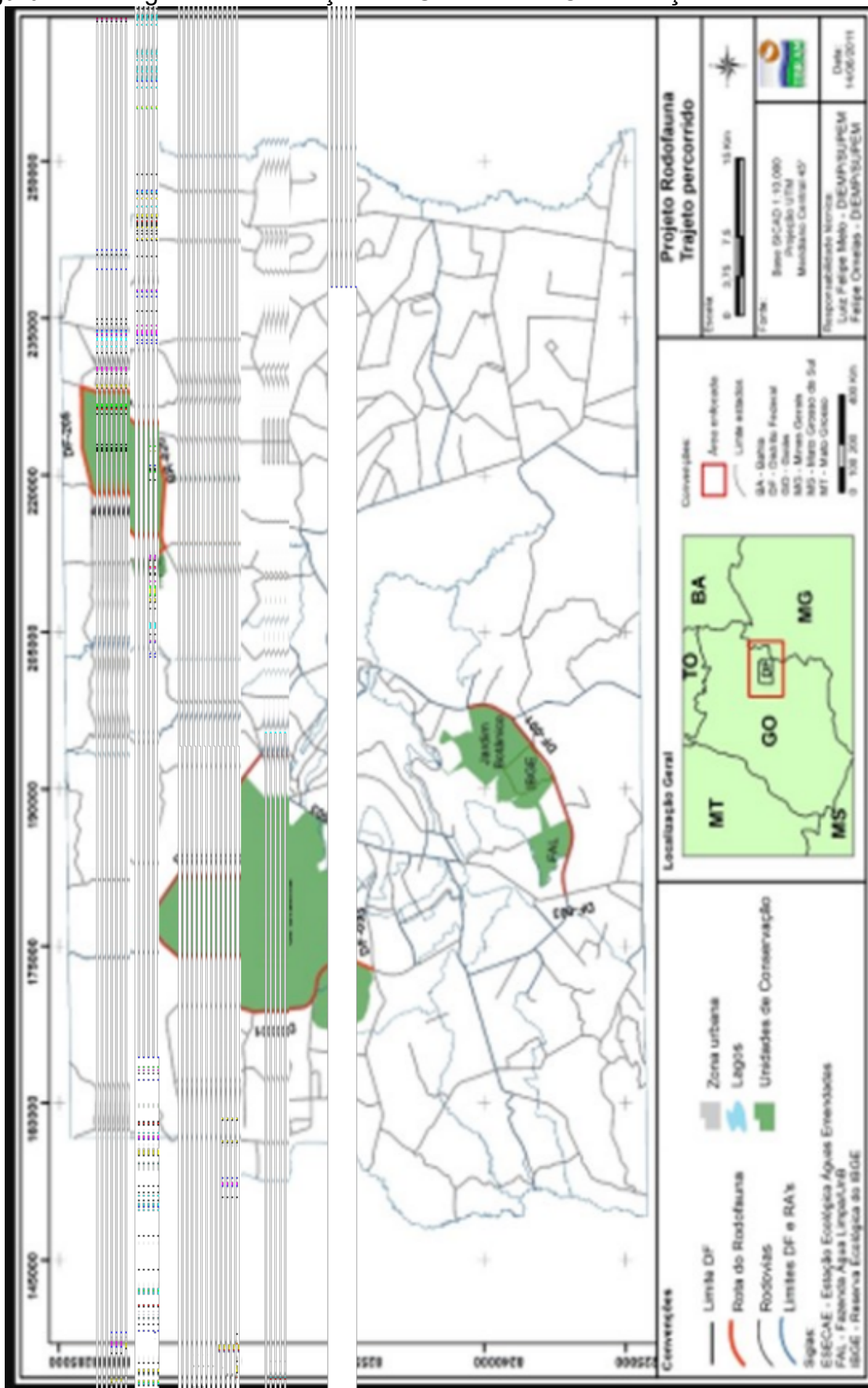
Pesquisa Documental: A coleta de dados de atropelamentos de fauna junto a órgãos ambientais e o uso do estudo Rodofauna (IBRAM, 2013) como base para a pesquisa caracterizam a pesquisa documental. Foi utilizado documentos e registros existentes para obter informações relevantes para o seu estudo.

Levantamento: A realização de um levantamento de campo para verificar as condições de manutenção das passagens de fauna e cercas existentes também se enquadra como um procedimento de levantamento.

Estudo de Caso: Ao analisar um caso específico, que é o Distrito Federal, foi adotado uma abordagem de estudo de caso. A escolha do Distrito Federal como área de estudo permitiu uma análise detalhada e contextualizada do problema, considerando as particularidades da região.

No que se refere à dissertação, a área de estudo foi delimitada pelas rodovias distritais que atravessam ou cercam Unidades de Conservação, potenciais corredores ecológicos, incluindo as seguintes estradas: DF-001, DF-003, DF-128, DF-205, DF-345 e BR-020. Essas rodovias, em particular, circunscrevem o entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE) - abrangendo as DF-128, DF-205, DF-345 e BR-020 -, o Parque Nacional de Brasília (PNB) - pelas DF-001 e DF-003 - e o Jardim Botânico de Brasília (JBB), a Reserva Ecológica do IBGE e a Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL/UnB), pela DF-001, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2- Visão geral da localização das Unidades de Conservação no Distrito Federal



Fonte: IBRAM (2012)

Quanto à coleta de dados de atropelamentos de fauna, foram estabelecidos contatos com órgãos ambientais e de tráfego responsáveis pelo registro de atropelamentos de fauna nas rodovias do Distrito Federal para solicitar os dados disponíveis. Os órgãos consultados incluíram o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Considerando a ausência de registros atuais disponíveis para análise, os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos do Projeto de Monitoramento e Mitigação dos Impactos de Rodovias à Fauna do Distrito Federal - Rodofauna (IBRAM, 2013), conforme apresentado na Tabela 1. Esse projeto foi iniciado pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - "Brasília Ambiental" (IBRAM) em fevereiro de 2010, com o objetivo de propor medidas para minimizar o impacto das rodovias do Distrito Federal sobre a fauna silvestre.

Foram ainda percorridos, nos meses de fevereiro e março de 2024, 480 km nos trechos definidos pela área de estudo para verificação da situação dos pontos definidos como "*hotspots*", com intuito de identificar as áreas de maior incidência de atropelamentos, sendo realizado um mapeamento dos pontos de atropelamento utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o que permitiu o mapeamento destes "*hotspots*" ou pontos críticos, sendo que para construção dos mapas referentes às Figuras 20, 21 e 22, foi utilizado o software QGis pela Eng^a Agrônoma, Luzinete Fernandes Nogueira em conjunto com o autor desta dissertação, sendo que os dados de entrada utilizados são do Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013).

Tabela 1- Ocorrências de atropelamentos por classe de animais nas Unidade de Conservação

Classe de animais	Unidades de Conservação			Totais
	ESECAE	PNB	JBB/FAL/IBGE	
Anfíbios	150	32	92	274
Répteis	371	170	32	573
Aves	1272	1058	793	3123
Mamíferos	553	307	214	1074
Totais	2346	1567	1131	5044

Fonte: IBRAM (2013)

Posteriormente foi realizado o levantamento dos corredores ecológicos e áreas de hábitat importantes. Após percorrer os trechos delimitados na área de estudo, as informações foram integradas com os registros de atropelamentos. Através do mapeamento dos "*hotspots*" ou pontos críticos, foi possível identificar os locais mais propícios para a instalação de medidas mitigadoras, dentre elas, passagens de fauna, cercas, radares eletrônicos e sinalização (placas de advertência).

A avaliação da efetividade das passagens de fauna e cercas existentes, foi realizada através do mapeamento dos "*hotspots*" ou pontos críticos, foram selecionados trechos de rodovias que já possuíam as medidas mitigadoras (passagens de fauna, cercas, radares eletrônicos e sinalização). Foi então realizado um levantamento de campo para verificar as condições de manutenção no sentido de avaliar se há impedimento de sua utilização pela fauna local.

Com o intuito de reduzir os índices de atropelamento da fauna, os resultados obtidos nas etapas anteriores foram avaliados no sentido de identificar os locais mais críticos e estratégicos para a ampliação das medidas mitigadoras (passagens de fauna, cercas, radares eletrônicos e sinalização). Foi ainda realizada uma verificação entre as medidas mitigadoras propostas no Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), as medidas estudadas em pareceres e Licenças Ambientais e as medidas implantadas. Isso poderá servir de base para a futura elaboração de um documento com recomendações técnicas para o planejamento e implementação efetiva de dispositivos de segurança nas rodovias do Distrito Federal.

2 DISTRITO FEDERAL: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO AMBIENTAL E DA BIODIVERSIDADE

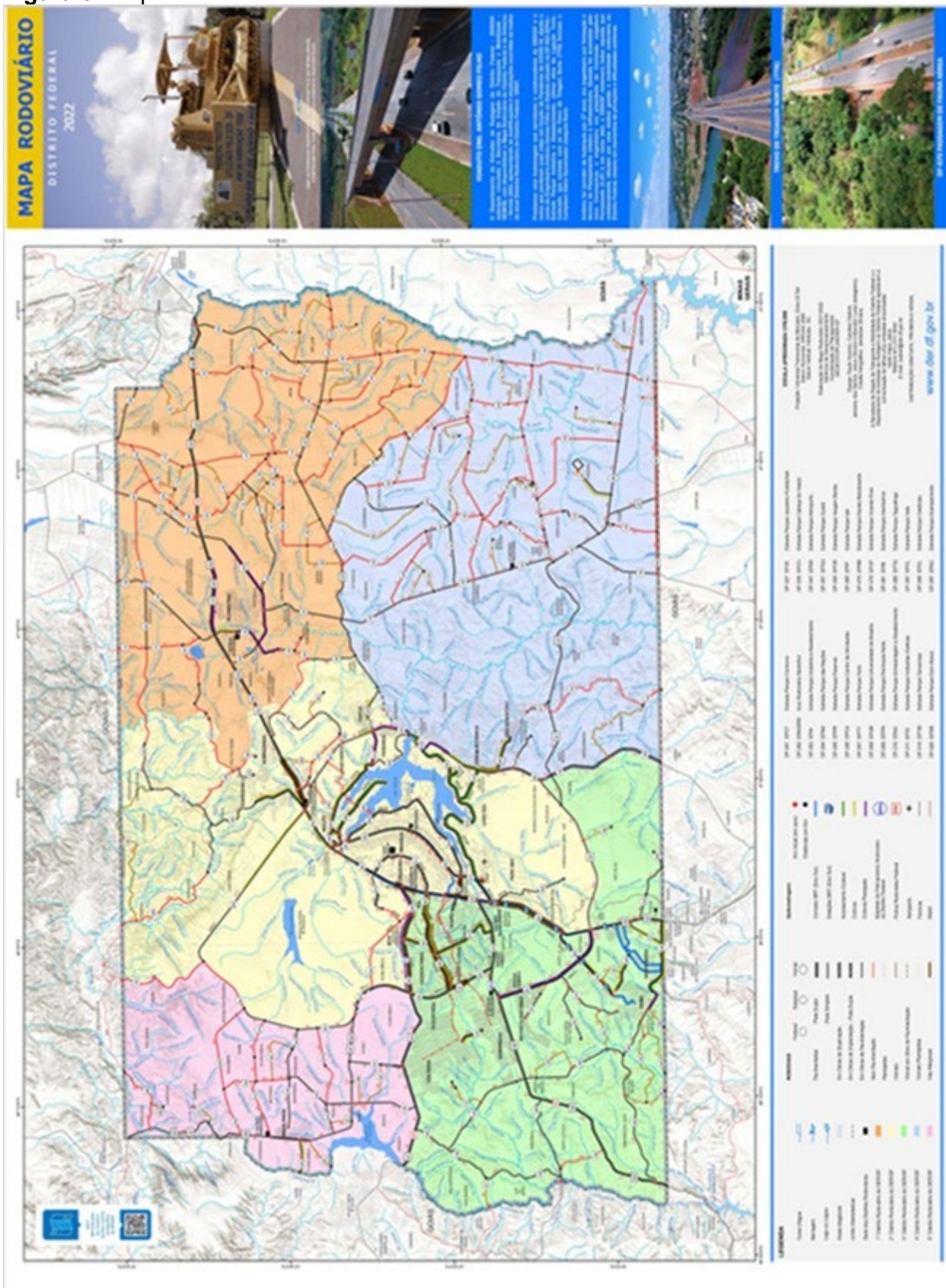
2.1 Contexto rodoviário

De acordo com o Departamento de Estrada de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF, 2024, p.1), o Sistema Rodoviário foi estabelecido da seguinte forma:

"O Plano Rodoviário do Distrito Federal foi elaborado em 1960 e, para sua implantação, foi criado o DER/DF - Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal, em 20 de junho de 1960. Este plano teve a sua aprovação em 24 de abril de 1964, através do Decreto nº 297/64, tendo sido revisado em 4 de setembro de 1974, através do Decreto nº 2703, constando neles as rodovias federais e estaduais, inclusive as 'Estradas-parques'. Porém, com a fixação das populações e com a definição de áreas para o desenvolvimento das atividades agrícolas, industriais e administrativas, novos caminhos foram surgindo, ligando os diversos núcleos populacionais e/ou produtores à malha rodoviária."

Atualmente, a malha rodoviária possui aproximadamente 1920,3 km de extensão, divididos em eixo distrital coincidente (com rodovia federal), eixo distrital, vicinal, acessos, anéis, contornos e arcos estaduais. As pistas estão caracterizadas como simples, duplas, marginais e BRTs. As rodovias podem ser pavimentadas e não pavimentadas, com 770,2 km de rodovias não pavimentadas e 1072,4 km de rodovias pavimentadas. Possui ainda 77,7 km de rodovias planejadas (DER-DF, 2023b). A Figura 3 apresenta o Mapa Rodoviário (DER-DF, 2022), onde é possível verificar a distribuição das rodovias de acordo com a malha viária do Distrito Federal. Importante destacar a presença de rodovias de alto tráfego que perpassam as Unidades de Conservação, conforme apresentado na área de estudo.

Figura 3- Mapa Rodoviário do Distrito Federal



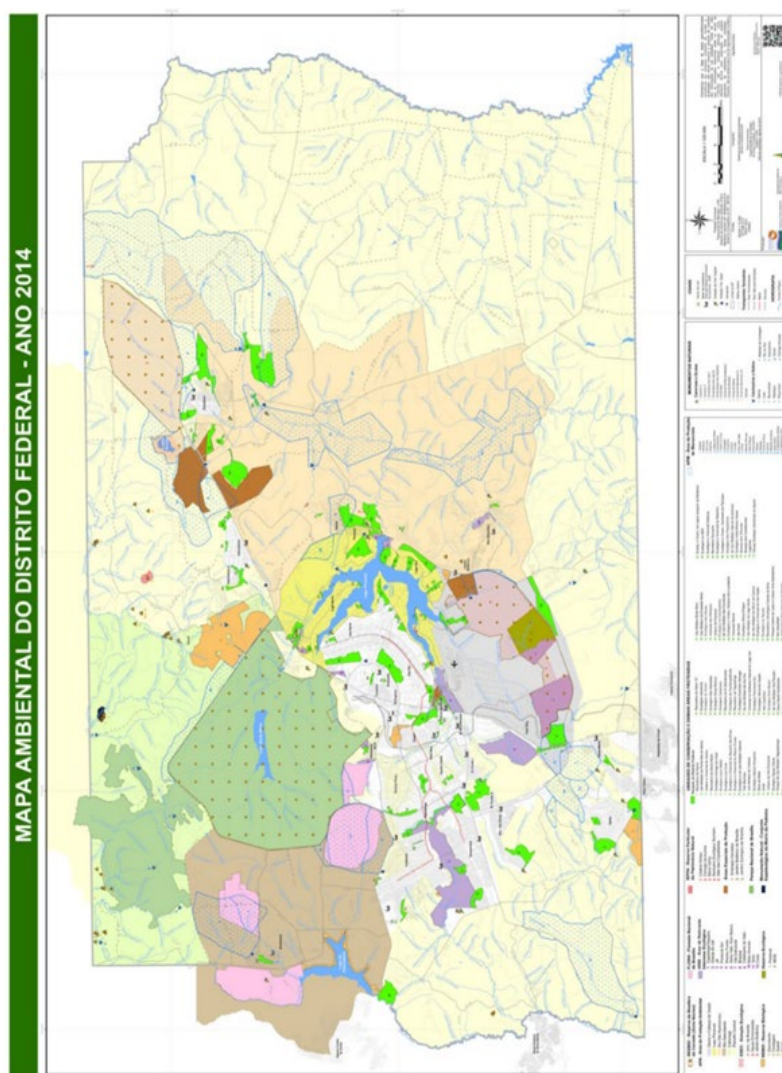
Fonte: DER-DF (2022)

De acordo com o SENATRAN (2018; 2023), o Distrito Federal possui uma frota de 2.021.627 veículos em circulação, com um crescimento de 14,93% nos últimos cinco anos (2018-2023).

2.2 Situação Ambiental

Considerando o mapa ambiental (IBRAM, 2014), o Distrito Federal possui 73 unidades de conservação e demais áreas protegidas, incluindo 12 áreas de relevante interesse ecológico, 26 áreas de proteção de mananciais, 11 monumentos naturais e 12 cachoeiras e saltos. Além disso, conta com estações e reservas, bem como o Parque Nacional de Brasília e a Floresta Nacional de Brasília (Figura 4).

Figura 4- Mapa Ambiental do Distrito Federal



Fonte: IBRAM (2014)

A Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE) - Figura 5, é caracterizada por um polígono central (Figura 2) cercado por quatro rodovias e uma área adjacente, incluindo a Lagoa Bonita, a maior lagoa natural do Distrito Federal, incorporada à ESECAE décadas após sua criação (Rodrigues, 2002; Rodrigues *et al.*, 2002). A separação entre os dois polígonos é feita pela rodovia DF-128, conectando Planaltina, DF, a Brasília, GO (Brandão; Duar; Sebben, 1998).

Figura 5- Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE)



Fonte: Radar Digital Brasília (2023)

O Parque Nacional de Brasília (PNB) - Figura 6, é a maior unidade de conservação do Distrito Federal com status de proteção integral, desempenhando um papel crucial na preservação da biodiversidade do Cerrado na região do Brasil Central (Geológica, 2010). É reconhecido como uma das zonas núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado (Unesco, 2002), destacando sua importância na conservação ambiental.

Figura 6- Parque Nacional de Brasília (PNB) - FLONA



Fonte: ICMBio (2024)

A Estação Ecológica Jardim Botânico de Brasília, criada em 1992, possui uma área de cerca de 5 mil hectares, dos quais 526 ha são destinados à visitação. Trata-se de uma Unidade de Proteção Integral inserida na bacia hidrográfica do Lago Paranoá (Topocart; Progeplan, 2019).

Os estudos da Geológica (2010) observam que as Unidades de Conservação pertencentes à esfera federal existentes no Distrito Federal correspondem a 95,9% e 6,1% do território, sendo respectivamente, Unidades de Conservação de Uso Sustentável e de Proteção Integral.

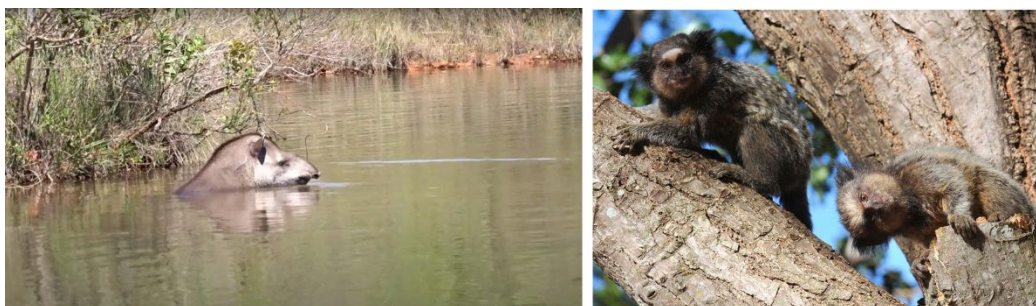
2.3 Características da Fauna e Flora nas Unidades de Conservação

Os trechos da área de estudo estão situados em Reservas da Biosfera do Bioma Cerrado. O PCA/PRAD (Extrema Construção, 2012) descreve o cerrado como um dos biomas de maior biodiversidade do mundo, compreendendo 5% da fauna brasileira, com 196 espécies de mamíferos (Marinho-Filho; Rodrigues; Juarez, 2002; Bonvicino; Lindbergh; Maroja, 2002; Weksler e Bonvicino, 2005), 837 espécies de aves (Silva, 1995; Bagno; Marinho-Filho, 2001; Macedo, 2002), 253 espécies de répteis (Nogueira; Colli; Martins, 2009; Ribeiro; Castro-Mello; Nogueira, 2009; Colli; Bastos; Araújo, 2002), 121 espécies de anfíbios (Colli; Bastos; Araújo, 2002) e 780 espécies de peixes (Ribeiro, 2006). Ademais, estima-se que existam 90.000 espécies de invertebrados (Dias, 1992).

No que se refere à fauna, os dados dos estudos de PCA/PRAD para a pavimentação da DF-001 que compreende o trecho entre a DF-430 e DF-220

(Ecotech, 2018), pavimentação da DF-131 (Extrema Construção, 2012), pavimentação da DF-220 (Ecotech, 2022) e o Estudo de Impacto Ambiental BRT - Corredor Eixo Norte - Brasília/DF (Consórcio DF Interligados, 2014), indicam que a fauna silvestre presente nas áreas adjacentes às rodovias é diversa (Figura 7). Foram listadas 620 espécies das classes dos anfíbios (38 espécies), répteis (85 espécies), mamíferos (116 espécies) e aves (381 espécies) encontradas no Parque Nacional de Brasília e na APA de Cafuringa (IBRAM, 2017; SEMARH, 2005). O documento destaca 15 espécies ameaçadas de extinção, classificadas como vulneráveis (11 espécies) e ameaçadas (4 espécies).

Figura 7- Anta (PNB) e Macacos (ESECAE)



Fontes: Fabrício Queiroga (2011)¹; Agência Brasília (2016)

Na área da ESECAE, a fauna residente é composta de espécies de pequenos animais oportunistas e generalistas, como algumas cobras (*Sibynomorphus*, *Philodryas*, *Oxyrhopus*), lagartos (*Tropidurus torquatus* e *Ameiva*), sapos (*Bufos*), pequenas aves (*Guira*, *Crotophaga ani*, *Volatinia jacarina*), roedores (*Bolomys* e *Calomys*) e morcegos (*Carollia perspicillata*, *Artibeus sp.*, *Glossophaga soricina*). Quanto à avifauna, observou-se a presença de espécies típicas de áreas urbanas, como o anu-preto (*Crotophaga ani*), anu-branco (*Guira guira*), coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*), quero-quero (*Vanellus chilensis*) e gaviões como carcará (*Polyborus plancus*).

A flora das áreas de estudo (Figuras 8 e 9) é composta por Campos de Murundu, Campo Sujo, Cerrado Ralo Antropizado, Cerrado Típico Antropizado, Mata de Galeria, Vegetação Exótica - Arbustiva, Vegetação Exótica - Lenhosa, Silvicultura, Atividade Agropecuária e Área Degradada.

¹ Figura cedida do arquivo pessoal de Fabrício Queiroga, Biólogo e servidor do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal.

Figura 8- Vegetação Típica do Cerrado (PNB)



Fonte: Geológica (2010)

Figura 9- Vegetação Típica do Cerrado (Reserva IBGE)



Fonte: O autor (2024)

A vegetação lindeira às margens das rodovias é detalhada nas Figura 10, 11 e 12.

Figura 10- Vegetação Lindeira na Rodovia Federal BR-020 km 31, próximo à ESECAE



Fonte: o autor (2024)

Figura 11- Vegetação Lindeira na Rodovia Distrital DF-001 km 38,7, próximo ao JBB, FAL/UnB e Reserva Ecológica IBGE



Fonte: o autor (2024)

Figura 12- Vegetação Lindeira na Rodovia Distrital DF-001, próximo ao PNB



Fonte: o autor (2024)

Para a pavimentação da DF-131, a flora é caracterizada como Cerrado *stricto sensu* (75,2%), campos sujos (5%), campos limpos (3,5%), matas ripárias (2,5%), veredas (2,5%) e cerradão (0,83%). As áreas antropizadas representam 8%, e os corpos d'água cerca de 2% (Extrema Construção, 2012, p. 54).

2.4 Características das Rodovias que Abrangem as Unidades de Conservação

A ESECAE está delimitada pelas Rodovias DF-128, DF-205, DF-345 e BR-020. As rodovias DF-128 e DF-345 são distritais, pavimentadas, com superfície de rolamento asfáltico e acostamentos ladeados por gramíneas altas (Figura 13 e 14). A Rodovia DF-205 é distrital, não pavimentada e encontra-se em leito natural, com manutenção periódica (Figura 15). A BR-020 é uma Rodovia Federal sob responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2010), pavimentada, com intenso fluxo de veículos pesados e margeando a ESECAE por 12,3 km (Figura 16).

Figura 13- Rodovia Distrital DF-128 km 4,5, próximo à ESECAE



Fonte: o autor (2024)

Figura 14- Rodovia Distrital DF-345 km 1,5, próximo à ESECAE



Fonte: o autor (2024)

Figura 15- Rodovia Distrital DF-205, próximo à ESECAE



Fonte: o autor (2024)

Figura 16- Rodovia Federal BR-020, próximo à ESECAE



Fonte: o autor (2024)

O Parque Nacional de Brasília está delimitado pelas Rodovias DF-001 e DF-003. A rodovia DF-001 possui trechos pavimentados, em pista simples de mão dupla, e trechos não pavimentados, com manutenção periódica. Outro trecho é pavimentado, em pista dupla, com faixas de rolamento de 3,5 m e barreiras de concreto tipo *New*

Jersey (Figura 17). A Rodovia DF-003 é duplicada, pavimentada, com intenso fluxo de veículos pesados (Figura 18).

Figura 17- Rodovia Distrital DF-001 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Figura 18- Rodovia Distrital DF-003 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

No que se refere ao Jardim Botânico de Brasília (JBB) a Reserva Ecológica do IBGE e Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL/UnB), essas áreas estão delimitadas pela Rodovia DF-001, pavimentada, com trechos em pista simples de mão dupla (Figura 19) e trechos em pista dupla, com faixas de rolamento de 3,5 m, acostamento e canteiro central.

Figura 19- Rodovia Distrital DF-001 (JBB, FAL/UnB, Reserva Ecológica IBGE)



Fonte: o autor (2024)

2.5 Situação Rodoviária-Ambiental

Ao comparar os Mapas Rodoviário e Ambiental, constatamos que as rodovias mencionadas atravessam áreas ambientalmente sensíveis, especialmente no que se refere à proteção da fauna. Essas rodovias são cruciais para a infraestrutura viária do Distrito Federal, conectando regiões produtoras, turísticas e outros estados. Dessa forma, é imprescindível um estudo aprofundado para minimizar os atropelamentos nessas áreas.

Prada (2004) destaca que as estradas em áreas de conservação requerem análise detalhada devido à interação com a fauna local. Bager (2012) aponta que, apesar das rodovias promoverem o crescimento econômico, elas acarretam impactos ambientais significativos, como atropelamentos de fauna, fragmentação e destruição de habitats. A ecologia de estradas é essencial para mitigar esses impactos, abordando a complexa relação entre infraestrutura rodoviária e conservação ambiental.

A mortalidade de animais por atropelamentos é uma preocupação relevante para a conservação da vida selvagem, particularmente para espécies ameaçadas que possuem grandes territórios e baixa taxa de reprodução (Forman; Alexander, 1998). Prada (2004) reforça que os acidentes de atropelamento são influenciados por várias condições, incluindo a visibilidade dos animais, a ausência de sinalização adequada e a velocidade dos veículos. Diversos estudos ressaltam a importância de analisar padrões de atropelamento para identificar *hotspots* e determinar regiões prioritárias para medidas de mitigação (Clevenger; Chruszcz; Gunson, 2003; Malo; Suárez; Díez, 2004).

Tsuda (2018) enfatiza a relevância de passagens de fauna e cercas-guia para reduzir atropelamentos e promover a conectividade entre *habitats*. É essencial compreender os efeitos das rodovias e implementar medidas preventivas e corretivas. Identificar corredores ecológicos e áreas de *habitat* no Distrito Federal para localizar passagens de fauna e cercas estrategicamente, bem como avaliar a eficácia das passagens existentes, é crucial para mitigar os atropelamentos.

Sendo assim, para efeito deste estudo, no que se refere às medidas mitigadoras, podemos classificar, conforme descrito na tabela 2

Tabela 2- Classificação de Medidas Mitigadoras

Descrição	Função	Animais Atendidos
Placas de Sinalização	Alertar os motoristas sobre a possibilidade de travessia de animais em áreas com alta incidência de fauna silvestre.	Todas as espécies de fauna terrestre, com destaque para pequenos e médios mamíferos (tatus, gambás e jaguatiricas) e répteis (cobras)
Redutores de Velocidades/Ondulações	Diminuir a velocidade dos veículos em áreas estratégicas, como trechos próximos a <i>hotspots</i> de atropelamentos.	Principalmente espécies de movimentos lentos ou que possuem hábito crepuscular/noturno, como tatus, tamanduás-bandeira e antas.
Passagens de Fauna (tipo túnel climático)	Facilitar a travessia da fauna terrestre sob a rodovia em locais de grande movimento e áreas de preservação; Manter a temperatura, a umidade e a iluminação interna próxima às condições naturais do habitat local	Sapos, cobras, lagartos, tatus, pacas e pequenos roedores.

Passagem de Fauna (tipo galeria 2x2m)	Oferecer uma passagem ampla para a fauna terrestre, permitindo a travessia segura de espécies de médio e grande porte; Conectar corredores ecológicos e habitats essenciais, promovendo o fluxo gênico entre a natureza.	Espécies de médio e grande porte, como antas, lobos-guará, onças-pardas e capivaras. Espécies também menores podem utilizar uma galeria, especialmente quando há vegetação na entrada para oferecer cobertura.
Cercas Direcionadoras	Guiar os animais pelas passagens de fauna, evitando que tentem atravessar direto Reduzir o acesso da fauna terrestre às vias pavimentadas, prevenindo atropelamentos. Aumentar a eficiência de outras medidas mitigadoras, como túneis e galerias, ao direcionar os animais.	Todas as espécies de fauna terrestre

Fonte: O autor (2024); Saito *et al.* (2022)

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando a situação apresentada na Metodologia, há que se promover uma crítica relevante em relação à ausência de dados atuais sobre atropelamentos de fauna.

A falta destes dados recentes sobre os atropelamentos de fauna nas rodovias do Distrito Federal é uma lacuna preocupante para a gestão ambiental da região. Considerando a alta diversidade biológica do Cerrado e sua vulnerabilidade, a ausência de monitoramento contínuo compromete a eficácia das medidas de conservação e mitigação de impactos, uma vez que os dados utilizados para embasar políticas públicas e projetos de conservação não refletem as dinâmicas atuais. A coleta regular e a disponibilização de dados são essenciais para o desenvolvimento de estratégias que preservem as espécies e os ecossistemas locais, especialmente em um cenário de expansão urbana e aumento da circulação em rodovias que cruzam áreas de importância ecológica.

Sendo assim, no que se refere à esta pesquisa, foram utilizados dados apenas do Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), sendo que os resultados estão pautados nos objetivos e sintetizados no sentido de consistentemente propor diretrizes para o planejamento e a implementação de dispositivos de segurança, como passagens de fauna, cercas, radares eletrônicos e sinalização em pontos relevantes de rodovias no Distrito Federal, e encontram-se descritos nos itens a seguir.

3.1 Identificação dos *hotspots* de atropelamentos de fauna

Podemos definir hotspot de atropelamento como uma área específica em uma estrada ou rodovia onde ocorre uma alta concentração de acidentes envolvendo fauna. Esses locais são caracterizados por uma frequência maior de atropelamentos em comparação com outros trechos de vias, geralmente associados a fatores como a proximidade de áreas naturais ou corredores ecológicos, padrões de movimentação de animais, características geográficas, vegetação, e tráfego intenso de veículos.

Os hotspots de atropelamentos podem ainda ser descritos como segmentos de uma rodovia onde ocorre uma significativa concentração de mortalidade de fauna devido a colisões com veículos (Langen; Ogden; Schwarting, 2009). Esses pontos críticos representam áreas de alto risco para a vida selvagem e são fundamentais para

orientar estratégias eficazes de conservação e segurança viária. A identificação desses hotspots oferece uma oportunidade valiosa para desenvolver medidas de mitigação destinadas a reduzir os impactos sobre populações ou comunidades de animais silvestres (Taylor; Goldingay, 2010). Essas medidas podem incluir a implementação de passagens de fauna e a redução da velocidade nas áreas críticas, visando preservar a fauna e promover a segurança viária.

Reduzir atropelamentos de fauna em rodovias que cortam unidades de conservação é crucial para preservar a biodiversidade e minimizar os impactos negativos das atividades humanas sobre os ecossistemas naturais. Frente a essa situação, verifica-se a necessidade de uma ação efetiva. De acordo com Carvalho, Custódio e Marçal Junior (2015), as populações enfrentam o risco de sofrer um declínio considerável quando os índices de atropelamentos superam os índices reprodutivos. Esse desequilíbrio entre a perda de indivíduos devido aos atropelamentos e a capacidade de reprodução das espécies pode ter graves consequências para a biodiversidade local, destacando a urgência de medidas de conservação e gestão adequadas.

Conforme apontado por Laurance, Goosem e Laurance (2009), é possível classificar os animais afetados pelos atropelamentos nas estradas em diferentes grupos: (a) animais que habitam áreas próximas às rodovias (Tamanduá-bandeira; Lobo-guará), (b) aqueles que frequentam as estradas em busca de alimento (Urubu-de-cabeça-preta; Raposas) e (c) os que utilizam o calor absorvido pelo asfalto para a regulação térmica (Jararaca; Teiú). Essa segmentação ressalta a diversidade de interações entre a fauna e as vias, evidenciando a necessidade de abordagens multifacetadas na mitigação dos impactos viários sobre a vida selvagem.

Sendo assim, entre os meses de abril de 2010 a março de 2012, o Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013) percorreu 9.700 quilômetros no Parque Nacional de Brasília (PNB) e registrou 652 animais (silvestres e domésticos) atropelados. Dos animais encontrados, 544 (83,4%) eram silvestres e 108 (16,6%) eram domésticos. Considerando os trechos referentes à área de estudo, os *hotspots* identificados na Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE), no Parque Nacional de Brasília (PNB), no Jardim Botânico de Brasília (JBB), na Reserva Ecológica do IBGE e na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL/UnB) são apresentados nos quadros 1, 2 e 3, respectivamente.

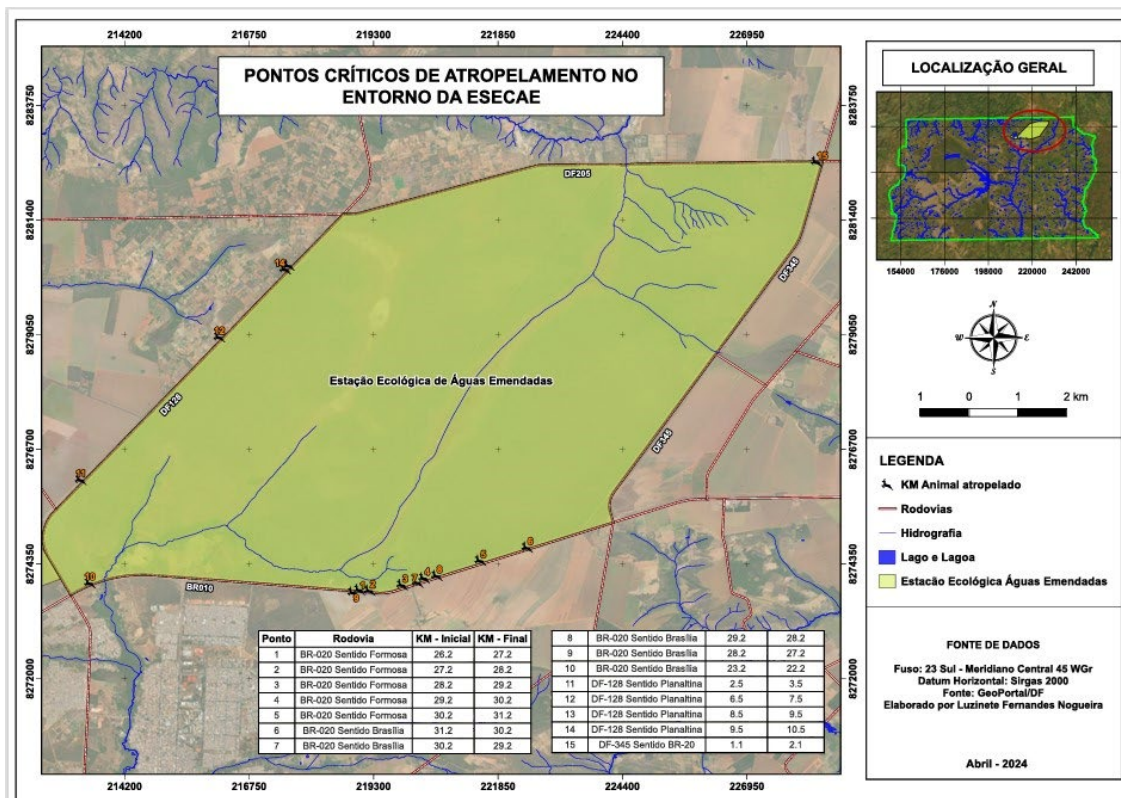
Os trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno da ESECAE estão relacionados no Quadro 1. Para melhor visualização dos pontos de *hotspots* desse trecho, foi gerado um mapa, conforme observado na Figura 20. No trecho do Parque Nacional de Brasília (PNB), os *hotspots* identificados estão descritos no Quadro 2, com a respectiva visualização no mapa da Figura 21. Por fim, os *hotspots* identificados no Jardim Botânico de Brasília (JBB), na Reserva Ecológica do IBGE e na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL/UnB) estão relacionados no Quadro 3 e visualizados no mapa da Figura 22.

Quadro 1- Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno da ESECAE

Trecho	Rodovia	Km Inicial	Km Final
1	BR-020 sentido Formosa-GO	26,2	27,2
2	BR-020 sentido Formosa-GO	27,2	28,2
3	BR-020 (sentido Formosa-GO)	28,2	29,2
4	BR-020 (sentido Formosa-GO)	29,2	30,2
5	BR-020 (sentido Formosa-GO)	30,2	31,2
6	BR-020 (sentido Brasília-DF)	31,2	30,2
7	BR-020 (sentido Brasília-DF)	30,2	29,2
8	BR-020 (sentido Brasília-DF)	29,2	28,2
9	BR-020 (sentido Brasília-DF)	28,2	27,2
10	BR-020 sentido Brasília-D	23,2	22,2
11	DF-128 sentido Planaltina-GO	2,5	3,5
12	DF-128 sentido Planaltina-GO	6,5	7,5
13	DF-128 sentido Planaltina-GO	8,5	9,5
14	DF-128 sentido Planaltina-GO	9,5	10,5
15	DF-345 (sentido BR-020)	1,1	2,1

Fonte: IBRAM (2013)

Figura 20- Mapa de localização dos pontos de hotspots no entorno da ESECAE



Fonte: O autor (2024); Luzinete (2024)²

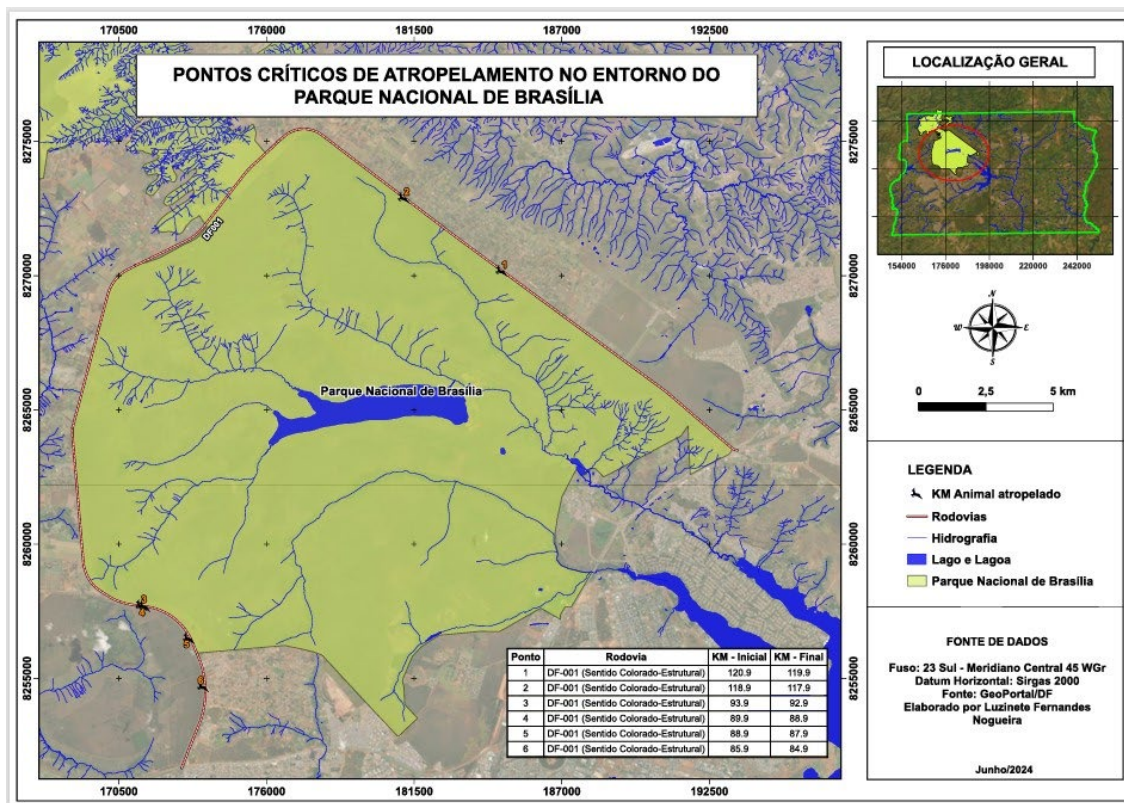
Quadro 2- Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno do PNB

Trecho	Rodovia	Km Inicial	Km Final
1	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	120.9	119.9
2	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	118.9	117.9
3	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	93.9	92.9
4	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	89.9	88.9
5	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	88.9	87.9
6	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	85.9	84.9

Fonte: IBRAM (2013)

² Figura cedida do arquivo pessoal de Luzinete Fernandes, Eng^a Agrônoma e servidora do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal.

Figura 21- Mapa de localização dos pontos de hotspots (PNB)



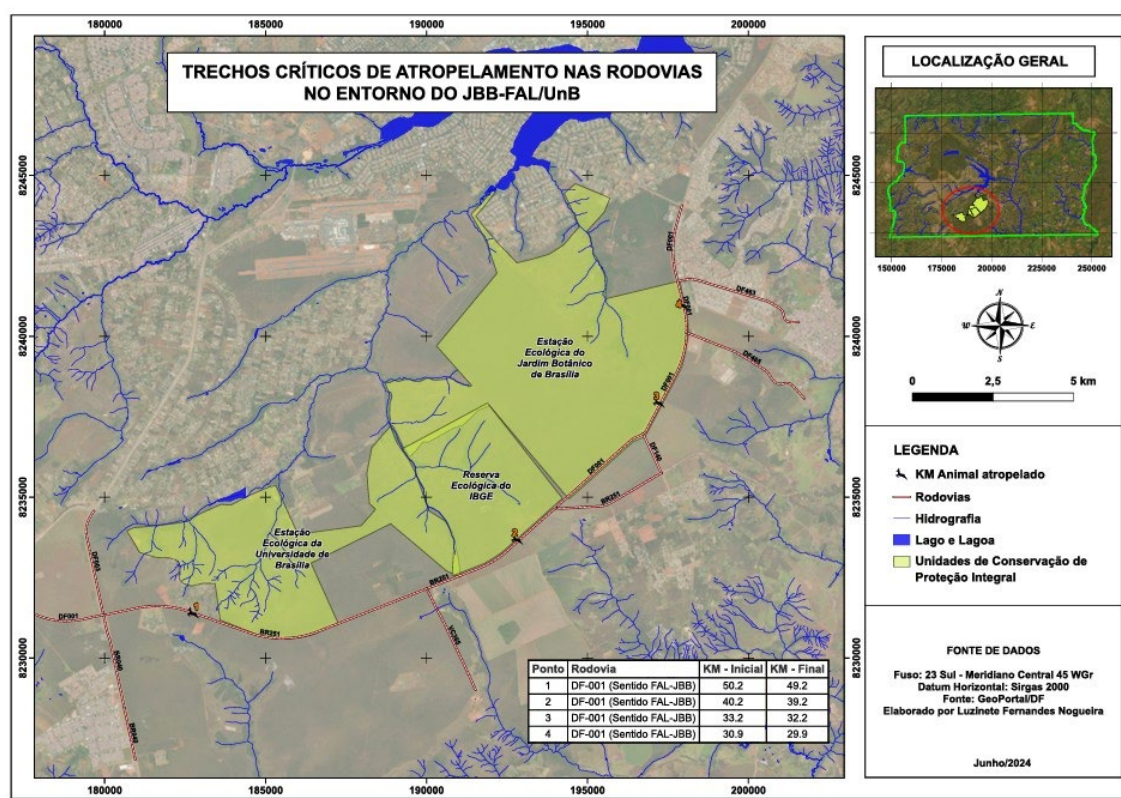
Fonte: O autor (2024); Luzinete (2024)

Quadro 3- Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno do JBB-FAL-IBGE

Trecho	Rodovia	Km Inicial	Km Final
1	DF-001 (sentido FAL-JBB)	50.2	49.2
2	DF-001 (sentido FAL-JBB)	40.2	39.2
3	DF-001 (sentido FAL-JBB)	33.2	32.2
4	DF-001 (sentido FAL-JBB)	30.9	29.9

Fonte: IBRAM (2013)

Figura 22- Mapa de localização dos pontos de *hotspots* (JBB-FAL-IBGE)



Fonte: O autor (2024); Luzinete (2024)

A identificação dos *hotspots* de atropelamentos nesta pesquisa pode servir de base para melhorias nos sistemas de mitigação. O Projeto de Monitoramento e Mitigação dos Impactos de Rodovias à Fauna do Distrito Federal - Rodofauna (IBRAM, 2013) tem como objetivo geral monitorar o impacto das rodovias na fauna silvestre, focando na identificação de pontos críticos de acidentes para direcionar medidas mitigadoras. Seus objetivos específicos incluem a identificação de trechos com alta mortalidade animal, a avaliação dos fatores que influenciam as taxas de atropelamento, a proposição de medidas de mitigação, a análise da eficácia dessas medidas e o estudo do impacto das intervenções nas populações de fauna afetadas.

Frente a esse impacto significativo, torna-se imperativo empregar medidas direcionadas à minimização dessas consequências adversas. Nesse contexto, a identificação de *hotspots* revela-se de extrema relevância, permitindo a detecção de áreas prioritárias para a implementação de medidas de mitigação eficazes (Langen; Ogden; Schwarting, 2009; Taylor; Goldingay, 2010). Essa abordagem direcionada e baseada em evidências é fundamental para direcionar recursos e esforços de conservação de forma eficiente, visando reduzir os efeitos negativos das estradas na

fauna. De acordo com Malo, Suárez e Díez (2004), é fundamental avaliar a distribuição espacial dos atropelamentos para identificar pontos de maior incidência e implementar medidas de intervenção subsequentes. Isso é importante porque os padrões de mortalidade não são aleatórios; os animais frequentemente utilizam as mesmas rotas de passagem.

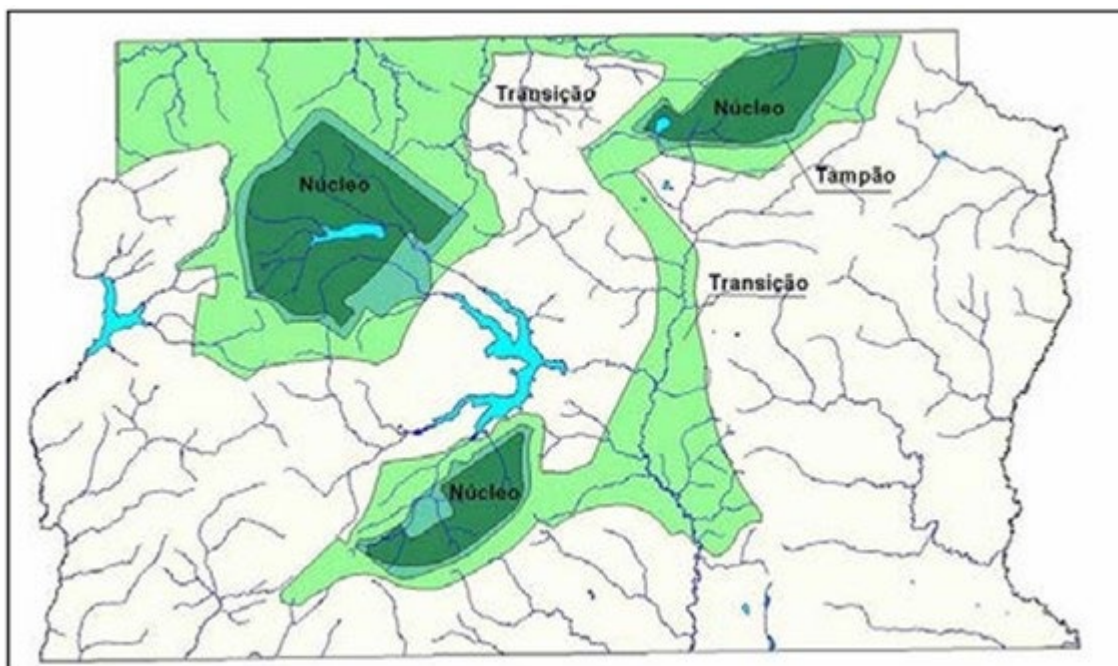
Em síntese, o mapeamento dos *hotspots* de atropelamento ao longo das rodovias do Distrito Federal é uma estratégia essencial para mitigar os impactos negativos das rodovias na fauna silvestre. Por meio de uma análise de dados, foi possível mapear as áreas críticas, que permitirá a implementação de intervenções direcionadas e eficazes. Essas ações não só protegem a biodiversidade, mas também aumentam a segurança rodoviária e a eficiência na utilização dos recursos disponíveis, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável e harmonioso entre a infraestrutura humana e o meio ambiente natural.

3.2 Levantamento dos corredores ecológicos e áreas de *habitat* essenciais para a fauna no DF

De acordo com Mello (2013), o termo corredor ecológico é utilizado em diferentes contextos, com diversas definições e escalas. Esses corredores são compreendidos de maneira ampla e multidimensional, assumindo diferentes nomes (corredores ecológicos, corredores de biodiversidade, corredores de habitats, corredores conectores, corredores de fauna, corredores biorregionais, corredores de desenvolvimento sustentável), objetivos e abordagens (política, biológica, social, institucional). Do ponto de vista da conservação biológica, os corredores ecológicos são definidos como porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, frequentemente restaurados, que conectam remanescentes florestais, geralmente localizados em Unidades de Conservação, permitindo o movimento da biota e, conseqüentemente, o fluxo gênico entre eles.

No contexto do Distrito Federal, os corredores ecológicos e áreas de *habitat* importantes (Figura 23), desempenham um papel crucial na mitigação dos impactos negativos do desenvolvimento urbano, especialmente no que diz respeito aos atropelamentos de fauna. A infraestrutura rodoviária, ao atravessar áreas de *habitat*, representa uma barreira significativa para o movimento dos animais, resultando em um aumento substancial na mortalidade por atropelamento.

Figura 23- Núcleo de Corredores Ecológicos do Distrito Federal



Fonte: Topocart (2012)

A expansão urbana e o aumento da malha rodoviária intensificam a fragmentação dos habitats naturais, expondo a fauna local a maiores riscos de atropelamento. Haddad *et al.* (2015) destacam que essa fragmentação tem um impacto significativo na redução do fluxo gênico e na mortalidade de espécies, particularmente aquelas com capacidade limitada de dispersão. No Distrito Federal, caracterizado por uma paisagem urbana e rural fragmentada, a conservação da fauna enfrenta desafios críticos devido ao crescimento urbano e à expansão agrícola, que aumentam a exposição dos animais às estradas.

Os corredores ecológicos emergem como uma solução essencial para reduzir a mortalidade de fauna por atropelamento, ao proporcionar rotas seguras para o movimento dos animais entre fragmentos de *habitat*. Silva *et al.* (2011) ressaltam que esses corredores são fundamentais no planejamento ambiental, buscando harmonizar o desenvolvimento humano com a conservação da biodiversidade. Eles mitigam as consequências da fragmentação dos *habitats*, conectando-os e facilitando o movimento seguro da fauna, reduzindo assim os atropelamentos.

As funções principais dos corredores ecológicos incluem: servir como habitat para algumas espécies; permitir a movimentação segura de indivíduos entre fragmentos; atuar como barreira semipermeável que separa áreas da matriz; e

fornecer fatores bióticos e abióticos para a matriz (Beier; Noss, 1998; Santos, 2002). No contexto das rodovias que circundam ou atravessam Unidades de Conservação, é imprescindível implementar estratégias que mitiguem os atropelamentos. Os corredores ecológicos, ao conectarem fragmentos florestais, como Unidades de Conservação e outros habitats, são ferramentas eficazes para reduzir a mortalidade de fauna e preservar as funções ecológicas (Liang *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018; Windt; Swart, 2007).

Além disso, os corredores ecológicos contribuem para alcançar diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), incluindo o ODS 13, que aborda a necessidade de combater as alterações climáticas e o ODS 15, que busca a proteção, restauração e uso sustentável dos ecossistemas terrestres para reduzir a perda de biodiversidade (UN, 2024). Esses corredores são essenciais não apenas para a conservação da fauna, mas também para a sustentabilidade ambiental em um contexto de terras desenvolvidas, como a urbanização em expansão.

3.3 Avaliação da efetividade das passagens de fauna e cercas existentes

McCollister e Van Manen (2010) identificaram em seu estudo que, nos segmentos não telados, à medida que a distância entre os túneis aumenta, ocorre um incremento nos atropelamentos, aumentando as chances de os animais seguirem as telas e cruzarem a rodovia onde não há telamento. Clevenger, Chruszcz e Gunson (2001) sugerem que esse comportamento é um fator significativo que contribui para os atropelamentos de fauna (McCollister; Van Manen, 2010). A lógica de um sistema composto por passagens inferiores e telamento das laterais da via objetiva impedir o acesso da fauna à rodovia e possibilitar a manutenção dos processos ecológicos (Nauderer, 2014).

Podemos verificar a preocupação de estudiosos quanto à efetividade na instalação de passagens de fauna com cercas direcionadoras. As passagens de fauna devem ser implementadas em conjunto com as cercas condutoras, pois ambas as estruturas fazem parte de um conceito integrado para preservar a conectividade entre populações de animais (Abra, 2012). Isso garante a segurança tanto dos animais quanto dos veículos que transitam pelas rodovias, uma vez que uma parcela significativa dos atropelamentos é atribuída à ausência de medidas mitigadoras, como a falta de passagens subterrâneas com cercas direcionadoras em locais estratégicos,

onde a movimentação de animais é mais intensa, e à negligência dos motoristas nas rodovias (Oliveira; Sousa; Silva, 2017).

De acordo com Oliveira (2020), as cercas podem diminuir eficientemente o atropelamento de animais silvestres, mas exigem estudos prévios para definir a(s) espécie(s) alvo, a localização mais adequada (por *hotspots*) e o caminho preferido pela espécie. Passagens de fauna servem para ligar fragmentos de hábitat e populações isoladas anteriormente, mas podem ser de diversos modelos (superior, inferior, subterrânea; larga, estreita; concreto, verde; iluminada). Em suma, são mais eficientes quando instaladas em combinação com as cercas, e os trabalhos mostram que as espécies lidam com as passagens de forma bastante diversa, com répteis e anfíbios sendo mais exigentes que ungulados.

Nesse mesmo sentido, Azevedo (2022) afirma que a adoção de medidas eficazes para evitar o atropelamento faunístico em rodovias em obra necessita de estudos preliminares. Estes devem levar em consideração toda a área ao redor da construção para que os trechos passíveis de acidentes sejam identificados, bem como as estatísticas dos grupos acometidos, o conhecimento das espécies existentes no local e as razões do deslocamento e possíveis motivos dos atropelamentos.

Sendo assim, verificamos que as tratativas do Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), que possui dados utilizados nesta pesquisa, estão em acordo com as situações descritas acima. O referido projeto possui como objetivo geral monitorar o impacto ambiental das rodovias sobre a fauna silvestre, identificando pontos críticos de acidentes para direcionar a adoção de medidas mitigadoras e promover ações e estratégias conservacionistas e educativas. Especificamente, o projeto busca identificar trechos de rodovias no Distrito Federal que apresentem alta mortalidade de animais silvestres. Através dos dados citados, bem como de uma vistoria em campo, avaliamos a situação das medidas mitigadoras implantadas em alguns trechos.

No que tange à efetividade das passagens de fauna e cercas existentes, constata-se que, em geral, as passagens estão em boas condições de uso. No entanto, as cercas enfrentam problemas em alguns trechos devido ao vandalismo, incluindo destruição e/ou roubo. Observa-se uma dificuldade maior na manutenção das cercas em áreas próximas às zonas urbanas. Portanto, verifica-se que é necessário revisar e alterar o projeto de implantação dessas cercas. Segue abaixo (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28) a situação das passagens de fauna, referente à vistoria de campo.

Figura 24- Alambrado direcionador de fauna - DF-001 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Figura 25- Passagem de fauna - DF-001 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Figura 26- Passagem de fauna tipo túnel climático - DF-001 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Figura 27- Alambrado direcionador com limite de velocidade - DF-001 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Figura 28- Sinalização vertical - Sonorizadores - DF-001 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Porém, mesmo diante desta situação, é importante ressaltar que a construção de passagens de fauna, conforme apontado por Beckmann *et al.* (2010), é uma das estratégias mais eficazes para restaurar ou conservar a conectividade entre populações animais. É essencial que essas estruturas beneficiem uma ampla variedade de espécies e diferentes grupos da fauna. Segundo Costa (2013), há consenso entre os órgãos de gestão de rodovias de diversos países de que, para maximizar a conectividade através das estradas, é preciso prever e assegurar a instalação de uma variedade de estruturas de passagens de fauna.

Contudo, resta ressaltar a importância de vistoriar as passagens de fauna e cercas direcionais, bem como todo o sistema de medidas mitigadoras. Podemos observar ainda a necessidade de um plano de manutenção que permita a identificação e correção de problemas, o ajuste de estruturas para melhorar sua funcionalidade e o monitoramento contínuo de sua eficácia. Além dos benefícios diretos para a conservação da biodiversidade, essas práticas contribuem para a redução de acidentes rodoviários, geram economia de custos e promovem a conscientização pública sobre a importância da preservação ambiental. Portanto, investir em vistorias

regulares é um componente crucial para o sucesso das estratégias de mitigação de impactos ambientais causados pelas rodovias.

3.4 Verificação das propostas e as implementações de medidas mitigatórias

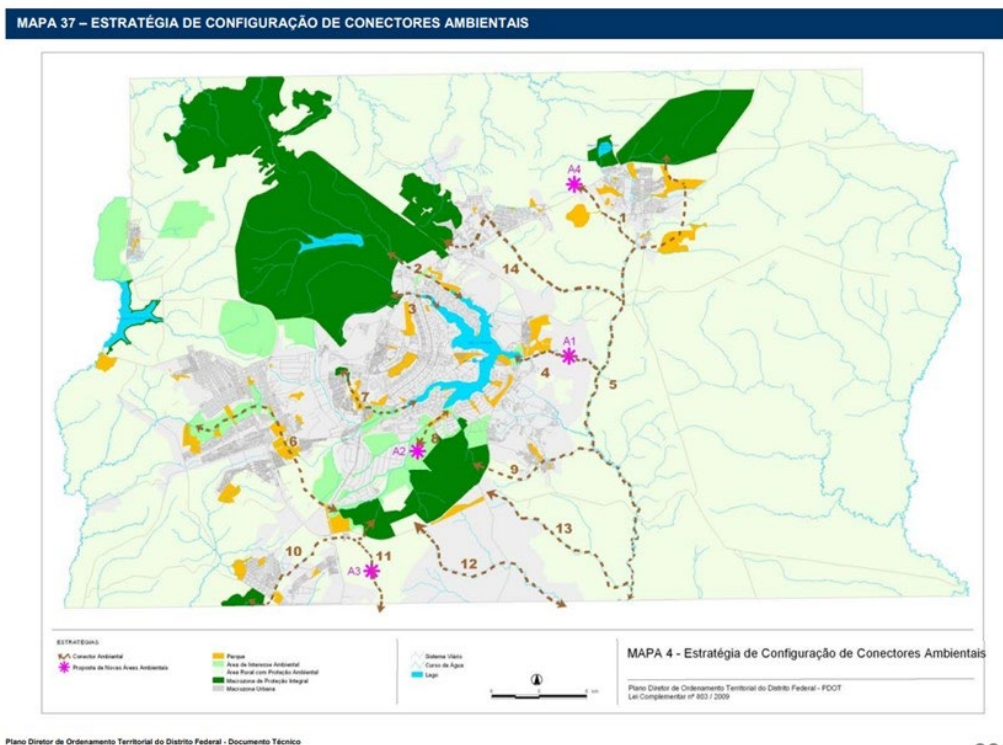
Podemos afirmar que o Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), contribuiu substancialmente para o avanço na tomada de decisões quanto às medidas de proteção da fauna no Distrito Federal. Segundo o relatório, as principais medidas mitigadoras propostas enfocam: 1) Redução de velocidade dos veículos através da instalação de controladores de velocidade; 2) Longos túneis e pontes (*underpasses* e *overpasses*) combinadas com cercas direcionadoras a estas estruturas. Dessa maneira, a combinação de redutores de velocidade com passagens de fauna terá maior eficácia na preservação da fauna local.

Além dos dados e apontamentos referente ao Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), para efeito de avaliação dos resultados de melhorias na implantação de medidas mitigadoras foi verificado o ZEE DF - Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal - Caderno Matriz Ecológica (ZEE-DF, 2017). No que se refere ao PDOT, importante destacar que quanto às medidas mitigadoras da fauna são tratadas através dos conectores ambientais, assim definidos como:

Os conectores ambientais identificados no plano correspondem a porções do território dispostas linearmente que mantêm ambientes preservados, tais como fragmentos de vegetação nativa, ou estrutura física e ambiental própria, tal como vales fluviais, que por estes aspectos possibilitam a conexão funcional entre ecossistemas (Distrito Federal, 2017, não paginado).

Sendo assim, para as medidas mitigadoras propostas nas rodovias que se referem à área de estudos, foi considerado então o mapa dos conectores ambientais (ZEE-DF, 2017; Distrito Federal, 2017), os dados apontados no Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), bem como os pareceres e informações técnicas, configurando a situação conforme mostrado na Figura 29.

Figura 29- Estratégia de configuração de conectores ambientais



330

Fonte: Distrito Federal (2017)

No que se refere à ESECAE, as medidas, tomaram como referência os estudos realizados pelos órgãos rodoviários e ambientais, demandas advindas da população através de representações junto ao Ministério Público Federal quanto aos atropelamentos e óbitos de animais silvestres ameaçados de extinção, ocorridos na rodovia DF-128, localizada às margens da Estação Ecológica Águas Emendadas (ESEC-AE), tudo isso, aliado aos dados do Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), bem como nos estudos de PCA/PRAD (Extrema Construção, 2012).

Dentre as sugestões do Estudo do PCA/PRAD (Extrema Construção, 2012), páginas 149 e 150, podemos destacar que as medidas apontadas se referem a passagens inferiores, placas verticais indicativas do risco de travessia de animais silvestres, instalação de sonorizadores como redutores de velocidade em pontos estratégicos da rodovia afim de limitar a velocidade dos veículos, fiscalização de velocidade constante, extensão do programa de educação ambiental da ESECAE para a área de influência da rodovia, inserção de dispositivos como balizas ou árvores nas áreas adjacentes a rodovia, fiscalização da vedação superior de caminhões graneleiros saídos das fazendas do entorno da DF-131, manutenção da vegetação na

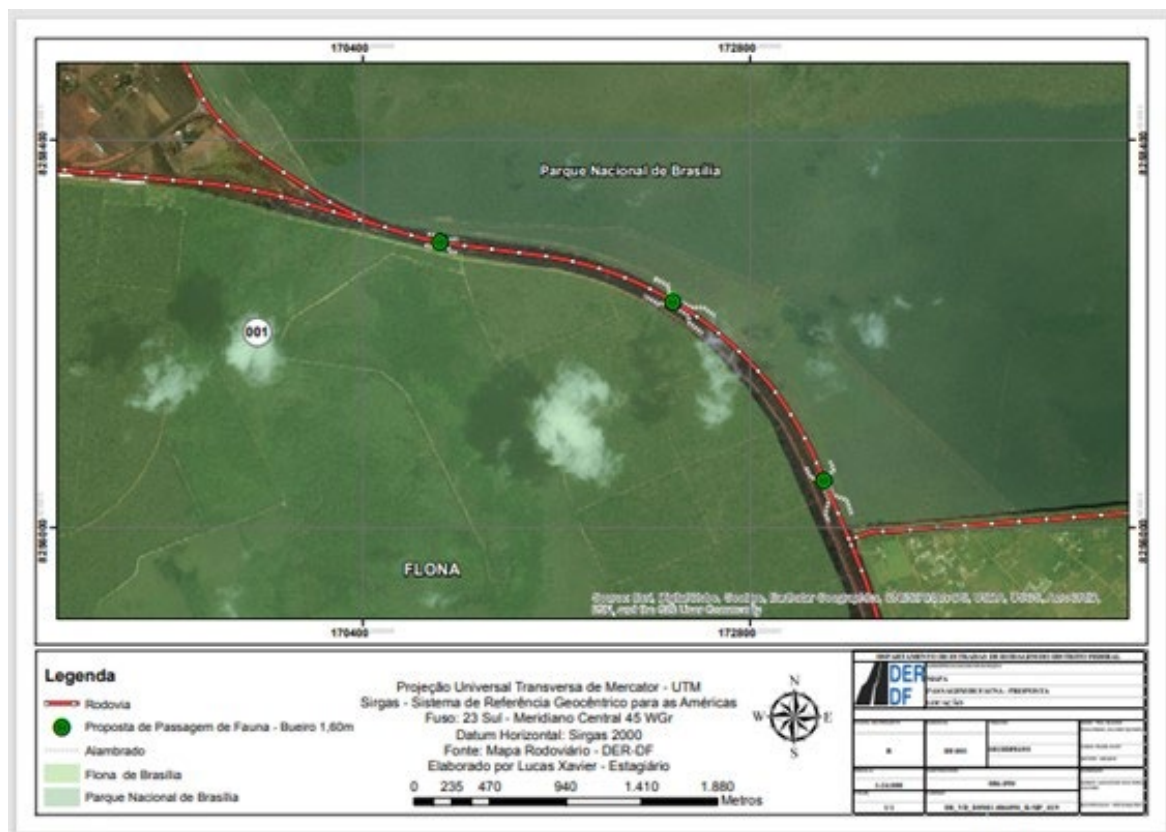
faixa de domínio da rodovia e remoção de carcaças de médio e grande porte do leito estradal.

Os estudos de atropelamento de fauna realizados pelos órgãos rodoviários (DER-DF, 2023a) e ambientais (IBRAM) através do Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), para adoção de medidas mitigadoras na DF-128 que diminuam o número dos atropelamentos e mantenham a conectividade ambiental na região dessa rodovia, se basearam em informações fornecidas pelo estudo realizado pela equipe do Projeto RODOFAUNA na DF-128 (IBRAM, 2013), bem como da equipe de meio ambiente do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal no Parecer Técnico nº 22 (DER-DF, 2023a). Sendo assim, as medidas sugeridas se referem a mecanismos para reduzir a velocidade dos veículos (placas com limites de velocidades), placas de sinalização de travessia de animais, passagens de fauna e cercas direcionadoras de fauna.

Dentre as medidas apontadas na duplicação da Rodovia DF-001, entre os kms 82 e 86, foi exigido três passagens de fauna como medidas mitigadoras. Considerando os dados, foi realizado uma inspeção de campo pelos técnicos da área de meio ambiente do DER-DF no trecho em questão. Como resultado foi sugerido passagens de fauna conforme demonstrado na Figura 30. Para a referida sugestão foi avaliado que a altura do greide da rodovia em relação ao terreno natural possuía uma variação de altura de uns 0,20 m a 1,50 m. Considerando ainda a instalação de Barreiras *New Jersey*, o que acarretaria uma barreira física para a travessia dos animais. Em resumo foi considerado três situações adversas à travessia dos animais, sendo estas:

- Diferença na altura de greide entre terreno natural e pista (entre 0,20 e 1,5 m);
- Instalação de Barreiras *New Jersey*;
- Aumento na largura da pista (de duas para quatro faixas de 3,5 m).

Figura 30- Sugestão para passagens de fauna



Fonte: DER-DF (2023a)

Ainda quanto à pavimentação da Rodovia DF-001 (PNB), trecho do entroncamento da Rodovia DF-430 e DF-220, o Estudo do PCA/PRAD (Ecotech, 2018), p. 91, se refere às sugestões de instalação de passagens de fauna nos pontos considerados corredores ecológicos, instalação de cercas direcionais, com o mínimo de 100 metros de extensão de cada lado da entrada das passagens de fauna, visando guiar os animais até essas estruturas, instalar de mastros sinalizadores (balizas) para evitar a colisão de aves, melhorara no cercamento do Parque Nacional de Brasília na extensão da rodovia DF-001, roçagem sistemática da vegetação nas margens da rodovia, monitoramento de forma sistemática do atropelamento da fauna silvestre no trecho a pavimentar, instalação de sonorizadores e outras medidas mitigadoras nos trechos com maior índice de atropelamentos, conforme indicar o monitoramento sistemático como trechos críticos de acidentes, com mortalidade.

Para atendimento do estudo do PCA/PRAD (Ecotech, 2018), segundo o Termo de Referência (DER-DF, 2018, p. 44-45), os técnicos da Superintendência Técnica (SUTEC) do DER/DF realizou visitas a campo para adaptar o projeto de engenharia

da rodovia às medidas de mitigação que impactam a fauna. As visitas a campo foram realizadas por uma equipe multidisciplinar envolvendo engenheiros civis, biólogo e profissionais da área do desenho. As adaptações realizadas se referem a instalação de dispositivo metálico, cilíndrico, pintado nas cores branco e vermelho, utilizado para induzir as aves a elevar a altura de voo nas proximidades com rodovias e evitar colisões com veículos nos *hotspots* de atropelamento de aves, instalação de cercas direcionais, com o mínimo de 100 metros de extensão de cada lado da entrada das passagens de fauna, roçagem sistemática da vegetação nas margens da rodovia, monitoramento de forma sistemática o atropelamento da fauna silvestre no trecho a pavimentar, instalação de sonorizadores, redutores de velocidade (quebra-molas, barreiras eletrônicas e radares), principalmente nos trechos que atravessam o Parque Nacional de Brasília e os campos de murundus, avaliação da eficácia das medidas mitigadoras instaladas para eventuais ajustes ou alterações.

No tocante ao trecho Jardim Botânico de Brasília (JBB), a Reserva Ecológica do IBGE e a Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL/UnB), as medidas adotadas, tomaram como referência as condicionantes ambientais de duplicação de trecho da Rodovia DF-001, pareceres e informações técnicas, gerando os estudos realizados no trecho em questão. Por fim, está ainda considerado os dados do Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013). Sendo assim, através destes estudos, as medidas mitigatórias estão presente no Licenciamento Ambiental, e posteriormente destacada pela equipe técnica do IBRAM, na Informação Técnica n.º 17/2021 (IBRAM, 2021), que apresenta informações quanto e atropelamento de fauna, bem como propõe localizações e detalhes da passagem de fauna. Também destaca que o Brasília Ambiental desenvolveu, de 2010 a 2015, o Projeto de Monitoramento e Mitigação dos Impactos de Rodovias à Fauna do Distrito Federal - Rodofauna (IBRAM, 2013), base para definição da alocação de medidas mitigadoras. Neste documento recomenda-se:

Recomenda-se que seja instalada uma passagem para mamíferos de médio e grande porte e outra para anfíbios e répteis. Uma outra opção é que seja alocada uma passagem para médios e grandes mamíferos e a outra passagem seja transformada na instalação de um conjunto de redutores de velocidade. A sugestão se deve ao grupo mais atropelado serem as aves, de modo que a medida auxiliará a mitigar os efeitos da estrada para o táxon (IBRAM, 2021, não paginado).

Então, podemos verificar que através dos resultados do Projeto RODOFAUNA (IBRAM, 2013), bem como o Caderno Matriz Ecológica (ZEE-DF, 2017), com os

estudos dos conectores ambientais, diversas medidas mitigadoras foram adotadas para minimizar os impactos na fauna no Distrito Federal.

Diante deste cenário, no que se refere às rodovias pertencentes à área de estudo, foi observada a implantação de diversas medidas mitigadoras para a proteção da fauna. Através do mapeamento dos "*hotspots*" ou pontos críticos, apontados no Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013), do mapa de conectores ambientais, bem como dos pareceres e estudos técnicos-ambientais, foi possível, em grande parte dos casos, apontar os locais mais adequados para a instalação de medidas mitigadoras, como passagens de fauna, cercas, radares eletrônicos e sinalização (placas de advertência).

Foi observado, através de vistorias de campo, que a sinalização, acompanhada de sonorizadores, ondulações e pardais, corresponde à maioria das medidas mitigadoras. Porém, mesmo em menor quantidade, foram também implantadas passagens de fauna e cercas direcionadoras. Segundo informações da Diretoria de Meio Ambiente do DER-DF, nos últimos anos foram implantadas 27 passagens de fauna nas Rodovias do Sistema Rodoviário. Dentre estas, 10 foram executadas na área de estudo. Segundo Abra (2012), essas medidas mitigadoras contribuem para a conectividade entre fragmentos florestais e matrizes permeáveis, promovendo tanto a conservação da biodiversidade quanto a segurança dos usuários das rodovias.

Importante ressaltar que, em vistoria no local, foi possível verificar que parte destas medidas mitigadoras já foram implantadas, conforme demonstrado nas Figuras 31, 32, 33 e 34.

Figura 31- Passagem de Fauna - Rodovia Distrital DF-001, km 100,1 (PNB)



Fonte: o autor (2024)

Figura 32- Sinalização na DF-128 km 4,5 (ESECAE)



Fonte: O autor (2024)

Figura 33- Passagem para herpetofauna tipo túnel climático na DF001 - km 99.8 (PNB)



Fonte: O autor (2024)

Figura 34- Sinalização DF-001 km 31,7 (JBB-FAL-UnB)



Fonte: O autor (2024)

Por fim, podemos observar que a proteção da biodiversidade em regiões cortadas por rodovias é um desafio constante, especialmente em áreas de grande relevância ecológica como o Distrito Federal (DF). Para cumprir o objetivo de definir os locais mais propícios para a instalação de medidas mitigadoras como passagens de fauna, cercas, radares eletrônicos e sinalização, é crucial um mapeamento estratégico dos "*hotspots*" ou pontos críticos, como apontados no Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013).

O cumprimento do objetivo de continuidade no processo de avaliação e implantação das medidas mitigadoras no intuito de redução no índice de atropelamentos da fauna envolve um processo detalhado e multidisciplinar. A integração de dados ecológicos e rodoviários, aliada a um planejamento estratégico e a um monitoramento contínuo, é crucial para a proteção e a preservação dos corredores ecológicos e da fauna local. Dessa forma, é possível reduzir significativamente os impactos negativos das rodovias sobre a biodiversidade e promover um desenvolvimento mais sustentável na região.

4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo destacam a magnitude dos atropelamentos de fauna no Distrito Federal, evidenciando a significativa ameaça que essas ocorrências representam para a biodiversidade local, especialmente em um bioma tão rico e diverso como o Cerrado. A identificação de *hotspots* ao redor das principais unidades de conservação, como a Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE), o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Jardim Botânico de Brasília (JBB), sublinha a necessidade urgente de estratégias eficazes para mitigar esses impactos. A elevada mortalidade de aves, mamíferos, répteis e anfíbios nestas áreas reforça a importância de intervenções específicas que possam reduzir a perda de indivíduos e espécies.

Estudos prévios, como o de Bager e Fontoura (2012), criticam o modelo brasileiro de estudos sobre fauna, que se concentra principalmente na taxa de atropelamentos, sem considerar como essa mortalidade afeta as populações locais. Esse tipo de análise é fundamental para desenvolver estratégias de mitigação que não apenas reduzam o número de mortes, mas também protejam a viabilidade das populações afetadas.

A avaliação das passagens de fauna e cercas direcionadoras instaladas ao longo das rodovias do Distrito Federal revela uma realidade complexa. Embora essas estruturas sejam uma estratégia promissora para reduzir a mortalidade da fauna, sua eficácia é limitada por desafios de manutenção, especialmente em áreas urbanas. O vandalismo e a destruição de cercas, bem como a falta de conscientização dos motoristas, são fatores críticos que comprometem a funcionalidade dessas medidas. Lins *et al.* (2015) destacam a importância de estudar as externalidades ambientais negativas das estradas, dado que o transporte rodoviário é o principal sistema logístico do Brasil.

Para que gestores e tomadores de decisão disponham de informações confiáveis, é crucial identificar quando e onde espécies de particular interesse estão mais suscetíveis ao atropelamento. Isso permite a implementação de medidas mitigadoras eficazes durante ou após a construção de rodovias (Langen *et al.*, 2007; Grilo; Bissonette; Santos-Reis, 2009). No entanto, o monitoramento pós-construção apresenta custos elevados, o que pode inviabilizar alguns estudos. Os recursos destinados ao monitoramento poderiam ser melhor aplicados na implementação de medidas mitigadoras (Bank *et al.*, 2002).

Corredores ecológicos desempenham um papel crítico na mitigação dos impactos das rodovias, proporcionando rotas seguras para o movimento da fauna e facilitando a conectividade entre fragmentos de *habitat*. A implementação estratégica de corredores ecológicos deve considerar as rotas naturais de migração e dispersão das espécies. Estudos indicam (trazer estudos) que a eficácia dos corredores ecológicos é maximizada quando estes são integrados a uma rede de áreas protegidas, promovendo a resiliência ecológica e reduzindo os efeitos negativos da fragmentação de habitat. A conectividade ecológica não só ajuda a preservar a diversidade genética, mas também permite que as populações de fauna se adaptem melhor às mudanças ambientais.

A implementação de medidas mitigadoras enfrenta desafios significativos, incluindo limitações orçamentárias, resistência política e a complexidade de equilibrar desenvolvimento urbano com conservação ambiental. Saito *et al.* (2022) destacam que cada rodovia está inserida em um contexto único, exigindo um planejamento cuidadoso de medidas adequadas à realidade e à fauna local, incluindo tanto medidas físicas quanto ações de manejo. Tecnologias avançadas, como sistemas de detecção de fauna baseados em câmeras e sensores, podem ser integradas para monitorar e responder rapidamente aos incidentes de atropelamento. Além disso, parcerias entre governos, ONGs, universidades e comunidades locais podem fornecer o suporte necessário para a implementação e manutenção dessas medidas. Exemplos de sucesso em outras regiões do mundo demonstram que tais colaborações são eficazes na mitigação dos impactos das rodovias na fauna.

Para que as medidas mitigadoras sejam eficazes, é crucial que haja um suporte robusto de políticas públicas. Regulamentações específicas que exigem a instalação de passagens de fauna e cercas direcionadoras em projetos rodoviários novos e existentes são essenciais. Além disso, campanhas de educação ambiental voltadas para motoristas podem aumentar a conscientização sobre a importância de reduzir a velocidade e estar atentos à presença de fauna nas estradas. Prada (2004) enfatiza a importância de campanhas educativas e a redução da velocidade permitida, acompanhada de mecanismos rigorosos de fiscalização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos observar, que este estudo destaca a grave ameaça que os atropelamentos de fauna representam para a biodiversidade do Distrito Federal e a necessidade urgente de intervenções eficazes. As passagens de fauna e cercas direcionadoras, embora promissoras, requerem melhorias contínuas em sua implementação e manutenção. Ainda assim, a proximidade de corredores ecológicos mostrou-se um fator determinante para a concentração de atropelamentos, sugerindo que a localização estratégica de passagens de fauna nesses trechos é crucial para minimizar o impacto sobre a fauna silvestre. Neste sentido é imprescindível a integração destes corredores no planejamento rodoviário, juntamente com políticas públicas robustas e campanhas de educação ambiental. Esses esforços são essenciais para mitigar os impactos das rodovias na fauna. Com um planejamento contínuo e colaborativo, é possível promover um equilíbrio sustentável entre o desenvolvimento rodoviário e a conservação da biodiversidade, assegurando a preservação das espécies e a saúde dos ecossistemas no longo prazo.

O estudo demonstra ainda que o Projeto Rodofauna (IBRAM, 2013) pode ser considerado um marco no que se refere aos estudos de medidas mitigadoras, tanto na identificação dos *hotspots* de atropelamentos de fauna, quanto na identificação das espécies e sugestão de soluções. Os dados deste projeto foram utilizados em diversos trabalhos, incluindo PCAs/PRAD, possibilitando o aprofundamento em estudos e pesquisas para a implantação de medidas de proteção. Através da avaliação de mapas ambientais, especialmente no que se refere aos conectores (Distrito Federal, 2017), foi constatado que o Distrito Federal está cercado de áreas com trânsito de animais. O mapa rodoviário (DER-DF, 2022) revela que rodovias importantes e de grande movimento atravessam corredores ecológicos e parques, conforme observado também no mapa ambiental (IBRAM, 2014).

A análise das passagens de fauna revelou que, por serem construídas recentemente, estão em boas condições de funcionamento. No entanto, as cercas existentes apresentaram vandalismo em alguns trechos, limitando sua eficácia na mitigação dos atropelamentos. Não foram evidenciados dados atuais de atropelamentos na área de estudo considerada. Segundo o DER-DF (2024), há uma diferença financeira significativa entre o monitoramento da fauna e a implantação de novas medidas mitigatórias.

Conforme discutido anteriormente, para que gestores e tomadores de decisão disponham de informações confiáveis, é crucial identificar quando e onde espécies de particular interesse estão mais suscetíveis ao atropelamento. Isso permite a implementação de medidas mitigadoras eficazes durante ou após a construção de rodovias (Langen *et al.*, 2007; Grilo; Bissonette; Santos-Reis, 2009). A continuidade do monitoramento dos *hotspots* de atropelamento é essencial para avaliar a eficácia das medidas implementadas e ajustar as estratégias conforme necessário.

Em termos de perspectivas futuras, este estudo sugere propostas de implementação de medidas mitigatórias abrangentes e multifacetadas, que considerem os diferentes tipos de fauna, os padrões de atropelamentos e as características das rodovias e áreas adjacentes, ampliação das passagens de fauna em pontos estratégicos identificados como *hotspots*, priorizando corredores ecológicos e áreas de habitat importantes, construção e manutenção de cercas em locais com alto índice de atropelamentos e impossibilidade de instalação de passagens de fauna, utilizando materiais adequados e considerando a permeabilidade para pequenos animais, intensificação do controle de velocidade e sinalização, com redução dos limites de velocidade em áreas de risco, implantação de radares e sinalização clara e informativa para os motoristas, programação de campanhas de conscientização para motoristas, moradores locais e o público em geral sobre a importância da fauna silvestre e os riscos dos atropelamentos, promoção, em conjunto com órgãos ambientais e rodoviários, da avaliação periódica da efetividade das medidas implementadas, com ajustes e aperfeiçoamentos constantes.

Essas propostas reforçam a necessidade de um esforço conjunto e multidisciplinar para combater os atropelamentos de fauna nas rodovias do Distrito Federal, envolvendo órgãos governamentais, instituições de pesquisa, ONGs e a comunidade em geral.

A preservação da fauna silvestre é crucial para o equilíbrio dos ecossistemas e a qualidade de vida humana. Ao protegermos a fauna, protegemos também a nós mesmos e o futuro do planeta.

Para estudos futuros, faz-se sugestões no sentido de aprofundar o conhecimento sobre a ecologia e o comportamento das espécies de fauna mais afetadas pelos atropelamentos, avaliar a eficácia de outras medidas mitigatórias, como dispositivos eletrônicos de alerta e repelentes de animais, desenvolver modelos de simulação para prever e prevenir atropelamentos em diferentes cenários, promover a educação

ambiental em escolas e comunidades, sensibilizando a população sobre a importância da fauna silvestre e os riscos dos atropelamentos.

No que se refere aos objetivos apresentados, temos as seguintes avaliações:

No decorrer do estudo, o primeiro objetivo específico, que visava caracterizar a biodiversidade do Distrito Federal na área de estudo, foi alcançado por meio de uma análise detalhada da fauna local, identificando as espécies mais impactadas pelos atropelamentos, especialmente nas regiões de ESECAE, PNB e JBB-FAL-IBGE. Essa caracterização permitiu entender a vulnerabilidade de determinadas espécies e embasou o planejamento de medidas específicas de mitigação.

O segundo objetivo, identificar hotspots de atropelamentos nas rodovias do DF, foi cumprido com o levantamento e a análise dos registros fornecidos por órgãos ambientais. Esses dados possibilitaram a localização de pontos críticos ao longo das rodovias, onde se concentram as ocorrências de atropelamentos, reforçando a necessidade de intervenções estratégicas nesses locais.

Para o terceiro objetivo, levantar corredores ecológicos e áreas de habitat essenciais para a fauna no DF, foi realizada uma análise das rotas de movimento da fauna, considerando a proximidade de áreas de preservação e habitat adjacente às rodovias. Os resultados apontaram para a importância de considerar os corredores ecológicos ao implementar medidas de mitigação, de modo a facilitar o fluxo seguro da fauna entre habitats.

O quarto objetivo, avaliar a efetividade das passagens de fauna e cercas existentes na mitigação de atropelamentos, foi atendido com vistorias de campo e revisões de estudos técnico-ambientais. As vistorias indicaram que, embora essas estruturas tenham reduzido a incidência de atropelamentos em alguns pontos, a eficácia depende da manutenção regular e do monitoramento contínuo das passagens e cercas.

Finalmente, o quinto objetivo, verificar as propostas e implementações de medidas mitigatórias com base nos resultados de atropelamentos e estudos técnico-ambientais, foi atingido com a análise de documentos técnicos e planos de manejo. Observou-se que as propostas e implementações nem sempre seguem um padrão ideal, o que compromete a eficácia de algumas medidas e aponta para a necessidade de aprimorar as ações com base em estudos mais recentes.

De uma geral, este estudo demonstrou que a implementação estratégica de passagens de fauna e cercas, combinada com uma gestão adaptativa, é essencial

para reduzir os impactos dos atropelamentos na fauna do Distrito Federal. A pesquisa cumpriu seus objetivos ao oferecer uma visão abrangente e fundamentada sobre os pontos críticos e a efetividade das medidas de mitigação, contribuindo para a preservação da biodiversidade e a segurança viária nas áreas de estudo.

REFERÊNCIAS

ABRA, F. D. **Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas**, São Paulo. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos e Terrestres)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Agência Brasília. Retomadas propostas de uso consciente de Águas Emendadas. 2016. Disponível em <https://www.flickr.com/photos/agenciabrasilia/27642210940/>. Acesso em: 08 out. 2024.

AZEVEDO, F. J. de. **Impactos ambientais sobre a fauna silvestre causados por estradas na região do oeste paulista e a efetividade das medidas mitigadoras**. 2022. 103 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 2022.

BAGER, A. **Ecologia de estradas**: alternativa para diminuição de impactos ambientais. São Leopoldo, RS, março de 2012. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/ecologia-de-estradas-alternativa-para-diminuicao-de-impactos-ambientais-entrevista-especial-com-alex-bager/507081>. Acesso em: 15 mar. 2024.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil: contexto histórico e perspectivas futuras. *In*: BAGER, A. (ed.). **Ecologia de estradas**: tendências e pesquisas. Lavras: Ed. UFLA, 2012. p. 13-33.

BAGNO, M. A.; MARINHO-FILHO, J. Avifauna do Distrito Federal: uso de ambientes e ameaças. *In*: RIBEIRO, F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado**: Caracterização e recuperação de matas de galeria do Distrito Federal. Planaltina, DF: EMBRAPA, 2001. p. 495-528.

BANK, F. G.; IRWIN, C. L. ; EVINK, G. L. ; GRAY, M. E. ; HAGOOD, S.; KINAR, J. R.; LEVY, A.; PAULSON, D.; RUEDIGER, B.; SAUVAJOT, R. M.; SCOTT, D. F.; WHITE, P. **Wildlife habitat connectivity across European highways**. Washington, DC:

Office of International Programs, Office of Policy Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 2002. 48 p.

BECKMANN, J. P. ; CLEVINGER, A. P. ; HUIJSER, M. P. ; HILTY, J. A. (ed.). **Safe passages**: highways, wildlife, and habitat connectivity. Washington: Island Press, 2010.

BEIER, P.; NOSS, R. F. Do habitat corridors provide connectivity? **Conservation Biology**, v. 12, n. 6, p. 1241-1252, 1998.

BONVICINO, C. R.; LINDBERGH, S. M.; MAROJA, L. S. Small non-flying mammals from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potential use for monitoring environment. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 62, n. 4, p. 765-774, 2002.

BRANDÃO, R. A.; DUAR, B. A.; SEBEN, A. Levantamento de anfíbios na Estação Ecológica de Águas Emendadas. *In*: SEMINÁRIO PESQUISA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ÁGUAS EMENDADAS: 30 anos, 1998, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: FAPDF, 1998. p. 135-151.

CARVALHO, C. F.; CUSTÓDIO, A. E. I.; MARÇAL JUNIOR, O. Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 1-9, 2015.

CLEVINGER, A. P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. E. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. **Wildlife Society Bulletin**, v. 29, n. 2, p. 646-653, 2001.

CLEVINGER, A. P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation**, v. 109, p. 15-26, 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00127-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00127-1). Acesso em: 10 abr. 2024.

COLLI, G. R.; BASTOS, R. P.; ARAÚJO, A. F. B. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. *In*: OLIVERA, P. S.; MARQUIS, R. J. (ed.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University, 2002. p.223-241.

CONSÓRCIO DF INTERLIGADOS. **Estudo de Impacto Ambiental BRT: Corredor Eixo Norte**. Brasília, DF, 2014.

COSTA, J. S. **Passagens de fauna**: diretrizes para implantação e monitoramento da efetividade. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

DER-DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Base legal do Sistema Rodoviário do Distrito Federal - SRDF**. Brasília: DER-DF, 2024. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/sistema-rodoviario/> Acesso em: 05 fev. 2024.

DER-DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Mapa Rodoviário do Distrito Federal**. Brasília: DER-DF, 2022. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/mapa-rodoviario/> Acesso em: 04 mar. 2024.

DER-DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Parecer Técnico nº 22/2023**. Brasília: DER-DF, 2023a. Disponível em: https://sei.df.gov.br/sei/controlador.php?acao=procedimento_trabalhar&acao_origem=protocolo_pesquisa_rapida&id_protocolo=135671473&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110037180&infra_hash=9c5c7511db2d5d292465189a5061f29014146df1e7f5e2776a0f43b7a251ac2c. Acesso em: 06 mar. 2024.

DER-DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Sistema rodoviário do Distrito Federal**. Brasília: DER-DF, 2023b. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/sistema-rodoviario/> Acesso em: 05 fev. 2024.

DER-DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. **Termo de Referência CC 002/2018**. Brasília: DER-DF, 2018. Disponível em: <https://www.der.df.gov.br/licitacoes/>. Acesso em: 06 mar. 2024.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de implantação básica de rodovia**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DIAS, B. F. S. Cerrados: uma caracterização. *In: FUNATURA - Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais*. Brasília: IBAMA, 1992.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - PDOT/2017**. 2017.

ECOTECH. Tecnologia Ambiental e Consultoria LTDA. **PCA/PRAD - Pavimentação da Rodovia DF-001 - Trecho entre as Rodovias DF-430 e DF-170**. 2018.

ECOTECH. Tecnologia Ambiental e Consultoria LTDA. **PCA/PRAD - Pavimentação da Rodovia DF-220**. 2022.

EXTREMA CONSTRUÇÃO. **PCA - Pavimentação da Rodovia DF-131**. 2012.

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

GEOLÓGICA. Geológica Consultoria Ambiental LTDA. **Estudos visando a implementação de medidas concretas em corredores ecológicos sob influência das rodovias DF-001 e DF-003, no entorno do Parque Nacional de Brasília/DF**. Brasília, 2010.

GRILO, C.; BISSONETTE, J. A.; SANTOS-REIS, M. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 301-313, 2009.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.;

COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MELBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROCK, J. L.; DAN-XIA, C.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2015.

IBRAM. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal– Brasília Ambiental. **Diagnóstico e proposição de medidas mitigadoras para atropelamento de fauna - Projeto RodoFauna**. Brasília: Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Brasília Ambiental, 2013.

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **ESECAE**. 2012. Disponível em <https://www.ibram.df.gov.br/esecae-celebra-55-anos-neste-sabado-12/>. Acesso em: 24 set. 2024.

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Informação Técnica nº17/2021**. Brasília, 2021. Disponível em: https://sei.df.gov.br/sei/controlador.php?acao=procedimento_trabalhar&acao_origem=protocolo_pesquisa_rapida&id_protocolo=65016105&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110037180&infra_hash=37c97ddf11a3ddfb3565a1ee5035ffa6c10f97a02766aaf0fcccaab6fa2ee955. Acesso em: 12 mar. 2024.

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Mapa Ambiental do Distrito Federal**. 2014. Disponível em: <https://www.brasiliaambiental.df.gov.br/mapa-ambiental/> Acesso em: 05 fev. 2024.

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Projeto Fauna**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/component/content/article/273.html>. Acesso em: 11 jan. 2024.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parque Nacional de Brasília - FLONA**. Brasília, 2024. Disponível em <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de->

conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/flona-de-brasilia. Acesso em: 24 set. 2024.

LANGEN, A. T.; OGDEN, K.M.; SCHWARTING, L. L. Predicting hot spots of herpetofauna road mortality along highway networks. **The Journal of Wildlife Management**, v. 73, n. 1, p. 104-114, 2009.

LANGEN, T. A.; MACHNIAK, A.; CROWE, E. K.; MANGAN, C.; MARKER, D. F.; LIDDLE, N.; RODEN, B. Methodologies for surveying herpetofauna mortality on rural highways. **Journal of Wildlife Management**, v. 71, p. 1361-1368, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2193/2006-385>.

LAURENCE, W. F.; CLEMENTS, G. R.; SLOAN, S.; O'CONNELL, C. S.; MUELLER, N. D.; GOOSEM, M.; VENTER, O.; EDWARDS, D. P.; PHALAN, B.; BALMFORD, A.; VAN DER REE, R.; ARREA, I. B. A global strategy for road building. **Nature**, v. 513, p. 229-232, 2014.

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

LIANG, J.; HE, X.; ZENG, G.; ZHONG, M.; GAO, X.; LI, X.; LI, X.; WU, H.; FENG, C.; XING, W.; FANG, Y.; MO, D. Integrating priority areas and ecological corridors into national network for conservation planning in China. **Science of The Total Environment**, v. 626, p. 22-29, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.086.

LINS, G. A.; BEZERRA, L. G. E.; MOTA, M. J. P. da; ROCHA-BARBOSA, O.; ALMEIDA, J. R. de. A ecologia de estradas sob a ótica do licenciamento ambiental. **Revista SUSTINERE**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 152-159, jul./dez. 2015.

MACEDO, R. H. F. The avifauna: ecology, biogeography, and behavior. *In*: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (ed). **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York, USA: Columbia University Press, 2002.

MALO, J. E.; SUÁREZ, F.; DÍEZ, A. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? **Journal of Applied Ecology**, v. 41, p. 701-710, 2004.

MARINHO-FILHO, J., RODRIGUES, F. H. G.; JUAREZ, K. M. The Cerrado Mammals: Diversity, Ecology, and Natural History. *In*: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The Cerrado of Brazil**. Nova Iorque: Columbia University, 2002. 398 p.

MCCOLLISTER, M. F.; VAN MANEN, F. T. Effectiveness of wildlife underpasses and fencing to reduce wildlife-vehicle collisions. **The Journal of Wildlife Management**, v. 74, n. 8, p. 1722-1731, 2010.

MELLO, F. M. C. de. **Corredores ecológicos no Brasil e no mundo**: uma síntese das experiências. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

NAUDERER, R. **Avaliação do telamento das margens da rodovia, como medida para redução de atropelamentos de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) na Estação Ecológica do Taim-RS**. 2014. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro)- Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2014.

NOGUEIRA, C. ; COLLI, G. R.; MARTINS, M. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, v. 34, p. 83-96, 2009.

OLIVEIRA, A. L. de. **Ecologia de estrada**: impactos de grandes rodovias e medidas de mitigação. 2020. Dissertação (Engenheiro Ambiental)- Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

OLIVEIRA, P. A. S.; SOUSA, E. F.; SILVA, F. B. Levantamento de animais vertebrados vítimas de atropelamentos em trechos das rodovias MG-223, MG-190 e BR-352. **Revista GeTeC**, v. 6, n. 14, 2017.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. C. C.; SIMONETTI, V. C.; STROKA, E. A. B.; SABONARO, D. Z. Proposição de corredor ecológico entre duas unidades de

conservação na região metropolitana de Sorocaba. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 61-71, 2016. DOI: 10.11606/rdg.v32i0.116467.

PRADA, C. de S. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo**: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

RADAR DIGITAL DE BRASÍLIA. **Brasília Ambiental celebra 55 anos de Águas Emendadas**, 2023. Disponível em: <https://radardigitalbrasil.com.br/meio-ambiente/brasilia-ambiental-celebra-55-anos-de-aguas-emendadas/>. Acesso em: 17 set. 2024.

RIBEIRO, M. C. L. B. **Biodiversidade Aquática**: Parte I. A Ictiofauna do Distrito Federal. 2006.

RIBEIRO, S.; CASTRO-MELLO, C.; NOGUEIRA, C. New species of Anops Bell, 1833 (Squamata, Amphisbaenia) from Jalapão Region in the Brazilian Cerrado. **Journal of Herpetology**, v. 43, nº. 1, p. 21-28, 2009.

RODRIGUES, F. H. G. **Biologia e Conservação do Lobo-Guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF**. 2002. 105 f. Tese (Doutorado em Ecologia)-Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas, 2002.

RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; REZENDE, L. M.; PEREIRA, C. S.; FIGUEIREDO, C. F.; LEITE, B. F.; FRANÇA, F. G. R. Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. 3., 2002, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Fundação O Boticário, 2002. p. 171-197.

SAITO, E. N.; CATAPANI, M. L.; RIBEIRO, Y. G. G.; FIGUEIREDO, A. N.; YOGUI, D. R.; COSTA, M. R.; ALVES, M. H.; NUNES, D. I. P.; CASTRO, V. G.; ABRA. F. D.; DESBIEZ, A. L. J. **Estradas mais seguras para todos**: no caminho para reduzir as

colisões com fauna. Campo Grande: Instituto de Conservação de Animais Silvestres, 2022.

SANTOS, J. S. M. Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 2002.

SANTOS, J. S.; LEITE, C. C. C.; VIANA, J. C. C.; SANTOS, A. R.; FERNANDES, M. M.; ABREU, V. S.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, L. S.; FERNANDES, M. R. M.; SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 414-424, 2018. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.01.011

SEMARH. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal. **APA de Cafuringa: a última fronteira natural do DF/Distrito Federal**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recurso Hídricos, 2005. p. 543.

SENATRAN. Secretaria Nacional de Trânsito. **Frota de Veículos**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2018>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SENATRAN. Secretaria Nacional de Trânsito. **Frota de Veículos**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2023>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SILVA, M. M.; SANTOS, D. G. dos; REIS, L. N. G. dos; SILVA, N. R.; FARIA, P. de O. Uma proposta de corredor ecológico para o município de Uberlândia/MG. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 7, p. 115-133, 2011.

SILVA, J. M. C. Avian inventory of the Cerrado region, South America: implications for biological conservation. **Bird Conserv. Intern.**, v. 5, p. 291-304, 1995.

TAYLOR, B. D.; GOLDINGAY, R. L. Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. **Wildlife Research**, v. 37, p. 320-331, 2010.

TOPOCART. Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos. Base de dados - 2012/2013. 2012.

TOPOCART. Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos; PROGEPLAN. Engenharia e Meio Ambiente. **Plano de Trabalho: Diagnóstico Ambiental da Fauna**, plano de trabalho para solicitação de concessão de autorização de captura, coleta ou transporte de fauna silvestre, 2019.

TSUDA, L. S. **Análise dos atropelamentos de mamíferos em uma rodovia no Estado de São Paulo utilizando Self-Organizing Maps**. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

UN. United Nations. **The 17 Goals**. 2024. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 20 fev. 2024.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Subsídios ao zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e reserva da biosfera do Cerrado - Caracterização e conflitos socioambientais**. Brasília: UNESCO, 2002.

WEKSLER, M.; C. R. BONVICINO. Taxonomy of pigmy rice rats genus *Oligoryzomys* Bangs, 1900 (Rodentia, Sigmodontinae) of the Brazilian Cerrado, with the description of two new species. **Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro**, v. 63, n. 1, p. 113-130, 2005.

WINDT, H. J. V. D.; SWART, J. A. Ecological corridors, connecting science and politics: the case of the Green River in the Netherlands. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, p. 124-132, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01404.x.

ZEE-DF. Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal. **Matriz Ecológica**.
Distrito Federal: ZEE, 2017. (Caderno Técnico)