

Mapeamento de *hotspots* de fauna silvestre: Monitoramento das espécies atropeladas em rodovias do Agreste de Pernambuco

Artur Mineu da Silva Barbosa

Graduando em Zootecnia, UFAPE, Brasil
arturmineu@gmail.com

ORCID iD: 0009-0009-7633-8925

Vitor Mineu Silva Barbosa

Graduando em Agronomia, UFAPE, Brasil
vitormineu@gmail.com

ORCID iD: 0009-0007-4009-7248

Damião Alves da Silva

Graduando em Agronomia, UFAPE, Brasil
damiaoalvesgt@gmail.com

ORCID iD: 0009-0003-1923-0711

Wallace Rodrigues Telino-Júnior

Professor Doutor, UFAPE, Brasil
wallace.telinojr@ufape.edu.br

ORCID iD: 0000-0002-5570-1993

Rachel Maria de Lyra-Neves

Professora Doutora, UFAPE, Brasil
rachel.neves@ufape.edu.br

ORCID iD: 0000-0002-6420-9271

Mapeamento de *hotspots* de fauna silvestre: Monitoramento das espécies atropeladas em rodovias do Agreste de Pernambuco

RESUMO

Objetivo - Este estudo buscou mapear os referidos *hotspots*, documentar as espécies mais afetadas e oferecer informações para elaboração de estratégias de mitigação no Agreste Meridional de Pernambuco.

Metodologia - A pesquisa foi realizada em dois trechos da rodovia BR-423 ao longo de oito meses, sendo registrados animais atropelados com o uso de georreferenciamento, fotografias e identificação taxonômica, para posterior análise espaciais no software QGIS para estimar a densidade de atropelamentos por meio de mapas de pontos quentes.

Originalidade/relevância - Existe uma crescente necessidade de identificar e mitigar os impactos das rodovias sobre a fauna silvestre, com destaque para os pontos críticos de atropelamento (*hotspots*) que, além de ameaçarem a biodiversidade, podem prejudicar serviços ecossistêmicos essenciais.

Resultados - Os mapas demonstraram uma alta densidade de atropelamentos em trechos específicos relacionados a corpos d'água e áreas de vegetação, como também em áreas de sítios e granjas, evidenciando uma grande movimentação de fauna nesses locais. Já a espécie mais registradas foram *Rhinella jimi*, principalmente em períodos chuvosos, seguida pelas espécies *Cerdocyon thous* e *Didelphis albiventris*.

Contribuições teóricas/metodológicas - O mapeamento dos pontos de maior intensidade de colisões, pontos críticos de atropelamentos, demonstram a associação destes com as características ambientais, os padrões sazonais e as características comportamentais das espécies.

Contribuições sociais e ambientais - Embasamento para tomada de decisões sobre as medidas de mitigação apropriadas, como a sinalização adequada, a redução de velocidade e a criação de passagens de fauna, que são de extrema importância para redução dos impactos à fauna e para a conservação da biodiversidade.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia de estradas. Infraestrutura viária. Mitigação.

Mapping Wildlife Hotspots: Monitoring Road-Killed Species on Highways in the Agreste Region of Pernambuco

ABSTRACT

Objective - This study aimed to map these *hotspots*, document the most affected species, and provide information for developing mitigation strategies in the Southern Agreste region of Pernambuco.

Methodology - The research was conducted along two sections of the BR-423 highway over eight months, recording road-killed animals using georeferencing, photography, and taxonomic identification. Spatial analyses were then performed in QGIS software to estimate the density of collisions through hotspot maps.

Originality/Relevance - There is a growing need to identify and mitigate the impacts of highways on wildlife, with a particular focus on roadkill *hotspots*, which not only threaten biodiversity but also disrupt essential ecosystem services.

Results - The maps revealed a high density of roadkill in specific sections associated with water bodies and vegetated areas, as well as in regions near farms and rural properties, highlighting significant wildlife movement in these locations. The most frequently recorded species was *Rhinella jimi*, particularly during rainy periods, followed by *Cerdocyon thous* and *Didelphis albiventris*.

Theoretical/Methodological Contributions - The mapping of high-intensity collision points, critical wildlife-vehicle collision hotspots, demonstrates their association with environmental characteristics, seasonal patterns, and species' behavioral traits.

Social and Environmental Contributions - Basis for decision-making on appropriate mitigation measures, such as proper signage, speed reduction, and the creation of wildlife crossings, which are crucial for minimizing impacts on fauna and conserving biodiversity.

KEYWORDS: Road ecology. Road infrastructure. Mitigation.

Mapeo de hotspots de fauna silvestre: Monitoreo de las especies atropelladas en carreteras del Agreste de Pernambuco

RESUMEN

Objetivo - Este estudio tuvo como objetivo mapear dichos *hotspots*, documentar las especies más afectadas y proporcionar información para la elaboración de estrategias de mitigación en el Agreste Meridional de Pernambuco.

Metodología - La investigación se llevó a cabo en dos tramos de la carretera BR-423 a lo largo de ocho meses, registrando animales atropellados mediante el uso de georreferenciación, fotografías e identificación taxonómica, para un posterior análisis espacial en el software QGIS, con el fin de estimar la densidad de atropellamientos mediante mapas de puntos calientes.

Originalidad/Relevancia - Existe una creciente necesidad de identificar y mitigar los impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre, con especial énfasis en los puntos críticos de atropellamiento (*hotspots*) que, además de amenazar la biodiversidad, pueden perjudicar los servicios ecosistémicos esenciales.

Resultados - Los mapas mostraron una alta densidad de atropellamientos en tramos específicos relacionados con cuerpos de agua y áreas de vegetación, así como en zonas de fincas y granjas, evidenciando un gran movimiento de fauna en estos lugares. Las especies más registradas fueron *Rhinella jimi*, principalmente durante los períodos lluviosos, seguida por las especies *Cerdocyon thous* y *Didelphis albiventris*.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas - El mapeo de los puntos de mayor intensidad de colisiones, puntos críticos de atropellamientos, demuestra su asociación con las características ambientales, los patrones estacionales y las características conductuales de las especies.

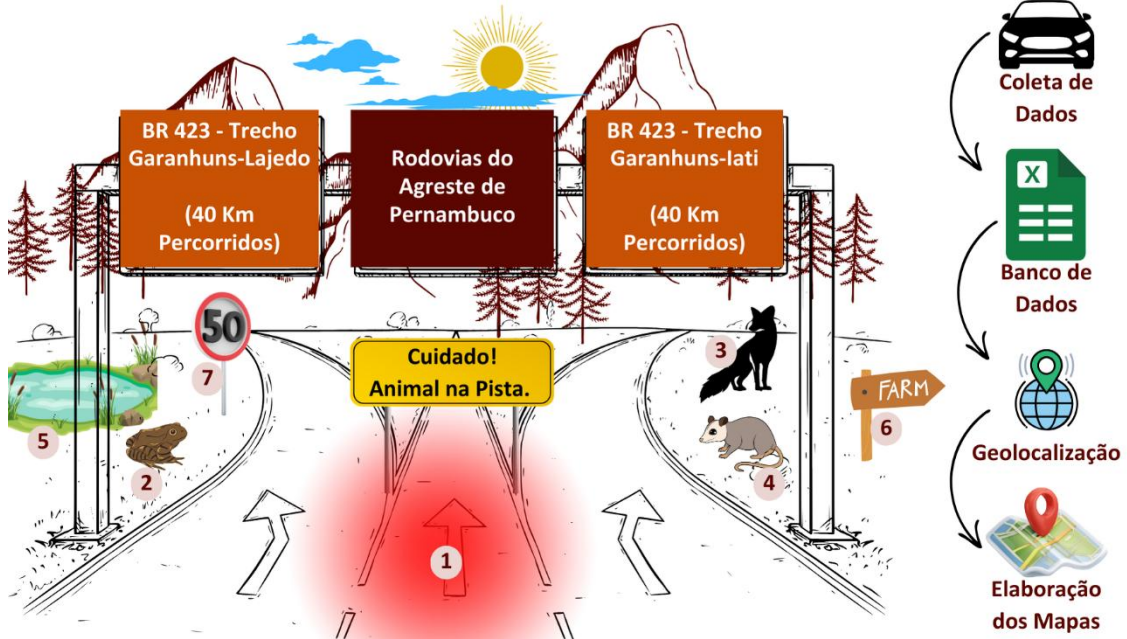
Contribuciones Sociales y Ambientales - Base para la toma de decisiones sobre las medidas de mitigación adecuadas, como la señalización adecuada, la reducción de velocidad y la creación de pasos de fauna, que son de suma importancia para reducir los impactos en la fauna y para la conservación de la biodiversidad.

PALABRAS CLAVE: Ecología de carreteras. Infraestructura vial. Mitigación.

RESUMO GRÁFICO

Mapeamento de hotspots de fauna silvestre: Monitoramento das espécies atropeladas em Rodovias do Agreste de Pernambuco

- 1 Ponto quente de atropelamento
- 2 *Rhinella jimi* (1º mais atropelado)
- 3 *Cerdocyon thous* (2º mais atropelado)
- 4 *Didelphis albiventris* (3º mais atropelado)
- 5 Corpo d'água (Perto dos atropelamentos de *Rhinella jimi*)
- 6 Propriedades Rurais (Perto dos atropelamentos de *Cerdocyon thous* e *Didelphis albiventris*)
- 7 Velocidade do veículo de coleta (Igual ou Superior)



1 INTRODUÇÃO

O território nacional brasileiro é visto pelas outras nações como sendo um país vasto, com pessoas morando em todos os cantos (Arashiro, Gonçalves, Costa, 2021). Estes mesmos autores, também comentam que para os produtos e serviços irem de um lugar a outro, é necessário um meio de transporte. Assim, o método mais comum no país é o rodoviário, pelo qual gira grande parte da nossa economia, além de criar muitos empregos e desenvolver toda a economia associada a esse mercado (Arashiro, Gonçalves, Costa, 2021).

Assim, a construção de rodovias é apontada como essencial para atender aos padrões de desenvolvimento das diferentes regiões brasileiras (Ribeiro e Paraná, 2023). Contudo, as rodovias impactam negativamente nos serviços ecossistêmicos, podendo elevar as taxas de desmatamento, bem como ao abuso dos recursos (Costa e Gomides, 2024). Como Borza *et al.* (2023), mencionaram, dados mais recentes indicam que a frequência de colisões entre animais e veículos está aumentando significativamente. Como resultado, os animais que trafegam nas estradas podem sofrer o atropelamento, o que é considerado outro aspecto negativo do problema, sendo este provavelmente o tópico mais pesquisado em ecologia de estradas (Sombra Junior, 2020).

Em alguns casos, reduções significativas no tamanho populacional de espécies com altas taxas de mortalidade nas estradas podem levar à perda de biodiversidade (Secco *et al.*, 2014; Borza *et al.*, 2023), o que pode aumentar o risco de extinção das espécies mais vulneráveis (Borza *et al.*, 2023). Deste modo, registrar os grupos específicos mais suscetíveis à mortalidade relacionada às estradas pode auxiliar no alerta sobre as consequências para alguns serviços ecossistêmicos (Costa e Gomides, 2024).

Sabe-se que nem todos os animais atropelados são catalogados nas rodovias, isto porque um fator que auxilia o não registro de muitos animais, é que em caso de colisões, eles podem ser arremessados para fora da rodovia, inclusive do acostamento, tornando-os indetectáveis (Zhao *et al.*, 2023; Gomes *et al.*, 2023; Santos Neta *et al.*, 2023). Da mesma forma, rodovias com alto volume de tráfego podem acabar destruindo as carcaças antes de serem observadas (Hallisey *et al.*, 2022). Além dos pequenos animais serem levados por animais carniceiros para fora da estrada.

No geral, Azambuja *et al.* (2021) afirmam que é importante reconhecer que múltiplas causas de acidentes estão envolvidas, como resultado, é mais provável que uma ou mais delas sejam usadas para identificar as espécies ou grupos afetados, o que permitiria o planejamento e implementação de um plano de. Santos Neta *et al.* (2023) afirmam que para fins de implementação de medidas de mitigação, os trechos com maior taxa de mortalidade de fauna podem ser considerados. A autora e seus colaboradores também afirmam que isso reduziria o número de atropelamentos de espécies silvestres nas estradas, o que por sua vez contribuiria para a conservação delas no ambiente natural.

Costa e Gomides (2024) ressaltam que estas fragilidades precisam ser percebidas durante o planejamento e construção das estradas, pois qualquer nova estrada deve ser construída com uma análise completa de sua carência e potenciais efeitos ambientais. Para Azambuja, *et al.* (2021), o processo de mitigação dos atropelamentos por veículos começa com o preparo de um diagnóstico ambiental de qualidade que levará ao maior grau de certeza

possível no planejamento e execução das medidas de mitigação. Assim, o diagnóstico inadequado ou a falha na implementação de medidas mitigadoras podem acarretar na ineficácia e, em alguns casos, no aumento do risco de atropelamento (Azambuja, *et al.*, 2021).

Deste modo, há necessidade de monitorar pontos específicos das estradas onde há maior probabilidade de ocorrência de fatalidades (Azambuja, *et al.*, 2021; Costa e Gomides, 2024) e a falta de medidas mitigadoras, como redutores de velocidade, túneis e cercas, já que existem altas taxas de mortalidade entre animais (Costa e Gomides, 2024).

Para Sombra Junior (2020) e Dias, Lopes e Reis (2021, p.235), a identificação de *hotspots* de atropelamentos são de extrema importância para a elaboração de medidas de mitigação, tornando-as mais eficazes. Os *hotspots* podem ter relação com a paisagem, sendo escassos trabalhos que relacionam os atropelamentos de animais com a paisagem de seu entorno (Sombra Junior, 2020). O mapeamento espacial é empregado para se ter um melhor entendimento da distribuição de atropelamentos que envolvem animais silvestres (Ayob *et al.*, 2020). Deste modo, mapas de ocorrência de atropelamento são importantes para implementar medidas mitigatórias (Morelli *et al.*, 2023).

Levando isso em consideração, o objetivo principal desta pesquisa em ecologia de estradas foi verificar os pontos quentes de colisões de veículos relacionados à fauna silvestre atropelada em dois trechos de uma rodovia federal no estado de Pernambuco. A pesquisa também procurou documentar as espécies silvestres que são comumente atropeladas em cada trecho examinado, avaliando a frequência de atropelamentos e mapeando as áreas onde ocorram. Tendo o propósito de auxiliar as agências governamentais no desenvolvimento de estratégias para reduzir a morte de animais nas estradas, principalmente nos pontos críticos encontrados.

2 OBJETIVOS

Verificar pontos quentes de colisões entre veículos e à fauna silvestre em dois trechos de uma rodovia federal no estado de Pernambuco. Além disso, documentar as espécies silvestres que são frequentemente vítimas de atropelamento nos trechos de estudo, avaliando a frequência de atropelamentos e mapeando as áreas que ocorrem os mesmos.

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em duas rodovias, sendo a BR-423, no trecho que liga o município de Garanhuns ao município de Lajedo distando 40 km e a mesma rodovia no trecho que liga Garanhuns ao município de Iati também com 40 km. As coletas de dados foram realizadas mensalmente entre outubro de 2023 e maio de 2024, totalizando oito meses de trabalho de campo. O período de estiagem foi priorizado, pois favorece a preservação das carcaças e reduz a formação de poças d'água, que poderiam dificultar a visualização dos animais atropelados.

O monitoramento foi conduzido utilizando um veículo institucional da UFAPE – Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (Fig. 1), baseado nos estudos de Sombra Junior (2020) e Gomes *et al.* (2023), mantendo uma velocidade igual ou inferior a 50 km/h e com a presença de, no mínimo, dois observadores, para garantir uma melhor detecção em ambos os lados da rodovia.

Cada animal encontrado foi registrado, identificado e fotografado no momento da coleta. Em casos necessários, os espécimes foram encaminhados ao Laboratório de Estudos em Zoologia (LABEZoo-UFAPE) para identificação detalhada, consultando profissionais especializados das instituições UFAPE e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), além de utilizar guias de identificação específicos para cada grupo taxonômico.

No decorrer das coletas, durante cinco meses, os locais dos atropelamentos foram georreferenciados, a altitude foi determinada (Timestamp câmera) e foram feitos registros fotográficos dos animais.

Figura 1 – Veículo institucional da UFAPE e animal catalogado (*Rhinella jimi*).



Fonte: Acervo Pessoal.

As coletas de dados foram realizadas mensalmente ao longo de quatro dias consecutivos, sendo cada trecho percorrido em um dia, durante o período diurno, conforme metodologia descrita por Dias, Lopes e Reis (2021, p.231). As coletas priorizaram os primeiros horários da manhã, para evitar que as carcaças atropeladas durante a noite fossem arrastadas por animais carniceiros, impedindo o registro.

Garanhuns, que é o ponto de partida do estudo, é situada no planalto da Borborema a cerca de 842 metros acima do nível do mar (Prefeitura de Garanhuns, s.d.), com uma precipitação média anual de 873 mm (APAC, 2024). Apresenta clima tropical quente e úmido, com ocorrências de clima tropical quente e seco, com uma temperatura média anual entre 20,1 e 22,0 °C (Barbosa *et al.*, 2016).

Após a coleta das informações espaciais e identificação de cada espécie, foi montado um banco de dados, organizado em formato de planilha digital (*Software Microsoft Office Excel*), separada por município. Em cada planilha tabulada, montou-se uma coluna com o nome científico de cada espécie, suas informações espaciais por meio das coordenadas geográficas e o local onde ocorreu a morte por atropelamento.

Em relação a sobreposição espacial das espécies vítimas dos atropelamentos nas rodovias compreendidas nos municípios em estudo, foi feito o *download* dos arquivos vetoriais (tipo *shapefiles*) das rodovias federais e estaduais a partir dos sites do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), respectivamente.

Para complementar a visualização gráfica das espécies atropeladas nas rodovias e facilitar a geolocalização municipal, foi necessário realizar o *download* dos arquivos vetoriais (tipo *shapefile*) dos municípios compreendidos disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A partir do banco de dados, foram produzidos arquivos digitais no editor de texto do software do Bloco de Notas (formato .txt), disponível no sistema operacional licenciado do Windows 11 criado pela empresa Microsoft.

O processo de produção desses arquivos baseou-se numa organização que tem por finalidade o reconhecimento desses arquivos ao importá-lo pelo software livre Quantum Geographical Information System (QGIS), o qual ficou organizado da seguinte forma:

- Na primeira linha de texto foram escritas siglas (id; s; w), que foram separadas pelo caractere ponto e vírgula. Essa escrita configurou a primeira linha, como cabeçalho do arquivo, sendo a sigla “id” representando o número de ordem da espécie, “s” a coordenada geográfica “Sul” e “w” representando a coordenada geográfica “Oeste”.
- Nas linhas seguintes foram dispostos o número de ordem da espécie, separado pelo caractere ponto e vírgula (;), seguido das coordenadas geográficas “Sul e Oeste” ou “S e W”, ambas também separadas pelo caractere ponto e vírgula (;).

Cada arquivo de texto (.txt) foi elaborado agrupando os animais catalogados dentro de cada município, os quais foram usados na produção das estimativas de densidade de pontos dentro do software livre QGIS.

Além de produzir um arquivo para cada município com todos os pontos de atropelamentos georreferenciados, foi necessário também produzir arquivos agrupando os animais de mesma espécie dentro de cada município para, assim, ser possível a visualização e representação gráfica de cada espécie, objetivando uma análise individual mais representativa.

Com os arquivos dos pontos de atropelamentos sendo analisados e representados corretamente dentro do *software* livre QGIS, realizou-se um processamento para a obtenção da estimativa de densidade de pontos, através de um algoritmo disponível para *download* e instalação dentro do próprio *software*, denominado Estimativa de Densidade de Kernel.

Através deste algoritmo, foram obtidos arquivos do formato de imagem (.tif), que representam o raio de influência e densidade de pontos dentro de uma área que está relacionada com a área dos atropelamentos de cada município. Como cada ponto representa um animal atropelado, foi possível ter uma estimativa das regiões das rodovias dentro de cada município que estão sujeitas a atropelamentos, tendo como base o histórico da área, obtido pela catalogação das espécies em cada ponto.

A visualização dessas áreas de influência e densidade foi realizada mediante uma personalização de cada imagem, adicionando um gradiente de cores denominada de Falsa-cor, sendo a cor mais intensa responsável pelas maiores ocorrências, ou seja, onde teve mais registros de espécies atropeladas.

Para cada município foi necessário produzir um arquivo de imagem (.tif), sendo que para visualizar cada espécie em cada município, usou-se os arquivos de texto (.txt) que foram produzidos por espécie.

Para complementação e fundamentação deste estudo, também foram analisadas as classes de uso e ocupação do solo das regiões abrangidas dentro das áreas de ocorrência dos atropelamentos.

Foram usados dados obtidos na plataforma do MapBiomas (da coleção 8), através de *download* de uma imagem e realizado a seleção do estado de Pernambuco na plataforma, referente ao ano de 2023.

As imagens que compõem a coleção 8 foram do satélite Landsat que apresenta uma resolução espacial de 30 metros, ou seja, um pixel da imagem corresponde a 900 m² de área real. O download dessa imagem, que correspondeu ao estado de Pernambuco, foi realizado através da plataforma do Google Earth Engine (GEE).

Em seguida, as imagens foram importadas para o *software* livre QGIS, feito um pré-processamento como a reprojeção do Sistema de Referência de Coordenadas (SRC), Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, ano 2000), Zona UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator - Sistema de Coordenadas Planas) 24 Sul e recorte dos municípios de interesse.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo, através da plataforma do MapBiomas no ano de 2023, foi obedecida a seguinte classificação conforme demonstra a Tabela 1.

Quadro 1: Classes de uso e ocupação do solo e suas ramificações.

Classes	Características
1. Floresta	Floresta natural, formação florestal, formação savânica e floresta plantada.
2. Formação natural não florestal	Campo alagado, área pantanosa, formação campestre, apicum, afloramento rochoso e outras formações não florestais.
3. Agropecuária	Pastagem, agricultura, lavouras temporárias, lavoura perene e mosaico agricultura e pastagem.
4. Áreas não vegetadas	Infraestrutura urbana, mineração e outras áreas não vegetadas.
5. Corpos d'água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
6. Não observado	Não observado

Fonte: MapBiomas, 2023.

As imagens foram interpretadas no *software* livre QGIS, em seguida, com base em um catálogo de códigos de configuração de legenda disponível no site da mesma plataforma, foram ajustadas as legendas para representar apenas aquelas que foram macro: classes “Floresta”, “Formação Natural Não Florestal”, “Agropecuária”, “Área Não Vegetada” e “Corpo d'água”.

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo, foi utilizado o *layout* de impressão do *software* livre QGIS. Foram elaborados os mapas de densidade de Kernel,

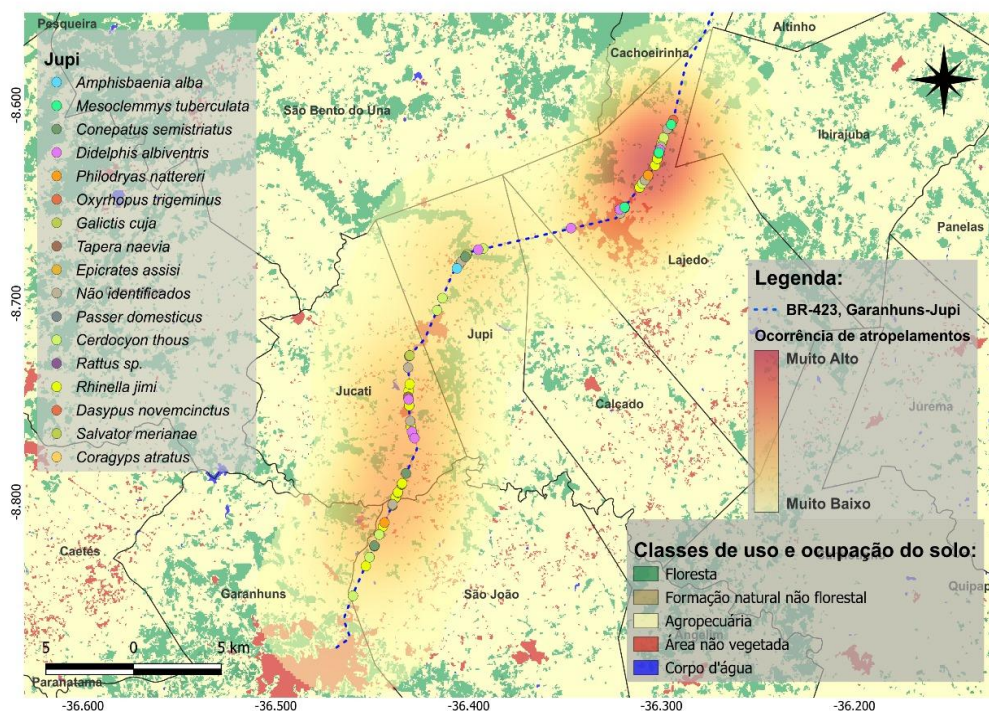
correlacionando-os com os mapas das classes de uso e cobertura do solo para fundamentar os casos de atropelamentos de cada espécie e rodovia.

4 RESULTADOS

Nos mapas de geoprocessamento pode-se perceber pontos de alto grau de ocorrência de atropelamentos, sendo o vermelho mais denso o ponto em que mais houve animais atropelados. Assim, percebe-se que na Rodovia BR-423, Garanhuns-Lajedo (Fig. 2), até o Trevo de Ibirajuba, próximo ao Povoado Quatis foi o local de maior ocorrência de animais atropelados (Ponto em vermelho mais denso). Foi observado de maneira descritiva que este trecho apresenta a circulação de veículos em maior velocidade, o que aumenta o risco de colisões com estes animais.

Contudo, desde a cidade de Garanhuns, até o fim do município de Jupi localizado antes de Lajedo, houve um grande quantitativo de atropelamentos, deixando um rastro de ocorrências por todo trecho (Pontos em vermelho menos densos), a presença de corpos d'água no entorno da rodovia, presentes nesse trecho onde ocorre os pontos quentes, pode ser um fator que determina a maior movimentação desses animais, também aumentando o risco dos atropelamentos, já que segundo Sombra Junior (2020), os corpos d'água constituem em um grande atrativo para muitos animais, principalmente em determinadas épocas do ano.

Figura 2 – Mapa de Geoprocessamento com as espécies atropeladas e catalogadas no trecho Garanhuns-Jupi da BR-423.

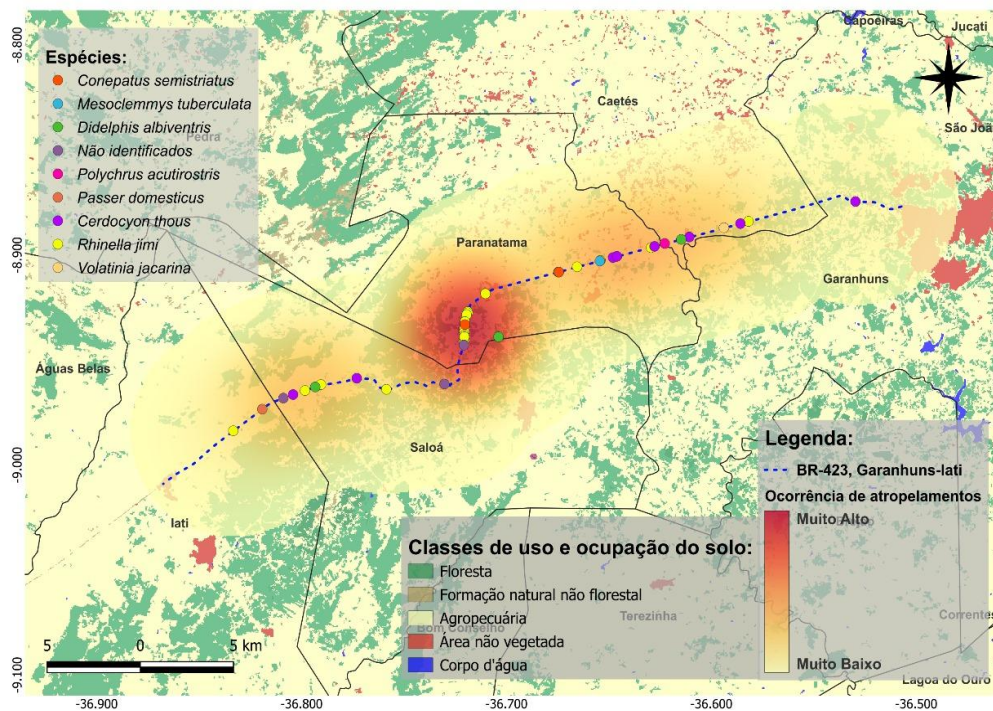


Fonte: Os autores.

Observando o trecho Garanhuns-lati da BR-423, (Fig. 3), nota-se que além de todo o trecho de Paranatama com ocorrência de animais atropelados, existe um ponto de ocorrência bem evidente, que chama bastante atenção no mapa (Ponto em vermelho mais denso). No

entorno desse trecho, há uma grande região de mata (Floresta) que é cortada pela rodovia, o que leva à movimentação dos animais entre as áreas de mata separadas pela rodovia, o que aumenta o risco de colisões com os veículos que trafegam no local. As áreas de vegetação são utilizadas por alguns animais como abrigo, além de possuir recursos que oferecem alimentação para a vida silvestre (Sombra Junior, 2020).

Figura 3 – Mapa de Geoprocessamento com as espécies atropeladas e catalogadas no trecho Garanhuns-lati da BR-423.



Fonte: Os autores.

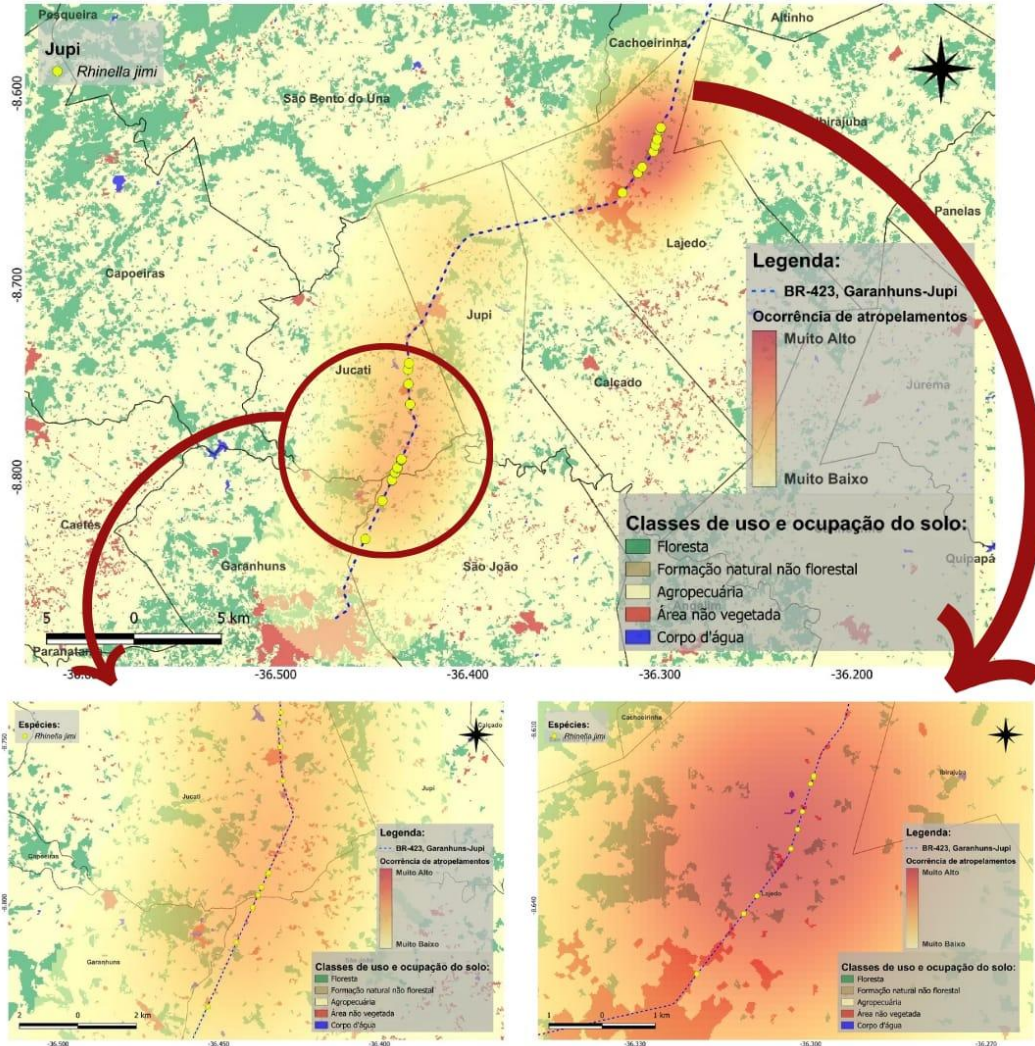
Na análise dos pontos críticos de atropelamentos por espécie, verificou-se que *R. jimi*, teve alta incidência no trecho de Garanhuns a Lajedo (Fig. 4). Os pontos de maior ocorrência de atropelamentos foram registrados entre o município de Lajedo até a entrada do Trevo para o município de Ibirajuba. Além disso, desde a cidade de Garanhuns até o fim do município de Jupi, onde há presença de corpos d'água, também foram registrados diversos atropelamentos dessa espécie de anfíbio. Considerar pontos potenciais de ocorrência de atropelamentos entre colisões de veículos e anfíbios pode facilitar o desenvolvimento de estratégias de planejamento de estradas, assim como, planos de mitigação locais e regionais (Morelli *et al.*, 2023).

Quanto ao trecho que liga Garanhuns a Iati (Fig. 5), não houve muitos registros de atropelamentos de *R. jimi* distribuídos ao longo de toda a extensão percorrida, excetuando um único ponto, onde ocorreu maior incidência de atropelamentos de indivíduos dessa espécie. Conforme Morelli *et al.* (2023), os destinos de migração de algumas espécies são predeterminados e os anfíbios não alteram seus destinos em resposta à construção de estradas que cruzam com sua rota de migração.

Os atropelamentos registrados coincidiram com a maior pluviosidade ocorrida no dia das amostragens nesta rodovia. As chuvas são fatores que influenciam a movimentação e reprodução dos anfíbios (Sombra Junior, 2020), desta forma, também aumenta o risco de

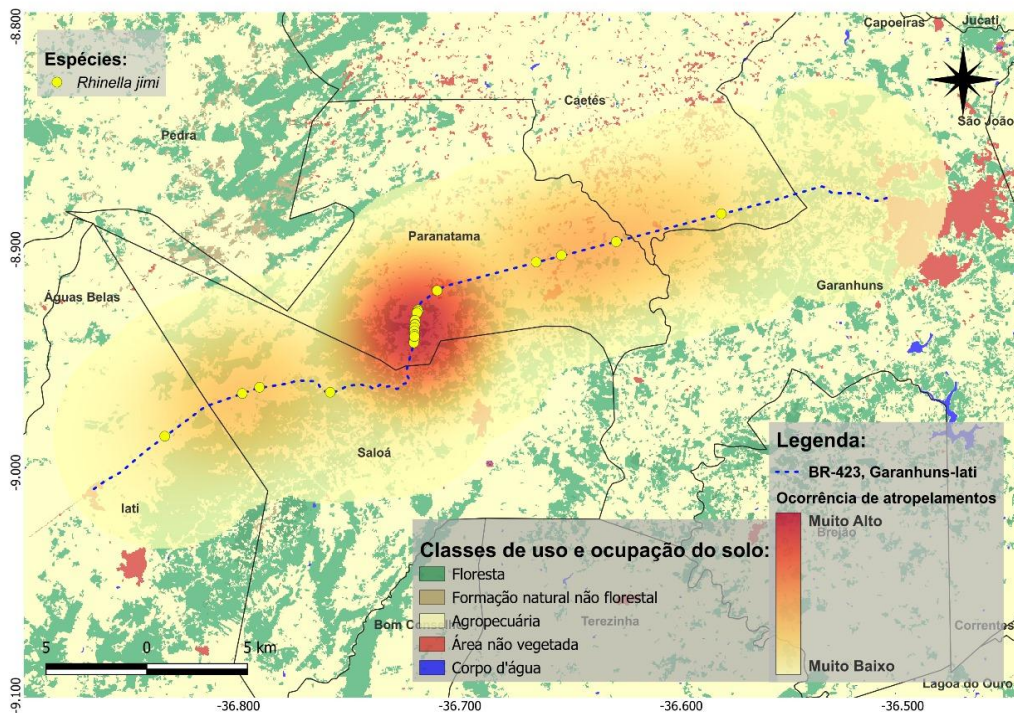
atropelamentos desses animais. Ademais, grandes áreas de vegetação no entorno da rodovia podem estar associadas a uma maior propensão a acidentes envolvendo animais devido a locais de reprodução e habitats (Ayob *et al.*, 2020) e, em todo o entorno do trecho, especialmente em seu ponto quente, há presença de vegetação adjacentes à rodovia, podendo tornar os anfíbios mais vulneráveis aos atropelamentos em rodovias (Ayob *et al.*, 2020).

Figura 4 – Mapa de Geoprocessamento de *Rhinella jimi* atropelados e catalogados no trecho Garanhuns-Jupi da BR-423.



Fonte: Os autores.

Figura 5 – Mapa de Geoprocessamento de sapos-cururu (*Rhinella jimi*) atropelados e catalogados no trecho Garanhuns-lati da BR-423.

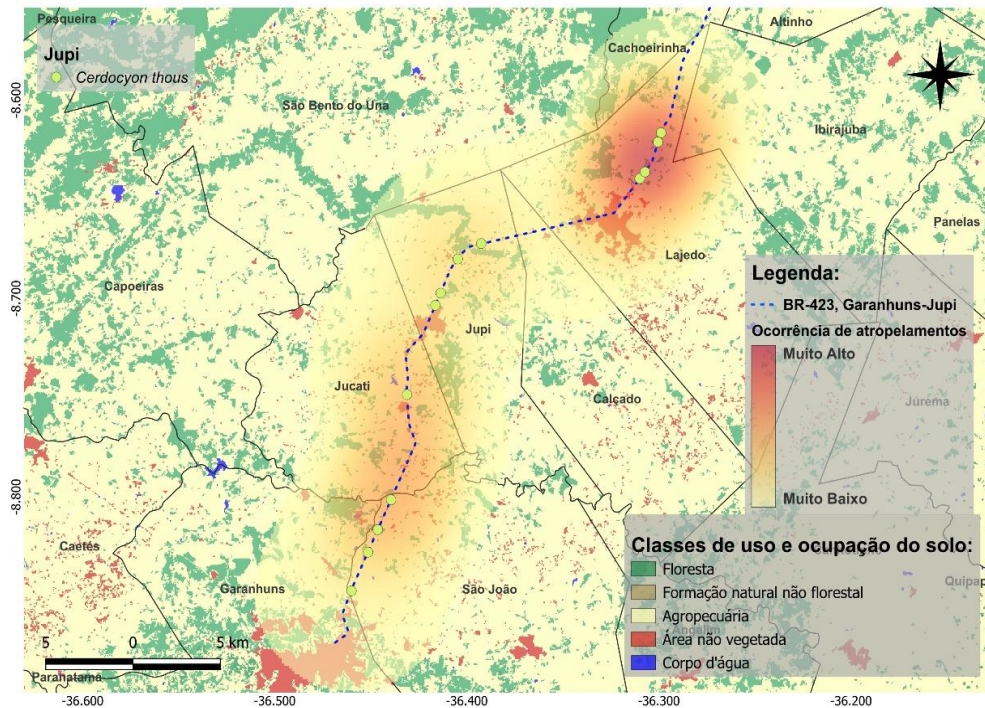


Fonte: Os autores.

Para *Cerdocyon thous* (raposa) e o *Didelphis albiventris* (cassaco), embora tenham ocorrido com maior intensidade nos pontos críticos no trecho de Garanhuns a Lajedo (Figs. 6 e 8), os atropelamentos ocorreram de forma distribuída em toda extensão estudada, assim como no trecho Garanhuns até -lati (Figs. 7 e 9), com diferença que neste segundo trecho, os atropelamentos não se concentraram em um ponto crítico específico.

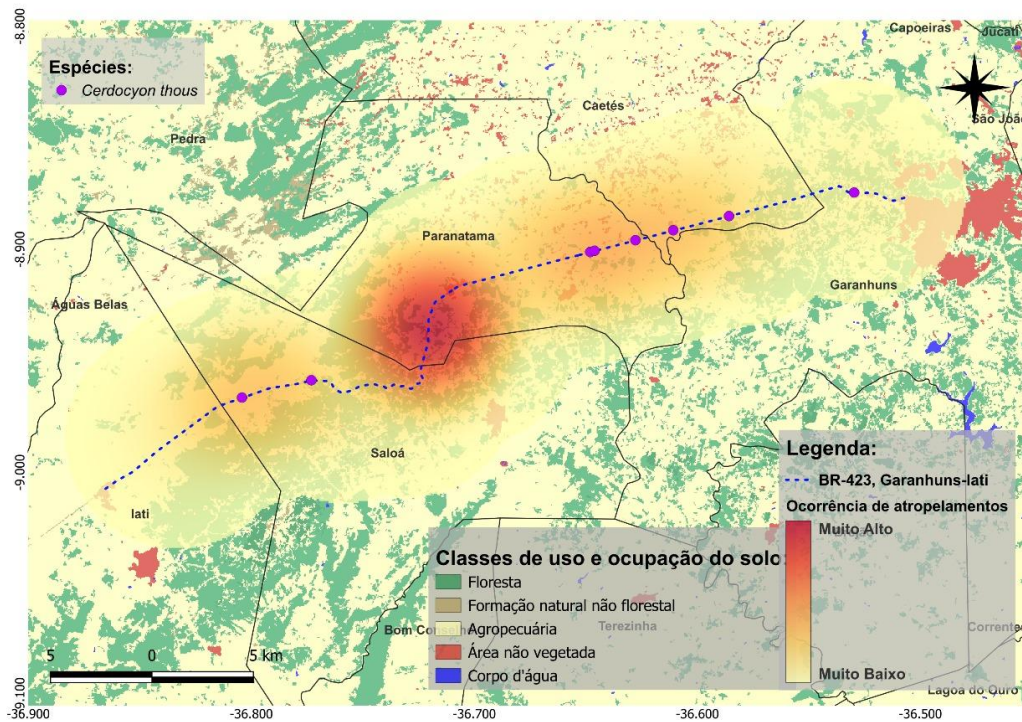
É interessante notar que em ambos os trechos da BR-423, observações visuais registraram a presença de diversas propriedades rurais, como sítios e granjas localizadas às margens da rodovia, que constituem atrativos para estas duas espécies, aumentando suas movimentações ao longo dos trechos mencionados e, conseqüentemente, aumentando os riscos de colisões com os automóveis. Nestes sítios, pode haver criação de aves e plantio de fruteiras, entre outros, que são atrativos para esses animais. Segundo Ayob *et al.* (2020), áreas de assentamentos pelas proximidades da rodovia podem estar associadas a um aumento nos acidentes envolvendo animais.

Figura 6 – Mapa de Geoprocessamento das raposas (*Cerdocyon thous*) atropeladas e catalogadas no trecho Garanhuns-Jupi da BR-423.



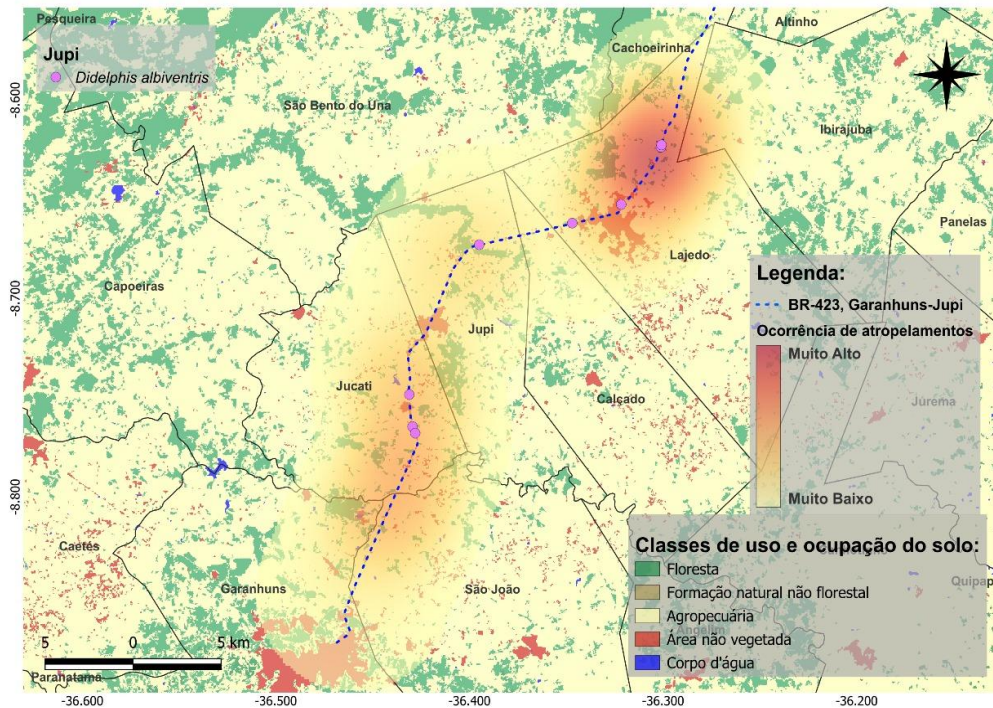
Fonte: Os autores.

Figura 7 – Mapa de Geoprocessamento das Raposas (*Cerdocyon thous*) atropeladas e catalogadas no trecho Garanhuns-Iati da BR-423.



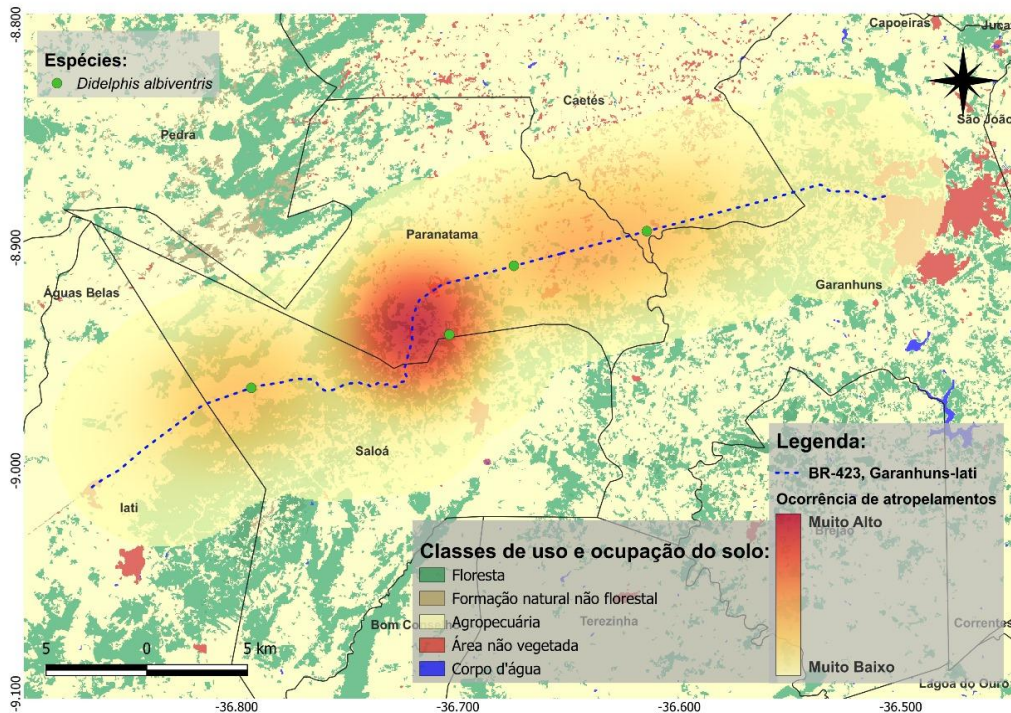
Fonte: Os autores.

Figura 8 – Mapa de Geoprocessamento dos Cassacos (*Didelphis albiventris*) atropelados e catalogados no trecho Garanhuns-Jupi da BR-423.



Fonte: Os autores.

Figura 9 – Mapa de Geoprocessamento dos Cassacos (*Didelphis albiventris*) atropelados e catalogados no trecho Garanhuns-Iati da BR-423.

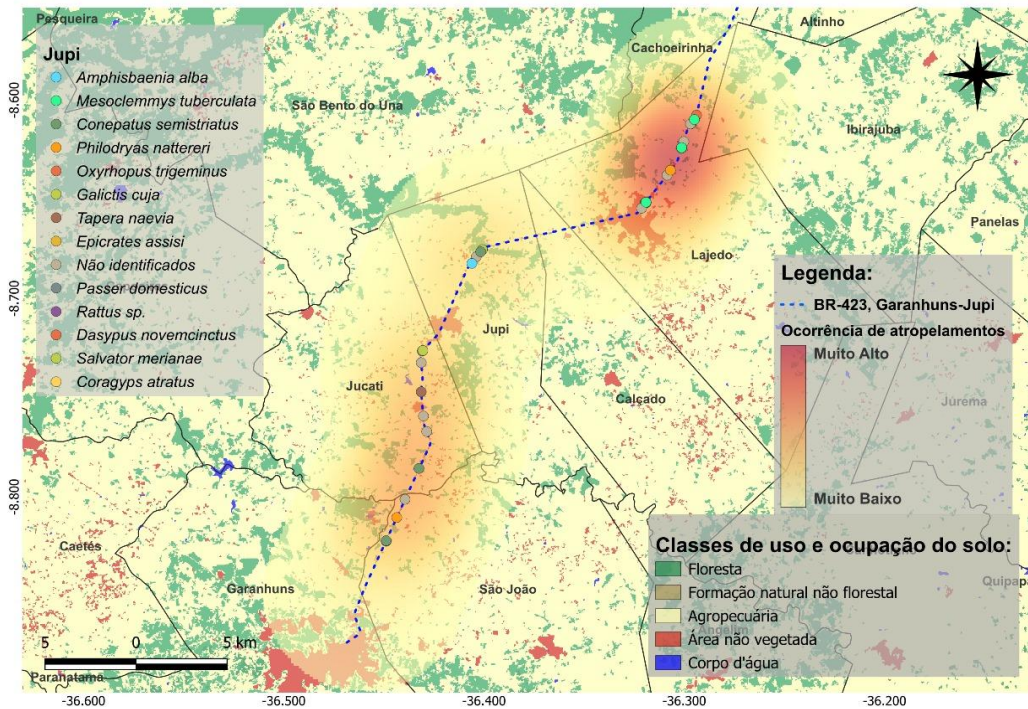


Fonte: Os autores.

Por fim, não foi possível a elaboração de mapas de calor para as demais espécies, uma vez que o número de registros de atropelamentos foi muito baixo para cada uma delas. Contudo,

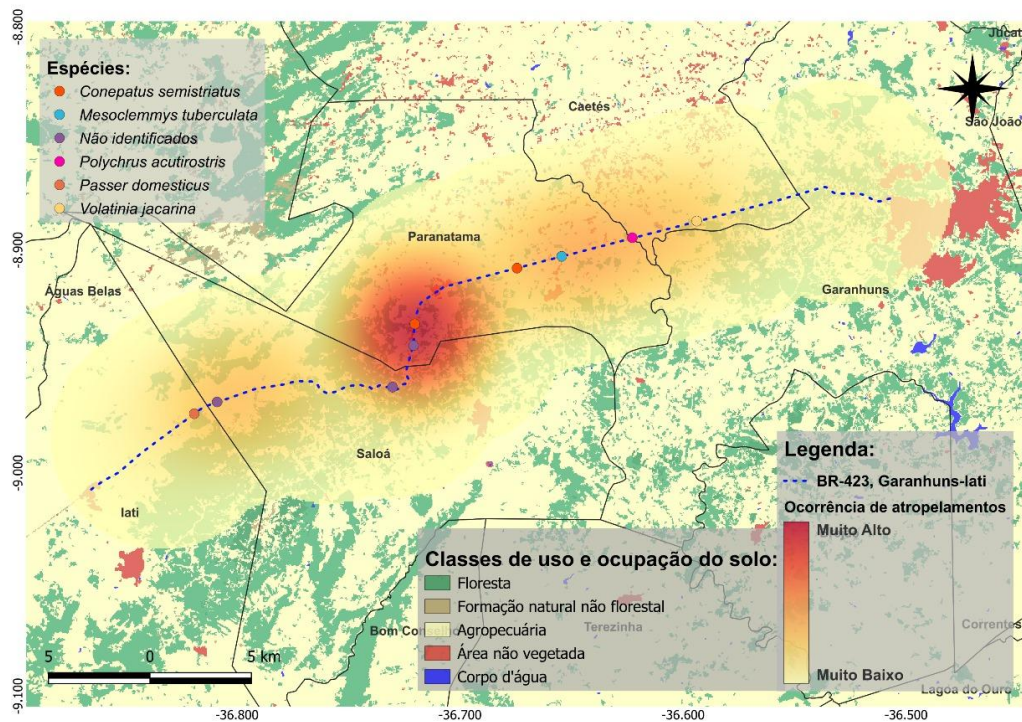
foi percebido *Mesoclemmys tuberculata* (cágado) teve espécimes atropelados na rodovia BR-423, sentido Garanhuns-Lajedo, com seus registros concentrados no trecho que liga o município de Lajedo ao Trevo de Ibirajuba, próximo ao Povoado Quatis, e os ratos (*Rattus spp.*), também na mesma rodovia, foram registrados em um ponto específico da Zona Urbana da cidade de Lajedo. Quanto às outras espécies, os registros ocorreram de forma bem distribuída em toda a extensão dos dois trechos estudados (Figs. 10 e 11).

Figura 10 – Mapa de Geoprocessamento das espécies atropeladas e catalogadas (exceto raposas, cassacos e sapos) no trecho Garanhuns-Jupi da BR-423.



Fonte: Os autores.

Figura 11 – Mapa de Geoprocessamento das espécies atropeladas e catalogadas (exceto raposas, cassacos e sapos) no trecho Garanhus-lati da BR-423.



Fonte: Os autores.

Compreender a dinâmica dos atropelamentos e sua associação com as características da paisagem e a biologia das espécies é crucial para a conservação da vida silvestre (Santos *et al.*, 2022). Com base nestas informações, é evidente que estudos dessa natureza têm um papel significativo para a conservação da biodiversidade (Sombra Junior, 2020). Assim, reunir dados que justifiquem ao governo, às Organizações Não Governamentais (ONGs), e à própria sociedade, se torna necessário para destacar e conscientizar sobre a importância de se utilizar medidas de mitigação como forma de reduzir tais atropelamentos de animais silvestres (Sombra Junior, 2020).

5 CONCLUSÃO

Em todo o estudo foi notável a conexão existente entre os pontos quentes de atropelamento da fauna silvestre e padrões de sazonalidade, de comportamento e de paisagem. Onde as espécies mais afetadas, como *Rhinella jimi* e *Mesoclemmys tuberculata* são particularmente vulneráveis em épocas chuvosas, quando sua movimentação aumenta devido à reprodução e busca por alimentos, como também *Cerdocyon thous* e *Didelphis albiventris*, que devido a seu instinto de predação, podem ser atraídos por criações de aves domésticas e seus ovos, além de frutíferas em diversas propriedades rurais, como sítios e granjas localizadas às margens da rodovia, o que aumenta a movimentação destas espécies ao longo dos trechos mencionados, levando assim ao aumento dos riscos de colidirem com automóveis. A presença de corpos d'água e áreas de vegetação ao longo das estradas ampliam esses riscos, já que as condições fazem os animais se deslocarem na direção das rodovias.

Também ficou evidente que, a falta de medidas mitigadoras contribui significativamente para a elevada mortalidade que ocorre em rodovias. Aonde, a elaboração de técnicas e medidas como a instalação de sinalização, a implementação de redutores de velocidade ao longo das rodovias e a criação de passagens de fauna são essenciais para a diminuição destes impactos, permitindo o deslocamento seguro dos animais e preservando a fauna local.

A existência de pesquisas nesta área é de grande importância para conservação das espécies e implementação de futuras medidas de mitigação. Portanto, este trabalho tem como intuito a divulgação destes dados para auxiliar no combate ao atropelamento da fauna e consequentemente a perda da biodiversidade.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AYOB, N.; MUSTAPHA, M. A.; SENAWI, J.; AHMAD, N. Herpetofauna Roadkills on Langkawi Island, Peninsular Malaysia: The Influence of Landscape and Season on Mortality Distribution. *Sains Malaysiana*, 49(10), 2373-2382, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2020-4910-04>

APAC. **Climatologia**: Precipitação Média por Município. Agência Pernambucana de águas e clima, 2024. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio> Acesso em: 28/08/2024.

ARASHIRO, Bruno Vasconcelos; GONÇALVES, Thallys Vinícius; COSTA, Fernandes Gilberto. **A importância do modal rodoviário de carga na economia brasileira 2010- 2019**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA), Anima Educação, 2021.

AZAMBUJA, Reinaldo; RIEDEL, Eduardo Corrêa; SAITO, Erica Naomi; BALESTIERI, Maria Fernanda. **MANUAL DE ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA MITIGAÇÃO DE COLISÕES VEICULARES COM FAUNA SILVESTRE NAS RODOVIAS ESTADUAIS DO MATO GROSSO DO SUL**. Secretaria de Estado de Infraestrutura – SEINFRA, 1ª Edição, Campo Grande, 2021.

BARBOSA, V. V.; SOUZA, W. M.; GALVÍNIO, J. D.; COSTA, V. S. O. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco - Brasil (Analysis of climate variability in the city of Garanhuns, Pernambuco - Brazil). *Revista Brasileira De Geografia Física*, 9(2), 353–367, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p353-367>

BORZA, S.; GODÓ, L.; VALKÓ, O.; VÉGVÁRI, Z.; DEÁK, B. Better safe than sorry – Understanding the attitude and habits of drivers can help mitigating animal-vehicle collisions. *Journal of Environmental Management*, Volume 339, 117917, 2023. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117917>

COSTA, A. C. G. L. C.; GOMIDES, S. C. Disentangling drivers of vertebrate roadkill in a protected área in the Amazon rainforest. *Austral Ecology*, v. 49, n. 8, e13571, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aec.13571>

DIAS, C. D. C.; LOPES, S. M. C.; REIS, H. J. D. A. Levantamento de vertebrados silvestres mortos por atropelamento em rodovia estadual do Brasil. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.9, n.3, p. 229-238, 2021.

GOMES, D. F.; BUENO, C.; PINNA, P. H.; WOITOVICZ-CARDOSO, M.; PASSOS, P. March or Die: road-killed herpetofauna along BR-040 highway, an ancient road on the Atlantic Forest from Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 23(2), e20221454, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1454>

HALLISEY, N.; BUCHANAN, S. W.; GERBER, B. D.; CORCORAN, L. S.; KARRAKER, N. E. Estimating Road Mortality Hotspots While Accounting for Imperfect Detection: A Case Study with Amphibians and Reptiles. **Land**, 11(5), 739, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land11050739>

MORELLI, F.; BENEDETTI, Y.; SZKUDLAREK, M.; ZEID, F. A.; DELGADO, J. D.; KACZMARSKI, M. Potential hotspots of amphibian roadkill risk in Spain. **Journal of Environmental Management**, v. 342, 118346, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118346>

Prefeitura de Garanhuns. **Sobre Garanhuns**. Serviços e informações, s.d. Disponível em: <https://garanhuns.pe.gov.br/sobre-garanhuns/#:~:text=Garanhuns%20%C3%A9%20a%20soma%20de,%C3%B3timas%20oportunidades%20para%20compras%20diversas> Acesso em 28/08/2024.

RIBEIRO, D. J. S.; PARANÁ, C. C. Educação Ambiental e Ecologia de Estradas, um diálogo possível para o ensino de biologia. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental - FURG v. 40, n. 2, p. 173-194, 2023. E-ISSN: 1517-1256.

SANTOS, E.; CÓRDOBA, M.; ROSA, C.; RODRIGUES, D. *Hotspots* and Season Related to Wildlife Roadkill in the Amazonia-Cerrado Transition. **Diversity**, v. 14, n. 8, 657, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d14080657>

SANTOS NETA, C. S.; ABRA, F. D.; SANTOS, L. B.; COSTA, E. P. L.; DINIZ, M. F. D.; MORATO, R. G. Identificação de Áreas Críticas de Atropelamento de Fauna na Região do Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí. **Biodiversidade Brasileira**, 13(4): 1-18, 2023.

SECCO, H.; RATTON, P.; CASTRO, E.; LUCAS, P. S.; BAGER, A. Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a Brazilian Road. **Tropical Conservation Science**, v. 7, n. 3, p. 561-571, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/194008291400700313>

SOMBRA JUNIOR, Carlos Antônio. **ECOLOGIA DE ESTRADAS: PROBLEMÁTICAS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO**. In: I congresso internacional de meio ambiente e sociedade (CONIMAS) e III congresso internacional de diversidade do semiárido, 2020.

ZHAO, J.; YU, W.; HE, K.; ZHAO, K.; ZHOU, C.; WRIGHT, J. A.; LI, F. Evaluating the Urban-Rural Differences in the Environmental Factors Affecting Amphibian Roadkill. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 6051, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su15076051>

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Artur Mineu da Silva Barbosa e Rachel Maria de Lyra-Neves tiveram a ideia central do estudo e ajudaram a definir os objetivos e a metodologia.
- **Curadoria de Dados:** Rachel Maria de Lyra-Neves, Wallace Rodrigues Telino-Júnior, Artur Mineu da Silva Barbosa e Vitor Mineu Silva Barbosa organizaram e verificaram os dados para garantir sua qualidade.
- **Análise Formal:** Artur Mineu da Silva Barbosa e Vitor Mineu Silva Barbosa realizaram as análises dos dados, aplicando métodos específicos.
- **Aquisição de Financiamento:** Rachel Maria de Lyra-Neves e Artur Mineu da Silva Barbosa conseguiram os recursos financeiros necessários para o estudo.
- **Investigação:** Artur Mineu da Silva Barbosa conduziu a coleta de Dados em campo dos espécimes catalogados e Damião Alves da Silva e Vitor Mineu Silva Barbosa conduziram a elaboração dos Mapas de geoprocessamento.
- **Metodologia:** Rachel Maria de Lyra-Neves, Wallace Rodrigues Telino-Júnior, Artur Mineu da Silva Barbosa, Damião Alves da Silva e Vitor Mineu Silva Barbosa desenvolveram e ajustaram as metodologias aplicadas no estudo.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Artur Mineu da Silva Barbosa e Damião Alves da Silva escreveram a primeira versão do manuscrito.
- **Redação - Revisão Crítica:** Rachel Maria de Lyra-Neves e Wallace Rodrigues Telino-Júnior revisaram o texto, melhorando a clareza e a coerência.
- **Revisão e Edição Final:** Rachel Maria de Lyra-Neves e Artur Mineu da Silva Barbosa revisaram e ajustaram o manuscrito para garantir que atende às normas da revista.
- **Supervisão:** Rachel Maria de Lyra-Neves coordenou o trabalho e garantiu a qualidade geral do estudo.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Artur Mineu da Silva Barbosa, Vitor Mineu da Silva Barbosa, Damião Alves da Silva, Wallace Rodrigues Telino-Júnior, Rachel Maria de Lyra-Neves**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Mapeamento de hotspots de fauna silvestre: Monitoramento das espécies atropeladas em rodovias do Agreste de Pernambuco**":

1. **Vínculos Financeiros:** Possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho. Este trabalho foi financiado por Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE.
 2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. (Detalhe aqui, se aplicável: Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida).
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. (Detalhe aqui, se aplicável: Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado).
-