

**SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS, PROGRAMAS, MONITORAMENTO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL –
SUPEM**

**COORDENAÇÃO DE ESTUDOS, PROGRAMAS E MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL –
CODEM**

**GERÊNCIA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS –
GEMON**

**Diagnóstico e Proposição de
Medidas Mitigadoras para o
Atropelamento de Fauna na BR-020
- Projeto RODOFAUNA**

Brasília – DF

2012

© 2012 Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal.
Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total deste documento, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.
A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é da área técnica.

Elaboração, distribuição e informações:

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF)

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental (IBRAM)

Superintendência de Estudos, Programas, Monitoramento e Educação Ambiental – SUPEM
Maria Helena Vieira Fernandes

Coordenação de Estudos, Programas e Monitoramento da Qualidade Ambiental – CODEM
Vandete Inês Maldaner

Gerência de Monitoramento da Qualidade Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos – GEMON - Carlos Henrique Eça D’Almeida Rocha

SEPN 511, Bloco C, Edifício Bittar

Brasília – DF – CEP: 70.750-543

Tel.: (61) 3214-5653

Pesquisa e elaboração:

Almir Picanço de Figueiredo – Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Cecília Martini Guilam – Estagiária/GEMON/IBRAM

Fillipe Augusto da Costa Garcia - Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Leandro da Silva Gregório - Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Rodrigo Augusto Lima Santos - Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Almir Picanço de Figueiredo

Cecília Martini Guilam

Fillipe Augusto da Costa Garcia

Leandro da Silva Gregório

Rodrigo Augusto Lima Santos

ÍNDICE

1.0 Apresentação.....	4
2.0 Introdução.....	4
2.1 Atropelamento de Fauna – Problemas e Conseqüências.....	4
2.2 Atropelamento de Fauna no Brasil.....	5
2.3 Medidas Mitigadoras.....	6
3.0 Projeto RODOFAUNA.....	11
3.1 Objetivo.....	11
4.0 Metodologia.....	11
4.1 Área de Estudo.....	11
4.2 Amostragem.....	13
4.3 Análise de Dados.....	14
4.3.1 Análise Sazonal dos Atropelamentos.....	14
4.3.2 Análise do Índice de Hierarquização.....	15
4.3.3 Análise dos Padrões Espaciais dos Atropelamentos.....	16
5.0 Resultados e Discussão.....	18
5.1 Hábito.....	20
5.2 Variação Sazonal.....	21
5.3 Índice de Hierarquização.....	23
5.4 Padrões espaciais dos atropelamentos.....	24
6.0 Medidas Mitigadoras para a BR-020.....	32
6.1 Pontos para instalação de Placas.....	32
6.2 Pontos para instalação de Redutores Eletrônicos de Velocidade - REV.....	32
6.3 Limites de velocidade.....	33
6.4 Pontos para construção de passagem de fauna.....	33
6.5 Pontos para construção de lombadas.....	34
6.6 Campanhas educativas.....	34
7.0 Considerações Finais.....	36
8.0 Bibliografia.....	37

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório foi elaborado em resposta à demanda do Ministério Público do Distrito Federal e apresenta os resultados do diagnóstico de atropelamento de fauna na BR-020, no trecho que margeia a Estação Ecológica Águas Emendadas (ESEC-AE), bem como, propõe medidas mitigadoras direcionadoras para a preservação da fauna do local.

2. INTRODUÇÃO

2.1. Atropelamento de Fauna – Problemas e Conseqüências

Os impactos das rodovias sobre as áreas adjacentes são inúmeros, abrangendo aspectos da hidrologia, geomorfologia, distribuição e estrutura de populações, além do aumento da taxa de mortalidade da fauna de vertebrados terrestres em decorrência de colisões (Findlay e Bourdages 2000; Hourdequin 2000; Turci e Bernarde, 2009).

Segundo Alexandre et al. (2005), as estradas podem agir como barreiras ao movimento de animais, contribuindo para uma redução do fluxo gênico entre populações de determinadas espécies de animais silvestres. As estradas ainda possuem uma variedade de efeitos ecológicos, incluindo a destruição do habitat no entorno da rodovia, poluição proveniente da pavimentação e dos veículos que trafegam, erosão no entorno, sedimentação dos corpos hídricos, alteração química dos solos, mudança no comportamento de algumas espécies e ainda funcionam como corredores de dispersão de espécies nativas e exóticas (Trombulak e Frissel 2000).

O isolamento e/ou alteração de estruturas de comunidades e populações pela construção de uma rodovia podem ser mais negativamente significativos para a conservação do que o atropelamento para uma determinada espécie. Esse impacto é maior principalmente para as espécies que vivem em baixa densidade populacional ou com hábitos ecológicos restritos ou específicos (Laurence et al., 2009).

Existem inúmeros fatores que interferem na mortalidade de fauna nas rodovias, tais como tráfego de veículos, paisagem do local, afugentamento, atração de carniceiros à pista, a capacidade e velocidade de travessia do animal e densidade de indivíduos no entorno (Forman et al., 2003).

É importante salientar que as conseqüências do atropelamento a uma dada espécie estão intrinsecamente relacionadas à estrutura (densidade e dinâmica) da população existente

no seu entorno. Desta maneira, quanto maior a população, menor serão os efeitos do atropelamento sobre a estrutura e a taxa de crescimento de uma população de uma determinada espécie e vice-versa (Bager e Fontoura, 2012).

A bibliografia especializada apresenta várias discussões sobre a relação entre os atropelamentos de animais e as características físicas ou de tráfego das estradas, da paisagem do entorno, da sazonalidade e até do comportamento dos animais. Estas relações também podem variar de espécie para espécie, conforme a massa corpórea, a agilidade ou a necessidade de termorregulação de animais exotérmicos, por exemplo. Entretanto, é consensual que a travessia segura das rodovias pelos animais deve ser preservada.

2.2. Atropelamento de Fauna no Brasil

O atropelamento de fauna é reconhecido como a principal causa direta de mortalidade de vertebrados, superando outros impactos como a caça (Forman e Alexander, 1998). Segundo dados do trabalho de Dornas et al. (2012) estima-se uma taxa de 8,65 (\pm 26,37) atropelamentos/km/ano no Brasil. Extrapolando esses valores para a malha viária brasileira, 1,7 milhões de quilômetros, isso pode representar cerca de 14,7 (\pm 44,8) milhões de atropelamentos ao ano.

Nos Estados Unidos foram estimados 365 milhões de atropelamentos/ano (década de 60), na Espanha 100 milhões (década de 90) e na Alemanha 32 milhões (1987-1988) (Seiler e Helldin, 2006). A menor taxa de atropelamentos estimada para o Brasil pode ser explicada pela menor densidade de estradas pavimentadas em todo o território nacional. Se o Brasil atingir a mesma densidade de estradas asfaltadas dos EUA, a taxa de atropelamento poderia ser de 603 milhões de atropelamentos ao ano.

Para fins de comparação, o Relatório Nacional sobre o Tráfego de Fauna Silvestre da RENCITAS (Rede Nacional de Combate ao Tráfego de Animais Silvestres) de 2001 estima que 38 milhões de espécies silvestres sejam capturadas da natureza no Brasil, o que demonstra a relevância dos impactos causados pelo atropelamento de fauna.

No Brasil os trabalhos realizados em ecologia de estradas concentram-se principalmente nas regiões sul (25,38% dos estudos realizados) e sudeste (18,28%) e com alguns poucos trabalhos esparsos nas demais regiões (Dornas et. al., 2012).

2.3. Medidas Mitigadoras

Em geral, as sugestões de medidas mitigadoras citadas na maioria dos trabalhos, são as passagens de fauna (geralmente sob a estrada) em conjunto com cercas usadas para indicar o caminho para a passagem. Entre os problemas que surgem com a construção de passagens de fauna é que suas cercas necessitam de constante manutenção, caso contrário podem ter um efeito oposto ao esperado, aumentando a taxa de atropelamento (Mata et al., 2008).

Existe um espectro de possibilidades muito amplo de medidas mitigadoras da taxa de atropelamento de vertebrados que podem ser usadas em combinação: reguladores de velocidade, sinalização, educação ambiental, fiscalização e manejo da paisagem no entorno da estrada (Forman et al., 2003; Seiler e Helldin, 2006; Laurance et al., 2009).

No geral, existem dois tipos de medidas mitigadoras que são normalmente utilizadas: as que têm como objetivo modificar os hábitos dos motoristas (placas, semáforos e redutores eletrônico, por exemplo) e aquelas que têm como objetivo modificar os hábitos dos animais como, por exemplo, passagens de fauna (Romin e Bissonette, 1996; Forman et al., 2003). Muitas vezes as medidas mais promissoras são as menos utilizadas graças à falta de pesquisa e/ou por fatores econômicos. Medidas de mitigação “pobres” como placas, pouco minimizam os efeitos da estrada na vida dos animais, e costumam ser perda de dinheiro e tempo. Da mesma maneira, medidas de mitigação que alterem a estrutura da estrada, quando realizadas de maneira não planejada, podem interromper processos naturais e levar a ocorrência de problemas como erosão ou queda da densidade de uma população (Forman et al., 2003).

Em Portugal, as medidas mitigadoras apresentadas por Grilo (2012) dividem-se basicamente em três grupos: (a) passagens de fauna; (b) pontes ou pontilhões sobre córregos e riachos; e (c) redes direcionadoras nas passagens de fauna que evitam o acesso dos indivíduos a via. Uma medida que tem apresentado bons resultados em países como Austrália e Estados Unidos é a que consiste em passagens subterrâneas (Figura 1) combinadas com uma cerca que guie os animais até o local em que a passagens foi colocada. Essa medida reduziu a taxa de mortalidade de animais silvestres em 93,5% no Paynes Prairie State Preserve, nos Estados Unidos (Dodd et al., 2004). Na Austrália, Taylor e Goldingay (2004) registraram 17 vertebrados de diferentes espécies usando passagens de fauna. Essa medida é uma das mais econômicas dentre as estruturais, além disso, com o uso de cerca, algumas passagens já existentes podem ser utilizadas.



Figura 1. Passagem de Fauna sob a Rodovia do Sol ES-060 no Espírito Santo.

No estudo de Veenbaas e Brandjes (1999), foi observado que os mamíferos usaram 100% das passagens de fauna de grande diâmetro ou *underpasses* (Figura 2) existentes ao longo de cursos de água e 75% das passagens foram usadas por anfíbios. Uma das vantagens das passagens de grande tamanho é a possibilidade de se recriar aspectos naturais, tornando a passagem mais atraente para diversas espécies. A sua desvantagem é o gasto elevado para sua construção.



Figura 2. *Underpass* para elefantes no Quênia.

As *overpasses* ou passagens por cima de estradas (Figura 3) possuem mais vantagens para os animais por serem menos limitantes e manterem as condições ambientais, tais como pluviosidade, temperatura e luminosidade. Além disso, apresentam menos interferências dos

ruídos veiculares. As *overpasses* servem tanto como passagem de animais de grande porte como podem servir de habitat intermediário para espécies menores, como répteis, anfíbios e pequenos mamíferos (Jackson e Griffin, 2000). Sua desvantagem é o grande gasto necessário para sua construção.



Figura 3. *Overpass* sobre a rodovia Trans-Canada, no Banff National Park, Alberta/Canadá.

Vários fatores afetam a eficiência de uma medida mitigadora. O principal fator é provavelmente a localização, principalmente se a espécie alvo for de pequeno porte e com menor mobilidade, como répteis e anfíbios (Jackson e Griffin, 2000). A área escolhida para a implantação deve possuir similaridade com o habitat das espécies alvo e ser longe de áreas barulhentas ou com presença humana excessiva. Outros fatores a serem levados em consideração são:

- Alguns predadores utilizam as passagens para capturar suas presas, o que torna necessária a preocupação em se construir passagens que não dificultem a fuga da presa (Foster e Humphrey, 1995);

- A existência de uma cobertura vegetal torna a passagem mais atrativa para várias espécies, porém impossibilita a visão de tais passagens para outras;

- A combinação de passagens e cercas torna a medida mais eficiente, uma vez que estudos mostram que algumas espécies, de ungulados¹, por exemplo, evitam as passagens, preferindo qualquer outro modo de travessia;

¹ Ungulados: Antiga nomenclatura da ordem de mamíferos que possuem cascos, incluindo espécies aquáticas derivadas (cetáceos). A ordem *Ungulata* foi dividida em: *artiodactyla* (gado bovino, cervos, porcos, queixadas), *perissodactyla* (cavalos, antas), *cetacea* (baleias, golfinhos), *proboscidea* (elefantes) e *hyracoidea* (hírax).

- Anfíbios costumam preferir ambientes úmidos, sendo assim, é importante planejar uma passagem que possibilite a entrada e escoamento de água;

- A diferença de temperatura entre o interior e o exterior da passagem pode fazer algumas espécies de anfíbios preferirem não utilizá-la;

- A presença de aberturas facilita a entrada de ar, água, luz e equilíbrio de temperatura, o que tornaria a passagem mais atraente para os animais;

- Luz artificial afasta animais;

- Algumas espécies preferem o chão da passagem de terra, não de cimento, por conta da alcalinidade. Lesbarreres et al. (2004) observaram que sapos (*Bufo bufo*) preferiram os túneis à grama, enquanto sapos ágeis (*Rana dalmatina*), preferiram grama.

- No caso de pássaros, observa-se maior taxa de atropelamento em ambientes que possuem poluição sonora e muitas luzes.

Algumas medidas não estruturais também têm sido usadas, como é o caso do uso de repelentes olfativos na beira das estradas, repelentes ultra sônicos, iluminação das estradas (porém pode apresentar resultados negativos para alguns pássaros), controle de população e modificação do habitat (com o objetivo de manter os animais longe da pista ou aumentar a visibilidade tanto do animal quanto do motorista). Porém, essas medidas não estruturais não possuem resultados claros (Glista et al., 2009).

É importante que haja um planejamento pré-construção da rodovia levando em consideração o atropelamento de fauna e a paisagem, o que torna a medida mitigadora estrutural mais econômica do que instalá-la após a rodovia construída (Glista et al., 2008). Entretanto, a realidade da maioria das rodovias brasileiras impõe a necessidade de instalação destas medidas após a construção.

A proposição de medidas de mitigação contra atropelamento de animais, após a construção da estrada, demanda necessariamente a definição de trechos críticos de acidentes. Neste sentido, Bager e Rosa (2010) propuseram um índice para definição de trechos prioritários à implantação destas medidas. O índice, denominado Índice de Hierarquização (IH), se baseia em quatro parâmetros: riqueza de espécies alvo (definidas pelos autores), diversidade total de espécies atropeladas, taxa de atropelamento de espécies alvo e presença de espécies ameaçadas. Os autores compararam a utilização somente da taxa de atropelamento, na definição de trechos prioritários, com os resultados obtidos com o IH e concluíram que a instalação de medidas de mitigação levando-se em consideração a primeira metodologia protegeria especialmente répteis em detrimento dos mamíferos e das espécies ameaçadas.

O IH inova ao considerar características qualitativas dos atropelamentos (espécies ameaçadas e diversidade de espécies) na análise da definição de locais prioritários para instalação de medidas de mitigação. Entretanto, seus resultados não apresentam precisão para a localização de tais medidas.

Do ponto de vista do planejamento de medidas mitigadoras é importante identificar se a distribuição dos atropelamentos possui agrupamentos significativos e em que escalas eles ocorrem, para, posteriormente, localizar os trechos com maior mortalidade (*hotspot*). Uma distribuição sem agrupamentos significativos sugere que não existe um local efetivamente com maior mortalidade, e a localização de uma medida mitigadora ao atropelamento em qualquer trecho da rodovia teria o mesmo efeito.

A definição de *hotspot* de atropelamento de fauna vem sendo utilizada em diversas pesquisas de ecologia de estradas (Ramp et al., 2006; Coelho et al., 2008; Sillero, 2008; Gomes et al., 2009; Esperandio, 2011; e Teixeira, 2011), seja para avaliar qual método estatístico é o mais adequado para definição destes pontos (Gomes et al., 2008), seja para comparação de atropelamentos entre estradas (Coelho et al., 2008) ou para avaliar o impacto das rodovias na fauna (Ramp et al., 2006; Sillero, 2008).

Esperandio (2011) utilizou a estatística K-Ripley (modificada por Coelho et al., 2008), para avaliar a ocorrência de sobreposição de *hotspots* de mamíferos silvestres e domésticos, com o objetivo de verificar se a instalação de medidas mitigadoras baseadas em *hotspots* dos silvestres preservariam, também, os domésticos. Teixeira (2011) também utilizou a mesma análise para comparar a ocorrência de sobreposição de *hotspots* de mamíferos com os das demais classes de vertebrados silvestres. Seu objetivo era verificar a possibilidade da utilização de mamíferos como “espécies guarda-chuva²” na preservação das demais classes. A pesquisadora concluiu que, por não haver sobreposição significativa de *hotspots* em pequenas escalas, medidas de efeito pontual para os mamíferos não interferem na preservação das demais classes.

A sobreposição de *hotspots* apresentada nestes trabalhos pode ser utilizada como forma de refinar a definição de trechos prioritários para instalação de medidas de mitigação baseada no Índice de Hierarquização, ao facilitar a definição dos pontos para instalação destas medidas.

² Espécies guarda-chuva são usadas para especificar o tamanho e tipo de habitat a ser protegido, a fim de acolher outras espécies. Estas espécies podem ser usadas como indicadoras no planejamento e monitoramento da conservação, sob a perspectiva de que, se formos capazes de preservar populações viáveis destas espécies, iremos preservar habitat suficiente para inúmeras outras espécies com necessidades de área menor.

A eficiência das medidas mitigadoras adotadas devem ser determinadas através de um programa de monitoramento pós-implementação, visando medidas corretivas, suplementares ou modificação das medidas mitigadoras (Glista *et al.*, 2009).

3. PROJETO RODOFAUNA

Com o intuito de propor medidas que minimize o impacto das rodovias do Distrito Federal sobre a fauna silvestre, o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental (Ibram) desenvolve, desde fevereiro de 2010, o Projeto de Monitoramento e Mitigação dos Impactos de Rodovias à Fauna do Distrito Federal - RODOFAUNA.

3.1. Objetivo

O objetivo geral do RODOFAUNA é monitorar o impacto ambiental de rodovias sobre a fauna silvestre, identificando pontos críticos de acidentes a fim de direcionar a adoção de medidas mitigadoras, promovendo ações e estratégias conservacionistas e educativas.

Os objetivos específicos do RODOFAUNA são:

- Identificar trechos de rodovias no Distrito Federal que apresentem alta mortalidade de animais silvestres;
- Avaliar a influência de fatores bióticos e abióticos nos índices de atropelamento;
- Indicar as medidas de mitigação necessárias para os trechos identificados como críticos para atropelamento de fauna silvestre;
- Analisar a eficácia das diversas medidas de mitigação instaladas e
- Analisar o impacto na fauna afetada pelas intervenções realizadas nas rodovias.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

Para o desenvolvimento das atividades iniciais do RODOFAUNA optou-se por trechos de rodovias próximas às Unidades de Conservação, pois se infere que nestes trechos é maior a probabilidade de atropelamentos de animais silvestres.

Foram definidos 114 km de amostragem em três percursos no entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas - ESEC-AE, do Parque Nacional de Brasília – PNB e do conjunto composto pelo Jardim Botânico de Brasília (JBB), a Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) e a Fazenda Água Limpa (FAL) - JBB, RECOR e FAL.

O percurso no entorno da ESEC-AE totaliza 40 km, formado por um trecho de 11 km da BR-020, 10 km na DF-128, 10 km na DF-205 e 9 km na DF-345.

Ambos os percursos no entorno do PNB e no conjunto JBB, RECOR e FAL, são na DF-001. O primeiro trata-se de um trecho de 50 km e o segundo de 24 km.

Na figura 4, abaixo, são identificados os três percursos das unidades de conservação amostradas.

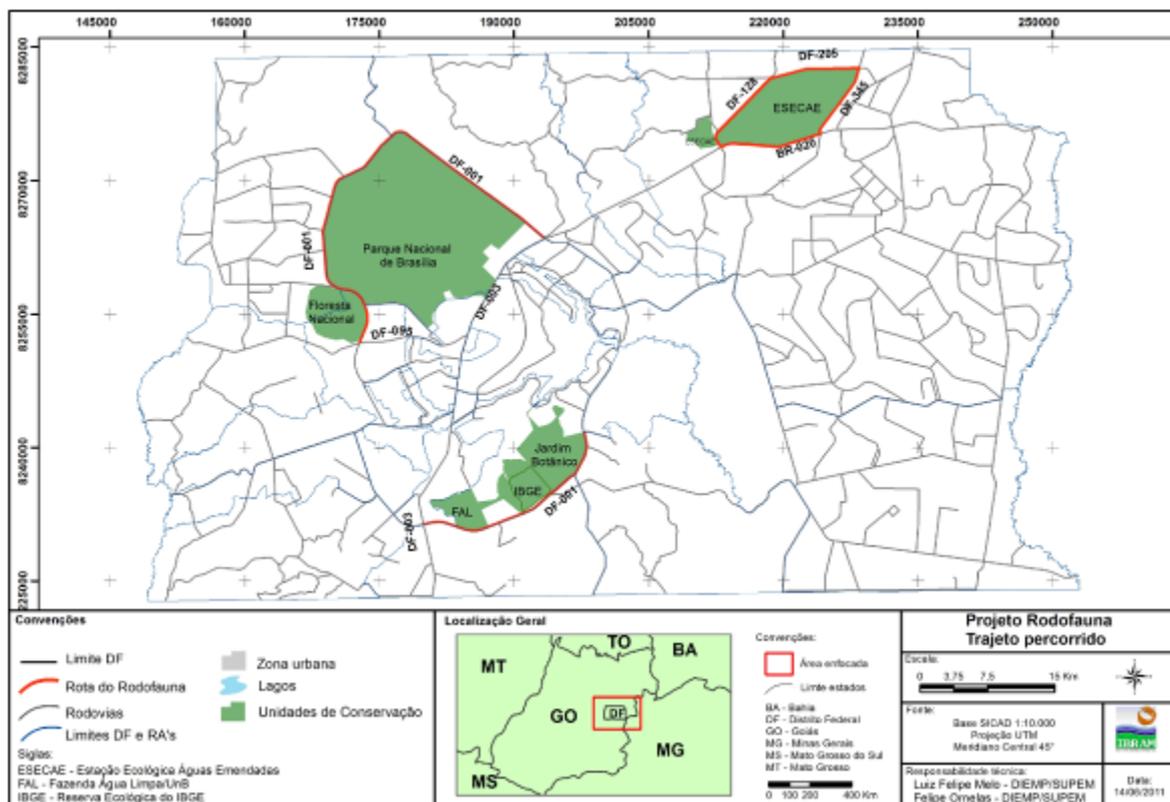


Figura 4 - Percursos de amostragem do RODOFAUNA.

Entre as rodovias monitoradas, todo o trecho da BR-020 (11 km) e 5 km da DF-001 no entorno do JBB são pistas duplicadas com piso de asfalto. Existem 10 km na DF-205 e um trecho de aproximadamente 14 km da DF-001, no entorno do Parque Nacional de Brasília, que são de pistas simples sem pavimentação. Os demais trechos são de pistas simples asfaltadas.

Estas cinco Unidades de Conservação foram escolhidas para o início das atividades do projeto RODOFAUNA por serem Zonas Núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal e por serem margeadas por rodovias de grande fluxo.

A ESEC-AE é uma Unidade de Conservação Distrital, administrada pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental (Ibram) com uma área total de 10.547,2 ha e está localizada ao lado da cidade satélite de Planaltina. A área engloba diversas fitofisionomias do bioma com predomínio de cerrado *sensu strictu*, matas de galerias, veredas e pequenas manchas de campo cerrado.

Para elaboração deste relatório foram utilizados somente os dados colhidos na BR-020 que contorna a ESEC-AE.

4.2. Amostragem

As campanhas de amostragem são realizadas de carro por uma equipe de três observadores com uma frequência de duas vezes por semana. Os trajetos são percorridos a uma velocidade de 50 km/h. Todos os animais encontrados têm sua coordenada geográfica registrada. Os animais são identificados, quando possível, até o nível de espécie e é realizado o registro fotográfico. As carcaças dos animais são sempre retiradas da pista para evitar possível recontagem.

A inclusão de animais domésticos no monitoramento visa incorporar a preocupação com a segurança dos usuários na rodovia, possibilitando avaliar áreas de maior risco para os usuários onde as colisões são mais agregadas, especialmente com animais de grande porte (Dornas et. al., 2012).

Existem fatores que influenciam diretamente na detectabilidade das carcaças ao longo da estrada e, conseqüentemente, os padrões e resultados encontrados, tais como:

- Velocidade do monitoramento: quanto maior a velocidade menor será a probabilidade de visualização de carcaças por parte dos observadores, principalmente dos espécimes que possuem tamanho corporal menor;

- Número de observadores: quanto maior a velocidade é interessante que existam mais observadores;

- Tempo de permanência das carcaças: as carcaças podem ser removidas por animais carniceiros ou por terceiros. O pico de remoção por carniceiros oportunistas ocorre logo após o amanhecer (Slater, 2002). O tamanho do animal está intimamente relacionado ao tempo de

permanência das carcaças, uma vez que carcaças menores tendem a desaparecer em taxa mais elevadas (Teixeira, 2010).

- Intervalo de amostragem: períodos grandes entre amostragens permitem a maior remoção de carcaças;

O registro da velocidade de monitoramento, do número de observadores e da frequência de amostragem é fundamental para permitir a comparação e avaliar a acurácia dos resultados obtidos com diferentes estudos.

Algumas pesquisas demonstram que monitoramentos realizados mais de uma vez por semana elevam a probabilidade de detecção de carcaças menores, devido a uma amostragem intensa (Glista et al., 2008).

Bager e Rosa (2011) observaram que, para aves, se o objetivo é atingir o total de espécies, monitoramentos semanais por um ano nem sempre são suficientes, sendo necessários dois anos ou mais. Se o objetivo for avaliar as espécies mais atropeladas, monitoramentos mensais por um ano são suficientes para a classe. O mesmo se aplica para os répteis. Já para os mamíferos de médio e grande porte, monitoramentos bimestrais por um ano são suficientes.

Dessa maneira, a metodologia proposta (duas vezes por semana, a 50 km/h, e com três observadores no carro) e o período de coleta de dados (02 anos) mostraram-se adequados para uma amostragem eficiente e resultados robustos, permitindo assim definir trechos prioritários para mitigação com maior exatidão.

4.3. ANÁLISE DOS DADOS

4.3.1. Análise Sazonal dos Atropelamentos

Para avaliar a variação sazonal dos atropelamentos, foi utilizada a taxa de atropelamento como variável resposta, calculada para cada classe (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) por mês para a BR-020. Para o cálculo da taxa foi utilizada a fórmula $N/km/dia$, conforme recomenda Rosa et al. (2012). Na qual N = número de atropelamentos, km = quilometragem do trecho amostrado e dia = número de dias. Esta taxa foi calculada para cada dia de amostragem.

Os dados foram agrupados de acordo com as seguintes estações: outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro), primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro, março). As taxas de atropelamento de cada estação e para cada

classe foram comparadas através de Kruskal-Wallis, utilizando o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007).

4.3.2. Análise do Índice de Hierarquização

Para a definição dos trechos críticos de atropelamento, foi utilizada a metodologia proposta por Bager e Rosa (2010).

Para esta análise, dividiu-se o trajeto percorrido em trechos de 500m, totalizando 22 trechos. Foram definidas 10 espécies-alvo sendo, três mamíferos, três répteis, três aves e um anfíbio: a jaritataca (*Conepatus semistriatus*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) foram escolhidas por serem espécies ameaçadas de extinção. As demais espécies foram escolhidas devido à maior ocorrência de atropelamentos de seus indivíduos: a) mamíferos: cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*); b) aves: tiziu (*Volatinia jacarina*), suindara (*Tyto alba*) e tesourinha (*Tyrannus savana*); c) répteis: cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaena alba*), cobra-cipó (*Philodryas nattereri*) e coral-falsa (*Oxyrhopus guibei*); e d) anfíbio: sapo (*Rhinella marina*).

O valor do IH, para cada trecho, é obtido com a soma dos coeficientes de avaliação gerados para cada um dos quatro parâmetros: Riqueza de Espécies Alvo; Taxa Total de Atropelamento; Diversidade Total de Espécies; e Ocorrência de Espécies Ameaçadas.

Estes coeficientes, são valores que variam de 0 a 3 conforme o enquadramento dos dados obtidos em campo às faixas de avaliação de cada um dos parâmetros.

Para a definição dos limites de cada faixa de avaliação (exceto ocorrência de espécies ameaçadas) utilizou-se o 1º, o 2º e o 3º quartis dos dados colhidos em campo.

Para a Riqueza de Espécies Alvo os valores variaram entre 0 e 9 espécies.

Para definir a Taxa Total de Atropelamento de cada trecho, utilizou-se a seguinte fórmula: [abundância das espécies alvo no quilômetro/quilometragem percorrida]*100. Os valores encontrados variaram entre 0 e 35,23 ind/100km.

Para o cálculo da Diversidade Total de Espécies utilizou-se o Índice de Shannon, conforme recomendado por Bager e Rosa (2010), e os valores variaram de 0 a 3,00.

A Tabela 1 apresenta as faixas de avaliação para cada um dos parâmetros analisados e os respectivos coeficientes.

Tabela 1. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização.

COEFICIENTE	PARÂMETROS			
	Riqueza de Espécies alvo	Taxa Total de Atropelamento	Diversidade Total de Espécies	Ocorrência de Espécies Ameaçadas
0	<2	<4,66	<1,06	0 ESPÉCIES
1	2 ou 3	entre 4,66 e 9,84	entre 1,06 e 1,84	TRECHO ADJACENTE
2	4	entre 9,85 e 13,21	entre 1,85 e 2,03	1 ESPÉCIE
3	5 ou mais	> 13,21	> 2,03	2 ESPÉCIES

Para ilustrar a aplicação do IH, analisaremos o trecho 16 (29,2-29,7km):

- Para o parâmetro “Riqueza de Espécies Alvo”, o resultado obtido neste trecho foi de 6 espécies. De acordo com a tabela 1, o coeficiente que se refere à faixa em que este valor se enquadra (5 ou mais espécies) é igual a 3.

- Para o parâmetro “Taxa Total de Atropelamento”, o resultado obtido foi 12,44, equivalendo ao coeficiente 2.

- Neste trecho foi observado a maior “Diversidade Total de Espécies” (3,00), gerando um coeficiente 3.

- No que se refere à “Ocorrência de Espécies Ameaçadas”, foi encontrado um indivíduo da espécie *Conepatus semistriatus*, gerando um coeficiente 2, entretanto, além desta ocorrência, a mesma espécie foi encontrada no trecho 15 (28,7-29,2km), isto é, em um trecho adjacente ao 16, gerando um coeficiente 1.

A somar todos os coeficientes gerados para este trecho, foi obtido o valor do IH igual a 11.

Obtidos os Índices de Hierarquização para cada trecho, classificou-se os mesmos da seguinte forma:

- a) IH menor ou igual a 1 - Trechos de impacto de magnitude desprezível;
- b) IH entre 2 e 4 - Trechos de impacto de magnitude baixa;
- c) IH entre 5 e 8 - Trechos de impacto de magnitude média; e
- d) IH maior ou igual a 9 - Trechos de impacto de magnitude significativa ou Pontos Críticos de Atropelamento.

4.3.3. Análise dos Padrões Espaciais dos Atropelamentos

Para avaliar a distribuição espacial dos atropelamentos de fauna na BR-020 e complementar a análise de hierarquização definindo os locais exatos para instalação de Redutores Eletrônicos de Velocidade - REV, lombadas e passagens de fauna, foi realizada

uma análise de agregação utilizando-se o programa Siriema (Spatial Evaluation of Road Mortality Software).

Para avaliar presença/ausência de agregações de atropelamento e o efeito da escala sobre este padrão foi utilizado o teste K-Ripley bidimensional (Coelho et al., 2010). Este teste calcula a quantidade de eventos de atropelamento dentro de um círculo de raio definido pelo pesquisador, centrado em cada evento, ao longo da rodovia, controlando a diferença de extensão da rodovia em cada círculo. Isto se repete com círculos de raio cada vez maiores, para avaliar o efeito da escala.

Neste estudo, foi adotado o raio inicial de 100 metros com incrementos de 100m (escalas) e foram realizadas 100 simulações para obtenção do intervalo de confiança a 95%.

Com a constatação das escalas em que ocorrem agrupamentos significativos na distribuição de atropelamentos na rodovia realizou-se a identificação dos pontos de agregação (*hotspots*). Para isso, utilizou-se a análise de *hotspot* bidimensional (Coelho et al. 2010).

O método (*2D Hotspot Identification*) funciona da seguinte forma: a rodovia é dividida em segmentos de mesmo tamanho. Um círculo de raio r é posicionado no ponto central do primeiro segmento, sendo somados todos os eventos de atropelamento dentro de sua área. A esse número é multiplicado um fator de correção (gerado pelo programa) que leva em conta o comprimento da rodovia dentro do círculo nesta posição. Em seguida, o círculo é posicionado na metade do próximo segmento e novamente é computada a soma dos eventos e multiplicação pelo fator de correção.

O procedimento é repetido para todos os segmentos em que a rodovia foi dividida, resultando em um valor de intensidade de agregação de atropelamentos para cada local da rodovia.

A definição do raio a ser utilizado neste teste deriva do K-Ripley bidimensional, isto é, somente escalas em que ocorrem agregações significativas podem ser utilizadas para a identificação dos *hotspots*. Neste estudo, foi adotado o raio de 100 metros para todas as análises, exceto para a de mamíferos e de mamíferos terrestres. A rodovia foi dividida em 1000 trechos de 11,784m e foram realizadas 1000 simulações para obtenção do intervalo de confiança a 95%.

Na análise dos mamíferos e mamíferos terrestres foi utilizado raio de 500 metros, pois o teste K-Ripley bidimensional, para estes casos, não apontou agregação significativa para raios menores.

Tanto para o teste K-Ripley quanto para a análise de *hotspot* bidimensional foi realizada uma análise para cada classe de animais silvestres (aves, mamíferos, répteis e

anfíbios), além de análises especiais, tais como: mamíferos terrestres; aves desconsiderando os indivíduos da espécie tiziu; e animais domésticos.

A análise das aves sem o tiziu (*Volatinia jacarina*) foi realizada com o objetivo de identificar o efeito da espécie dominante sobre a distribuição dos *hotspots*.

A análise com mamíferos de locomoção terrestre foi realizada para verificação de pontos para instalação de passagens de fauna. A retirada dos morcegos dessa análise se justifica pela improvável utilização dessas passagens por espécies voadoras.

A análise com dados de animais domésticos teve como objetivo incorporar a preocupação com a segurança dos usuários na rodovia, possibilitando avaliar áreas de maior risco para os usuários onde as colisões com animais de grande porte (especialmente cachorros) são mais agregadas.

Para ambos os testes, foi dado peso 2 para os eventos de atropelamento de espécies ameaçadas de extinção segundo a lista do Ministério do Meio Ambiente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os meses de abril de 2010 e março de 2012, o Projeto RODOFAUNA percorreu 2.123 quilômetros e registrou 621 animais atropelados na BR-020 (silvestres e domésticos). Ao todo, foram realizados 193 percursos na rodovia. Foram identificadas carcaças de 81 espécies (75 silvestres e 6 domésticas), 48 famílias e 29 ordens de 04 classes de vertebrados. Dos animais encontrados, 527 (84,86%) eram animais silvestres e 94 (15,14%) eram domésticos.

Dentre as classes de animais silvestres registrados, aves foi o grupo mais amostrado - com 299 registros de atropelamentos (56,7%) - seguido de répteis, com 91 (14,3%), mamíferos com 72 (13,7%) e anfíbios com 65 (12,3%).

As espécies de animais silvestres que apresentaram maior número de indivíduos atropelados foram: Tiziu (*Volatinia jacarina*) com 129 registros, seguido do Sapo (*Rhinella marina*) com 47 registros, da Cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaena alba*) com 17 registros, da Suindara (*Tyto alba*) com 13 e da Tesourinha (*Tyrannus savana*) com 10. Estas cinco espécies juntas representam 57,14% dos indivíduos cujas espécies puderam ser identificadas, sendo que somente as ocorrências do Tiziu equivalem a 34,12%. Ressalta-se que estes valores são referentes aos indivíduos cujas espécies puderam ser identificadas, pois dentre todos os animais atropelados, 104 (16,74%) deles – 69 aves, 21 répteis, 11 mamíferos e 3 anfíbios – não puderam ser identificados devido às condições em que suas carcaças foram encontradas.

Dos animais domésticos, os cães e gatos foram as espécies mais frequentemente vitimadas, 38 e 27 registros respectivamente, perfazendo juntas 69% dos animais domésticos e 10,5% do total de registros do estudo.

Considerando-se as amostragens em todos os trechos de estudo, o Projeto RODOFAUNA, monitorou 21.804 quilômetros de estradas entre os anos de 2010 e 2012. O trecho monitorado da BR-020 representa 9,7% do total, ou seja, 2.123km. Apesar de representar menos de 10% do esforço amostral total, foram encontrados 27,4% do total de indivíduos (26,9% considerando-se somente os silvestres).

Os atropelamentos que ocorreram na BR-020 têm grande influência na determinação das espécies de maior registro no Projeto RODOFAUNA. A tabela a seguir apresenta a relação percentual entre o número de atropelamentos ocorridos na BR-020 e o total observado para as 10 espécies mais registradas em todos os trechos monitorados pelo RODOFAUNA.

Tabela 2 - Influência dos atropelamentos ocorridos na BR-020 no total de indivíduos encontrados das 10 espécies mais registradas no Projeto RODOFAUNA.

Espécies de maior registro no RODOFAUNA	Total de indivíduos	Total na BR-020	Percentual em relação ao total
Tiziu	573	125	21,82%
Sapo	98	48	48,98%
Cobra de duas cabeças	48	17	35,42%
Coruja buraqueira	39	6	10,25%
Cachorro do mato	36	8	22,22%
Cobra cipó	35	9	25,71%
Cascavel	30	7	23,33%
Coral falsa	27	8	29,62
Saruê	25	5	20%
Anu Preto	24	6	25%

Pode-se observar nesta tabela que, com exceção da Coruja buraqueira, todas as espécies apresentaram ao menos 20% de ocorrência na BR-020, com destaque para o Sapo, com 48,98% e a Cobra de duas cabeças, como 35,42%.

Além dos dados apresentados acima, destaca-se que foram registrados 22 atropelamentos da coruja Suindara, destes, 13 (59,1%) foram na BR-020, esse dado pode indicar uma abundância maior dessa espécie nas proximidades da BR-020 em comparação com os outros trechos monitorados pelo RODOFAUNA, mas também, pode dar indícios de que as características de tráfego deste trecho seja mais impactante para esta espécie.

Outro dado que merece destaque, é que ao somar os indivíduos de todas as espécies de morcegos encontradas no RODOFAUNA, 71% deles (27 de 38) foram registrados na BR-020.

Além da relevância quantitativa de atropelamentos, a riqueza de espécies também se destacou. Das 114 espécies silvestres identificadas no estudo, 75 (65,8%) ocorreram neste trecho e destas, 09 foram encontradas exclusivamente nele. Além disso, dos 14 indivíduos das três espécies ameaçadas de extinção encontradas (8 Jaritatacas, 5 Lobo-guarás e 1 Tamanduá-Bandeira), cinco (4 Jaritatacas e 1 Tamanduá-Bandeira) ocorreram na BR-020.

5.1. Hábito

As espécies silvestres encontradas neste estudo foram classificadas quanto hábito em duas modalidades: quanto ao período do dia de maior atividade, em diurnas e noturnas, e quanto ao modo preferencial de locomoção, em aéreo, terrestre e arborícola.

Foram identificados 159 indivíduos de hábito noturno, distribuídos em 18 espécies; e 353 de hábito diurno, distribuídos em 57 espécies.

Quanto ao modo de locomoção, verificou-se a ocorrência de 310 indivíduos de locomoção aérea, distribuídos em 36 espécies; 197 terrestres, em 33 espécies; e 17 arborícolas, em 6 espécies.

Considerando-se somente as espécies de hábito diurno, observou-se a predominância de animais voadores (256 indivíduos e 31 espécies), seguido dos terrestres (81 indivíduos e 21 espécies) e por último os arborícolas (16 indivíduos e 5 espécies).

No caso dos animais de hábito noturno, a prevalência foi de animais de locomoção terrestre (111 indivíduos e 12 espécies), seguido dos de locomoção aérea (47 indivíduos e 5 espécies) e por último, os arborícolas representados por somente 1 indivíduo.

A taxa de atropelamento pode ser maior à noite, pela maior atividade dos animais noturnos, devido à menor visibilidade dos motoristas no caso de eventual colisão e também pela atração de espécies pela iluminação (Outen, 2002). Souza e Anacleto (2012) observaram maior número de atropelamentos no período noturno, segundo eles pelo fato da maioria dos animais registrados estarem mais ativos no período crepuscular e noturno.

O presente trabalho teve um resultado diferente dos demais estudos, considerando que foi encontrado um maior número de registros de animais diurnos. Tal fato pode ser explicado por uma possível maior abundância de animais diurnos na ESEC-AE. No entanto, é

necessário que estudos sobre densidade de espécies sejam conduzidos no entorno da unidade de conservação, para confirmar tal hipótese.

5.2. Variação Sazonal

A taxa de atropelamento dos dois anos de amostragem foi de $0,25 \pm 0,262$ ind/km/dia, ou seja, a cada quatro dias morre um animal na BR-020. A análise realizada permitiu encontrar alguns padrões de atropelamento ao longo do ano entre os grupos, sendo possível verificar uma variação sazonal nos eventos.

Foram observados 18 indivíduos no outono de 2010 e 74 no de 2011, as taxas foram, respectivamente $0,038 \pm 0,053$ e $0,227 \pm 0,212$ ind/km/dia. Considerando-se os valores somados, foram 92 registros, com a taxa de $0,132 \pm 0,181$ ind/km/dia.

No inverno de 2010, o número de registros foi 39 e em 2011, 36. As taxas foram, respectivamente $0,091 \pm 0,101$ e $0,087 \pm 0,067$ ind/km/dia. O total nos dois anos foi 77 registros, com a taxa de $0,089 \pm 0,085$ ind/km/dia.

Na primavera de 2010 ocorreram 74 atropelamentos, já na de 2011 esse número aumentou para 122. Com taxas de $0,246 \pm 0,205$ e $0,438 \pm 0,315$ ind/km/dia. Considerando-se os dois anos de amostragem, registrou-se 196 indivíduos, com a taxa de $0,337 \pm 0,278$ ind/km/dia.

O verão de 2011 foi à estação de maior número de registros, 143, enquanto em 2012 esse número caiu para 110. As taxas para estes períodos foram de $0,487 \pm 0,301$ e $0,379 \pm 0,263$ ind/km/dia. Os dois períodos juntos apresentaram 263 registros, com a taxa de $0,434 \pm 0,285$ ind/km/dia.

Desta forma, observam-se maiores taxas de atropelamento na primavera e no verão (considerando todas as classes). O teste de Kruskal-Wallis mostrou que há diferença significativa entre as estações ($p < 0,0001$). E o teste de Dunn, a *posteriori*, comparando as estações em pares, mostrou que há diferença significativa ($p < 0,05$) entre: outono e primavera; outono e verão; inverno e primavera; e inverno e verão.

Retira-se do parágrafo anterior a conclusão de que não há diferença significativa entre as estações primavera e verão, que representam o período chuvoso no Distrito Federal e nem entre outono e inverno, que englobam os meses seco, ao mesmo tempo em que as demais comparações apresentam diferenças significativas, assim, pode-se afirmar que existe diferença significativa de atropelamentos entre os períodos seco e chuvoso, sendo verificado o efeito da sazonalidade nos atropelamentos de fauna da BR-020.

Ao se analisar se a variação sazonal implica em alteração nas taxas de atropelamento de fauna, foi observado que para aves houve diferença significativa de atropelamento entre o outono e verão ($p < 0,05$) e entre o verão e o inverno ($p < 0,05$).

Para a classe dos répteis foi encontrado diferença entre inverno e primavera ($p < 0,05$) e inverno e verão ($p < 0,05$).

Para os anfíbios só foi observado diferença entre o período do inverno e primavera ($p < 0,05$).

Já para os mamíferos não foi encontrada diferença entre as estações ($p = 0,43$), demonstrando que para esta classe os atropelamentos ocorrem de forma regular ao longo do ano.

A atividade dos répteis é maior nos meses quentes do ano e a maior parte das espécies desse grupo encontra-se ativa apenas durante o dia, uma vez que não possuem a capacidade de regulação da temperatura corporal. Essas espécies aproveitam o calor emanado do substrato o que promove a atração destas para o asfalto (Rosen e Lowe, 1994). Tal fato, aliado a limitada capacidade de locomoção aumenta o risco de mortalidade por atropelamento. Além desses problemas, ainda existem fatores culturais, já que alguns autores acreditam que animais como serpentes, por exemplo, são atropelados propositalmente (Prada, 2004).

Nas regiões tropicais e subtropicais foi observado que médios e grandes mamíferos possuem menor riqueza do que outras classes e sofre menor influência de variações climáticas (Coelho et al., 2000).

Répteis e anfíbios apresentam forte influência sazonal, com aumento dos atropelamentos nas estações reprodutivas, além de eventos migratórios em massa que aumentam consideravelmente as colisões de veículos com animais desses grupos (Parris et al., 2009).

Quanto às aves sabe-se que a sazonalidade e a dispersão de juvenis após eventos reprodutivos podem incrementar o número de indivíduos e espécies atropeladas. Porém, por serem comuns e abundantes, as espécies mais atropeladas em zonas temperadas e tropicais não costumam sofrer influência sazonal, ocorrendo eventos de atropelamento o ano todo (Erritzoe et al., 2003; Coelho, et al., 2008).

No presente trabalho foi observada diferença significativa de atropelamentos entre as estações para o grupo das aves. Tal diferença provavelmente ocorreu devido ao tiziu, que apresenta altas taxas de mortalidade durante a estação chuvosa. O tiziu é encontrado em áreas abertas geralmente dominada por gramíneas, e no mês de outubro migram para o Brasil Central para reproduzir (Carvalho et al., 2007). No início da estação reprodutiva são

encontrados em bandos, que se dispersam subsequentemente para que machos ocupem e defendam pequenos territórios (Carvalho et al., 2007). Os territórios dos machos são aglomerados, com tamanhos variando entre 13 e 72m² (Almeida e Machado, 2001). Tais fatores indicam que a região da ESEC-AE é um local de reprodução sazonal para os indivíduos dessa espécie, por isso, ocorrem tantos atropelamentos na região durante a estação chuvosa e explicam porque a maioria dos espécimes encontrados é de machos.

5.3. Índice de Hierarquização

A partir do IH identificou-se seis trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento, com valores que variaram entre 9 e 12. São os trechos entre os quilômetros 28,2 e 31,2. A análise também revelou cinco trechos considerados de magnitude média com IH entre 5 e 8. A figura 5 ilustra os trechos definidos como prioritários pelo Índice de Hierarquização.

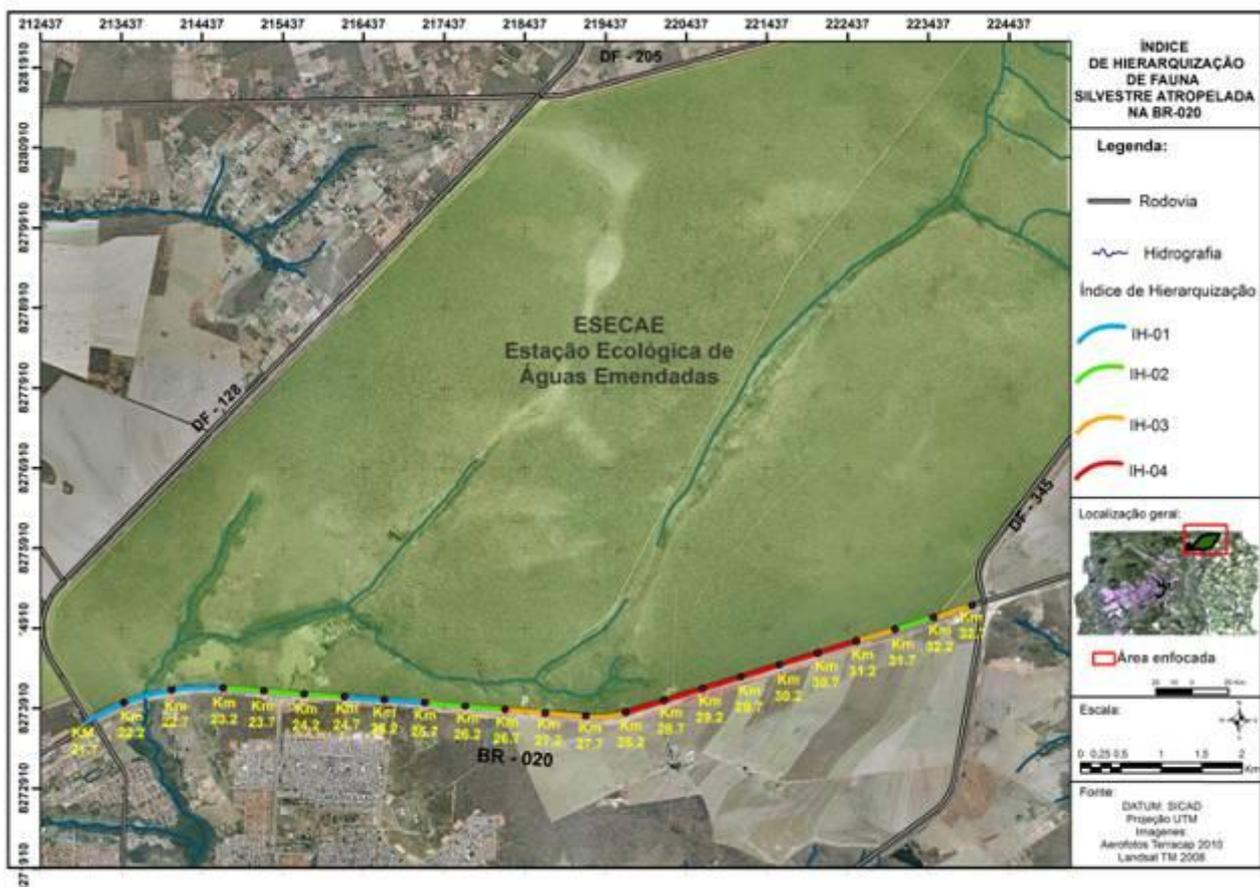
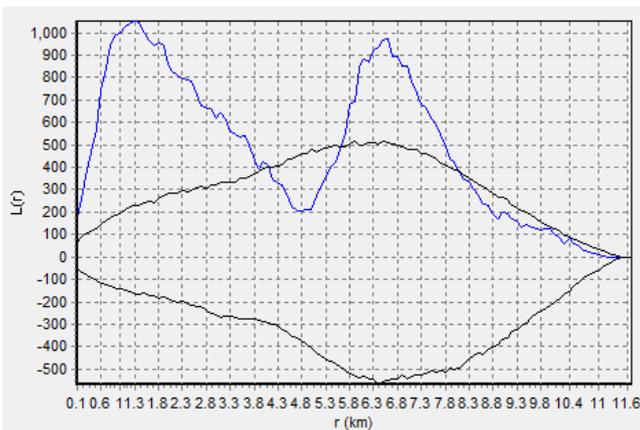


Figura 5. Mapa com demonstração do Índice de Hierarquização por 500 metros na ESEC-AE

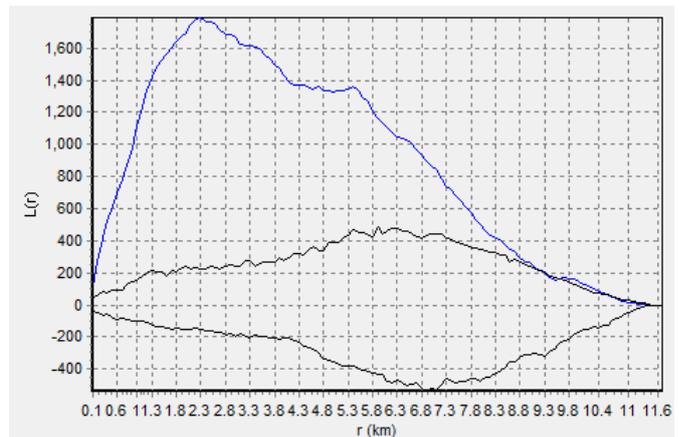
5.4. Padrões Espaciais dos Atropelamentos

A figura 6 ilustra o resultado da análise K-Ripley bidimensional. Os valores de $L(r)$ (linha azul) acima do limite de confiança (linha preta), nos gráficos, indicam escalas (raio) onde ocorrem agregações significativas. Por exemplo, na figura 6A, existe agregação significativa de atropelamentos de anfíbios em escalas de 100 a 3800m e entre 5500m e 8000m de raio. Este teste é importante, pois somente em escalas com agregações significativas, pode-se realizar o teste para definição de *hotspots*.

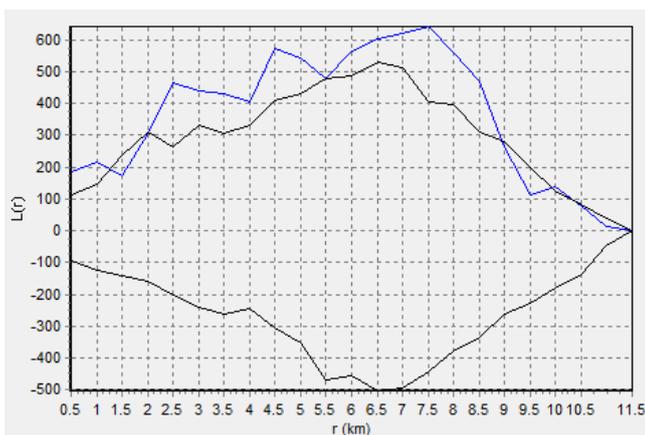
De acordo com os resultados obtidos, a distribuição de mortalidade mostrou-se agregada a partir de escalas de 100m de raio para anfíbios, répteis e aves, mesmo quando o tiziu foi retirado do grupo das aves. Na análise dos mamíferos e dos mamíferos terrestres a distribuição mostrou-se agregada a partir de 500m de raio.



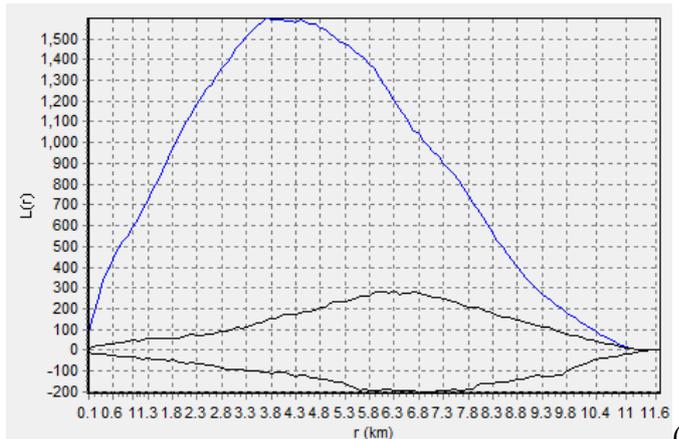
(A)



(B)



(C)



(D)

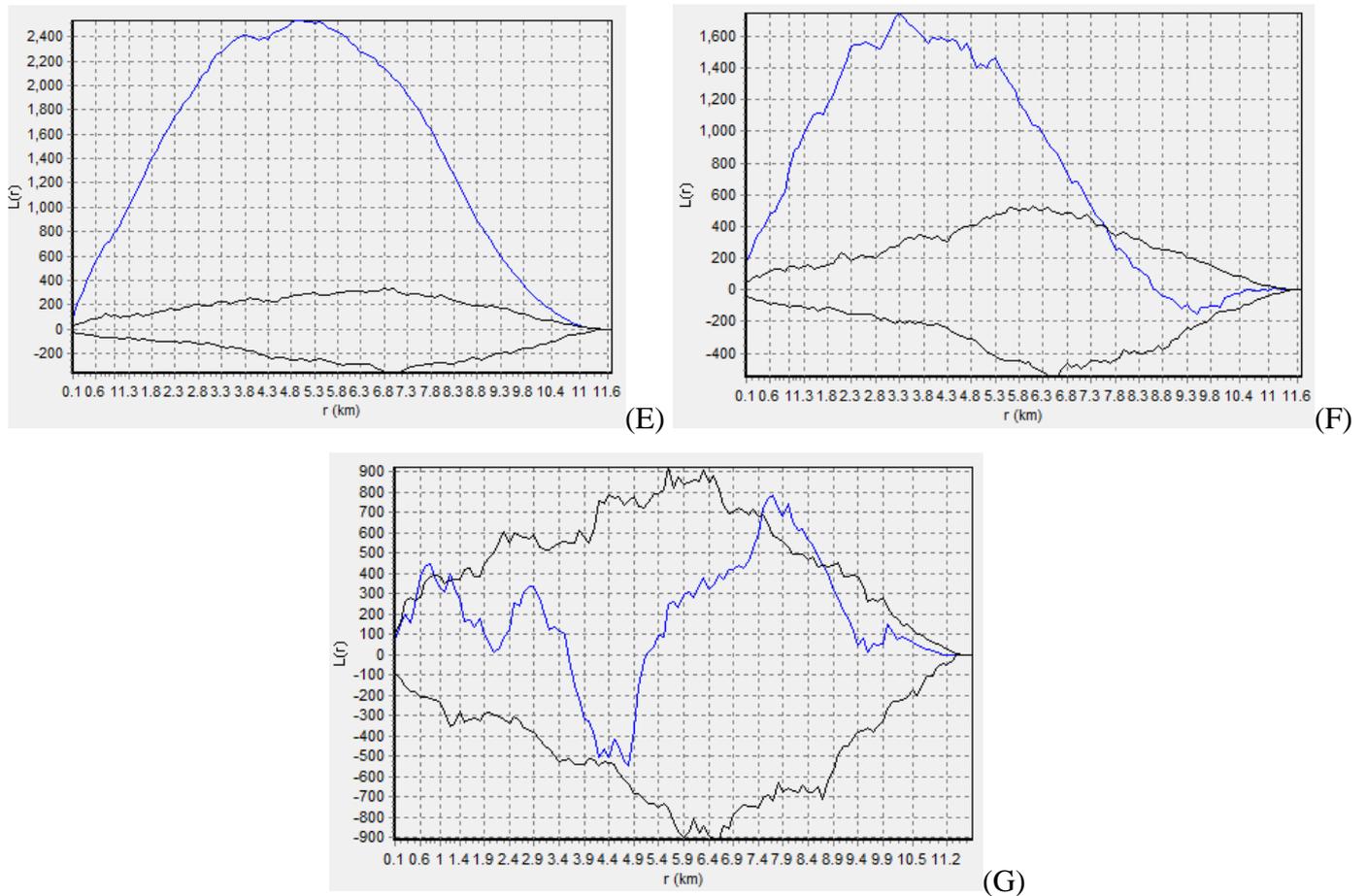


Figura 6. Resultado da estatística K-Ripley para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos (D) Aves (E) Aves sem tiziu (F) Animais Domésticos na BR-020 e (G) Mamíferos Terrestres no entorno da ESECAE. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.

Definido que existe agregação significativa de atropelamentos, foi realizada a análise de *hotspot*. Para os anfíbios foram observados seis pontos (figura 8A) de agregação de mortalidade (*hotspot*), podendo destacar dois mais intensos, o primeiro no quilômetro 28,2+200m (esta expressão representa a quilometragem de início do *hotspot* e a sua extensão) e o segundo no quilômetro 28,8+400m da BR-020. Ambos os pontos são localizados em uma região baixa de relevo e próximo a uma vereda (Figura 7).



Figura 7. Vereda próxima ao *hotspot* de anfíbios.

Para os répteis foram identificados cinco *hotspot* (figura 8B), basicamente localizados na mesma região dos pontos de agregação do grupo de anfíbios. Os mais intensos ocorreram nos quilômetros 28,2+500m, 29,2+100m e 29,7+100m.

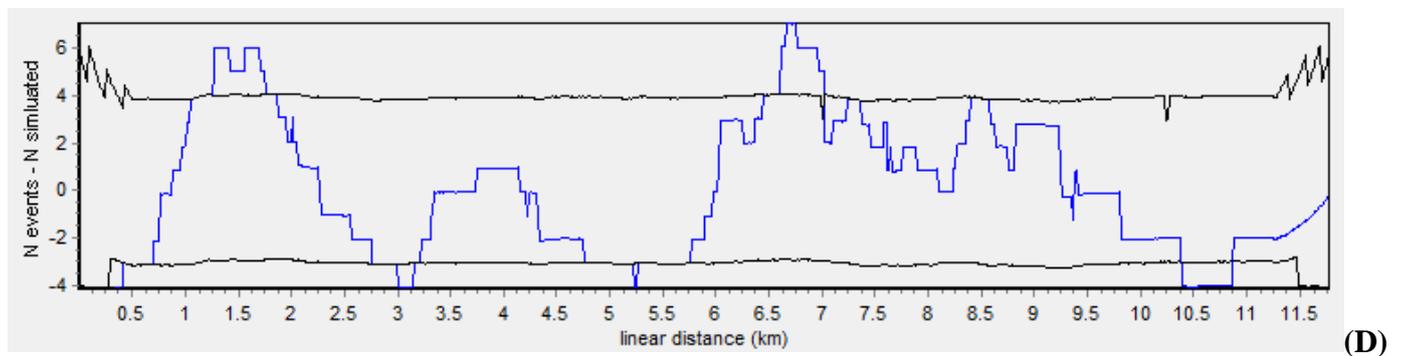
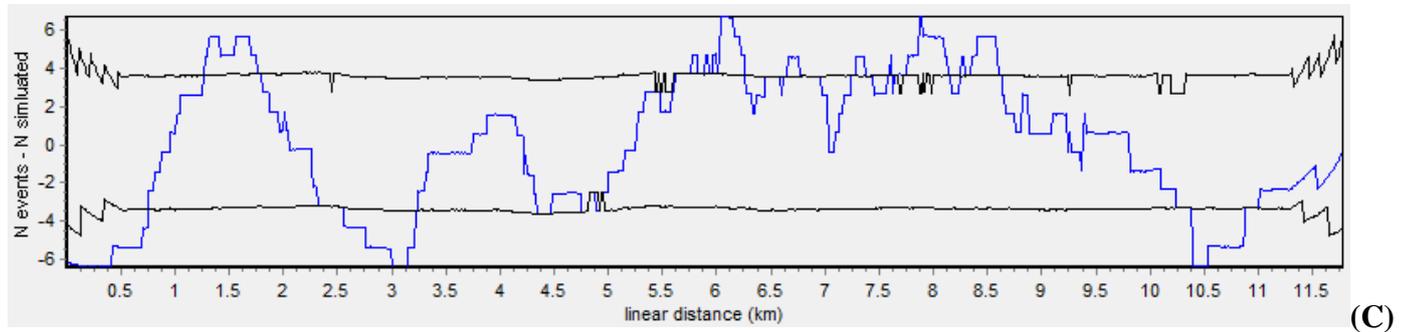
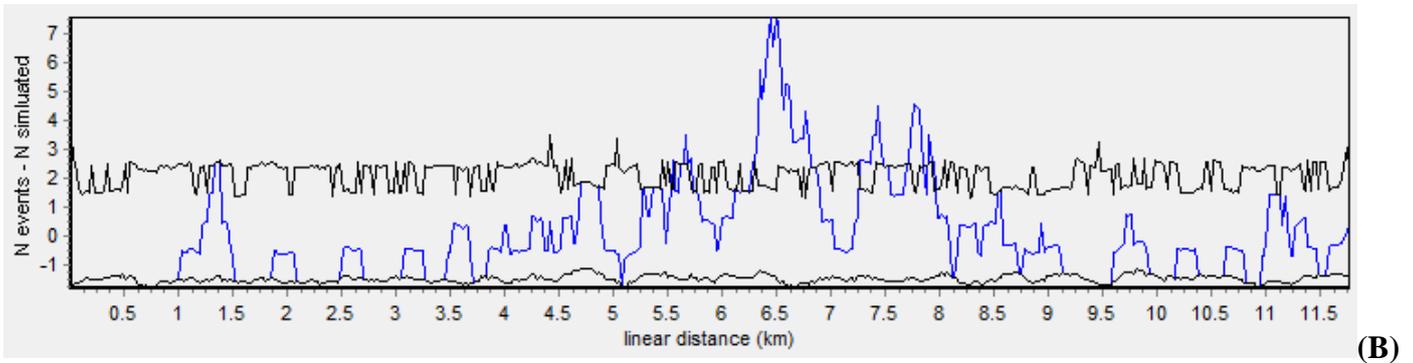
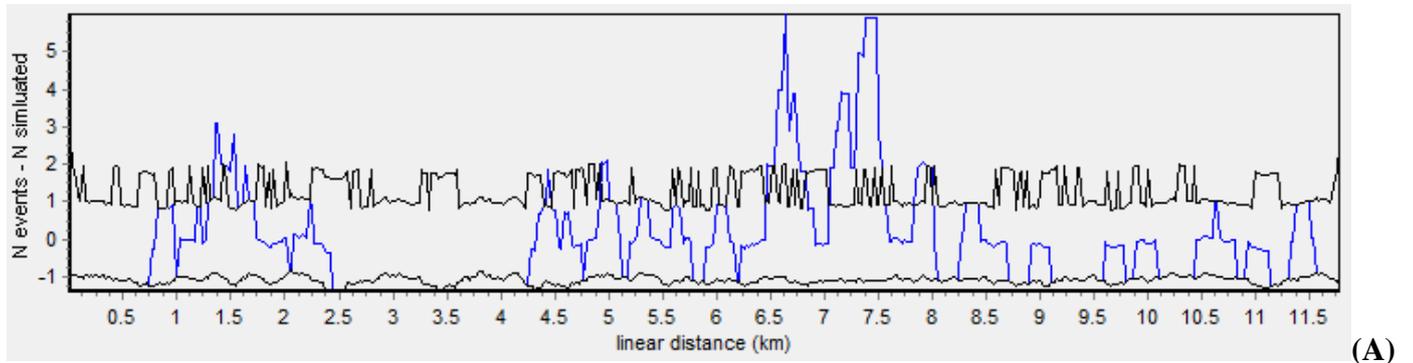
Para os mamíferos (figura 8C) foram observados 11 *hotspots*, dos quais quatro mais intensos. O primeiro foi no quilômetro 22,9+500m, o segundo no quilômetro 27,7+200m, o terceiro no quilômetro 29,4+375m e o último no quilômetro 30,2+125m.

Considerando apenas os mamíferos terrestres (figura 8D), ocorreram apenas dois, um no quilômetro 22,9+500m e outro no 28,3+500m. A ausência dos *hotspots* dos quilômetros 29,4 e 30,2, nesta análise, indica forte influência dos morcegos na agregação dos atropelamentos nestes trechos.

No grupo das aves (figura 8E) foram observados 8 *hotspots*, dos quais três mais intensos. O primeiro no quilômetro 28,2+625m, o segundo no quilômetro 29,6+375m e o terceiro no quilômetro 30,2+250m. Observa-se que os *hotspots*, mencionados no parágrafo anterior como de forte influência dos eventos envolvendo morcegos, ocorrem quando analisados os dados dos atropelamentos de aves, reforçando a relevância destes trechos principalmente para animais voadores.

Desconsiderando a ocorrência dos indivíduos da espécie *Volatina jacarina* (Tiziu) na análise, ocorreram nove pontos (figura 8F), dos quais quatro mais intensos. O primeiro pico no quilômetro 25,4+100m, o segundo no quilômetro 28,3+100m, outro no quilômetro 30,7+100m e o último no quilômetro 31,7+250m.

Considerando todos os animais domésticos (aves e mamíferos), foram observados 4 pontos de agregação (figura 8G), sendo um mais intenso no quilômetro 23,1+100m.



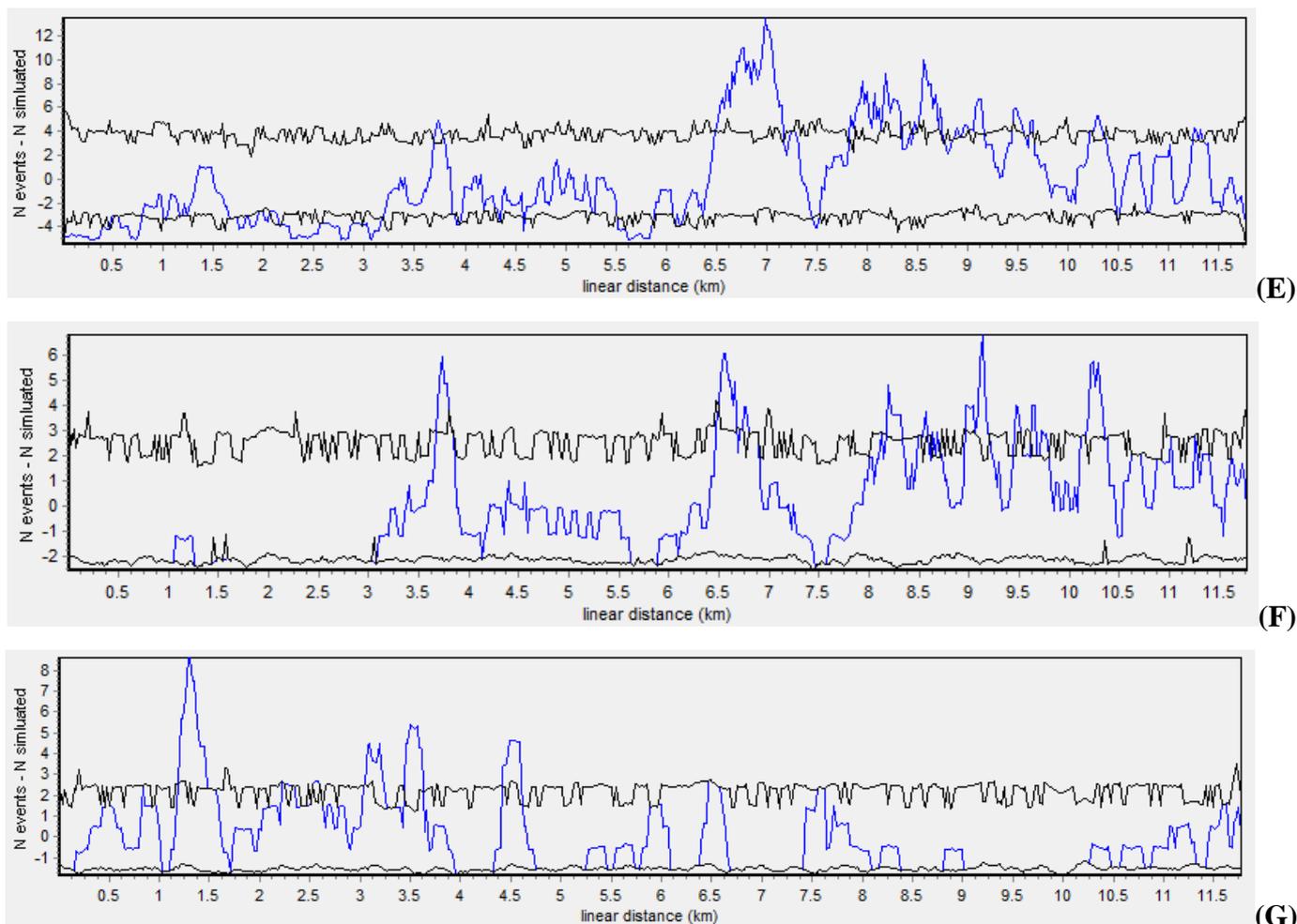
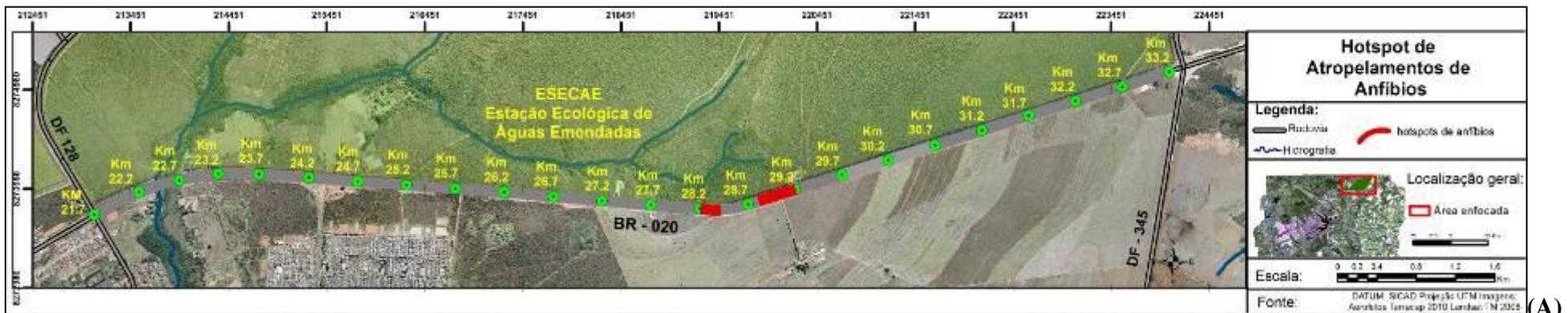


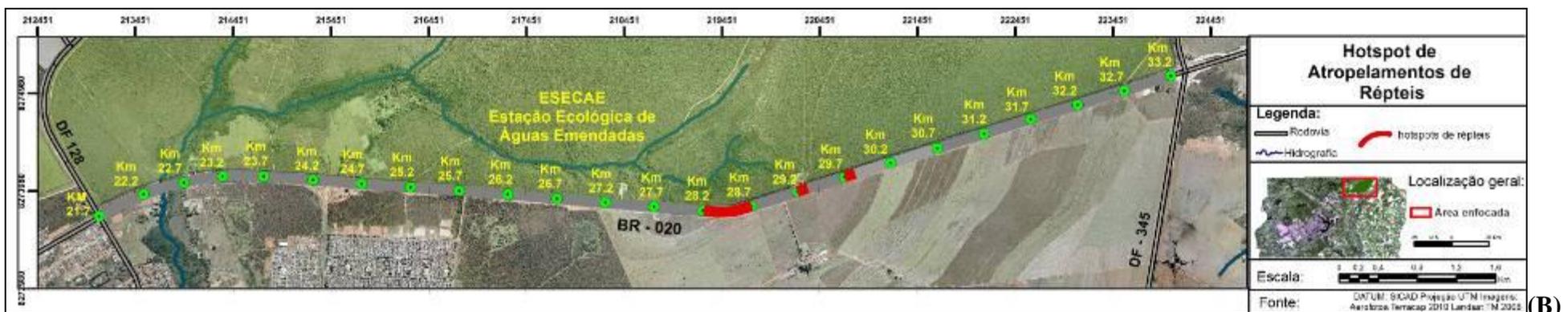
Figura 8. Resultado da análise de *hotspot* na BR-020 no entorno da ESECAE para escala de 100m: (A) Anfíbios, (B) Répteis, (E) Aves, (F) Aves sem tizuiu, e (G) Animais Domésticos, e para escala de 500m: (C) Mamíferos e (D) Mamíferos Terrestres. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.

Abordar na pesquisa os atropelamentos da fauna doméstica é importante para a designação de *hotspots* de colisões veículo-animal, com a finalidade de implantar medidas nestas áreas que vão minimizar os danos causados aos motoristas. Como ocorreu sobreposição dos *hotspots* de mamíferos silvestres e domésticos e assumindo que os danos têm uma relação direta com o tamanho da fauna, pode-se concluir que as medidas estabelecidas para a mitigação da mortalidade das populações silvestres terão efeito para a mitigação dos potenciais impactos sobre os usuários da rodovia.

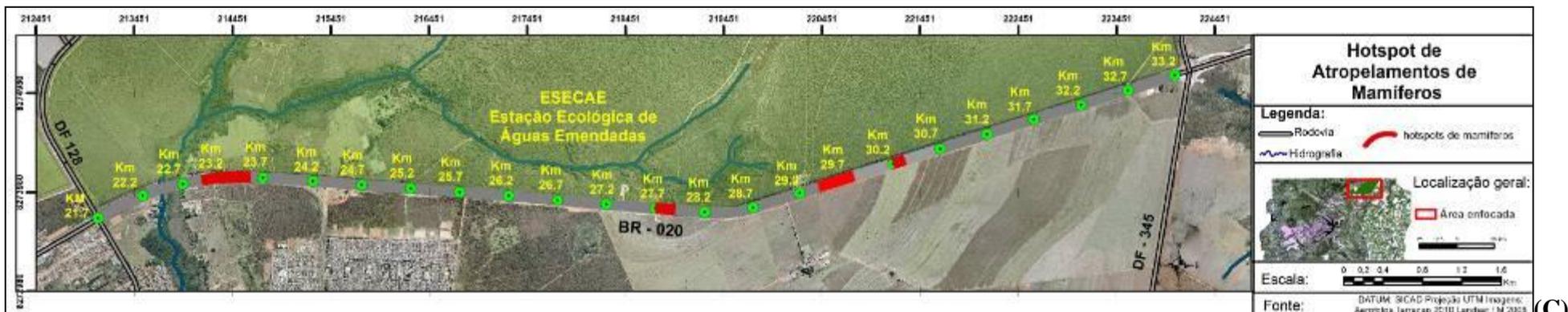
Para melhor visualização dos resultados obtidos pela análise de *hotspot* no programa Siriema (figura 8), os *hotspots* mais intensos foram plotados em uma aerofoto da ESEC-AE (Figura 9).



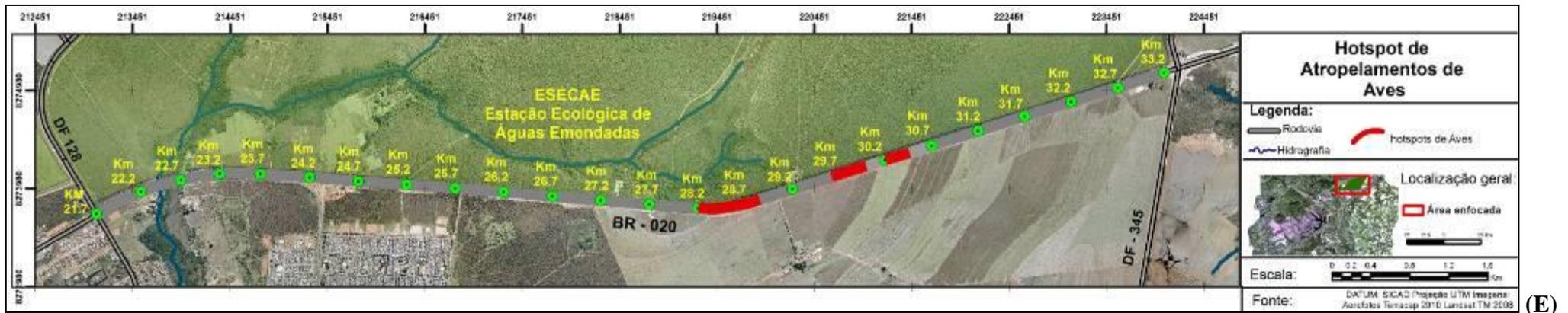
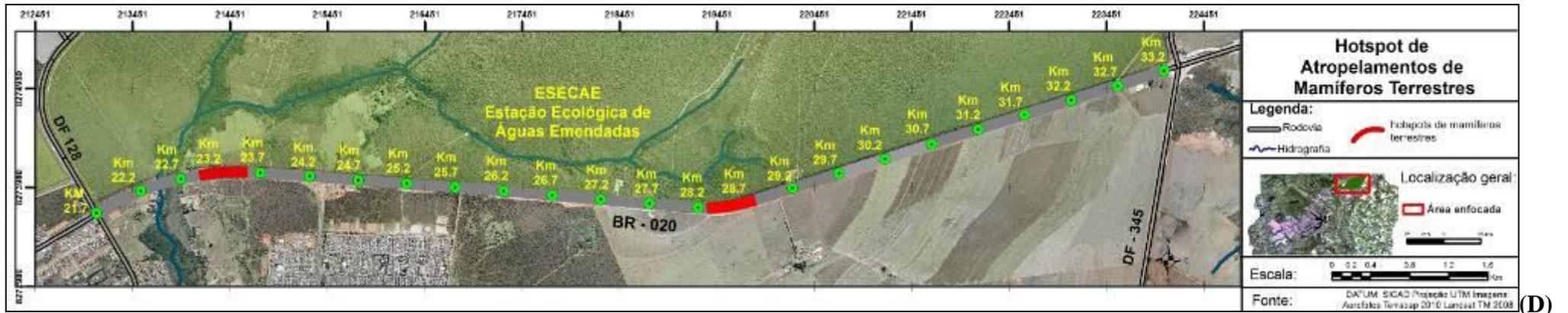
(A)



(B)



(C)



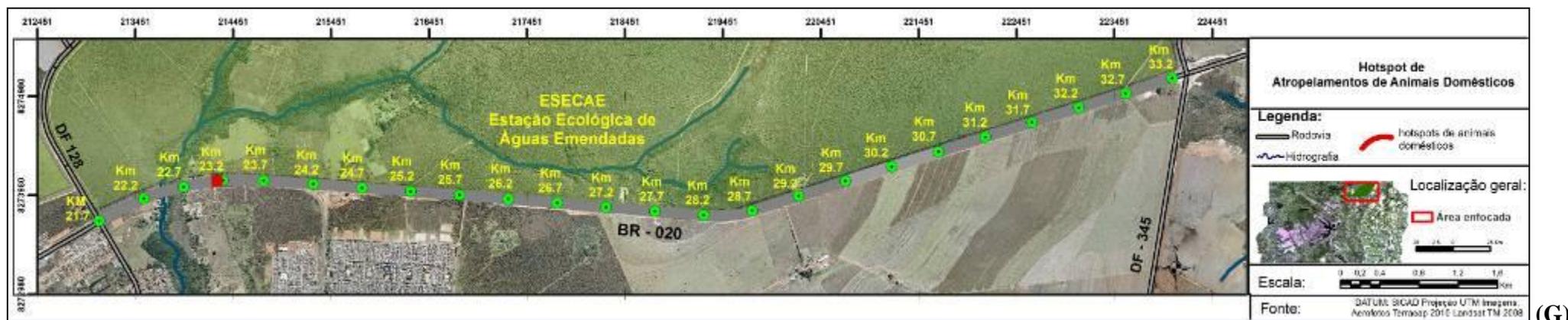
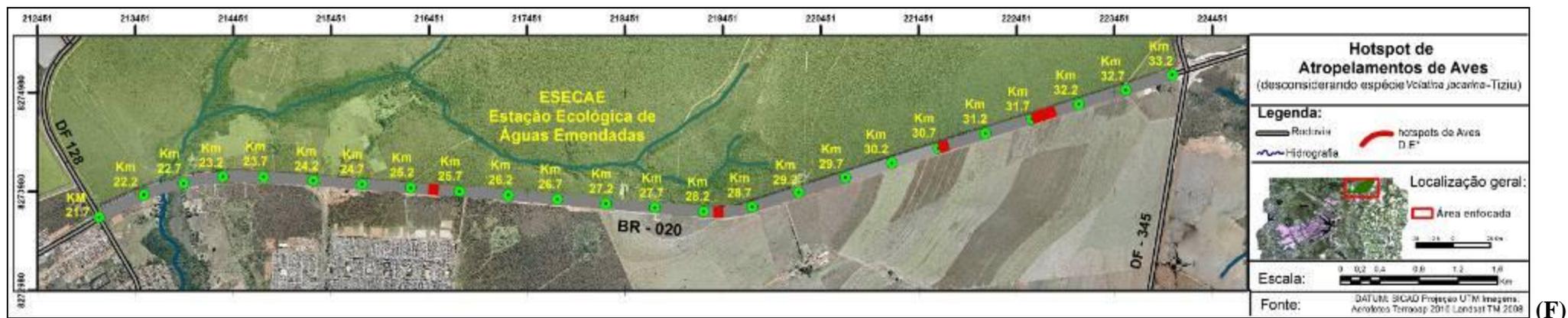


Figura 9. Resultado da análise de *hotspot* na BR-020 no entorno da ESECAE: (A) Anfíbios, (B) Répteis, (C) Mamíferos, (D) Mamíferos Terrestres, (E) Aves, (F) Aves sem tiziu e (G) Animais Domésticos.

6. MEDIDAS MITIGADORAS PROPOSTAS PARA BR-020

Baseado na análise de trechos prioritários para mitigação contra atropelamentos de fauna, é necessário o controle da velocidade veicular entre os quilômetros 28 e 31, além de medidas que facilitem a travessia da fauna.

A seguir serão apresentadas essas medidas, bem como as coordenadas de localização. Todas as coordenadas descritas abaixo estão em SIRGASS.

6.1. Pontos para Instalação de Placas

As figuras 10 e 11 ilustram os modelos de placas a serem instaladas. A tabela 3 apresenta as coordenadas geográficas.

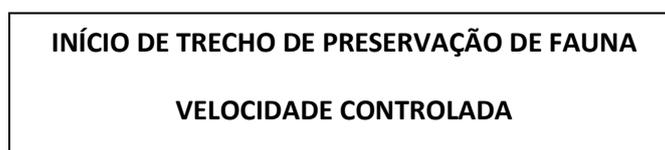


Figura 10. Modelo 1 de placa de trânsito



Figura 11. Modelo 2 de placa de trânsito

Tabela 3. Coordenadas das Placas de Trânsito

Placa de trânsito (modelo 1)	213185,9	8273737
Placa de trânsito (modelo 1)	223925,4	8275158
Placa de trânsito (modelo 2)	223947,6	8275119
Placa de trânsito (modelo 2)	213157,3	8273796

6.2. Pontos para Instalação de Redutores Eletrônicos de Velocidade – REV

Para definição dos locais de instalação dos REV, levou-se em consideração os *hotspots* encontrados pela análise de agregação. Foram definidos cinco pontos para instalação de REV (Figura 12). Os redutores deverão ser instalados nos dois sentidos da via (exceto os indicados na tabela 4), já que se trata de uma estrada duplicada. Visando

otimizar a redução dos atropelamentos, é fundamental que os REV sejam instalados nos pontos indicados (tabela 4), podendo haver um deslocamento de 10 a 50 metros, caso não seja viável estruturalmente no local proposto.

Tabela 4. Coordenadas dos Redutores eletrônicos de velocidade.

REV nas 02 pistas	213798,2	8274065
REV*	218065,2	8273883
REV**	219848,2	8273867
REV nos dois lados da rodovia	220887,6	8274213
REV nos dois lados da rodovia	221753,9	8274483

*Apenas no sentido Brasília-Formosa

**Apenas no sentido Formosa-Brasília

6.3. Limites de Velocidade

Para um real efeito de diminuição dos atropelamentos os REV devem limitar a velocidade a 70km/h. Devido a influência da sazonalidade nos atropelamentos de fauna (item 5.2 Variação Sazonal, página 18), a velocidade limite durante a estação chuvosa (outubro a março) deverá ser reduzida a 60km/h.

Nas placas indicando o limite de velocidade deverá constar a seguinte frase: “Velocidade Controlada para Preservação da Fauna”.

6.4 Pontos para Construção de Passagem de Fauna

A figura 12 ilustra o local para construção das passagens de fauna e a tabela 5 apresenta as coordenadas geográficas de localização. A construção de duas passagens é essencial visto que para anfíbios e répteis a luminosidade e temperatura são limitantes para a travessia. Por isso, a passagem para os anfíbios e répteis deve ser do tipo “mata-burro” permitindo iluminação natural, menor variação de temperatura e com tamanhos menores para que se evite a passagem de predadores (mamíferos de médio e grande porte). As passagens de fauna de mamíferos (do tipo *underpass*, figura 1 e 2) deverão ter dimensões suficientes para a travessia de grandes animais (cachorro do mato, tamanduá bandeira, lobo-guará).

É fundamental que em conjunto com as passagens sejam construídas cercas direcionadoras de malha fina, que obriguem os animais a passarem pelas passagens, evitando assim mais atropelamentos. Estas cercas deverão ter no mínimo 500 metros de extensão para ambos os lados da passagem e deverão ter manutenção constante.

Para o monitoramento da utilização das passagens deverão ser instaladas armadilhas fotográficas nas saídas dos túneis.

Tabela 5. Coordenadas das Passagens de Fauna.

Passagem de fauna para Anfíbios e Répteis	218908,5	8273794
Passagem de Fauna para Mamíferos	219014,2	8273786

6.5. Pontos para Construção de Lombadas

O trecho entre os quilômetros 27 a 29 representa um *hotspot* de atropelamento de anfíbios e répteis. Como a região é próxima a uma vereda, é provável que o local seja um sítio de reprodução e habitat de inúmeras espécies. Para garantir uma redução efetiva de incidentes no local há a necessidade de construção de lombadas, visto que elas terão um efeito considerável na redução de velocidade dos veículos e facilitarão a travessia dos animais.

A figura 12 ilustra o local para construção das lombadas e a tabela 6 apresenta as coordenadas geográficas.

Tabela 6. Coordenadas das Lombadas

Lombada nos quatro faixas de rolamento	218568,6	8273827
Lombada nos quatro faixas de rolamento	218967,3	8273790

6.6. Campanhas Educativas

O IBRAM pretende organizar ao menos uma blitz ecológica por ano, no início do período das chuvas e antecedendo o início das férias escolares.

O objetivo da blitz ecológica é orientar os motoristas quanto à problemática de atropelamento de fauna e seus impactos para o meio ambiente. A blitz será organizada em conjunto com a Polícia Rodoviária Federal em pontos estratégicos do Distrito Federal, como por exemplo, na BR-020 que contorna a ESEC-AE.

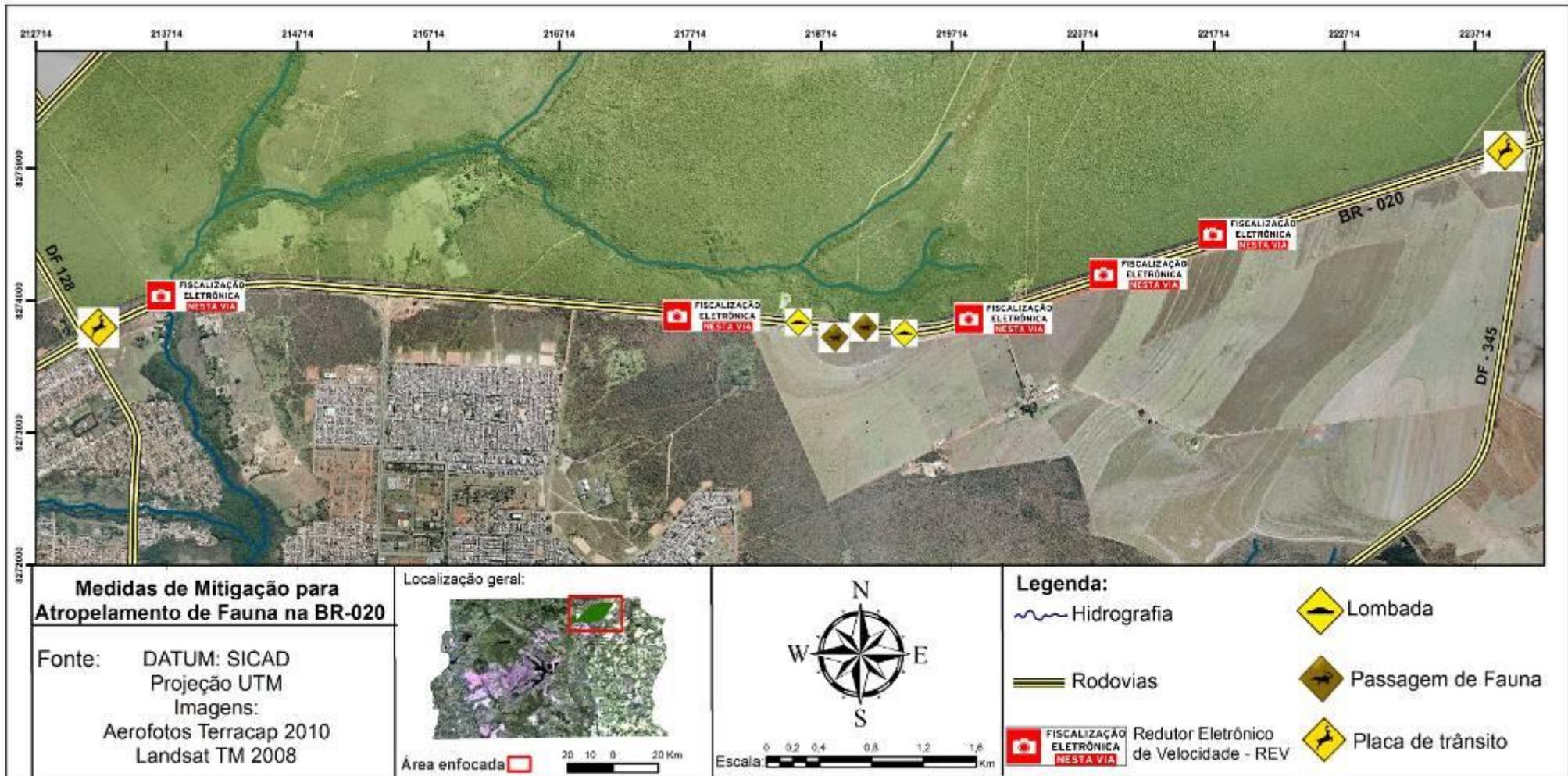


Figura 12. Locais de instalação das medidas mitigadoras propostas para BR-020.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma rede de fatores que influenciam no atropelamento de fauna silvestre, tais fatores implicam diretamente em uma alta taxa de mortalidade em alguns trechos que otimizam a ocorrência de incidentes. A relação tráfego e atropelamento de animais na pista é complexa e pode variar caso a caso. O efeito do tráfego não é linear e pode variar conforme fatores espaciais e temporais, dinâmica populacional e comportamento da espécie (Seiler, 2003).

Alguns trabalhos verificaram uma relação direta entre atropelamentos e densidade do tráfego de veículos, com aumento no número de colisões à medida que mais veículos trafegam nas rodovias. Entretanto, o tráfego intenso também aumenta a probabilidade dos animais serem repelidos devido ao ruído gerado pelos veículos e diminuir a frequência de atropelamentos (Seiler, 2003). Algumas espécies somente cruzam a rodovia até um determinado volume de tráfego e até um ponto em que a sensibilidade ao ruído impede a travessia.

A amostragem em trechos de tráfego intenso também pode ser subestimada, pois, nesses locais, segundo alguns autores, há menor permanência das carcaças devido à prensagem sobre o asfalto ou choque com o veículo jogando o animal para fora da pista (Van Lagevelde e Jaarsma, 2004; Hussain et al., 2007).

Devido à complexidade de se analisar os fatores que influenciam no atropelamento de fauna com o objetivo de diminuir seus efeitos, optar pela análise dos locais com maior probabilidade da ocorrência de acidentes, para que se instalem medidas que os evitem, parece ser a forma mais eficiente de se tratar o impacto das rodovias na fauna.

Além de prejuízos ecológicos, as colisões com a fauna também geram impactos para os usuários das rodovias. No estudo conduzido por Huijser e colaboradores (2008) foram descritos os custos desses acidentes, que envolvem gastos médicos e consertos de veículos para o usuário, ou gastos com orientações e assistência na pista, bem como reparos na infraestrutura da pista. Dessa maneira, as medidas propostas neste relatório não servirão apenas para garantir a preservação da fauna, mas também para segurança do usuário na pista.

A partir das medidas instaladas, o IBRAM compromete-se com o monitoramento pós-instalação. Esse monitoramento é importante para avaliar a efetividade das medidas instaladas e apresentar a sociedade os resultados das decisões do governo para auxiliar na preservação do meio ambiente e manutenção da biota.

8.0 BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, J. B. & MACEDO, R. H. Lek-like mating system of monogamous blue-black grassquit. *The Auk* 118:404-411, 2001.
- BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil – Contexto histórico e perspectivas futuras. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas / editor, Alex Bager. – Lavras : Ed. UFLA, 2012.*
- BAGER, A.; ROSA, C. A. Influence of sampling effort on the estimated richness of Road-killed vertebrate wildlife. *Environmental management*, v. 47, n. 5, p. 851-858, 2011.
- BAGER, A.; ROSA, C. A. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, 2010.
- CARVALHO, C. B. V.; MACEDO, R. H. & GRAVES, J. L. Reproduction of Blue-black Grassquits in central Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67: 275-281, 2007.
- CLARK R. W. et al. Roads, Interrupted Dispersal, and Genetic Diversity in Timber Rattlesnakes. *Conservation Biology*, v. 24, n. 4, 2012, p 1059-1069.
- COELHO, I. P.; KINDEL, A.; COELHO, A. V. P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, Southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, v. 54, n. 4, p. 689-699, 2008.
- COELHO, I. P.; KINDEL, A.; COELHO, A. V. P. Spatial Evaluation of Road Mortality Software. User's Guide V. 1.1, Porto Alegre, Brazil. 2010.
- COFFIN, A. W. From roadkill to Road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, v. 15, n. 5, p. 396-406, 2007.
- DODD JR., C.K., BARICHIVICH, W.J., SMITH, L.L. 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118, 619–631.
- DORNAS, R. A. et al. Avaliação da Mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: *Ecologia de Estradas*. 2012.
- DORNAS, R. A. P.; KINDEL, A.; BAGER, A.; FREITAS, S. R. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas / editor, Alex Bager. – Lavras : Ed. UFLA, 2012.*
- ERRTZOE, J.; MAZGAJSKI, T. D.; REJT, L. Bird casualties on European roads – a review. *Acta Ornithologica*, v. 38, n. 2, p. 77-93, 2003.
- ESPERANDIO, I. B. Padrões espaciais de mortalidade de mamíferos silvestres e domésticos na Rota do Sol. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências

Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Andreas Kindel. Porto Alegre, 2011.

FORMAN, R.T.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, C.R., HEANUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T., WINTER, T.C. 2003. Road Ecology; Science and Solutions. Island Press, Washington DC.

FOSTER, M.L., HUMPHREY, S.R., 1995. Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. Wildlife Society Bulletin 23, 95–100.

GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L.; DEWOODY, J. A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. Landscape and Urban Planning, v. 91, p. 1–7, 2009.

GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L.; DEWOODY, J. A. A vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. Herpetological Conservation and Biology, v. 3, n. 1, p. 77-87, 2008.

GOMES, L.; GRILO, C.; SILVA, C.; MIRA, A. Identification methods and deterministic factors of owl roadkill *hotspot* locations in Mediterranean landscapes. Ecological Research vol. 24 issue 2 March 2009. p. 355 – 370

GRILO, C. A rede viária e a fauna – Impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: Ecologia de estradas : tendências e pesquisas / editor, Alex Bager. – Lavras : Ed. UFLA, 2012.

HUIJSER, M.P.; MCGOWEN, P.; FULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A.; CLEVINGER, A. P.; SMITH, O.; AMENT, R. 2008. Wildlife Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress. Federal Highway Administration.

HUSSAIN, A. et al. Land-use pattern, urbanization, and deer-vehicle collisions in Alabama. Human-Wildlife Conflicts, v. 1, n. 1, p. 89-96, 2007.

JACKSON, S.D., GRIFFIN, C.R. 2000. A strategy for mitigating highway impacts on wildlife. In: Messmer, T.A., West, B. (Eds.), Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma. The Wildlife Society, Bethesda, MD, pp. 143–159.

LAURENCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURENCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. Tree, v. 24, n. 12, p. 659-699, 2009

LESBARRÈRES d. et al. The effects of 20 years of highway presence on the genetic structure of *Rana dalmatina* populations. Ecoscience v. 14, p. 311-323, 2006.

- LESBARRÈRES, D., LODE, T., MERILA, J. 2004. Short communication: what type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38, 220–223.
- MARTINS-HATANO, F.; MONTEIRO, P. S. D.; ALVES, A. G.; DUTRA, F. M.; OLIVEIRA, M. C.; MIRANDA-SILVA, R.; CASTRO, R. B.; UEOKA, P. Y. B.; HATANO, F. H. Estudo dos atropelamentos dos animais silvestres na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. In: *Ecologia de estradas: tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. – Lavras : Ed. UFLA, 2012.
- MATA, C.; et al. Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *Journal of Environmental Management*, v. 88, p. 407-415, 2008.
- OUTEN, A. R. The ecological effects of roads lighting. In: SHERWOOD, B.; CUTLER, D.; BURTON, J. A. (Ed.). *Wildlife and roads: the ecological impact*. Imperial College Press, London, p. 133-155, 2002.
- PARRIS, K. M.; VELIK-LORD, M.; NORTH, J. M. A. Frogs call at a higher pitch in a traffic noise. *Ecology and Society*, v. 14, n. 1, p. 25, 2009.
- PRADA, C. S. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise dos fatores envolvidos. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil. 2004
- RAMP, D.; WILSON, V.K.; CROFT, D.B. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*. MAY, 2006. 129(3) PP. 348 – 359
- RENTAS. Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre. 2001
- ROMIN, L.A., BISSONETTE, J.A. 1996. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24, 276–283.
- ROSA, C. A.; CARDOSO, T. R.; TEIXEIRA, F. Z.; BAGER, A. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. – Lavras : Ed. UFLA, 2012.
- ROSEN, P. C. E LOWE C.H. Highway mortality of snakes in the Sonoran deserto f southern Arizona. *Biological Conservation*. N. 68, p. 143-148, 1994.
- SEILER, A. & HELLDIN, J.O. 2006. Mortality in wildlife due to transportation. In: DAVENPORT, J. & DAVENPORT, J. L. (eds.) *The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Ireland: University College Cork. p. 165 – 190.

- SILLERO, N. Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis *Amphibia-Reptilia*. AUG, 2008. 29(3) PP. 337 - 347
- SLATER, F. M. An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecology*, n. 3, p. 33-42, 2002.
- TAYLOR, B.D., GOLDINGAY, R.L. 2004. Wildlife road-kills on three major roads in northeastern New South Wales. *Wildlife Research* 31, 83–91.
- TEIXEIRA, F. Z. Detectabilidade de fauna atropelada: efeito do método de amostragem e da remoção de carcaças. Monografia de Conclusão de Curso de Graduação (Bacharelado em Ciências Biológicas). Orientador: Andreas Kindel. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 2010.
- TEIXEIRA, F. Z. Monitoramento da fauna atropelada: efeito do esforço amostral e detectabilidade sobre padrões espaciais de mortalidade. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Orientador: Andreas Kindel. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Porto Alegre, 2011
- VAN LAGEVELDE, F.; JAARSMA, C. F. Using traffic flow theory to model traffic mortality mammals. *Landscape Ecology*, v. 19, n. 8, p. 895-907, 2004.
- VEENBAAS, G., BRANDJES, J., 1999. Use of fauna passages along waterways under highways. In: Evink, G.L., Garrett, P., Zeigler, D., Berry, J. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. FL-ER-69-98. Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL, pp. 253–258.