



**BRUNA CHRISTINA SILVA**

**DISTRIBUIÇÃO E HOTSPOTS DE ATROPELAMENTOS  
DE CAPIVARA (*Hydrochoerushydrochaeris*) NO BRASIL**

**LAVRAS-MG  
2019**

**BRUNA CHRISTINA SILVA**

**DISTRIBUIÇÃO E HOTSPOTS DE ATROPELAMENTOS  
DE CAPIVARA (*Hydrochoerushydrochaeris*) NO BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas para a obtenção do título de Licenciado.

Prof. Dr. Alex Bager  
Orientador  
Érika Paula Castro  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2018**

**BRUNA CHRISTINA SILVA**

**DISTRIBUIÇÃO E HOTSPOTS DE ATROPELAMENTOS  
DE CAPIVARA (*Hydrochoerushydrochaeris*) NO BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas para a obtenção do título de Licenciado.

APROVADA em 29 de Novembro de 2019.

Prof. Dr. Carlos Eduardo do Prado Saad - DZO - UFLA

Prof. Dr. Renato Gregorim - DBI – UFLA

Prof. Dr. Alex Bager

Orientador

Érika Paula Castro

Coorientadora

**LAVRAS-MG**

**2018**

## RESUMO

A Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) é uma espécie de roedor encontrada em quase todo território brasileiro. Apresenta facilidade em se adaptar a diversos tipos de ambientes e é considerada praga em algumas localidades do Brasil. Devido seu aumento populacional em áreas urbanas vem sofrendo fortes impactos, sendo um deles o atropelamento. A capivara é uma das espécies com mais registros de atropelamentos em diversas regiões do Brasil, gerando assim impactos sociais e econômicos. O presente trabalho tem como objetivo identificar a distribuição geográfica de registros de atropelamentos coletados pelo Sistema Urubu, identificar as rodovias com maiores agregações de atropelamentos e avaliar se ocorreram hotspots de atropelamentos. E fazer uma comparação entre os pontos de hotspots e as posições das medidas de mitigação existentes nas rodovias selecionadas como as rodovias que apresentava registros consideráveis e medidas de mitigação. Foram utilizados 1179 registros de atropelamentos de capivara, sendo 209 enviados pelo aplicativo e 970 inseridos por importação. Para realizar a análise de distribuição geográfica e identificar as rodovias com maiores registros de atropelamento de capivara foi usado o ArcGis 10.3 Para a análise de distribuição foram considerados apenas os dados de enviados pelo aplicativo (n=209) e para identificar as rodovias com agregações significativas e medidas de mitigação utilizou-se da totalidade de registros (n=1179). A identificação dos hotspots de atropelamentos foi realizada pelo Sirta (versão 2.0) com as análises k de Ripley- 2D e de Hotspots-2D. Foi utilizado um valor de raio de 300 metros e limite de confiança de 95%. Os estados com maior número de registros de atropelamentos foram no Mato Grosso do Sul (n=50), São Paulo (n=43), Minas Gerais (n=32) e Mato Grosso (n=32). As rodovias com maiores concentrações de atropelamentos foram: BR 262 no Mato Grosso do Sul-Trecho 1, BR 471 na Estação Ecológica do Taim, no Rio Grande do do Sul-Trecho 2 e BR 267 em São Paulo, passando também pelas rodovias BR-374, BR-41 e SP-270-Trecho 3. Foram identificados 16 pontos de hotspots na BR 262, 28 pontos na BR 471, 113 pontos na BR369. Não houve dispersão significativa em nenhum dos trechos e parte significativa dos trechos foi considerada hotspots de atropelamento. As passagens de fauna foram consideradas eficientes pelo teste estatístico ANOVA (Fator Único) no trecho 1. E nos trechos 2 e 3 houveram pontos que não foram eficientes. Concluindo assim que as medidas de mitigação são eficientes se implementadas em locais corretos e com as devidas manutenções.

**Palavras- chave:** capivara; atropelamentos; medidas de mitigação; passagens de fauna.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	6
	Biologia e ecologia das capivaras .....	6
	Infraestrutura viária brasileira .....	7
	Atropelamento de animais de grande porte .....	9
	Atropelamentos de capivaras .....	10
	Medidas de Mitigação e hotspots de atropelamento .....	11
	Ciência Cidadã para a Conservação da Biodiversidade .....	13
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	14
	Dados Utilizados .....	15
	Análise de dados .....	15
	Distribuição Geográfica .....	15
	Hotspots de atropelamento .....	15
	Comparação de hotspots e medidas de mitigação existentes .....	16
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
	Análise de Hotspots de Atropelamento .....	19
	• Trecho1 .....	19
	• Trecho2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	• Trecho3 .....	26
	CONCLUSÃO .....	29
	REFERÊNCIAS .....	30
	APÊNDICES .....	34

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Biologia e ecologia das capivaras

A capivara, *Hydrochoerus hydrochaeris*, é uma espécie de mamífero da ordem Rodentia (HERRERA et al., 2009). É a maior espécie de roedor brasileiro, (HERRERA et al., 2009; (ANTONUCCI; RIBEIRO, 2014) podendo atingir 100 kg (com média de peso de 60 kg para machos e 50 kg fêmeas), 134 cm de comprimento e 62 cm de altura (DE CASTRO LOGUERCIO, 2007; BUENO 2013). A espécie apresenta baixa exigência em seus habitats, o que favorece para que se encontre amplamente distribuída (ANTONUCCI; RIBEIRO, 2014). São encontradas na América do Sul (exceto Chile) ao leste dos Andes até a bacia do rio Uruguai e na Argentina, não atingindo áreas de grandes altitudes. No Brasil pode ser encontrada em todos os estados brasileiros (JACOMASSA, 2010).

É uma espécie territorialista, que vive em bandos, apresenta comportamento social e onde o tamanho do bando é relacionado ao tamanho do território (RINALDI, 2014). Quanto maior o território ocupado, maior é o bando, podendo chegar a 20 animais em seu habitat natural (HERRERA et al., 2009) e em áreas urbanizadas o bando pode chegar a 40 indivíduos (FERRAZ, 2001). O bando apresenta um macho dominante e várias fêmeas (HERRERA et al., 2009). Um estudo feito por Bager e colaboradores (2010) na Estação Ecológica de Taim, identificou que o bando sofre uma mudança em sua estrutura com relação à época do ano. (25) O outono foi a estação do ano em que os números de indivíduos por bando foi maior em média  $15,1 \pm 0,65$  indivíduos (mín.=9,1; máx.=29,9).

A capivara possui hábito de vida semi-aquático, apresentando por entre os dedos membrana interdigital que a possibilita o animal a nadar. São raramente encontradas a mais de 500 m de corpos d'água (DE CASTRO LOGUERCIO, 2007; ANTONUCCI; RIBEIRO, 2014) onde são desenvolvidas as práticas reprodutivas e fuga de predadores (FERRAZ, 2001). É um animal herbívoro generalista, que se alimenta de vegetais, gramíneas de várzea e plantas aquáticas, tendo suas atividades de forrageio pela manhã (HERRERA et al., 2009; TONETTI; BIONDI; DE MOURA LEITE, 2016; FERRAZ, 2001). Pela facilidade em se adaptar, as capivaras são encontradas também em outros ambientes, como campos que são usados pela espécie para forrageio, matas que servem como abrigo (HERRERA et al., 2009).

Possui uma alta taxa reprodutiva, podendo se reproduzir o ano todo (ANTONUCCI; RIBEIRO, 2014), mas apresentam um pico reprodutivo no período de início da estação chuvosa (FERRAZ, 2001). Tem em média de 1,2 nascimentos de filhotes por ano com uma gestação de 150 dias e uma expectativa de vida de 10 anos (FERRAZ, 2001; BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013).

A área de vida das capivaras pode ser de 0,1 a 2 km e está relacionada ao número de exemplares e a disponibilidade de alimentos (BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013; FERRAZ, 2001). Em um estudo realizado por Rinaldi (2014) o deslocamento médio diário de uma capivara foi de 1,9 km. A média de deslocamento noturno teve uma diferença significativa com relação ao diurno, já que em média no período diurno o deslocamento foi de 1,55 km e no noturno foi de 2,163 km. Afirmando assim que as capivaras são mais ativas em períodos noturnos e nos períodos diurno permanecem mais perto de corpos d'água (RINALDI, 2014).

A perda de seus habitats naturais (tais como florestas e corpos d'água) para pastagens e agropecuária, faz com que as capivaras busquem por outros nichos ecológicos (HERRERA et al., 2009; TONETTI; BIONDI; DEMOURALEITE, 2016). A facilidade para se adaptar a ambientes e o descontrole populacional possibilita que esse animal adentre cada vez mais em áreas urbanas, podendo causar danos aos cultivos agrícolas, silvicultura, pecuária e riscos a saúde pública com a disseminação de zoonoses (BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013; RINALDI, 2014) e riscos a segurança viária com a colisão com veículos automotivos (HERRERA et al., 2009; TONETTI; BIONDI; DE MOURA LEITE, 2016).

## **1.2 Infraestrutura viária brasileira**

A criação de estradas brasileiras começou em 1861 por Dom Pedro II, quando a primeira estrada brasileira foi inaugurada associada ao desenvolvimento de atividades como o comércio, aprisionamento de indígenas e a busca por metais preciosos (CAMILO, 2016). Entretanto apenas em 1920, quando o então presidente Washington Luís disse a frase “Governar é povoar. Mas não se povoa sem se abrir estradas, e de todas as espécies. Governar é, pois, fazer estradas!”, que a criação de estradas asfaltadas teve um crescimento significativo, pois estavam sendo criadas para ligar as regiões produtoras às ferrovias, proporcionando assim o escoamento de produtos (BAGER, 2016).

Com o desenvolvimento dos transportes terrestres no Brasil houve uma importante fonte de ordenamento de território (PEREIRA, 2011). Pela expansão da malha viária foram ocupados territórios do interior e do litoral, estruturando assim as cidades brasileiras e atraindo outras atividades produtivas como indústrias agrícolas e comércio (PEREIRA, 2011).

No governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961) ocorreu maior crescimento da construção de estradas no Brasil. Durante sua gestão foi colocado em prática em seu plano de metas o lema de Washington Luís, disseminando assim a implementação de montadoras de veículos e a construção de vias asfaltadas, trazendo assim um aspecto industrial para o país (BAGER, 2016; PEREIRA, 2011). Com o intuito de integrar o país transferiu a capital para Brasília, no meio do cerrado (BAGER, 2016; PEREIRA, 2011).

Nos governos de João Goulart e dos militares (1961 a 1985) o foco principal foi na política de desenvolvimento regional sustentado pela política rodoviária antes estabelecida no Brasil. A expansão da infraestrutura do país foi acompanhada pelo crescimento da indústria de transporte de cargas e de passageiros que viria a se tornar mais tarde a maior fonte de transporte do Brasil (BAGER, 2016; PEREIRA, 2011).

A partir daí com o crescimento da frota de veículos, aumentaram também as preocupações com infraestrutura das estradas, que antes serviam para passagens de carroças e agora os carros iam ocupar esses lugares (PEREIRA, 2011). Foi quando o rodoviarismo se tornou uma política de estado vigente, assumindo as rodovias, as principais vias de transportes no país até nos dias atuais (PEREIRA, 2011).

Atualmente os crescentes investimentos nas rodovias e o desenvolvimento do país e do segmento da indústria automobilística ocasionaram um crescimento de 120% da frota nacional de meios de transportes na última década segundo DNIT (2018). As rodovias brasileiras atuais chegam a cerca de 1,72 milhões de km, sendo 78,5 % não são pavimentadas e 12,4 % são pavimentadas somente. O transporte de carga rodoviário possui a maior participação de movimentação (61,1%), seguido pelo transporte ferroviário (20,7%), aquaviário (13,6%), dutoviário (4,2%) e aéreo (0,4%). Em relação ao transporte de passageiros, predomina com 95% de participação (CNT, 2019).

A construção de infraestruturas viárias pode afetar os componentes químicos, físicos e biológicos do habitat em que estão inseridas (BARSZCZ, 2011). Apresentam impactos



negativos à biodiversidade, tais como o efeito barreira que pode gerar extinção local das espécies devido à largura da estrada e densidade do tráfego dos automóveis, que influenciam diretamente na travessia dos animais, efeitos também causados pelos ruídos, poluentes visuais e gasosos (BARSZCZ, 2011).

Com as crescentes preocupações ambientais foi publicado em 1998 o livro *Road Ecology* de Richard Forman, surgindo então a ecologia de estradas, disciplina que se preocupava com os impactos que as estradas causam no meio ambiente e com a segurança dos usuários das rodovias (ABRA 2012). Segundo Steil (2016) os atropelamentos são a segunda maior causa de perda de biodiversidade hoje, perdendo apenas para a redução de ambientes naturais.

### **1.3 Atropelamento de animais de grande porte**

Para a fauna brasileira as estimativas são de que 475 milhões de animais selvagens, incluindo anfíbios, répteis, aves e mamíferos, são mortos por ano nas estradas brasileiras (CBEE 2016). Há outra estimativa de 8,65 mortes/km/ano que representa uma perda de 14,7 milhões de mortes de vertebrados em estradas por ano (CITRINO, 2018). As estimativas são discrepantes pelas diferentes metodologias adotadas, porém o que chama atenção é a quantidade de animais mortos no Brasil, em ambas as estimativas.

Dentre os animais atropelados as populações de grandes mamíferos são altamente vulneráveis à construção de estradas, pois precisam de uma área de vida grande para forragear e para buscar por parceiros sexuais (BARSZCZ, 2011). E com o aumento da taxa de morte e o isolamento reprodutivo podem levar a extinção das espécies (BARSZCZ, 2011).

Para outros países as estimativas são variáveis, na Holanda temos que sejam mortos 159.000 mamíferos por ano, nos Estados Unidos as estimativas para animais de grande porte chegam à dois milhões por ano e no Canadá 45.000 por ano (CARVALHO, 2014; CIRINO, 2018). Segundo um estudo Barszcz na Europa os animais mais atropelados são alces, veados e ursos. Nessa estimativa são consideradas somente as espécies que causam mortes ou acidentes e as que estão ameaçadas de extinção, já no Brasil as estimativas feitas consideram todas as classes de vertebrados. De acordo com o CBEE são dois milhões de grandes vertebrados mortos nas estradas brasileiras todos os anos (CBEE, 2018).

Os atropelamentos geram além de perdas de biodiversidade, perdas sentimentais aos

envolvidos nos acidentes e perda de vidas humanas (BARSZCZ,2011). No Brasilos dados da Polícia Rodoviária Federal-PRF (2017) a taxa de pessoas que morrem em acidentes envolvendo atropelamento de animais chega a 2% ao ano, isso representa 11.124 acidentes. Esses números não diferem animais domésticos e selvagens, porém são valores representativos.

Os danos econômicos também representam um problema de Estado a ser considerado. Segundo estudos realizados por Barszcz nos Estados Unidos por ano atropelamentos de grandes mamíferos causam 221 mortes humanas, 29.000 feridos e mais de um bilhão de dólares norte-americanos em danos aos veículos. Na Europa os custos com atropelamentos de mamíferos podem chegar a 100 milhões de euros gastos por ano (BARSZCZ, 2011). No Brasil há estimativas que para cada morte no trânsito são gastos R\$ 646.792,94, dados do Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (IPEA) e da PRF. Se multiplicarmos esse valor por 314 que seria a estimativa de mortes envolvendo atropelamento de animais os gastos chegam a R\$ 203.092.983,16 calculada para o ano 2017.

Segundo um trabalho realizado por (CIRINO, 2018), os mamíferos de grande e médio porte que apresentam maiores números de atropelamento no Brasil são: *Didelphis* sp. (gambás), *Cerdocyonthus* (cachorro-do-mato), *Euphractus sexcinctus* (tatu-peba), *Tamandua tetradactyla* (tamanduá-mirim), *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara) e *Myrmecophaga tridactyla* (tamanduá-bandeira), sendo esta última considerada vulnerável na lista vermelha da IUCN e pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. São animais com ampla distribuição geográfica no território brasileiro (CIRINO, 2018).

#### **1.4 Atropelamentos de capivaras**

A capivara é um dos cinco animais mais atropelados do Brasil e julgando pelo tamanho e peso da espécie esse é um dado preocupante, principalmente pelo fato de a colisão com veículos diminuir a segurança de usuários nas estradas (TONETTI; BIONDI; DE MOURA LEITE, 2016; BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013; HUIJSER; ABRA; DUFFIELD, 2013).

Na Estação Ecológica do Taim localizada no Rio Grande do Sul entre a Lagoa Mirim, Lagoa Mangueira e o Oceano Atlântico na BR-471 segundo um trabalho realizado nos anos 90, mostram a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) a espécie com maior número de

registros de atropelamentos (NAUDERER,2014).

As características das paisagens no entorno das estradas é um dos fatores que está relacionado à ocorrência de atropelamentos de capivaras (BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013). Segundo um estudo realizado por Bueno e colaboradores (2013) na BR-040, no estado do Rio de Janeiro, foi encontrado padrões de atropelamentos de capivaras relacionados a paisagens predominante herbáceas e perto de corpos d água. A espécie apresentou uma taxa de atropelamento de 12,75% porém esse número é subestimado, pois há animais que são atropelados e se deslocam e morrem em outros locais não sendo contabilizados no estudo (BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013).

### **1.5 Medidas de Mitigação e hotspots de atropelamento**

As passagens de fauna são consideradas medidas de mitigação de atropelamentos e oferecem aos animais segurança a atravessarem a rodovia, pois a principal função delas é diminuir o efeito barreira. Fazendo assim com que os animais tenham uma maior mobilidade e suas populações sejam preservadas (BARSZCZ et al., 2011). Elas apresentam funcionalidades e estruturas diferentes, tais como pontes, pontes verdes, túneis subterrâneos e aéreos ou mesmo como os locais de drenagens de escoamento da água superficial, sob as rodovias (BARSZCZ et al., 2011).

Outra forma de minimizar os atropelamentos são as ações comportamentais que envolvem alertar aos motoristas sobre os animais que atravessam as rodovias com a instalação de placas e a de redutores de velocidade, barreiras eletrônicas, repelentes olfativos, repelentes luminosos e sonoros, e por meio de campanhas educativas conscientizando os motoristas sobre os atropelamentos (NAUDERER, 2014).

Para qualquer instalação de medida de mitigação um estudo prévio da localização de implantação da medida deve ser realizado, para que os pontos críticos de atropelamentos denominados hotspots de atropelamentos sejam contemplados ao se instalarem as medidas para que haja garantia de que os animais têm preferência de acesso por esses locais levando em conta que os padrões de atropelamentos não são aleatórios, pois os animais têm preferências pelas mesmas rotas (CARVALHO,2014).

Além disso, quando o objetivo for reduzir atropelamentos de vários tipos de animais deve se pensar a biologia e ecologia das espécies que utilizaram a passagem, ainda na fase de

construção da estrada (CARVALHO, 2014). É necessário também atentar-se ao status de conservação das espécies e sua importância ecológica não olhando somente para as mais afetadas. As modificações das paisagens podem afetar a distribuição abundância e movimentos da fauna, causando assim alterações nos pontos de hotspots de atropelamento (CARVALHO,2014).

Segundo trabalho de Carvalho (2014) os hotspots gerais de atropelamentos em grandes escalas devem ser definidos primeiramente e os de espécies específicas são definidos posteriormente para se propor medidas de mitigação que sejam efetivas para a biodiversidade como um todo (CARVALHO, 2014).

Apesar de os efeitos das estradas sobre as capivaras serem em larga escala, há maneiras de mitigá-los, como por meio da instalação de medidas de mitigação nas estradas. Como as citadas acima (BARSZCZ, 2011). A capivara é o animal que mais utiliza passagens de fauna segundo estudos de Abra (2012). Os tipos de passagens usadas por elas são caracterizadas por túneis construídos com tamanho de 3 a 7m de largura por 3 a 4m de altura, ligando de um lado ao outro da rodovia. Para a melhor eficiência das passagens de fauna recomenda-se a construção de uma cerca, que direcione os animais para a passagem e para que eles possam atravessar a rodovia fazendo uso dela.

As medidas de mitigação de atropelamento de capivara seriam viáveis, segundo estudos feito em rodovias do São Paulo, pois apresentaram seu custo benefício superior aos valores gastos com os acidentes na nessa rodovia uma vez que estudos de custo benefício são uma forma valiosa de apoio de decisão das agências de transportes e a partir das decisões tomadas ocorre a redução de fato os atropelamentos inclusive o de capivaras discutido no artigo (HUIJSER; ABRA; DUFFIELD,2013). Na Estação Ecológica do Taim um estudo Nauderer (2014) apontou que a presença das de túneis e telas decresceu estatisticamente as taxas de atropelamento de capivaras nos 3 anos de coletas. De acordo com os autores as partes da rodovia onde a manutenção das telas era precária se apresentava maiores agregações de atropelamentos e o trecho em que não apresentava telamento, houve a maior ocorrência de atropelamentos.

Os esforços para as coletas de dados em grandes escalas implicam em muitos anos de coletas e em muitos investimentos (HUIJSER; ABRA; DUFFIELD, 2013), gerando assim um grande esforço amostral. E a ciência cidadã vem para suprir as demandas de coleta e

investimentos de recursos.

## **1.6 Ciência Cidadã para a Conservação da Biodiversidade**

A ciência cidadã envolve cidadãos não profissionais nas pesquisas científicas autênticas, compreendendo projetos de longa data e de larga escala (CASTRO; BAGER, 2019). O tipo mais comum utilizado são projetos construtivos em que a sociedade se envolve somente na coleta de dados. O que resulta em um aumento de dados coletados e da escala de abrangência das coletas e ainda a diminuição do tempo de coleta e o baixo investimento no espaço amostral (CASTRO; BAGER, 2019).

Embora hoje não se seja possível avaliar o impacto da popularização da ciência, o que ocorre é um envolvimento da sociedade na tomada de decisão (CASTRO; BAGER, 2019, DICKINSON et al., 2012). Há uma maior probabilidade de os recursos serem destinados aos que serão afetados pelos resultados das pesquisas (CASTRO; BAGER, 2019, DICKINSON et al., 2012). Há uma grande discussão sobre a confiabilidade dos dados e se os recursos afetam de fato a conservação ambiental (CASTRO; BAGER, 2019, DICKINSON et al., 2012).

A coleta de dados dispersos e a conexão entre as pessoas locais e as escalas que não poderiam ser feitas, torna a ciência cada vez mais importante para a conservação da biodiversidade (CASTRO; BAGER, 2019, DICKINSON et al., 2012). No Brasil uma ferramenta de ciência cidadã para coleta de dados de atropelamento é o Sistema Urubu (CASTRO; BAGER, 2019).

E como objetivo o presente trabalho busca identificar a distribuição de atropelamentos de capivara no Brasil a partir de dados provenientes do Sistema Urubu, identificar as rodovias onde esse impacto é mais visível e avaliar se nestas rodovias existem hotspots de atropelamento. Por fim, será feita uma relação dos locais de hotspots identificados com a localização de passagens de fauna e redutores existentes.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Origem dos dados**

Os registros de atropelamentos de capivaras foram obtidos através do Sistema Urubu (<https://sistemaaurubu.com.br>). O Sistema Urubu consiste em um conjunto de ferramentas tecnológicas que supre todas as demandas para coleta de dados e gestão de informações para

monitoramento de animais atropelados no Brasil (BAGER et al., 2016) idealizado e criado pelo CBEE (Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas).

Uma das principais funcionalidades do Sistema Urubu é o aplicativo Urubu Mobile (<https://sistemaurubu.com.br>), aplicativo para smartphone e tablets em que a pessoa tira uma fotografia georreferenciada do animal e envia para o sistema integrado de gestão.

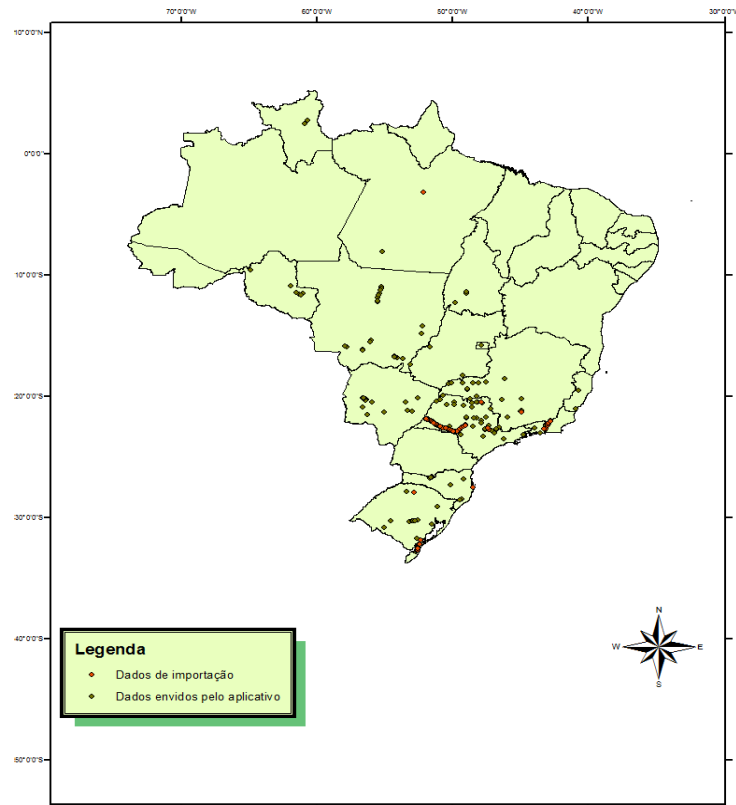
Os registros de atropelamentos podem ser inseridos no Sistema de duas formas: (i) Através de planilhas de importação, quando há a inserção de dados referentes a projetos de pesquisa, e neste caso há grande volume de informações de uma área geográfica específica, que são inseridos ao sistema. (ii) Por meio do aplicativo Urubu Mobile, enviados pelos usuários do aplicativo.

## **2.2 Dados utilizados**

Para o presente trabalho a área de amostragem corresponde à totalidade da área onde existiam dados de atropelamentos de capivara do Sistema Urubu. Foram identificados no sistema 1179 registros de atropelamentos de capivara (Figura 1), sendo 970 referentes aos dados de importação coletados entre os anos de 2002 e 2015, e 209 registros coletados através do aplicativo entre os anos de 2014 e 2016.

Os dados utilizados para a análise de distribuição geográfica foram os enviados via aplicativo Urubu Mobile (n=209), pois se fossem considerados os dados de importação haveria uma superestimação, uma vez que eles estão concentrados em regiões específicas. Para a análise de hotspots de atropelamentos foram utilizado a totalidade dos dados(n= 1179).

**Figura 1-** Registros de atropelamentos de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) retirados do Sistema Urubu e compilados em um mapa. Mostrando os dados enviados pelo aplicativo e os dados que foram importados de projetos.



Fonte: Do autor (2019)

## 2.3 Análise de dados

### 2.3.1 Distribuição Geográfica

A análise de distribuição geográfica foi realizada para identificar os estados com mais registros de atropelamentos de capivara. Utilizou-se o ArcGis (versão 10.3) para construir o mapa de distribuição e os dados foram agrupados por estado em uma tabela.

### 2.3.2 Hotspots de atropelamento

Para as análises de hotspots de atropelamento foram selecionadas três rodovias que apresentaram registros de atropelamentos e que se conhecia a existência de medidas de mitigação. As rodovias foram selecionadas com o auxílio do ArcGis (versão 10.3) e denominadas de Trecho 1, 2 e 3. O Trecho 1 corresponde a 53,7 km da BR-262, entre os municípios de Miranda e Aquidauana, no Mato Grosso do Sul. O Trecho 2 possui 39,3 km e corresponde a BR-471, no entorno da Estação Ecológica do Taim, no Rio Grande do Sul. O

Trecho 3, encontra-se no estado de São Paulo, possui 401,3 km de extensão e tem início na BR-369, no município de Bauru e término na BR-267, em Presidente Epitácio, passando também pelas rodovias BR-374, BR-41 e SP-270.

A partir das rodovias identificadas foi utilizado o software Siriema (versão 2.0), para avaliar a existência de hotspots de atropelamento. Realizou-se o teste estatístico de K de Ripley-2D (COELHO et al., 2014), utilizando o raio de 300m, limiar de confiança 95% e 500 simulações para as 3 rodovias analisadas. Buscava-se identificar a aleatoriedade da escala de distribuição de eventos de atropelamentos e avaliar a intensidade de agregação em escalas diferentes (COELHO et al., 2014).

No Teste *2D Hotspot Identification* teste analisa a não aleatoriedade de agregações de atropelamentos, considerando a não linearização da estrada analisada para a correspondência das agregações dos atropelamentos. Para tal foi utilizado um raio de 300 m e incremento de raio de 300 m, que consistia no menor raio de significância de atropelamento (o qual foi observado por meio das análises de K de Ripley) foi utilizado o limite de confiança de 95%, 500 simulações, o limiar de agregação 2. Nessa análise a função  $N \text{ eventos} - N \text{ simulado}$  permite avaliar as quilometragens das rodovias com agregações de atropelamento. Valores de  $N \text{ eventos} - N \text{ simulado}$  acima do limite superior de confiança demonstram trechos com agregação significativa (COELHO et al., 2014).

### **2.3.3 Comparação de hotspots e medidas de mitigação existentes**

Para se testar a coerência dos locais onde existem medidas de mitigação e os hotspots de atropelamento foi feita correlação de pontos de HS-totais (valores de hotspots) extraídos do Siriema 2.0 encontrados ao longo dos trechos selecionados e os HS referente às coordenadas das medidas de mitigação. As medidas de mitigação consideradas no presente foram as passagens de fauna e os redutores de velocidade, uma vez que as capivaras utilizam as passagens de fauna e os redutores de velocidade são considerados uma medida que é eficaz para evitar atropelamentos de todos os tipos de animais (ABRA, 2012).

As informações utilizadas sobre a localização e posicionamento das medidas de mitigação foram extraídas de trabalhos científicos e em sites das respectivas concessionárias. Para o trecho 1 foi utilizada uma tabela presente no trabalho Sobanski (2017). No trecho 2 foi utilizado os dados de monitoramento do trabalho de Nauderer, 2014. No trecho 3 as



informações foram retiradas dos dados de passagens de fauna da Cart. A hipótese é de que os pontos onde há medidas de mitigação não há hotspots de atropelamentos.

Através de uma planilha esses dados foram processados pelo programa de Estatística do Excel, obtendo-se Análise de Variância (Anova)-fator único. A ANOVA procura verificar se existem diferenças entre as médias dos grupos. Faz isso determinando a média geral e verificando o quão diferente cada média individual é da média geral. A ANOVA de fator único concentra-se na comparação de mais de duas médias populacionais ou tratamentos. Esta análise testa a hipótese de que cada amostra é retirada da mesma distribuição de probabilidade de base contra a hipótese alternativa de que as distribuições de probabilidade de base não são as mesmas para todas as amostras. Como a hipótese espera-se que os pontos onde foram instaladas as medidas de mitigação não haveria hotspots de atropelamento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Distribuição Geográfica

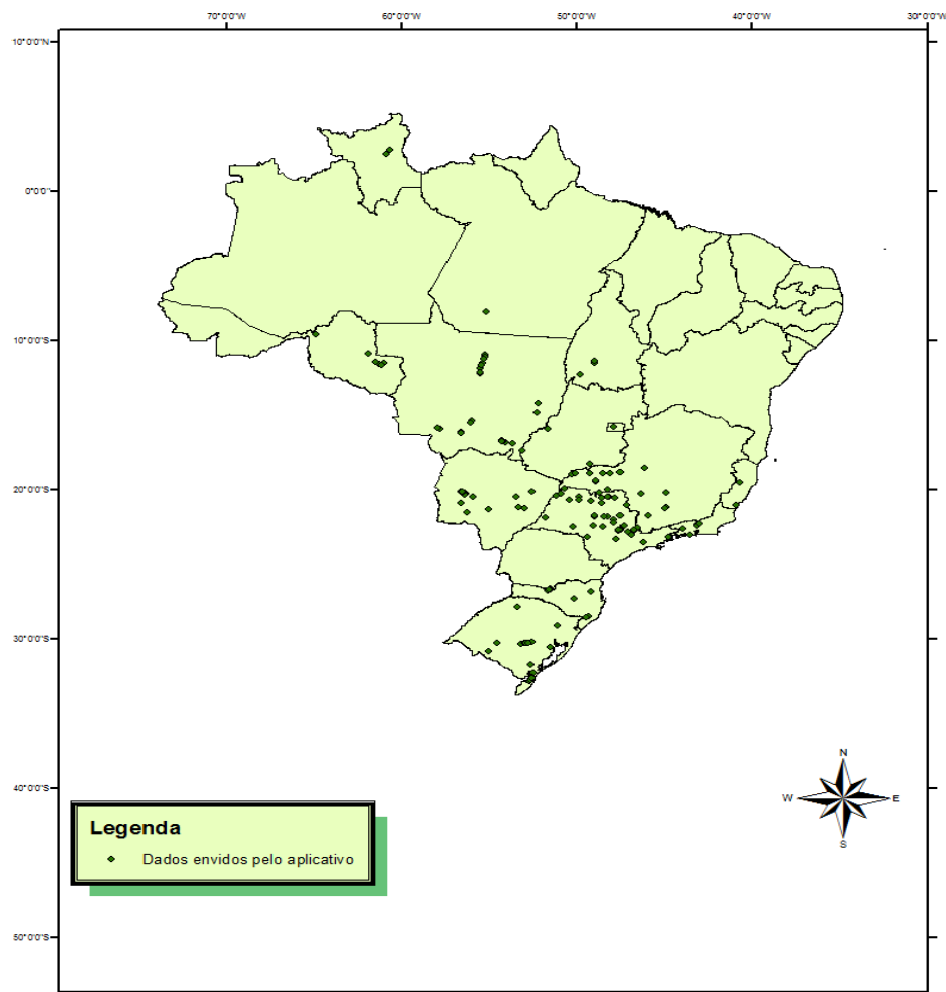
Por meio da análise de distribuição geográfica foram identificados atropelamentos de capivaras em 14 estados brasileiros mais o Distrito Federal (Tabela 1).

**Tabela 1-** As distribuições de atropelamentos de capivara em ordem decrescente e os respectivos estados brasileiros.

<b>Estados do Brasil</b>	<b>Distribuição de atropelamentos</b>
Mato grosso do Sul	50
São Paulo	43
Mato Grosso	32
Minas Gerais	32
Rio Grande do Sul	26
Rondônia	11
Santa Catarina	9
Rio de Janeiro	6
Tocantins	3
Goiás	3
Roraima	2
Espírito Santo	2
Distrito Federal	1
Pará	1

Fonte: Do autor (2019)

**Figura 2-** Distribuição geográfica dos dados de atropelamentos coletados por meio do aplicativo Urubu Mobile.



Fonte: Do autor (2019)

Os estados com maiores registros são Mato Grosso do Sul (n=50), São Paulo (n=43), Minas Gerais (n=32) e Mato Grosso (n=32). Em um estudo Cáceres, Casella, Dos Santos Goulart (2012) elaborado no Mato Grosso do Sul, estado que obteve maior quantidade de registros, buscava analisar a relação da distância dos atropelamentos dos centros urbanos. E foi visto que os atropelamentos são mais intensos nos locais onde a rodovia BR-262 cruza por áreas mais conservadas do Pantanal e da Serra de Maracaju ou regiões de matas ciliares preservadas. As espécies com maiores registros de atropelamentos são as *Cercopithecus thous* (n=71) lobinho, *Euphractus sexcinctus* (n=52) tatu peba e *Myrmecophaga tridactyla* (n=36) tamanduá bandeira e *Hydrochoerus hydrochaeris* (n=1) capivara. Apesar de a capivara não ter sido o animal com mais quantidade de atropelamentos, ela também foi encontrada na rodovia. Mostrando assim que a espécie foi encontrada atropelada na rodovia em datas diferentes ao do presente estudo.

Em relação ao estado de São Paulo, segundo estado com maiores quantidade de atropelamento, temos que a distribuição dos atropelamentos está em quase todo o estado (Figura 2). Com relação a um estudo Prada (2014) que atropelamento de capivaras são abrangente e são encontradas 6 capivaras atropeladas entre agosto de 2001 a agosto de 2003 a nordeste de São Paulo nas rodovias entre as cidades de Jaboticabal, São Carlos e Luiz Antônio uma área fragmentada e com diversas unidades de conservação. Identificando assim atropelamentos de capivaras pelo estado como um todo.

Minas Gerais o terceiro estado em quantidade de registros, obteve registros agregados na região do Triângulo Mineiro e do Sul de Minas (Figura 2). Em estudos de Carvalho (2014) na BR-050 entre Abril de 2012 a Março de 2013, em que a foram avaliados os pontos de hotspots de atropelamentos e para as espécies de médio e grande porte agregações significativas *Euphractus sexcinctus* (tatu-peba), *Procyoncan crivorus* (guaço), e a *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara). E assim no estudo se sugere que medidas de mitigação para conservação de vertebrados sejam implementadas nas áreas de hotspots.

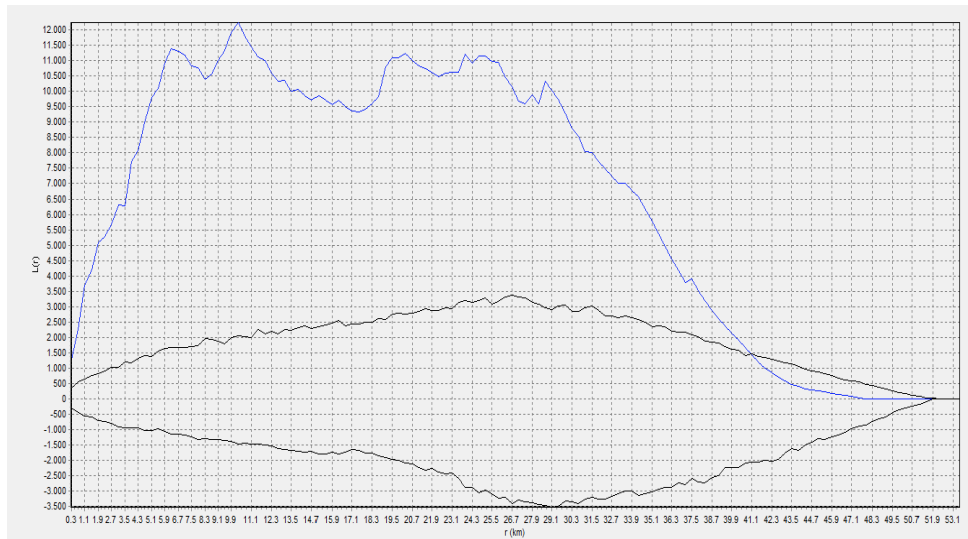
## 3.2 Análise de Hotspots de Atropelamento

Para avaliar se houveram agregações nas rodovias selecionadas foi feita a análise de k- de Ripley para os três trechos selecionados nas rodovias. Após a verificação de agregações significativa foram avaliados a existência de hotspots de atropelamentos nos três trechos utilizando a análise de hotspots 2D. E nos três trechos foram encontrados picos que representam os hotspots de atropelamentos.

### 3.2.1 Trecho1

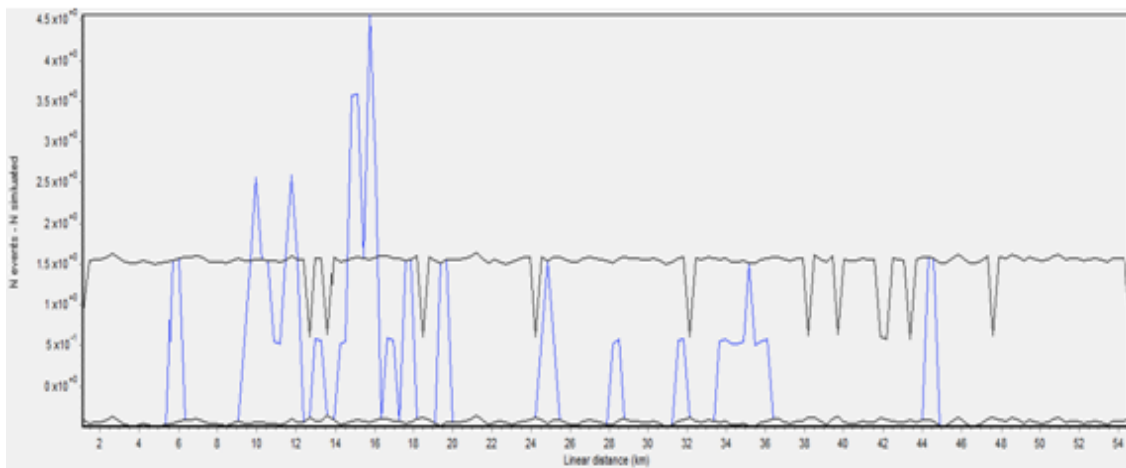
Os valores  $L(r)$  acima dos limites de confiança (linhas azuis) representam agrupamentos significativos e valores abaixo dos limites de confiança representam escalas com dispersões significativas. As agregações significativas foram de 31 a 41 km de  $r$  (km) e depois de 51,9 km os valores de  $k$  observado e igual aos valores de  $k$  simulado.  $L(r) = 0$ , pois o raio a partir dessa dimensão centrado em qualquer ponto de atropelamento abrange todos os registros de atropelamento da rodovia.

**Figura 3** – Resultado da estatística K-Ripley para o trecho 1 a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras representado pela linha azul. Com raio de 300, 500 simulações e 95% de confiança representado pelas linhas pretas.



Fonte: Software Siriema (2019)

**Figura 4** – Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho 1 que compreende a área do SPF, para a escala de 300m de raio e incremento de 300m. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (95%). Na imagem está os pontos de hotspots estão mostrados diretamente na rodovia em vermelho.



Fonte: Software Siriema (2019)

**Figura 5-** Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho 3 para a escala de 300m de raio e incremento de 300m. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (95%). Na imagem está os pontos de hotspots estão mostrados diretamente na rodovia em vermelho.



Fonte: Google Earth (2019)

Os resultados encontrados 16 km de hotspots de atropelamentos dos 53,7 km totais do trecho e foram maiores nos primeiros 10 km da rodovia. Porém os resultados obtidos através da análise estatística Anova (Fator Único) mostraram que em relação a funcionalidade das medidas de mitigação no trecho 1 todas foram eficientes uma vez que os valores de  $h_s$  eram menores do que os valores de  $h_s$  das coordenadas em que haviam medidas de mitigação. As variâncias apontadas por P ( $n=0$ ) evidenciando assim a mesma amplitude dos dados. Mostrando que as medidas foram eficientes para a redução dos números de atropelamentos das capivaras e que as instalações das medidas estão posicionadas nos locais corretos, como mostrado na figura a seguir (Figura-3).

**Figura 5** - BR 262 Km 581 ponto de maior hotspots de atropelamento encontrado no Trecho 1.

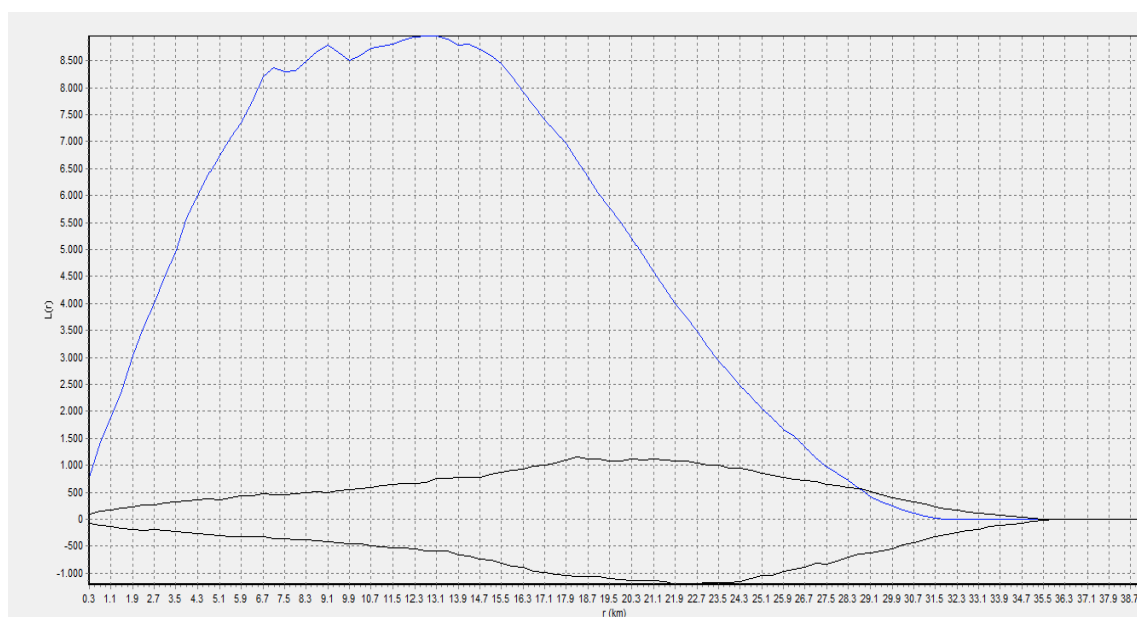


Fonte: Google Earth (2019)

### 3.2.2 Trecho2

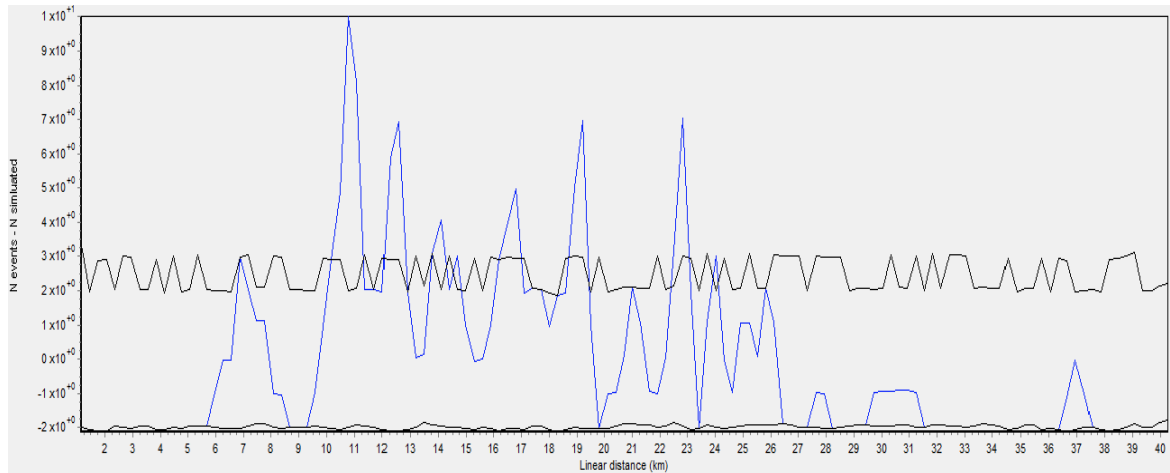
No trecho-2 os valores que apresentaram agregações significativas foram de 0,3 a 28,3 km de raio. Depois de 35,5 km de raio os valores de k observados são como os valores de k simulados.  $L(r)=0$ , pois o raio a partir dessa dimensão, centrado em qualquer ponto de atropelamento, abrange todos os outros registros de atropelamentos da rodovia.

**Figura 6** – Resultado da estatística K-Ripley para o trecho 2 para a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras representado pela linha azul. Com raio de 300m, 500 simulações e 95% de confiança representado pelas linhas pretas.



Fonte: Software Siriema (2019)

**Figura 7** – Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho 2 para a escala de 300m de raio e incremento de 300m. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (95%). Na imagem está os pontos de hotspots estão mostrados diretamente na rodovia em vermelho.



Fonte: Software Siriema (2019)

**Figura 8**- Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho 3 para a escala de 300m de raio e incremento de 300m. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (95%). Na imagem está os pontos de hotspots estão mostrados diretamente na rodovia em vermelho.



Fonte: Google Earth (2019)

Foram encontrados 27 km de hotspots de atropelamentos dos 39,3 quilômetros totais do trecho selecionado. Os resultados obtidos através da análise estatística Anova (Fator Único) mostraram que em relação à funcionalidade das medidas de mitigação no trecho 2 alguns pontos foram ineficientes mostrando que os valores de hs eram maiores do que os valores de hs das coordenadas em que haviam medidas de mitigação. As variâncias apontadas por P ( $n=0,019$ ) evidenciando assim uma diferença na amplitude dos dados. Mostrando que as medidas considerando o trecho inteiro são ineficientes para a redução dos números de atropelamentos das capivaras ou elas podem estar posicionadas em locais incorretos. Como por exemplo os dois quilômetros que antecedem a instalação do primeiro radar e o primeiro mata burro da rodovia. Apresentaram ponto de hotspots mais alto. Foi observado por meio de imagens do Google Earth que nessas localidades ainda não apresentam telamento nas bordas da rodovia. Que funcionam como barragem para a passagem de animais na rodovia. As cercas se iniciam logo após o primeiro mata burro.

**Figura 9-** BR 471 Km 534 primeiro redutor de velocidade do trecho 1. Mostrando a falta de telamento nesta parte da rodovia.



Fonte: Google Earth (2019)

**Figura 10 -** BR 471 Km 534 primeiro mata burro e logo após o telamento.



Fonte: Google Earth (2019)



No mesmo estudo foi discutido também que nos primeiros quilômetros da rodovia as taxas de atropelamentos são mais altas devido a não instalação de cercas, uma vez que um parecer técnico de um projeto da empresa responsável pela retirada das cercas desse local discutiu que deveria ser tirado a cerca desse local para que haja fluxo gênico entre as espécies. E como solução mais túneis seriam implantados nesse trecho. A colocação de cercas de 200 metros direcionadora em cada lado dos túneis. Porém o que foi analisado no trabalho é esse método não foi funcional para evitar os atropelamentos de capivara, e estudos posteriores poderão avaliar se para o fluxo gênico foi efetivo. Segundo Abras, para a rodovia de São Paulo BR-040 as passagens de fauna inferiores seriam uma forma eficaz de minimizar os atropelamentos de capivara, uma vez que a capivara foi o animal que mais se utilizou as passagens de fauna em seu estudo. Porém a manutenção das passagens e do telamento das rodovias é um fator a ser considerado quando se é feita a instalação na rodovia.

Em um estudo realizado na estação ecológica de Taim os dados obtidos mostraram que no quilometro 539 não havia reparos no telamento da rodovia local onde foi encontrado um hotspots de atropelamento no presente trabalho. Evidenciando assim a necessidade de se fazer uma manutenção adequada às medidas de mitigação instaladas na rodovia para que a hipótese da má funcionalidade das medidas de mitigação não seja aceita. (NAUDERER, 2014).

A vegetação em volta da rodovia está também associada aos atropelamentos, segundo Barbosa 2013. As capivaras são espécies que têm preferências por ambientes com corpos d'água e vegetação herbácea. Os atropelamentos encontrados no estudo foram nos pontos da rodovia em que predominava os corpos d'água. Como os encontrados no presente estudo. Principalmente nos pontos de hotspots mais altos. Como mostrado nas figuras abaixo.

**Figura 11**-BR471km 536 logo após os mata burros, mostrando o telamento e os ambientes com corpos d'água e vegetação herbácea.

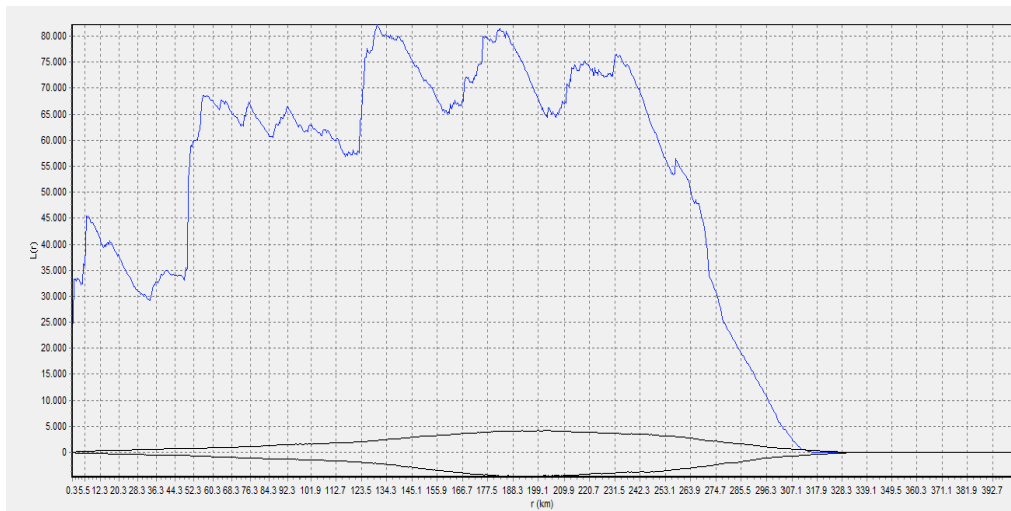


**Fonte: Google Earth (2019)**

### 3.2.3 Trecho3

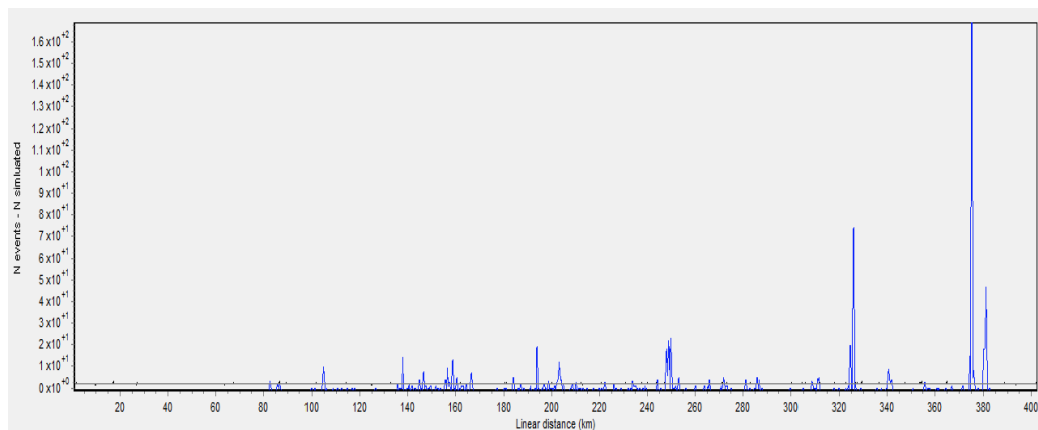
No trecho-3 os valores que apresentaram agregações significativas foram de 0,35 a 307,1 km. Depois dos valores de 317,9 km de raio os valores de k observado são iguais aos valores de k simulado.  $L(r) = 0$ , pois o raio a partir dessa dimensão, centrado em qualquer ponto de atropelamento, abrange todos os outros registros de atropelamento da rodovia.

**Figura 12** – Resultado da estatística K-Ripley do trecho 3 para a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras representado pela linha azul. Com raio de 300m, 500 simulações e 95% de confiança representado pelas linhas pretas.



Fonte: Software Siriema (2019)

**Figura 13-** Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho 3 para a escala de 300m de raio e incremento de 300m. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (95%). Na imagem está os pontos de hotspots estão mostrados diretamente na rodovia em vermelho.



Fonte: Software Siriema (2019)

**Figura 14-** Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho 3 para a escala de 300m de raio e incremento de 300m. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (95%). Na imagem está os pontos de hotspots estão mostrados diretamente na rodovia em vermelho.



Fonte: Google Earth (2019)

No trecho 3 foram encontrados 112 km, de hotspots dos 401,3 km da rodovia. Os resultados obtidos através da análise estatística Anova (Fator Único) mostraram que em relação à funcionalidade das medidas de mitigação no trecho 3 alguns pontos foram ineficientes mostrando que os valores de hs eram maiores do que os valores de hs das coordenadas em que haviam medidas de mitigação. As variâncias apontadas por P ( $n=0,093$ ) evidenciando assim uma diferença na amplitude dos dados. Mostrando que as medidas considerando o trecho inteiro ineficientes para a redução dos números de atropelamentos das capivaras ou elas podem estar posicionadas em locais incorretos. Para o trecho 3 foi obtido pontos críticos, em que os valores de hotspots foram extremamente altos com exemplo no km 626 e km 593. E pontos em que houve redução de atropelamentos de capivara.

Para tais pontos pode á hipótese de que as medidas de mitigação diminuíram realmente os atropelamentos de capivaras ou somente foram implementadas nos locais onde não são locais de passagens de capivaras. Mais estudos sobre os hotspots devem ser feitos para que os pontos de medidas de mitigação sejam implementadas na rodovia.

A paisagem apresentada pela rodovia apresenta uma porcentagem maior de vegetação herbácea representadas pelas monoculturas e algumas partes de vegetação arbustivas, mostram assim vegetações de preferências da capivara (Figuras 15,16,17). Podendo ser um

aspecto para explicar os atropelamentos.

**Figura 15** - Paisagem da rodovia exemplificando as partes herbáceas e arbustiva.



Fonte: Google Earth (2019)

**Figura 16** - Paisagem da rodovia mostrando o Km 626 com o hotspot de atropelamento.



Fonte: Google Earth (2019)

**Figura 17** - Paisagem da rodovia mostrando o Km 593 com os hotspot de atropelamento.



Fonte: Google Earth (2019)

A descaracterização dos ambientes é decorrente das mudanças causados pelas ações humanas, o que pode ser visto nas rodovias do trecho 3. Que apresentam paisagens com plantações de uma cultivar (GUIMARAES; DA SILVA; PERIN; 2018). A construção de estradas também pode ocasionar drásticas alterações na paisagem, tais como remoção da cobertura vegetal, drenagens e aterramentos, até sua fase operacional, onde os impactos são ininterruptos, tornando-se mais significativos com o passar do tempo. Vale ressaltar que, muitos dos impactos ambientais negativos provenientes de empreendimentos rodoviários, são, por vezes, irreversíveis (GUIMARAES; DA SILVA; PERIN; 2018). Segundo (COELHO et. al 2008) a dinâmica das paisagens pode afetar a distribuição e abundância dos movimentos de fauna, o que poderá afetar a distribuição dos atropelamentos.

Os três trechos apresentados no trabalho obtiveram semelhanças em estruturas. Foram encontradas vegetações herbáceas, que são de preferências de capivaras. Porém os pontos de preferências de passagens dos animais foram variáveis nos trechos. Evidenciando que apesar dos trechos terem paisagens herbáceas as capivaras têm suas rotas próprias em cada rodovia.

Em um documento feito por Catella, Tomás, Mourão (2010) pela Embrapa e sugerido uma implementação de um programa de monitoramento e controle de atropelamentos da fauna na BR-262, pois os acidentes envolvendo animais são decorrentes da interação da atividade humana e dos animais, gerando impactos em ambos. O risco de danos para os ocupantes dos automóveis aumenta conforme o porte do animal.

Como forma de mitigar os atropelamentos dessa região o monitoramento deve levar em conta o número de animais mortos, espécies envolvidas, tamanho das espécies, horários e rotas preferenciais de transito de animais e os riscos oferecidos aos seres humanos como risco de morte e ferimentos e perdas materiais. E a partir daí ser tomadas decisões sobre como mitigar esses atropelamentos.

#### **4 CONCLUSÃO**

O trabalho realizado obteve resultados que os hotspots de atropelamentos encontrados nas 3 rodovias que apresentam medidas de mitigação mostraram que as medidas podem ser uma importante ferramenta para se evitar atropelamentos de capivaras. Porém a instalação e a manutenção corretas das medidas deve ser um fator a ser executado com maior rigor para que sejam reduzidos os hotspots de atropelamentos.

As paisagens ao entorno das rodovias devem ser levados em conta quando pensados as medidas de mitigar atropelamentos nas rodovias, uma vez que cada espécie apresenta um hábito de vida diferente. Para as capivaras ambientes com vegetação herbáceas e locais com corpos d'água foram os que mais se encontraram atropelamentos. Sendo assim os estudos para implementação de medidas de mitigação para atropelamentos de capivaras devem começar por essas paisagens, como mostrado nos resultados.

Um programa de monitoramento sistemático seria uma forma de mitigar atropelamentos além dos métodos implementados nas estradas, envolvendo várias frentes de trabalhos como sinalização e campanhas de conscientização direcionadas aos motoristas deveriam ser incrementadas aos programas de monitoramento para que os motoristas fiquem por dentro de todos os riscos corridos ao atropelarem um animal. E o programa deveria ser expandido a todas rodovias com altos índices de atropelamentos, pois com um monitoramento seria possível ter os dados sistematizados dos atropelamentos e com isso as decisões seriam tomadas em todo os estados.

## 5 REFERÊNCIAS

ABRA, Fernanda Delborgo. **Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ANTONUCCI, A. M.; RIBEIRO, T. S. Criação comercial de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) no Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n.241, p.189-198, 2014.

BAGER, Alex et al. Os caminhos da conservação da biodiversidade brasileira frente aos impactos da infraestrutura viária. **Biodiversidade Brasileira**, n.1, p.75-86, 2016.

BAGER, Alex et al. Variação temporal da estrutura e tamanho de bandos de capivaras na Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 12, n. 3, 2010.

BARSZCZ, Leonardo Beltrão et al. Uso de Passagens de Fauna da Rodovia SP-322 por Mamíferos de Médio e Grande Porte. **BAGER, Alex. Anais do Road Ecology Brazil**, p. 87-100, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: **Atualização das Listas de Espécies Ameaçadas** (2014). Disponível em <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=121&data=18/12/2014>. Acesso em: Outubro, 2017.

BUENO, Cecilia; FAUSTINO, Mariana T.; FREITAS, Simone. Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 320-327, 2013.

BARBOSA, Karina Cavalheiro et al. A IMPORTÂNCIA DA FAUNA NA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E NA ECOLOGIA DE ESTRADAS. **Políticas Públicas para a Restauração Ecológica e Conservação da Biodiversidade**, p. 117, 2013.

CÁCERES, Nilton C.; CASELLA, Janaina; DOS SANTOS GOULART, Charla.

Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR262, Sudoeste do Brasil. **Mastozoologia Neotropical**, v. 19, n. 1, p. 21-33, 2012.

CAMILO, Pablo Jonas. ASPECTOS ORGANIZACIONAIS E ESTRUTURAIS DO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL. **Espaço em Revista**, v. 18, n. 1, 2016.

CARVALHO, Carine Firmino et al. Atropelamento de vertebrados, hotspots de atropelamento e parâmetros associados, BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba. 2014.

CARVALHO, Carine Firmino et al. Atropelamento de vertebrados, hotspots de atropelamentos e parâmetros associados, BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba. 2014.

CASTRO, Érika Paula; BAGER, Alex. SISTEMA URUBU: A CIÊNCIA CIDADÃ EM PROL DA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**, v. 6, n. 2, p. 111-130, 2019.

CATELLA, Agostinho Carlos; TOMÁS, Walfrido Moraes; MOURÃO, G. de M. BR- 262 no Pantanal: cenário de encontros entre homens e animais silvestres. **Embrapa Pantanal-Documents (INFOTECA-E)**, 2010.

CIRINO, Douglas William; FREITAS, Simone Rodrigues. QUAIS SÃO OS MAMÍFEROS SILVESTRES MAIS ATROPELADOS NO BRASIL? 2018

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Anuário CNT do**

**Transporte - Estatísticas consolidadas 2017**. Brasília, Junho, 2017, 229 p.. Disponível em: <file:///C:/Users/matheus/Downloads/PrincipaisDados.pdf> Acesso em: Novembro, 2019.

COELHO, A. V. P. et al. SIRIEMA, spatial evaluation of road mortality software. **User's guide**, v. 2, 2014.

COELHO, A. V. P. et al. Siriema: road mortality software. User's Manual V. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brazil. 2015.

DE CASTRO LOGUERCIO, Desempenho e comportamento locomotor da capivara, *Hydrochaeris hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) (Rodentia: Caviidae). **Mastozoologia Neotropical**, v. 14, n. 1, p. 117-119, 2007.

DICKINSON, Janis L. et al. O estado atual da ciência cidadã como ferramenta de pesquisa ecológica e engajamento público. **Fronteiras em Ecologia e Meio Ambiente**, v. 10, n. 6, p. 291-297, 2012.

DNIT- Departamentos de estradas e Rodagens/Ministério dos Transportes, sem data. Disponível em: <https://transportadormineiro.files.wordpress.com/2012/09/historico-do-planejamento-de-transportes.pdf> Acesso em: setembro, 2017.

DORNELLES, Sidnei S.; KINDEL, Andreas; PIRES, José SR. Capítulo 1: Atropelamentos de mamíferos antes e depois da duplicação da rodovia BR 101-Sul, sul do Brasil. **CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**, p. 18, 2015.

FERRAZ, K. P. M. B.; VERDADE, Luciano M. Ecologia comportamental da capivara: bases biológicas para o manejo da espécie. **A Produção Animal na Visão dos Brasileiros. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba, SP, Brasil**, p. 589-595, 2001.

Fundação Biodiversitas. Brasília-DF. 2008. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*.

GUIMARÃES, Juliane Fernandes et al. Hotspots de atropelamentos e a influência da paisagem na sobrevivência de mamíferos de médio e grande porte em uma área do cerrado mineiro. 2017.

GUIMARAES, Juliane Fernandes; DA SILVA, Claudionor Ribeiro; PERIN, Marco Aurélio Alves.

Atropelamentos e influência da paisagem na sobrevivência de mamíferos silvestres de médio e grande porte. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 54-70,2018.

HERRERA, M. D. S., LUCAS, R., RAMOS, M. H. F., Romero, V., Baruque, M.,

HAMZE, A. L., ... & Elisabeth, P. R. Óbito por projeto balístico em capivara de vida livre relatode caso. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 2009.

HUIJSER, Marcel Pieter; ABRA, Fernanda Delborgo; DUFFIELD, John W. MAMMAL ROAD MORTALITY AND COST--BENEFIT ANALYSES OF MITIGATION MEASURES AIMED AT REDUCING COLLISIONSWITH  
CAPYBARA (*Hydrochoerus hydrochaeris*) IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 1, p. 129-146, 2013.



IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relatório econômico**. Brasília: Ipea; IBGE, 2014.

JACOMASSA, Fábio André Facco. Atividade, uso de ambientes, comportamento e densidade de capivara *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) (Mammalia: Rodentia: Caviidae) no Pantanal do Miranda, MS. **Biodiversidade Pampeana**, v. 8, n. 1, 2010.

MUNIZ, Leandro Eustáquio Tito. Análise custo-benefício de projetos rodoviários nos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental: alternativas de valoração dos benefícios das passagens de fauna. 2017.

NAUDERER, **Avaliação do telamento das margens da rodovia, como medida para a redução de atropelamentos de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) na estação ecológica do Taim-RS.** 2014

PEREIRA, Luiz Andrei Gonçalves; LESSA, Simone Narciso. O processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, 2011.

PRADA, Cristiana de Santis et al. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 2004.

**Relatório estatístico**. Brasília: Ipea; IBGE, 2015.

RINALDI, Alcides Ricieri. Ecologia de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus, 1766) em região alterada pela formação de um reservatório hidrelétrico. 2014.

SOBANSKI, Marcela Barcelos. Avaliação do uso de controladores eletrônicos de velocidade como medida de mitigação de atropelamentos de animais silvestres na rodovia BR-262, Trecho da Anastácia a Corumbá, Mato Grosso do Sul. 2017

STEIL, Leoni; DÜPONT, Adriana; LOBO, Eduardo A. LEVANTAMENTO DA FAUNA SILVESTRE ATROPELADA NA BR-290 (KM 210 a 214), MUNICÍPIO DE PANTANO GRANDE, RS, BRASIL. **Caderno de Pesquisa**, v. 28, n. 1, p. 13-23, 2016.

TONETTI, Ariádina Maria; BIONDI, Daniela; DE MOURA LEITE, Julio Cesar. Perfil dos usuários de áreas verdes de Curitiba e a sua percepção sobre a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba**, v. 11, n. 4, p. 47-65, 2016.

## APÊNDICES

TABELA-2 *Coordenadas das passagens de fauna utilizada no presente trabalho para a localização das medidas de mitigação nos trechos selecionados.*

Medidas de Mitigação	Latitude	Longitude
<b>TRECHO 1</b>		
Radar 1	-20.297.657	-56.272.115
Radar 2	-20.179.630	-56.525.998
Radar 3	-20.174.765	-56.538.234
Radar 4	-20.134.109	--56.665.996
Radar 5	-20.133.785	-56.671.240
Radar 6	-20.133.384	-56.679.412
<b>TRECHO 2</b>		
Radar 1	-32.538758	-52.538422

Túnel 1	-52.538422-	-52.542642
Túnel 2.	- 32.546696	-52.543749
Túnel 3	-32.553008	-52.547933
Túnel 4	-32.563647	-52.554808
Túnel 5	-32.570295	-52.558535
Túnel 6.	-32.573595	-52.559743
Túnel 8	-32.586828	-52.564571
Túnel 13	-32.615262	-52.574668
Túnel 14	-32.625358	-52.578101
Túnel 15	-32.639074	-52.582715
Túnel 16	-32.646436	-52.586012
Túnel 17	-32.656118	-52.588089
Túnel18	-32.668391	-52.590796
Radar 2	-32.675376	-52.592788

**TRECHO 3**

Túnel	-22.366546	-49.046.155
Túnel	-22.372286	-49.053.386
Túnel	-22.383.921	-49.068.781
Túnel	-22.396.511	-49.085.582
Túnel	-22.406.615	-49.097.020
Túnel	-22.415.788	-49.108.366
Túnel	-22.425.312	-49.126.625
Túnel	-22.439.824	-49.145.431
Túnel	-22.444.242	-49.155.010
Túnel	-22.446.284	-49.159.908
Túnel	-22.448.824	-49.166.384
Túnel	-22.455.928	-49.182.089
Túnel	-22.457.978	-49.186.900
Túnel	-22.494.565	-49.260.131
Túnel	-22.494.565	-49.271.693

Túnel	-22.498.718	-49.288.793
Túnel	-22.505.529	-49.300.298
Túnel	-22.510.537	-49.313.793
Túnel	-22.517.434	-49.317.738
Túnel	-22.520.040	-49.339.704
Túnel	-22.534.926	-49.341.903
Túnel	-22.536.358	-49.345.809
Túnel	-22.539.044	-49.364.824
Túnel	-22.552.361	-49.382.699
Túnel	-22.611.191	-49.383.153
Túnel	-22.615.694	-49.392.824
Túnel	-22.637.312	-49.393.584
Túnel	-22.638.052	-49.410.486
Túnel	-22.659.805	-49.417.711
Túnel	-22.685.661	-49.448.524

Túnel	-22.717.826	-49.451.246
Túnel	-22.720.724	-51.450.933
Túnel	-22.621.642	-51.457.212
Túnel	-22.617.912	-51.488.582
Túnel	-22.603.810	-51.491.600
Túnel	-22.563.075	-51.496.299
Túnel	-22.552.077	-51.504.075
Túnel	-22.542.358	-51.522.785
Túnel	-22.536.930	-51.525.493
Túnel	-22.516.789	-51.544.161
Túnel	-22.497.841	-51.557.767
Túnel	-22.488.527	-51.563.540
Túnel	-22.481.351	-51.573.044
Túnel	-22.476.223	-51.604.936
Túnel	-22.419.397	-51.636.395

Túnel	-22.415.990	-51.645.334
Túnel	-22.414.797	-51.667.354
Túnel	-22.385.613	-51.700.932
Túnel	-22.379.618	-51.709.026
Túnel	-22.358.450	-51.735.255
Túnel	-22.343.031	-51.751.234
Túnel	-22.341.085	-51.766.180
Túnel	-22.327.833	-51.773.362
Túnel	-22.325.706	-51.784.356
Túnel	-22.318.355	-51.821.289
Túnel	-22.314.008	-51.832.544
Túnel	-22.113.095	-51.844.002
Túnel	--22109076	-51.856.096
Túnel	-22.088.296	-51.857.342
Túnel	-22.086.318	-51.904.902

Túnel	-22.083.106	-51.907.954
Túnel	-22.078.014	-51.913.931
Túnel	-22.065.659	-51.940.128
Túnel	-22.063.934	-51.943.193
Túnel	-22.051.578	-51.965.161
Túnel	-22.044.061	-51.974.346
Túnel	-22.040.933	-51.988.075
Túnel	-22.035.669	-51.988.597
Túnel	-22.018.028	-51.993.325
Túnel	-22.000.518	-52.003.882
Túnel	-21.995.587	-52.009.799
Túnel	-21.983.348	-52.041.961
Túnel	-21.983.348	-52.053.471
Túnel	-21.960.308	-52.060.189
Túnel	-21.945.657	-52.074.888



Túnel	-21.936.731	-52.085.123
Túnel	-21.928.522	-51.766.180
Túnel	-21.924.460	-51.773.362
Túnel	-21.918.418	-51.784.356
Túnel	-21.901.028	-51.821.289
Túnel	-21.897.105	-51.832.544
Túnel	-21.897.388	-51.831.898
Túnel	-21.893.144	-51.844.002
Túnel	-21.888.980	-51.856.096
Túnel	-21.888.549	-51.857.342
Túnel	-21.872.223	-51.904.902
Túnel	-21.871.167	-51.907.954
Túnel	-21.869.111	-51.913.931
Túnel	-21.862.802	-51.940.128
Túnel	-21.862.405	-51.943.193

Túnel	-21.859.487	-51.965.161
Túnel	-21.858.231	-51.974.346
Túnel	-21.856.406	-51.988.075
Túnel	-21.856.231	-51.988.597
Túnel	-21.855.733	-51.993.325
Túnel	-21.854.224	-52.003.882
Túnel	-21.853.384	-52.009.799
Túnel	-21.838.215	-52.041.961
Túnel	-21.832.342	-52.053.471
Túnel	-21.828.884	-52.060.189
Túnel	-21.821.318	-52.074.888
Túnel	-21.816.138	-52.085.123

---

---

TABELA- 3 *Coordenadas dos quilômetros de hotspots encontrados no trecho 1 apresentadas no presente trabalho.*

HS- Totais	Latitude	Longitude
1, 54990	-20.134.530.547	-56.658.077.559
1, 57995	-20.170509551	-56.549080977
1, 56394	-20.170509551	-56.549080977
1, 58598	-20.190265410	-56.488263105
1, 58198	-20.269930937	-56.330702070
1, 54117	-20.134764922	-56.655174727
1, 54800	-20.148676055	-56.605634932
1, 54800	-20.150679229	-56.600218672
1, 56394	-20.175748809	-56.535628828
1, 60587	-20.189375518	-56.456231855
1, 50200	-20.189.664.824	-56.453338789
1, 55399	-20.271083281	-56.328060469
1, 54200	-20.143268340	-56.619000410
1, 53799	-20.145376494	-56.613624434
1, 57196	-20.149725859	-56.602948164
1, 61365	-20.271.083.281	-56.328060469

TABELA- 4 *Coordenadas dos quilômetros de hotspots encontrados no trecho 2 apresentadas no presente trabalho.*

HS- Totais	Latitude	Longitude
2, 92799	-32.53678	-52.5381
2, 90558	-32.53938	-52.5388
4, 92009	-32.5416	-52.540
10, 09839	-32.544	-52.5422
8, 05400	-32.5464	-52.5437
1, 96200	-32.5487	-52.5453
2, 05600	-32.5511	-52.5468
2, 10000	-32.5535	-52.5484
6, 08800	-32.5558	-52.5499
7, 19200	-32.5582	-52.5515
2, 15000	-32.5606	-52.553
2, 97800	-32.563	-52.5546
3, 95784	-32.5653	-52.5561
2, 14677	-32.5677	-52.5577
3, 15382	-32.5703	-52.5584
2, 92800	-32.5729	-52.5594
3, 86584	-32.5755	-52.5604
4, 92979	-32.5781	-52.5613
2, 06600	-32.5807	-52.5623
2, 04800	-32.5832	-52.5633
5, 09600	-32.5858	-52.5642
7, 09200	-32.5884	-52.5652
2, 06600	-32.591	-52.5661
3, 06200	-32.5936	-52.567
7, 13800	-32.5962	-52.5679
2, 08000	-32.5988	-52.5688
3, 04800	-32.6014	-52.5697

TABELA- 4 *Coordenadas dos quilômetros de hotspots encontrados no trecho 3 apresentadas no presente trabalho.*

HS-totais	Latitude	Longitude
2, 87800	-22.7554	-49.4845
1, 76800	-22.8703	-49.6426
1, 80600	-22.8706	-49.6455
1, 76800	-22.8709	-49.6484
1, 78000	-22.8939	-49.944
3, 76800	-22.8923	-49.9464
9, 69400	-22.8794	-49.9653
5,7 2400	-22.8778	49.9676
1,7 3400	-22.8718	-49.9734
1,7 4600	-22.8695,	-49.9749
12, 85399	-22.8512	-49.9911
13, 77600	-22.8505	-49.994
1, 82800	-22.8468	-50.008
3, 81757	-22.8459	-50.0102
3, 80578	-22.8414	-50.0145
6, 77758	-22.8396	-50.0167
7, 69599	-22.8290	-50.0365
3, 79200	-22.8274	-50.0323
3, 78600	-22.8178	-50.0543
7, 81800	-22.8021	-50.0808
8, 84600	-22.8008	-50.0834
2, 75200	-22.7982	-50.0885
2, 72400	-22.7969	-50.0911
11, 84800	-22.7956	-50.0936
12, 79800	-22.7943	-50.0962
3, 83200	-22.7918	-50.1039
4, 78600	-22.7905	-52.5697
1, 75200	-22.7892	-50.1065
1, 80200	-22.7879	-50.1091
5, 86600	-22.7813	-50.1219
6, 76600	-22.7831	-50.1245
4, 79800	-22.7723	-50.1399
4, 77600	-22.7712	-50.1425
1, 82600	-22.7697	-50.1451
18, 71200	-22.7684	-50.1476
18, 77400	-22.7554	-50.1733
1, 79400	-22.7541	-50.1759
1, 74200	-22.7528	-50.1785
2, 82000	-22.6787	-50.3249
1, 71000	-22.6774	-50.3275
1, 82800	-22.6657	-50.3506
2, 83400	-22.6644	-50.3531
4, 78000	-22.6474	-50.3865
4, 77600	-22.6461	-50.3891
1, 82600	-22.6381	-50.1759
18, 71200	-22.7528	50.1785
18, 77400	-22.6787	-50.3249
1, 79400	-22.6774	-50.3275
1, 74200	-22.6657	-50.3506
2, 82000	-22.6644	-50.3531

1, 71000	-22.6474	-50.3865
1, 82800	-22.6461	-50.3891
2, 83400	-22.6381	-50.4104
4, 78000	-22.6379	-50.4134
11, 71200	-22.6363	-50.4397
7, 67200	-22.6361	-50.4426
3, 77200	-22.6352	-50.4572
3, 82200	-22.635	-50.4602
1, 75800	-22.6337	-50.4806
1, 89000	-22.6335	-50.4836
1, 80200	-22.633	-50.4923
1, 76600	-22.6328	-50.4953
2, 73400	-22.6326	-50.4982
2, 70200	-22.6324	-50.5011
2, 69121	-22.6322	-50.504
1, 86400	-22.6321	-50.507
1, 83400	-22.6319	-50.5099
2, 86400	-22.6291	-50.5538
2, 78400	-22.6289	-50.5567
3, 76599	-22.6281	-50.5684
3, 81200	-22.6279	-50.5713
15, 82598	-22.6215	-50.6847
17, 74200	-22.6206	-50.6875
5, 72800	-22.6041	-50.7176
21, 73200	-22.6027	-50.7201
16, 75600	-22.5668	-50.7822
12, 87200	-22.5653	-50.7846
22, 80000	-22.5639	-50.7871
10, 68600	-22.5625	-50.7896
3, 69600	-22.561	-50.7921
4, 72000	-22.5596	-50.7946
3, 78000	-22.5423	-50.8243
3, 77000	-22.5408	-50.8268
4, 75600	-22.5178	-50.8664

3, 82000	-22.499	-50.8986
3, 77000	-22.4976	-50.9011
4, 75000	-22.4961	-50.9036
4, 75000	-22.4947	-50.9061
3, 75952	-22.4933	-50.9086
3, 80947	-22.4904	-50.9135
2, 78400	-22.489	-50.916
2, 74999	-22.4875	-50.9185
3, 88232	-22.4746	-50.9408
3, 72771	-22.4732	-50.9433
3, 64138	-22.4414	-50.9978
4, 71419	-22.44	-51.0003
1, 77000	-22.4227	-51.0301
3, 81800	-22.4213	-51.0326
3, 76200	-22.3853	-51.0945
2, 73000	-22.3838	-51.097
2, 74600	-22.3824	-51.0995
14, 82800	-22.3795	-51.1044
14, 73000	-22.378	-51.1069
168, 75000	-22.3766	-51.1094
168, 76000	-22.3405	-51.1713
4, 73200	-22.339	-51.1738
7, 74400	-22.3174	-51.2109
2, 70600	-22.3159	-51.2134
17, 79000	-22.313	-51.2184
17, 77600	-22.3117	-51.2209
18, 71200	-22.1833	-51.3644
46, 67600	-22.1814	-51.3665
26, 82000	-22.1716	-51.3802

---