

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERENCIAMENTO COSTEIRO  
NÍVEL MESTRADO

ROSANE NAUDERER

**AVALIAÇÃO DO TELAMENTO DAS MARGENS DA RODOVIA, COMO MEDIDA  
PARA REDUÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE CAPIVARAS (*Hydrochoerus  
hydrochaeris*) NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM-RS.**

RIO GRANDE

2014

ROSANE NAUDERER

**AVALIAÇÃO DO TELAMENTO DAS MARGENS DA RODOVIA, COMO MEDIDA  
PARA REDUÇÃO DE ATROPELAMENTOS DE CAPIVARAS (*Hydrochoerus  
hydrochaeris*) NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM-RS.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro da Universidade Federal do Rio Grande.

Comitê de orientação:

Orientador: Prof. Dr. Cleber Palma Silva

Membros: Prof. Dr. Milton Lafourcade Asmus

Prof. Dr. Carlos Roney Armanini  
Tagliani

RIO GRANDE

2014

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade desta vida e a todos os seres que de alguma forma possam ter influenciado o desenvolvimento deste estudo. À minha família, meus pais Rosa e Chico, minha irmã Denise, meu sobrinho Matheus, ex-cunhado Carlos, minha nova irmã Milene, meu novo cunhado Franz e meus filhos que ainda vivem, os que já se foram e talvez já estejam de volta, alguns em especial que sempre se fizeram muito presentes para mim, mas que agora estão longe: Sabrina, Catarina, Rodolfo, Preta, Kabupi, Jacqueline, Felpuda, Leleca, Margie, Mimosa e Mimoso e todos que ainda estão perto, os que ganharam novas famílias ou que ainda vivem no espaço das ruas. Aos meus amigos de todos os lugares e que mesmo longe continuam meus amigos, e muitas vezes foram o apoio para eu continuar aqui: Luis, Adriana, Graça e Leonise, Graziela, Rejane (também por cuidarem dos meus filhos). À Claudinha, cuja sugestão me fez trilhar o caminho da área ambiental. Aos meus colegas do ICMBio da ESEC do Taim, onde começou este trabalho e que, sem os quais este não teria sido viável: Henrique por ter acreditado na proposta e apoiado desde o início, pela confiança em todas as ações necessárias; Carol por todo o trabalho executado desde o início e que continua sendo realizado através de seu empenho, por todas as informações, análises e trabalho ininterrupto, mas acima de tudo pela amizade, carinho, companhia e pelo imprescindível “apito sonoro de tempo se esgotando”; Hamilton por ter me recebido na ESEC e providenciado todo o apoio logístico necessário à realização do trabalho; Silvério e Cérgio pelos vários monitoramentos imprescindíveis para a realização de algumas análises, como dos registros dos túneis e estado de conservação do telamento. Caio, pela ajuda especial na área de geoprocessamento e sugestões preciosas. A Ellen e Vinícius pela ajuda e paciência com tantos pedidos de informações, dados e apoio logístico. Ao pessoal do apoio da ESEC por terem sido sempre tão prestativos e gentis. A todos os servidores e funcionários da ESEC que de alguma forma auxiliaram neste estudo. Um reconhecimento a todo trabalho anterior de levantamento de dados realizado pela equipe da ESEC, através de um estudo iniciado pelo nosso colega Amauri, para avaliação dos eventos de atropelamento, cujos dados eram coletados em campo pela Dona Zilda e demais servidores. Ao meu ex-chefe no CEPERG, Gilmar por ter apoiado esta parceria e me

liberado para a realização dos monitoramentos e participação em cursos de capacitação. Por fim, ao meu orientador Cleber pela enorme paciência com uma principiante perdida nos dados e por todas as criteriosas análises do trabalho, dicas e sugestões que permitiram que eu conseguisse realizá-lo no prazo, com objetividade. Aos meus co-orientadores Milton e Carlos pelas análises realizadas e dicas preciosas que fizeram com que eu conseguisse pensar no trabalho através de outros olhos. À FURG pela oportunidade de estudo. Ao ICMBio e ao IBAMA pela oportunidade de trabalho. Dedico este aos nossos irmãos de outras espécies, que possa ser-lhes útil de alguma forma.

## RESUMO

A Estação Ecológica (ESEC) do Taim é uma Unidade de Conservação Federal, localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul, afetada pelo impacto antrópico da rodovia BR471 que propicia o atropelamento de fauna. Devido à magnitude deste impacto, no ano de 1998 foi projetado e instalado um sistema de proteção à fauna (SPF). Em 2002 o SPF sofreu danos e vários componentes do sistema ficaram inoperantes, principalmente a estrutura de telamento. Mesmo após a implantação do SPF são registrados atropelamentos de fauna nesta área. A espécie mais afetada por estes eventos é a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). A partir de abril de 2010 foi iniciado um programa de monitoramento para avaliar a magnitude do impacto da rodovia sobre a fauna da ESEC. Um dos objetivos do monitoramento foi avaliar a influência do telamento nos eventos de atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*). A coleta de dados foi realizada de abril de 2010 a março de 2013, entre os quilômetros 536 e 553. Foram amostrados 2.270 quilômetros em 132 dias de esforço, registrando 629 capivaras (*H. hydrochaeris*) atropeladas. A taxa de atropelamento da espécie no período foi de 0,278 ind./km/dia. As maiores taxas de atropelamento foram registradas no inverno e as menores, no verão. Ocorreu uma correlação negativa entre o fluxo de veículos e as taxas de atropelamento e foram identificados doze hotspots de atropelamentos. Através da análise dos dados conclui-se que as condições de manutenção são uma das causas mais relevantes nas ocorrências de atropelamentos, que apresentaram padrões de agregação em diversas escalas. Houve um decréscimo estatisticamente significativo nas taxas de atropelamento de capivaras nos últimos três anos de coletas e o telamento das margens da rodovia se mostrou efetivo para a redução considerável do atropelamento de capivaras na área. As passagens de fauna devem ser empregadas juntamente com as cercas condutoras e os controladores de velocidade. O monitoramento deve ser continuado visando igualmente à avaliação da estrutura do SPF, para manutenção preventiva.

Palavras Chave: Atropelamentos de fauna, Unidade de Conservação, efetividade de sistemas de proteção, (*Hydrochoerus hydrochaeris*).

## ABSTRACT

The Taim Ecological Station (ESEC) is a Federal Conservation Unit, located in the coastal plain of Rio Grande do Sul, affected by anthropogenic impact of the BR471 highway, which provides trampling of fauna. Due to the magnitude of this impact, a system of wildlife protection (SPF) was designed and installed in 1998. In 2002 the SPF suffered damage and various system components were dead, mainly the fencing structure. Even after the implementation of SPF, roadkill of wildlife are being recorded in this area. The species most affected by these events is the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). From April 2010, a monitoring program was initiated to evaluate the magnitude of the impact of the highway on the fauna of ESEC. One of the goals of the monitoring was to evaluate the influence of the fencing on of events of roadkill of capybara (*H. Hydrochaeris*). Data collection was carried out from April 2010 to March 2013, in the area of 536 and 553 km. 2270 km were sampled during 132 days, registering 629 capybaras (*H. Hydrochaeris*) underfoot. The hit rate of the species in the period was 0,278 ind / Km / day. The highest rates of trampling were recorded in winter and the lowest in summer. A negative correlation was found between the flow of vehicles and rates of trampling and twelve roadkill hotspots were identified. Through analysis of the data it was concluded that the conditions of maintenance is one of the most important causes in the occurrences of road kills which showed aggregation patterns at various scales. There was a statistically significant decrease in the trampling of capybaras in last 3 years of collection and fencing the margins of the highway was effective for a considerable reduction of the trampling of capybaras in the area. The wildlife crossings tunnels should be employed along the road with the conductive fences and speed controllers. Monitoring should be continued also aiming at assessing the structure of the SPF, for preventive maintenance.

Keywords: Accidents involving wildlife, Conservation Unit, effectiveness of protection systems, (*Hydrochoerus Hydrochaeris*).

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
ABREVIACÕES E SÍMBOLOS.....	12
INTRODUÇÃO .....	14
1 OBJETIVOS .....	20
Objetivo Geral .....	20
Objetivos Específicos.....	20
2 METODOLOGIA.....	21
2.1 Coleta de dados .....	21
2.2 Volume de tráfego.....	23
2.3 Análise de dados.....	24
2.4 Estatística e tratamento dos dados .....	25
3 RESULTADOS .....	26
3.1 Distribuição dos atropelamentos no período e conforme a sazonalidade .....	26
3.2 Frequências de atropelamentos.....	27
3.3 Fluxo de veículos e estado de conservação do SPF.....	29
3.4 Distribuição e escala espacial dos atropelamentos.....	29
4 DISCUSSÃO .....	32
5 CONCLUSÕES .....	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45

REFERENCIAL .....49

REFERÊNCIAS .....53

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização do trecho da rodovia BR471 próximo à área da Estação Ecológica do Taim (área demarcada em vermelho). (Fonte NeoCorp, 2011) .....15
- Figura 2- Representação da estrutura física do SPF (Sistema de Proteção a Fauna) existente no trecho da rodovia BR471 próximo à área da ESEC do Taim (adaptado de Projesul, 1998) ..... 17
- Figura 3 – Trecho da rodovia BR471 monitorado (adaptado de Projesul, 1998) .....21
- Figura 4 – Trecho do km 538 da rodovia BR471 na área do SPF, com presença de vegetação arbustiva e descontinuidade de reparos no telamento.....22
- Figura 5 – Trecho do km 537 da rodovia BR471 onde o SPF resta inconcluso, em área de vegetação arbustiva e utilizada pela espécie.....23
- Figura 6 – Variação nas taxas de atropelamentos mensais e anuais de capivaras (*H. hydrochaeris*) no período de abril de 2010 a março de 2013.....26
- Figura 7 – Variação sazonal das taxas de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*) no período de abril de 2010 a março de 2013.....27
- Figura 8 – Variações nas taxas de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*) conforme o estado de conservação do SPF, nos meses de julho a janeiro, entre os anos de 2010 e 2013.....28

Figura 9 – Variação nas taxas de atropelamentos de capivaras ( <i>H. hydrochaeris</i> ) conforme o Setor do SPF, no período de abril de 2010 a março de 2013.....	28
Figura 10 – Correlação entre fluxo de veículos e frequências de atropelamentos de capivaras ( <i>H. hydrochaeris</i> ) no trecho do SPF, no período de março de 2012 a março de 2013.....	29
Figura 11 – Resultado da estatística K-Ripley para a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras, no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para raio de 100m.....	30
Figura 12 – Resultado da estatística K-Ripley para a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras, no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para raio de 500m.....	30
Figura 13 – Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras ( <i>H. hydrochaeris</i> ), no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para a escala de 100m de raio. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança.....	31
Figura 14 – Resultado da análise de hotspots de atropelamento de capivaras ( <i>H. hydrochaeris</i> ), no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para a escala de 500m de raio e limite de confiança de 90%.....	31
Figuras 15 e 16 – Movimentação de capivaras no trecho da BR471, na área do SPF, onde se observa um indivíduo adulto liderando um fila, seguido por filhotes (crédito: Cleber Palma Silva) .....	32
Figuras 17 e 18 – Trecho do SPF localizado no Setor 1 com telamento danificado devido a acidente e onde os animais conseguem acessar a rodovia.....	34
Figuras 19 e 20 – Trecho do SPF com partes do telamento inconclusas propiciando acesso da fauna à rodovia, localizado no Setor 3.....	36
Figuras 21 e 22 – Controladores de velocidade localizados no km 536 e 553 da rodovia BR471.....	37

Figura 23 - Reparos no “mata-burro” localizado na divisa entre os Setores 1 e 2, no período de julho a setembro de 2012.....	39
Figuras 24 e 25 – Eventos de atropelamentos de fauna imediatamente antes e após a localização dos controladores de velocidade.....	43
Figuras 26 e 27 – Passagem de fauna padrão do SPF e problemas associados à presença dos “mata-burros” que dividem os trechos telados e não telados.....	47

## **ABREVIações E SÍMBOLOS**

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

ESEC – Estação Ecológica

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

KM – Quilômetro

MMA – Ministério do Meio Ambiente

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SPF - Sistema de Proteção a Fauna

UC – Unidade de Conservação

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura

VDM – Volume diário médio de veículos

## INTRODUÇÃO

A Estação Ecológica (ESEC) do Taim é uma Unidade de Conservação (UC) Federal criada em 1986 e está localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul entre a Lagoa Mirim, Lagoa Mangueira e o Oceano Atlântico (Figura 1). Com aproximadamente 11 mil hectares de área, preserva banhados, lagoas, campos, dunas e matas. É um sítio prioritário para a conservação pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e área reconhecida como Reserva da Biosfera pela UNESCO, com um grande número de espécies vegetais e animais. Em sua rica biodiversidade, ocorrem animais ameaçados de extinção, como a lontra (*Lontra longicaudis*) e o gavião-cinza (*Circus cinereus*) (Fontana *et al.*, 2003; Machado *et al.*, 2008).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (2000) classifica as Unidades de Conservação em dois grupos: Unidades de Conservação de Proteção Integral e Unidades de Conservação de Uso Sustentável. As Estações Ecológicas encontram-se dentro do primeiro grupo e têm como objetivos a preservação da natureza, a educação ambiental e a realização de pesquisas científicas, sendo que, só é permitido o uso indireto dos recursos naturais, ou seja, apenas a utilização que não envolva consumo, coleta, dano ou destruição destes recursos (ICMBio, 2012). Normalmente as áreas de preservação são afetadas pelas atividades humanas realizadas em seu entorno. No caso da Estação Ecológica do Taim, as principais atividades econômicas desenvolvidas nas proximidades são a silvicultura de

espécies exóticas, a pecuária, a rizicultura, o turismo e a pesca, além do impacto da fragmentação de *habitat* causado pela rodovia federal (BR 471), que liga o Sul do país com o Uruguai.

Esta rodovia está localizada entre os municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, no Estado do Rio Grande do Sul, ligando a região sul do Brasil aos países mais austrais como Uruguai e Argentina. Ao cruzar área próxima à Estação Ecológica do Taim (Figura 1) a rodovia apresenta pista simples, com acostamento reduzido e velocidade média permitida de 60 km/h. A ocorrência de atropelamentos de fauna neste local é frequente, sendo que a espécie mais comumente visualizada pelos condutores é a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*).

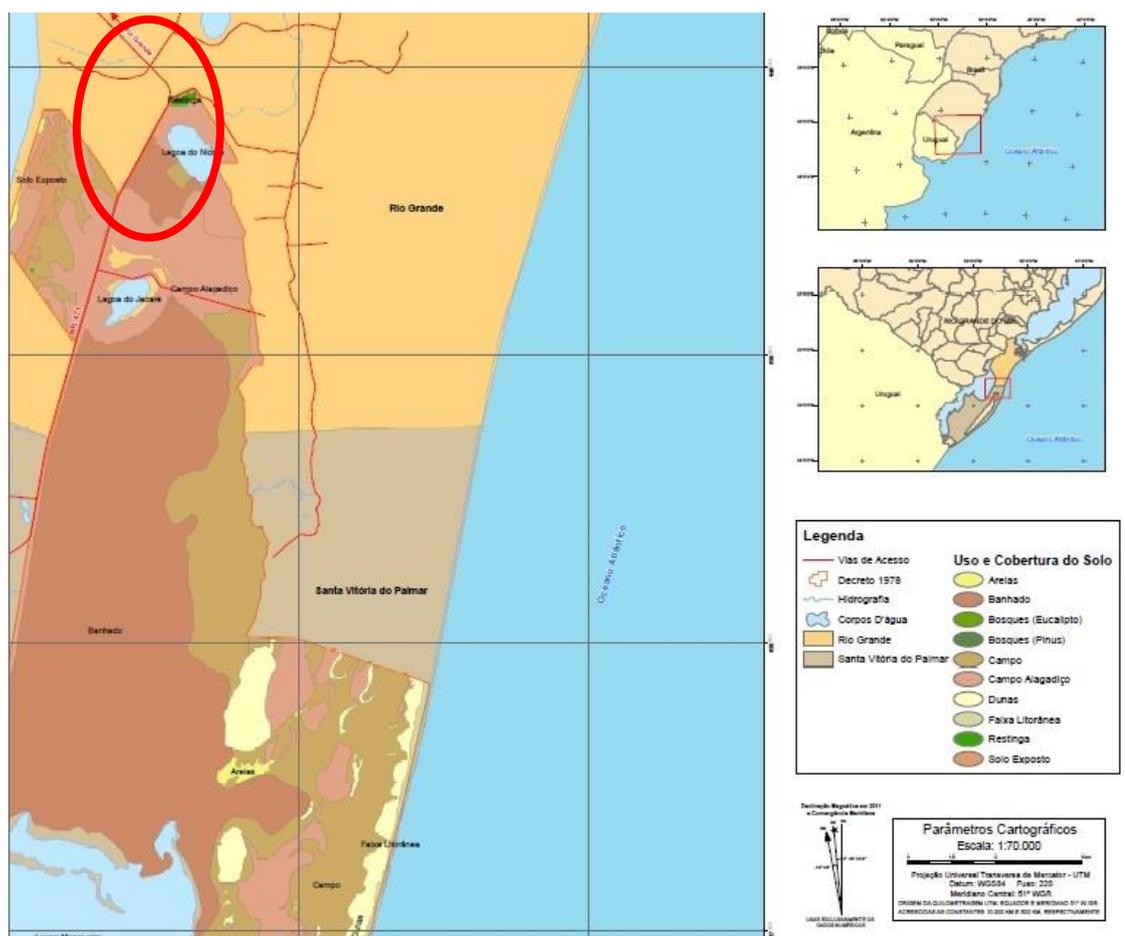


Figura 1 - Localização do trecho da rodovia BR471 próximo à área da Estação Ecológica do Taim (área demarcada em vermelho). (Fonte NeoCorp, 2011)

Rodovias interligando pontos distantes e/ou atravessando grandes áreas preservadas tendem a apresentar altos índices de mortalidade da fauna silvestre (Fischer, 1997). O impacto à fauna causado pela rodovia BR 471 é um problema identificado tanto pela sociedade em geral, quanto pela comunidade científica e pelos gestores da UC. Assim, na década de 90 a administração da Estação Ecológica propôs uma ideia de estrutura direcionada à proteção da fauna afetada pela rodovia. Foram solicitados estudos e análises, os quais resultaram em pareceres que corroboraram esta necessidade, porém com soluções divergentes (Projesul, 1998). O Sistema de Proteção a Fauna (SPF) da Estação Ecológica do Taim foi projetado e instalado no ano de 1998, através de uma parceria entre o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e da iniciativa privada. Este sistema era composto por túneis sob a rodovia, placas de sinalização para motoristas, telas adjacentes ao acostamento em parte do trecho e “mata-burros” na divisa dos trechos telados e não telados, além de um controlador de velocidade na metade do percurso onde não havia previsão do telamento.

Em meados de abril de 2002 a estrutura do SPF foi afetada por altas taxas de precipitação pluviométricas. A partir de então, vários componentes do sistema ficaram inoperantes, como o conjunto de túneis sob a rodovia, que foram assoreados, o telamento do lado direito da rodovia na direção Rio Grande-Santa Vitória do Palmar que foi derrubado em diversos pontos e o controlador de velocidade instalado na parte central do trecho que foi depredado. No ano de 2009, a administração da ESEC iniciou negociações com o órgão responsável pela manutenção do SPF, o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) para os reparos na estrutura. Os trabalhos de recuperação foram iniciados em julho de 2011 e encerrados em janeiro de 2012 com cerca de 80% da estrutura restaurada. A obra não foi totalmente concluída devido ao estabelecimento de vegetação nativa, em trechos onde antes existiam as telas. Como esta vegetação deveria ser retirada, o DNIT solicitou licença ao IBAMA, fato que atrasou o processo devido a diversos entraves burocráticos. Em 2010, paralelamente a estas negociações, ocorreram reuniões e saídas de campo, envolvendo o DNIT, o IBAMA e o ICMBio, visando iniciar discussões referentes a um possível licenciamento de que seria alvo a rodovia BR 471. A ideia central seria avaliar a eficiência do Sistema

de Proteção à Fauna e propor novas medidas com base técnica, o que acabou não ocorrendo.

Atualmente, o trecho que abrange o SPF não está contido na área da ESEC e sim, parcialmente em seu entorno. A ampliação da UC está em fase de finalização e quando isto ocorrer, um trecho do SPF cortará a área da ESEC, porém, no decreto de ampliação a rodovia e sua faixa de domínio ficam excluídas da poligonal continuando sob a responsabilidade do DNIT e da PRF. O SPF é composto por 19 túneis sob a rodovia, placas de sinalização para motoristas, telas adjacentes ao acostamento em parte do trecho e “mata-burros” na divisa dos trechos telados e não telados, abrangendo uma extensão de aproximadamente 15,7km (Figura 2), além de dois controladores de velocidade instalados próximos aos pórticos de acesso à área da Estação nos dois sentidos, que entraram em funcionamento a partir de março de 2012 e constituem o único diferencial em relação à estrutura original do SPF.

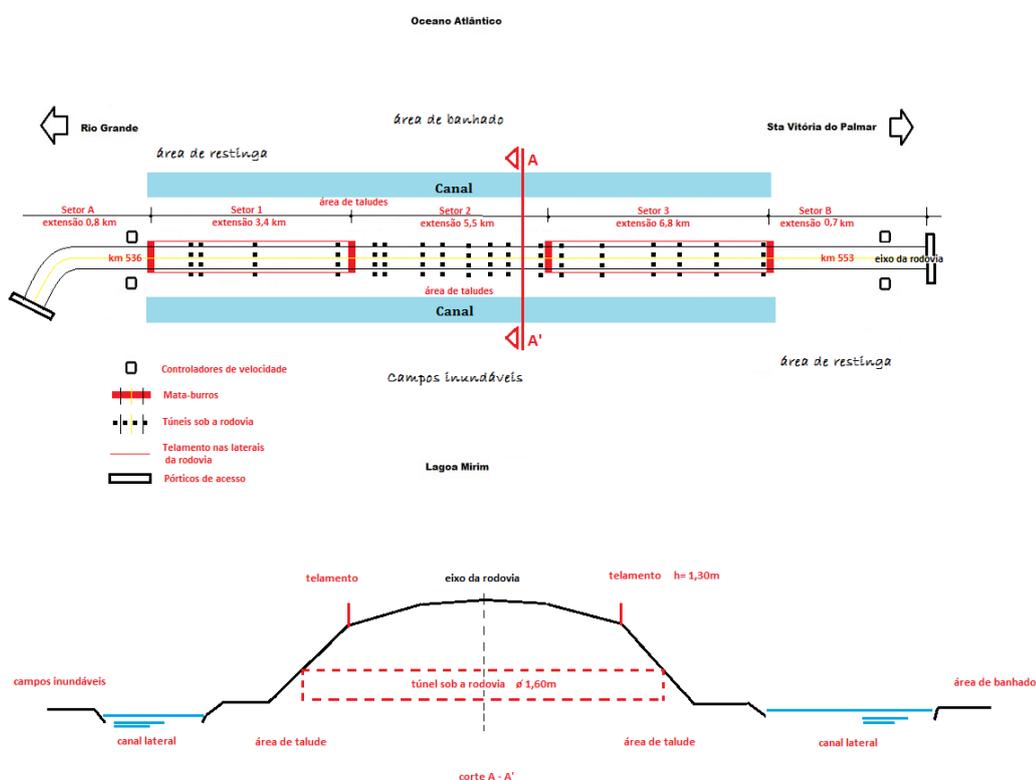


Figura 2 – Representação da estrutura física do SPF (Sistema de Proteção a Fauna) existente no trecho da rodovia BR471 próximo à área da ESEC do Taim (adaptado de Projesul, 1998).

Mesmo após a implantação do SPF são registrados atropelamentos de fauna neste trecho da BR 471. Os impactos causados à fauna devido a atropelamentos nas rodovias têm recebido a atenção de diversos pesquisadores no Brasil (Novelli, 1988; Fischer, 1997; Rosa & Mahaus, 2004; Prado *et al.*, 2006; Hengemühle & Cademartori, 2008; Gumier-Costa & Sperber, 2009; Turci & Bernarde, 2009; Santos *et al.*, 2012). Outros estudos têm sido realizados abordando os efeitos sobre grupos taxonômicos específicos, como mamíferos (Pereira *et al.*, 2006; Cáceres *et al.*, 2012), aves (Ramos *et al.*, 2011) e herpetofauna (Silva *et al.*, 2007; Kunz & Ghizoni-Jr, 2009).

No caso da Estação Ecológica do Taim, através de levantamentos que vêm sendo realizados a partir dos anos 90, uma das espécies com maior número de registros de atropelamento é a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), sendo identificada também como a que mais tem relação com os acidentes envolvendo veículos e animais no referido trecho (Projesul, 1998).

Desde a implementação do SPF, não se conhece a efetividade do sistema, pois é necessário analisá-lo como uma estrutura integrada, que de fato é. Recentemente, Bager & Fontoura (2013), com dados do período de 1995 a 2002, concluíram que o SPF não foi efetivo para a redução dos atropelamentos de fauna, com as taxas de atropelamento se mantendo fixas, exceto para a espécie ratão-dobanhado (*Myocastor coypus*). Porém, neste estudo, entre outros fatores, não foi levado em consideração o estado de manutenção desta estrutura, o que pode gerar uma falsa ideia que o SPF não seja efetivo para o propósito a que se destina, o qual seja a contenção do acesso ao leito da rodovia pela fauna e a alternativa viável de circulação entre os ambientes contíguos a rodovia, através dos túneis.

O problema central é que os dados são insuficientes para uma análise conclusiva sobre a efetividade do sistema, visto que não existem registros de monitoramento dos túneis como alternativa à circulação de fauna, além de nunca ter sido realizado o monitoramento conjunto dos eventos de atropelamento e das condições de manutenção das estruturas físicas do SPF.

Este estudo analisou dados de diferentes períodos de manutenção do SPF existente na área próxima à ESEC, focando na capivara (*H. hydrochaeris*), pois este animal foi o mais impactado em termos quantitativos e, pelos registros da época de implantação do SPF, teria sido um dos pontos focais das estratégias de mitigação concebidas.

## 1 OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Analisar o padrão dos atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*) no trecho do SPF localizado na BR471 próximo a área da ESEC do Taim.

### Objetivos Específicos

- Comparar o número de atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*) anualmente e sazonalmente;
- Analisar os atropelamentos conforme o estado de funcionamento e/ou conservação do sistema de proteção existente e fluxo de veículos na rodovia;
- Verificar e analisar as causas da ocorrência de *hotspots* de atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*);
- Propor recomendações voltadas à gestão da UC em relação a possíveis modificações no atual SPF visando sua maior efetividade;

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Coleta de dados

O trecho foi monitorado durante três anos, entre abril de 2010 e março de 2013 e está localizado entre os quilômetros 536 e 553 da rodovia BR 471, compreendendo a extensão de 17,2 quilômetros situados em área próxima a Estação Ecológica do Taim. Para o monitoramento verificava-se a pista de rolagem, os acostamentos e áreas contíguas à localização da estrutura de tela e, esta extensão aproximada de área de acostamento nos trechos sem tela (Figura 3). Todos os registros de atropelamento somente levaram em consideração os eventos que podiam ser visualizados através do deslocamento de dentro do veículo em movimento. Esta metodologia foi adotada visando padronizar o esforço de amostragem em relação à possibilidade de detecção, visto que algumas vezes observamos carcaças que não poderiam ter sido avistadas, as quais tomamos conhecimento devido a outro evento de atropelamento.

Durante todo o período foram percorridos 2.270 quilômetros de rodovia em 132 dias monitoramento.

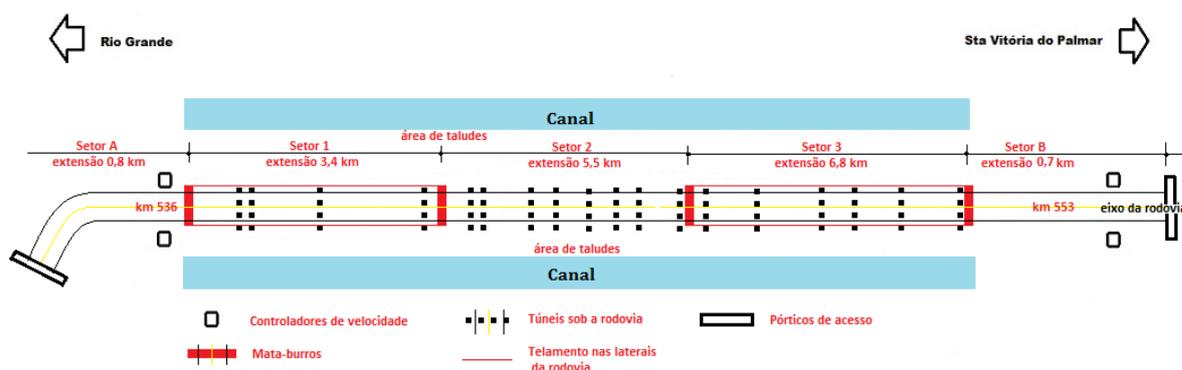


Figura 3 – Trecho da rodovia BR471 monitorado (adaptado de Projesul, 1998).

Entre abril e outubro de 2010 o trecho foi monitorado a cada 15 dias, depois até o final as coletas foram semanais. Quando foram observadas carcaças de

animais atropelados, estas foram identificadas e marcadas com tinta spray, para evitar recontagem, no caso dos animais que não podiam ser retirados da rodovia. Este procedimento foi realizado com o cuidado de não usar o produto em partes da carcaça que pudessem ser utilizadas como alimentação por predadores. Os pontos de atropelamentos de fauna foram identificados registrando-se apenas o quilômetro no período de abril de 2010 a junho de 2011, sendo que a partir de então também começaram a ser registradas as coordenadas geográficas obtidas através de receptor GPS 12XL™/Garmin.

Tendo por objetivo verificar se a ocorrência de atropelamentos de fauna tinha relação com a localização de trechos sem telamento - além da divisão originalmente definida dos três trechos como com previsão de telamento ou não - registramos os pontos onde o SPF restou sem manutenção devido a dificuldades de licenciamento, pela necessidade de corte de vegetação ou onde ocorreram acidentes posteriores à fase de manutenção e que danificaram as estruturas de tela (Figuras 4 e 5).



Figura 4 – Trecho do km 538 da rodovia BR471 na área do SPF, com presença de vegetação arbustiva e descontinuidade de reparos no telamento.



Figura 5 – Trecho do km 537 da rodovia BR471 onde o SPF resta inconcluso, em área de vegetação arbustiva e utilizada pela espécie.

## 2.2 Volume de tráfego

Foram solicitados ao DNIT os dados referentes ao volume diário médio (VDM) de veículos que cruzam o trecho da rodovia na área da Estação Ecológica do Taim. Estes dados são obtidos através dos controladores de velocidade instalados nos dois acessos a área da UC, sendo especificados: a quantidade, tipos de veículos conforme o porte, horário e sentido de passagem, a partir do mês de março do ano de 2012, quando os controladores entraram efetivamente em funcionamento. Para esta análise levamos em consideração somente o VDM no trecho, nos dois sentidos da rodovia, para analisar a correlação com o número de atropelamentos mensais. Durante o mês de maio de 2012, um dos controladores apresentou problemas não tendo registrado todos os dias do mês, desta forma utilizaram-se os dados do controlador que marca o fluxo contrário, que nos outros períodos mostrou resultados aproximados. Para os outros meses, quando em alguns dias de fluxo foram observadas inconsistências, utilizávamos os dados dos controladores de fluxo contrário, mas de mesma localização. Os meses de julho de 2012 e março de 2013 apresentaram problemas em todos os controladores em grande parte do período. Desta forma, nos baseamos nos dados dos dias em que os controladores funcionaram, de cada mês, para uma estimativa dos fluxos mensais.

### 2.3 Análise de dados

Os dados foram analisados conforme os três setores representados na Figura 2: Setor 1 com telamento e túneis, Setor 2 sem telamento e com túneis e Setor 3 com telamento e túneis, além dos dois trechos contíguos ao SPF e que se localizam entre os pórticos de acesso a área, sendo denominados de Setor A e Setor B. Como houve variação no estado de conservação do telamento ao longo do tempo, foram analisados três períodos, conforme a variação no estado de conservação: o primeiro período compreende o espaço de tempo em que o SPF encontrava-se danificado e correspondeu ao início dos monitoramentos, de abril de 2010 até o mês de junho de 2011; o segundo período, ocorreu entre os meses de julho de 2011 e janeiro de 2012, quando o SPF esteve em processo de manutenção; por fim, o terceiro período correspondeu ao espaço de tempo após o processo parcial de reparos e se estendeu de fevereiro de 2012 a abril de 2013.

Visando avaliar se houve diferenças nas taxas de atropelamentos entre trechos do SPF, foram utilizadas diferentes abordagens metodológicas. A primeira dividiu o trecho do SPF, propriamente dito, em três setores, sendo dois deles parcialmente telados, com presença de túneis e extensão de 3,4 km (Setor 1) e 6,8km (Setor 3), respectivamente, e um setor não telado com presença de túneis e extensão de 5,5 km (Setor 2) localizado no meio do trecho (Figura 2). Esta divisão em setores baseou-se nas características físicas do SPF e na possibilidade de travessia da estrada pelos animais e consequente possibilidade de atropelamento, conforme o tipo de estrutura presente.

A segunda abordagem levou em consideração os 15,7km que constituem o SPF propriamente dito, além dos 1,5km adjacentes a cada pórtico de acesso à ESEC, abrangendo uma área de 17,2kms, entre trechos telados e não telados. Avaliamos a frequência de atropelamentos entre trechos (quilômetros) por ano e se houve variação nas taxas de atropelamento conforme as estações climáticas, o estado de manutenção do SPF e o fluxo de veículos no trecho. Para a avaliação da variação sazonal dos eventos de atropelamento consideramos os meses de janeiro, fevereiro e março como verão, abril, maio e junho como outono, julho, agosto e

setembro como inverno e outubro, novembro e dezembro como primavera. Para a avaliação da variação conforme o fluxo de veículos, utilizamos os dados fornecidos pela empresa responsável pela manutenção dos controladores de velocidade.

Por fim, avaliamos os trechos do SPF em relação à distribuição das ocorrências de atropelamentos de fauna no espaço, isto é, se ocorreram de maneira aleatória ou se demonstraram padrões de agregação. Para estas análises foram utilizados os dados das coordenadas geográficas de cada registro de carcaça, no período de junho de 2011 a março de 2013, sendo que uma parte dos dados foi desconsiderada para as análises devido a erros encontrados no registro das coordenadas de atropelamentos, apesar da localização do quilômetro correspondente estar correta. Os dados referentes ao período em que o SPF esteve danificado não puderam ser avaliados através desta metodologia, pois ainda não estavam sendo registradas as coordenadas de cada ocorrência, e sim o km correspondente.

#### **2.4 Estatística e tratamento dos dados**

Os dados coletados foram estruturados em meio digital e comparados através da análise de variância (ANOVA) com teste de Kruskal-Wallis e, com o teste de Correlação de Pearson foram testadas as correlações entre variáveis. Para avaliação da não aleatoriedade dos pontos de agregação de ocorrências de atropelamentos e identificação de agregações significativas foi utilizada a análise Linear Ripley K-Statistics modificada conforme Coelho *et al.* (2011). As análises estatísticas foram realizadas utilizando os programas BioEstat 5.3 (Ayres *et al.*, 2007) e Siriema v 1.1 (Coelho *et al.*, 2011).

Para análise da variação sazonal e anual de atropelamentos foram utilizadas as taxas de atropelamento calculadas pela razão entre a quantidade total de atropelamentos e a quilometragem total percorrida, como descrito por Santos *et al.* (2012).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Distribuição dos atropelamentos no período e conforme a sazonalidade

Foram registrados 629 indivíduos da espécie *H. hydrochaeris* durante os três anos de monitoramento. A taxa de atropelamento da espécie neste período foi de 0,278 ind./km/dia (mín.: 0.000; máx.: 1.919), sendo de 0,543 ind./km/dia no primeiro ano, 0,205 ind./km/dia no segundo e 0,162 ind./km/dia no terceiro.

Em relação à ocorrência de diferença nas taxas de atropelamento conforme o decorrer dos anos verificamos que entre o período de abril de 2010 a março de 2011 e entre o período de abril de 2012 a março de 2013 houve diferença significativa nas taxas de atropelamento ( $p=0.0002$ ), assim como entre o período de abril de 2010 a março de 2011 e o período de abril de 2011 a março de 2012 ( $p=0.0075$ ) com (K-W;  $H=14.4556$ ;  $gl=2$ ;  $p=0.0007$ ) (Figura 6).

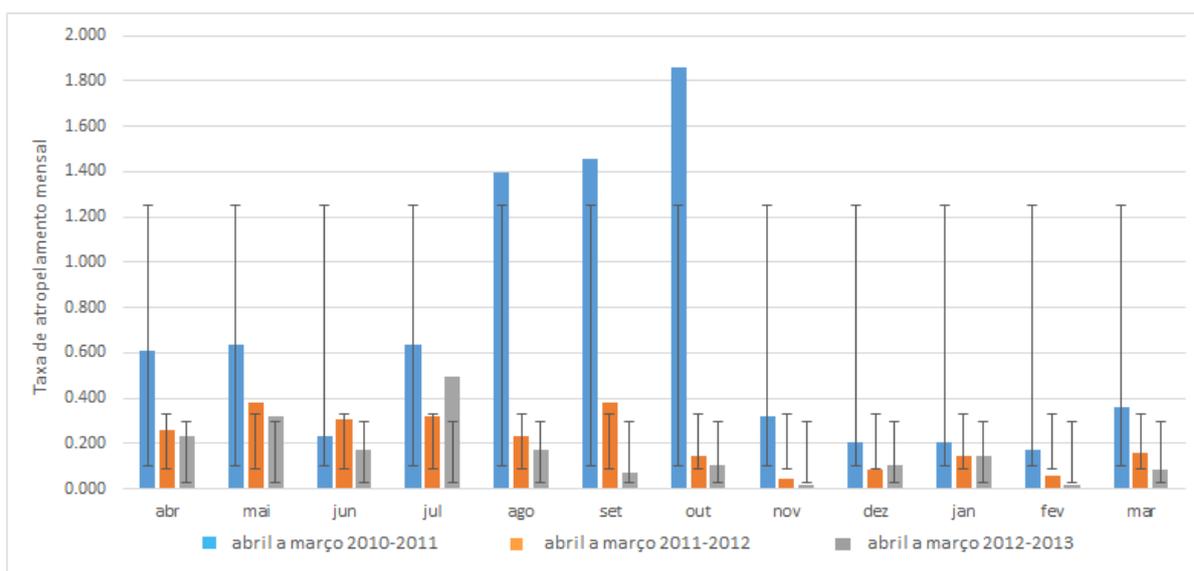


Figura 6 – Variação nas taxas de atropelamentos mensais e anuais de capivaras (*H. hydrochaeris*) no período de abril de 2010 a março de 2013.

A comparação das taxas de atropelamento de *H. hydrochaeris* entre as estações do ano mostrou diferença significativa entre os meses quentes e frios/chuvosos. As maiores diferenças foram entre os meses de verão e inverno

( $p=0.0030$ ) e verão e outono ( $p=0.0083$ ) seguidos por inverno e primavera ( $p=0.0129$ ) e outono e primavera ( $p=0.0307$ ) (K-W;  $H=13.5084$ ;  $gl=3$ ;  $p=0.0037$ ) (Figura 7). As maiores taxas de atropelamento ocorreram no inverno e as menores no verão.

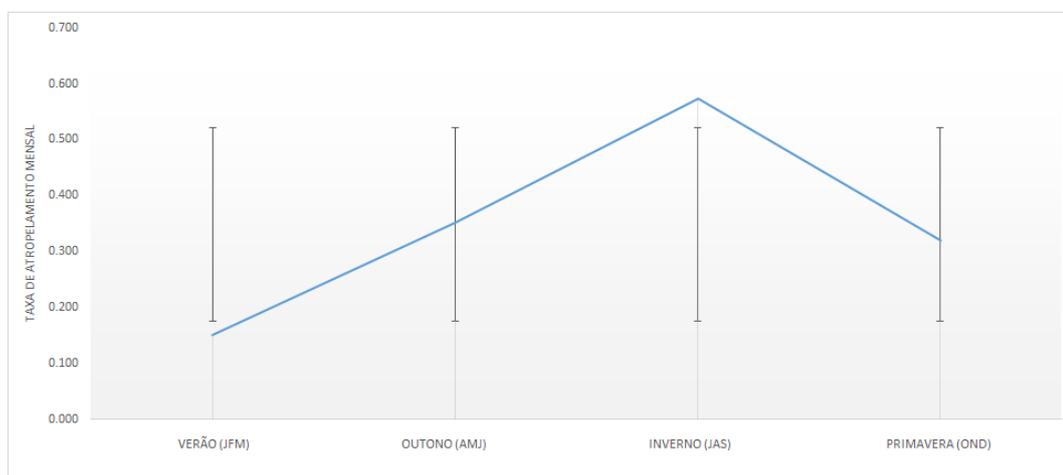


Figura 7 – Variação sazonal das taxas de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*) no período de abril de 2010 a março de 2013.

### 3.2 Frequências de atropelamentos

Os trechos do SPF foram avaliados por quilômetro, pelo período total dos três anos de monitoramento e verificou-se que aqueles com maiores frequências de atropelamento ocorreram nos quilômetros 537, 538, 539 (Setor 1), 541 (Setor 2), 546 (Setor 3) e 540, 545 (Setores 1 e 2; 2 e 3) respectivamente. O Setor 1 apresentou a maior quantidade de quilômetros com altas taxas de atropelamento, no total de quatro, seguido pelo Setor 2 que apresentou três e o Setor 3 com dois quilômetros críticos.

A análise entre os setores do SPF, conforme os períodos de conservação foram realizados no espaço de tempo compreendido entre os meses de julho e janeiro de cada ano, abrangendo sete meses de cada estado de conservação do sistema. Assim, foram comparadas as taxas de atropelamento mensais conforme cada estado, se danificado, em manutenção ou semi-reparado, em iguais sete meses de cada ano, sendo identificadas variações significativas entre o período em

que o SPF esteve danificado e em manutenção ( $p=0.0313$ ) e no período em que esteve danificado e semi-reparado ( $p=0.0048$ ) com (K-W;  $H=8.7354$ ;  $gl=2$ ;  $p=0.0127$ ) (Figura 8). Foram identificadas diferenças significativas para o Setor 3 nos períodos em que o SPF esteve danificado e em manutenção ( $p=0.0032$ ) e no período em que esteve danificado e semi-reparado ( $p=0.0007$ ) com (K-W;  $H=13.9198$ ;  $gl=2$ ;  $p=0.0009$ ).

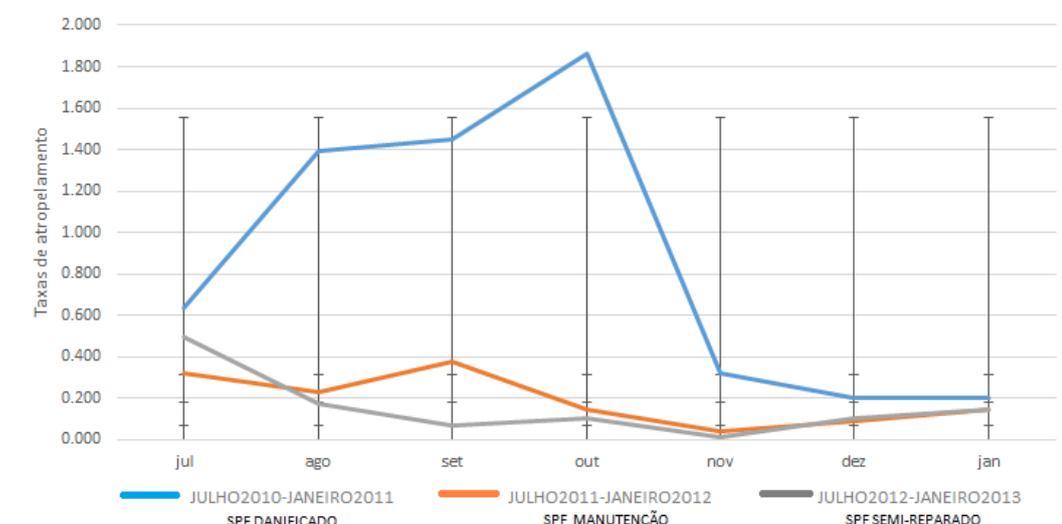


Figura 8 – Variações na frequência de atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*) conforme o estado de conservação do SPF, nos meses de julho a janeiro, entre os anos de 2010 e 2013.

Os setores do SPF também foram avaliados em relação a variações nas taxas de atropelamento mensais durante todo período de monitoramento (Figura 9).

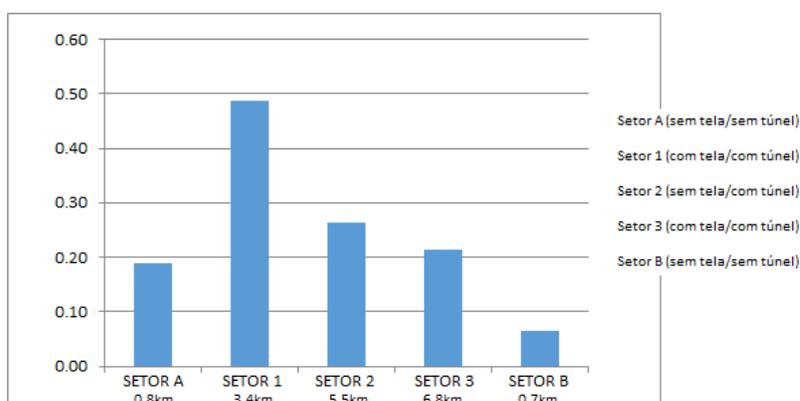


Figura 9 – Variação nas taxas de atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*) conforme o Setor do SPF, no período de abril de 2010 a março de 2013.

### 3.3 Fluxo de veículos e estado de conservação do SPF

Foram analisados os dados referentes ao fluxo de veículos registrado pelos controladores instalados a partir de março de 2012 até abril de 2013 em relação à frequência de atropelamentos neste período, sendo encontrada correlação negativa entre o fluxo de veículos e as taxas de atropelamento utilizando o teste paramétrico correlação linear de Pearson ( $r = -0,4605$  e  $p = 0,1318$ ) demonstrando que à medida que aumenta uma das variáveis a outra diminui de valor (Figura 10).

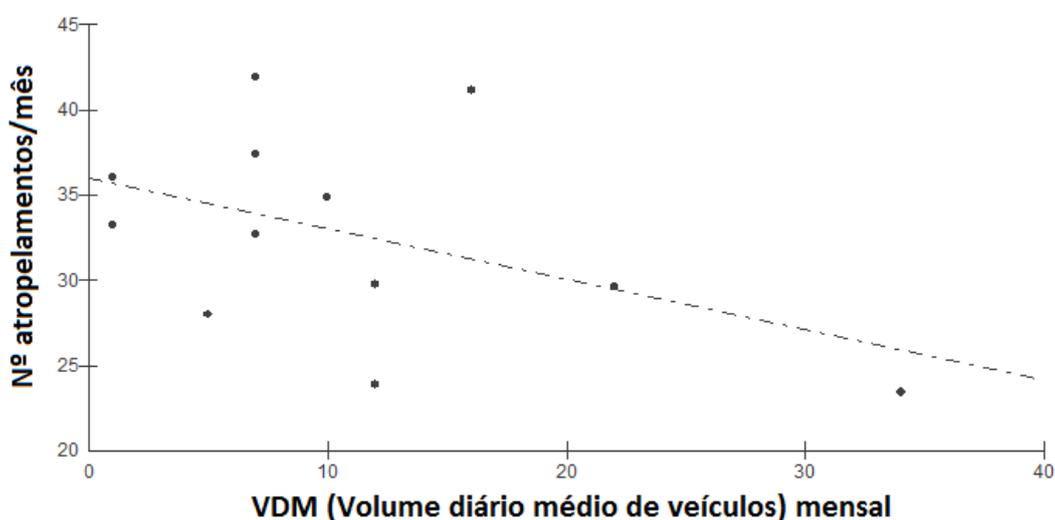


Figura 10 – Correlação entre fluxo de veículos e frequências de atropelamentos de capivaras (*H. hydrochaeris*) no trecho do SPF, no período de março de 2012 a março de 2013.

### 3.4 Distribuição e escala espacial dos atropelamentos

Por fim foram avaliados os trechos do SPF em relação à distribuição das ocorrências de atropelamentos de fauna no espaço, isto é, se ocorreram de maneira aleatória ou se demonstraram padrões de agregação. Para estas análises foram utilizados os dados das coordenadas geográficas de cada ponto de atropelamento.

Os resultados das análises de distribuição espacial indicaram que existem agregações significativas para todas as escalas avaliadas (Figuras 11 e 12). Os valores de  $L(r)$  acima do limite de confiança – delimitado pelas linhas pretas nas figuras 5 e 6 – indicam escalas que apresentam agregações significativas. Assim, entre 100 e 12900m de raio encontramos agregações de mortalidade de fauna.



Figura 11 – Resultado da estatística K-Ripley para a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras, no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para raio de 100m.

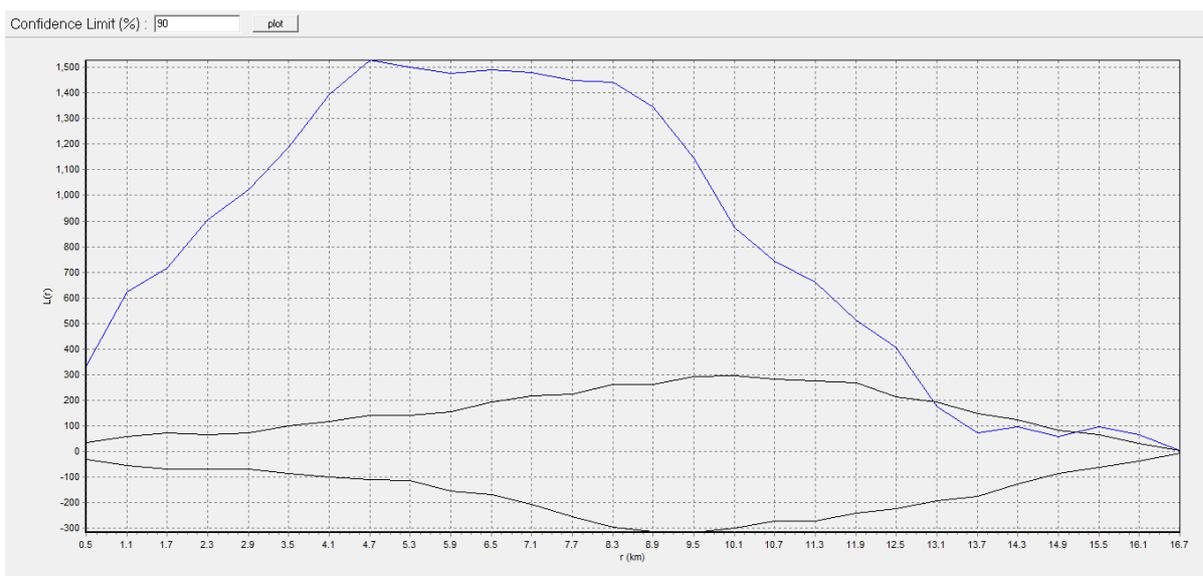


Figura 12 – Resultado da estatística K-Ripley para a definição da existência de agregações significativas de mortalidade de capivaras, no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para raio de 500m.

Após a verificação da existência de agregações significativas foram identificadas as localizações de hotspots de atropelamentos. No total, para um raio de 100m, foram registrados doze pontos com concentrações de animais atropelados. Estes pontos localizaram-se, em sua maioria, nos setores 1 e 2 do SPF (Figura 13), sendo assim distribuídos: Setor 1 cinco pontos, Setor 2 seis pontos e Setor 3 um ponto.

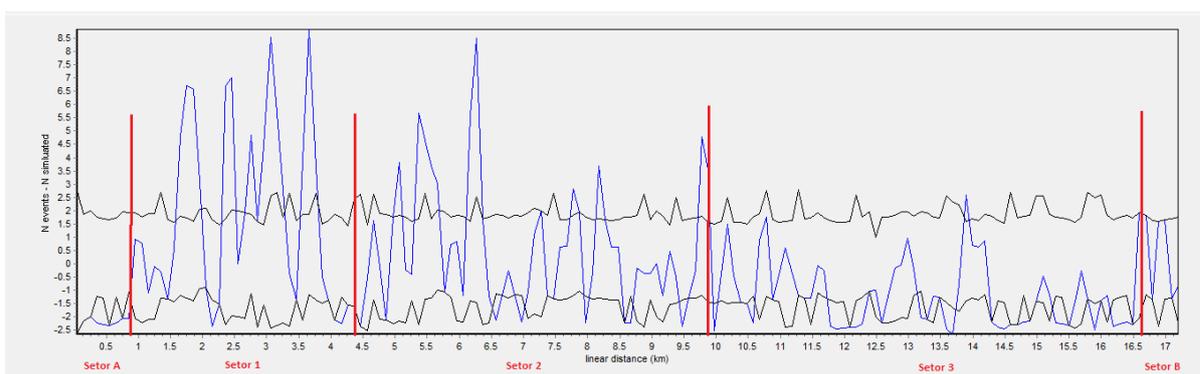


Figura 13 – Resultado da análise de *hotspots* de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para a escala de 100m de raio. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade e as linhas pretas os limites de confiança (90%).

A análise baseada num raio de 500m gerou um resultado menos refinado, apresentando 3 zonas com grandes concentrações de atropelamentos, sendo uma localizada no Setor 1 e duas no Setor 2 (Figura 14).

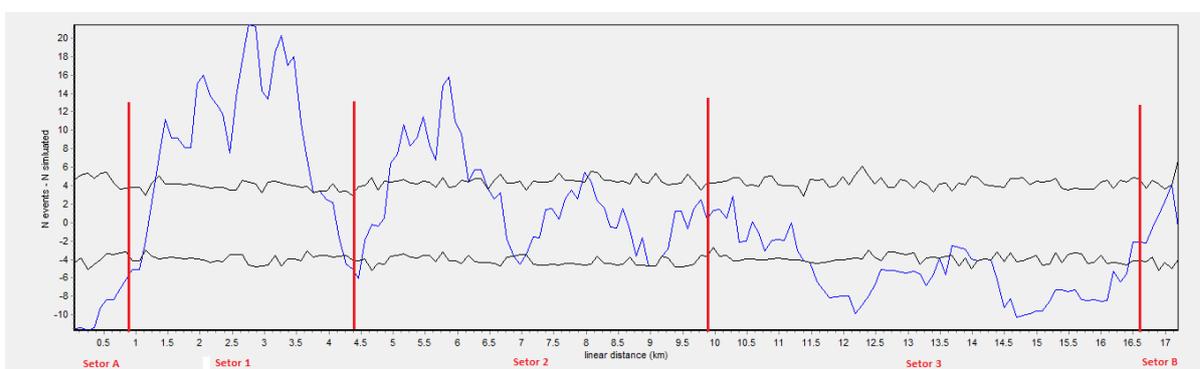


Figura 14 – Resultado da análise de *hotspots* de atropelamento de capivaras (*H. hydrochaeris*), no trecho da BR471 que compreende a área do SPF, para a escala de 500m de raio e limite de confiança de 90%.

## 4 DISCUSSÃO

Os grupos de capivaras são territoriais, e o tamanho do território está correlacionado com o tamanho dos grupos, que são mistos e compostos por machos (um dominante e dois subordinados), várias fêmeas e filhotes, podendo ocorrer variações nesse padrão de dominância devido a perda de indivíduos (Herrera & MacDonald, 1989 *apud* Pereira & Eston, 2007; Almeida *et al.*, 2012). Este padrão comportamental também pode ser um fator de importância na análise dos deslocamentos da espécie entre as áreas laterais da rodovia, devido a possível disputa por territórios entre os machos dominantes.

No repertório comportamental da capivara, destacam-se três atividades principais: forrageamento, repouso e exibição de interações sociais (Alho *et al.*, 1987b *apud* Pereira & Eston, 2007). Em um parque estadual no Estado de São Paulo, Pereira & Eston (2007) observaram que a maior parte da atividade de forrageamento ocorria no final da tarde e início da noite. Repouso e atividades aquáticas eram realizadas por esses animais nas horas mais quentes do dia. No final do dia, as capivaras tinham o hábito de seguirem em fila indiana, lideradas por um adulto, afastando-se das margens do lago (Pereira & Eston, 2007). Este padrão também pode ser observado na ESEC do Taim, conforme figuras 15 e 16.



Figuras 15 e 16 – Movimentação de capivaras no trecho da BR471, na área do SPF, onde se observa um indivíduo adulto liderando um fila, seguido por filhotes (crédito: Cleber Palma Silva).

Valle & Colares (2007) verificaram que a alimentação da capivara, na ESEC

do Taim, varia de acordo com a estação e a disponibilidade de alimento. A base de sua dieta foi Poaceae, sendo que a espadana (*Zizaniopsis bonariensis*) foi a espécie mais frequentemente identificada - bastante abundante na região - entre outras 17 espécies. Neste estudo as capivaras demonstraram um comportamento oportunista no inverno e verão e, mais seletivo na primavera e outono.

Loguercio (2007) caracteriza o comportamento locomotor da capivara sendo o padrão simétrico preferencial a marcha lateral, utilizada em baixas velocidades. Este padrão, por si só, já propicia a tendência ao atropelamento da espécie quando em trânsito pela rodovia que, somado ao comportamento crepuscular de forrageamento (Pereira & Eston, 2007) e hábitos diurnos e noturnos - sendo as primeiras horas da manhã e últimas da tarde, as que ficam em maior atividade (Silva, 1984), coincidem com os horários em que a visualização pelos motoristas é bastante prejudicada.

Quanto ao comportamento locomotor de utilização da marcha lateral em baixas velocidades, Loguercio (*op cit.*) complementa que este segue o padrão da maioria dos mamíferos terrestres. Visto que temos diversas outras espécies de mamíferos presentes na área, inclusive espécies ameaçadas de extinção, já com registros de atropelamento, este aspecto é um dos fatores a serem levados em consideração na análise das causas de atropelamento das espécies de mamíferos e medidas de mitigação necessárias.

A incorporação da análise do comportamento e hábitos alimentares da espécie, assim como a identificação de aspectos da paisagem local trouxeram importantes subsídios para a discussão sobre os padrões de *hotspots* de atropelamentos de capivaras na área do SPF da ESEC do Taim. Os resultados obtidos apresentaram uma concentração de pontos no setor 1 do SPF, local em que restaram os maiores trechos da estrutura sem reparos e onde foram identificadas áreas preferenciais de utilização devido a características da paisagem e hábitos da espécie (Figuras 4, 5, 17, 18, 19 e 20).



Figuras 17 e 18 – Trecho do SPF localizado no Setor 1, com telamento danificado devido a acidente e, onde os animais conseguem acessar a rodovia.

No projeto original do SPF não foi previsto telamento para o setor central, onde já eram registrados em torno de 50% dos atropelamentos de fauna conforme registros da época, pois pareceres técnicos de pesquisadores indicaram a necessidade de manter a troca gênica entre as populações e a dinâmica espacial das espécies (Projesul, 1998). Porém, quando uma determinada área é protegida devido a diversidade e qualidade de sua vida selvagem, parece razoável assumir que o tráfego irá causar um decréscimo desta, a não ser que sejam tomadas medidas apropriadas para deter este impacto (Garriba *et al.*, 2012). A empresa responsável pela elaboração e execução do projeto, devido a esta premissa, decidiu pela localização de maior quantidade de túneis neste trecho, objetivando garantir maior probabilidade de utilização pela fauna e preservar sua segurança e a dos motoristas (Projesul, 1998).

Algumas sugestões de alteração do SPF foram propostas indicando a retirada do telamento existente e a colocação de trechos de 200 metros de extensão de tela direcionadora em cada lado dos túneis (Bager & Fontoura, 2013). Avaliando os

resultados encontrados em nosso estudo acreditamos que esta proposta não seria apropriada para redução de atropelamentos, pois no Setor 1 que possui a menor extensão - onde o telamento aguarda reparos, apresentando uma estrutura não sequencial de telamento - registramos as maiores taxas de atropelamentos e no Setor 3, que apresenta a maior extensão e reparos em quase 90% da estrutura, registramos as menores taxas de atropelamento, sendo que os dois trechos possuem passagens de fauna. Mccollister & Van Manen (2010) identificaram em seu estudo que, nos segmentos não telados, conforme aumenta a distância entre túneis ocorre um incremento nos atropelamentos e aumentam as possibilidades dos animais seguirem as telas e cruzarem a rodovia onde não existe o telamento. Clevenger *et al.* (*apud* Mccollister & Van Manen, 2010) sugerem que este comportamento é um fator importante que contribui para os atropelamentos de fauna.

Em um estudo realizado por Ford *et al.* (2011) foram comparadas a eficácia de quatro diferentes comprimentos de tela das seguintes extensões: 2km, 5km, 10km e 25km, para a mitigação de atropelamentos, utilizando os registros de 1244 eventos de atropelamento de fauna. Foram verificados que os comprimentos de telamento que mais apresentaram redução nos atropelamentos foram respectivamente: 25km (40 a 100%), 10km (23 a 83%), 5km (16 a 71%) e 2km (9 a 50%), levando em consideração 8 espécies de animais. Ford *et al.* (2011) também fizeram uma avaliação baseada em critérios econômicos referentes aos custos com acidentes aliados aos de conservação e chegaram ao resultado que os comprimentos de telamento com extensão de 10km foram os mais efetivos para ungulados levando em conta os dois critérios, sendo que os telamentos de 2 e 5km não se mostraram efetivos para esta avaliação.

Avaliando os resultados de um estudo focado em grandes mamíferos, em uma área protegida do Canadá, McCollister & Van Manen (2010) sugerem que talvez os veados usem as passagens inferiores sendo seus movimentos guiados pelas telas, porém, ironicamente, talvez isso possa contribuir para os atropelamentos quando os veados tentam atravessar a rodovia onde as telas acabam. No caso da ESEC do Taim, pudemos observar a presença da espécie na área do acostamento

do Setor 3, no interior do SPF, (Figura 19 e 20) onde o telamento estava interrompido, bem próximo as passagens de fauna dotadas de telas direcionadoras. McCollister & Van Manen (2010) também sugerem que o telamento contínuo entre passagens poderia reduzir muito os incidentes com veados, sendo que seu estudo indicou que a maioria dos atropelamentos ocorreu nos trechos onde a tela terminava.



Figuras 19 e 20 – Trecho do SPF com partes do telamento inconclusas propiciando acesso da fauna à rodovia, localizado no Setor 3.

Segundo Ford *et al.* (2011) o telamento contínuo pode causar mudança na movimentação dos animais, formando *hotspots* de atropelamento onde as telas terminam. Assim, tecnologias adicionais precisam ser implementadas nestes locais, como por exemplo: redutores de velocidade (Glista *et al.*, 2009), interdição temporária e equipamentos móveis de sinalização luminosa (Lauxen, 2012), assim como a remoção de carcaças e a poda da vegetação lateral à pista (Lauxen, 2012). Além disso, alguns grupos têm maior probabilidade de continuarem a sofrer atropelamentos, como as aves e os pequenos répteis e anfíbios, que dificilmente serão contidos em sua totalidade, sendo extremamente abundantes no banhado do Taim.

É importante ressaltar a necessidade da análise dos trechos contíguos aos Setores 1 e 3 do SPF, visto que o sistema foi projetado para funcionar como um todo. Consideramos estes dois trechos de igual importância para as análises visto que foram contemplados com estruturas compostas por placas que determinam a

redução da velocidade e tachões na pista, além de estarem localizados dentro dos dois pórticos que sinalizam aos motoristas a proximidade de acesso a área da ESEC do Taim e que tiveram a instalação de controladores de velocidade, no final do ano de 2011 (Figuras 21 e 22), sendo considerados opções para mitigação de atropelamentos segundo por Bager & Fontoura (2013). Uma alternativa para este modelo de controladores de velocidade poderia ser a instalação de radares inteligentes, que possibilitam determinar a velocidade com que o veículo deve cruzar o trecho.



Figuras 21 e 22 – Controladores de velocidade localizados no km 536 e 553 da rodovia BR471.

Conforme Lauxen (2012), diferentemente das intervenções estruturais, estes tipos de estratégias não envolvem alterações substanciais nos padrões construtivos da rodovia e buscam influenciar o comportamento do motorista, seja por meio de restrições ao tráfego, alertas em áreas de maior risco ou incorporação do fator fauna ao seu universo de atenções.

A avaliação da possível correlação entre o aumento do fluxo de veículos no trecho e conseqüentemente maior frequência nos eventos de atropelamento não se comprovou neste estudo. Porém acreditamos ser importante realizar uma análise mais detalhada em relação a velocidade, tipo e horários de fluxo, visto que certos estudos demonstram uma maior atividade, principalmente de mamíferos, durante a noite (Ramp *et al.*, 2006; Slater, 2002).

No estudo realizado por Vargas *et al.* (2007), verificou-se que o padrão de atividades da espécie capivara pode variar conforme o nível de perturbação e segundo Alho (2008) o uso de *habitats* pode variar conforme a sazonalidade. Uma preocupação em relação a análise dos dados foi considerar o período em que o SPF esteve em manutenção, visto que, durante esta fase, observou-se uma redução na quantidade de atropelamentos. A análise estatística dos dados coletados durante este período de obras nas margens da rodovia indicou uma diminuição considerável nas frequências de atropelamentos de animais. Assim, imaginamos que durante a construção do SPF, deva ter havido igual diminuição no número de atropelamentos, provavelmente pelo efeito de afugentamento dos animais da área e possível redução na velocidade dos veículos que passavam pelo trecho devido as obras na pista.

A análise dos dados do período de tempo em que o SPF esteve em manutenção demonstrou que as frequências de atropelamentos diminuíram consideravelmente em relação aos outros períodos. Isto pode ter ocorrido devido a presença humana constante no trecho e seus efeitos sobre a atividade da fauna e o fluxo dos veículos. Infelizmente o estudo realizado por Bager & Fontoura (2013) não levou este fator em consideração em suas análises, sendo assim não foi possível realizar uma comparação entre os resultados dos dois estudos.

Outro fator que deve ser levado em consideração nas análises acerca das diferenças encontradas entre períodos, conforme o estado de conservação do SPF refere-se ao fato que o sistema foi entregue como reparado no final de janeiro de 2012, porém, durante este ano, uma das estruturas dos “mata-burros”, localizada na divisa dos Setores 2 e 3, apresentou problemas e teve de ser reparada. Este serviço foi executado a partir de junho daquele ano, se estendendo por aproximadamente 3 meses e gerando movimentação e presença humana diária no trecho. Esta condição pode ter causado o afugentamento da fauna e a redução de velocidade dos veículos que cruzavam o trecho, pois, nesta área e proximidades, a circulação dos veículos ocorria em meia-pista.

Slater (2002) observou que as taxas de remoção parecem não ser dependentes do fluxo de veículos nos diferentes tipos de rodovias por ele avaliadas.

Igualmente podemos supor que nossa contagem possa ter sido influenciada por eventos de atropelamento em que a espécie foi atingida e se deslocou para fora da área de amostragem, não podendo ser visualizada. Outro fator a ser levado em consideração é que durante o ano de 2012, uma das estruturas de “mata-burros” apresentou problemas e entre os meses de julho a setembro – período em que normalmente as taxas de atropelamento têm se mostrado mais elevadas - passou por processo de manutenção, tendo o tráfego sido realizado em meia-pista em parte do trecho dos setores 1 e 2 (Figura 23).



Figura 23 – Reparos no “mata-burro” localizado na divisa entre os Setores 1 e 2, no período de julho a setembro de 2012.

Quanto às diferenças nas taxas de mortalidade conforme as estações do ano, observamos que os meses mais frios apresentaram maiores taxas de atropelamento, ao passo que nos meses de verão, quando as temperaturas são mais altas e o nível de precipitação é menor (IBAMA *apud* Paz, 2003) as taxas foram significativamente menores. Importante ressaltar a expressiva redução de mortalidade nos meses de inverno dos anos de 2011 e 2012, pois estes resultados talvez possam ter sido influenciados pelo estado de conservação do SPF nestes períodos, visto que entre julho e setembro de 2011 o sistema estava em processo de reparos e nos mesmos meses de 2012 foram realizadas obras na estrutura de “mata-burros” na divisa dos setores 1 e 2. Outro fator que pode ter influenciado, nestas diferenças entre mesmos meses de anos diferentes, é a sazonalidade climática.

Gumier-Costa & Sperber (2009) não encontraram relação significativa entre total de atropelamentos e precipitação mensal, embora a precipitação mensal tenha apresentado variação sazonal, conforme relatam em estudo de 4 anos de duração, na Floresta Nacional de Carajás/Brasil, avaliando o atropelamento de vertebrados. Os autores relatam que a ausência de correlação entre precipitação mensal e frequência de atropelamentos talvez possa ser explicada pela falta de dados de três meses do período chuvoso.

Cáceres *et al.* (2012), em um estudo buscando identificar a variação espacial e sazonal de atropelamento de mamíferos no bioma cerrado, registraram mais atropelamentos durante o período chuvoso. Cabe ressaltar que este estudo também levou em consideração o VDM no trecho, cuja média de veículos foi a mesma nas duas estações do ano (chuvosa e seca) assim, os autores sugerem que as variações sazonais encontradas devem estar relacionadas a outros fatores, como por exemplo, a sazonalidade climática.

De qualquer forma, a avaliação quanto a velocidade, tipologia e horários de fluxo dos veículos que trafegam na área é igualmente importante. Em estudo realizado em um Parque localizado próximo a áreas urbanizadas na Austrália, Ramp *et al.* (2006) identificaram que a velocidade dos veículos que trafegavam pelo Parque aumentava no período da noite, assim como a atividade dos mamíferos daquela região. Na ESEC do Taim podemos supor, através da análise dos hábitos da espécie avaliada, que a probabilidade de atropelamentos à noite possa ser maior, assim como para outras espécies de mamíferos que habitam a área. Em nosso estudo, embora o fluxo de veículos aumente muito no verão, a mortalidade cai acentuadamente, aumentando no outono, inverno e primavera. O alongamento do período do dia no verão pode ser determinante, visto que a espécie mais atingida, a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) tem hábitos vespertinos e provavelmente sofra mais atropelamentos à noite.

Novos estudos, principalmente envolvendo todas as espécies afetadas pela rodovia, precisam levar em consideração as possíveis variações entre a quantidade de animais atropelados registrados nos monitoramentos e a real mortalidade de

fauna ocasionada pelo tráfego de veículos. Slater (2002) observou uma potencial discrepância entre os números contabilizados nos monitoramentos e a efetiva mortalidade de fauna nas rodovias, principalmente para espécies de menor porte. Através de estudo de taxa de remoção de carcaças, Slater (2002) conclui que estas taxas dependem de uma variedade de fatores como a remoção por espécies necrófagas, intenso tráfego de veículos, sazonalidade e condições climáticas, além do horário do dia e características da paisagem. No caso deste estudo, este fator pode não ter sido tão impactante para os resultados devido ao esforço de amostragem empregado e ao tamanho corporal da espécie, porém em alguns monitoramentos identificamos carcaças fora de nossa área de amostragem através da presença de assembleia de aves de rapina e através do odor característico exalado pelas carcaças da espécie, principalmente nos meses mais quentes. Porém, acreditamos que os registros deste estudo possam estar igualmente subestimados, pois conforme (Vieira *apud* Fischer, 2007) uma parcela desconhecida de animais atingidos por veículos pode não morrer de imediato e vir a óbito fora da área de abrangência do monitoramento.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados das análises indicam que houve um decréscimo estatisticamente significativo nas taxas de atropelamento de capivaras nos últimos 3 anos de coletas (Figura 6).

A distribuição espacial dos atropelamentos indicou a presença de agregações em diversas escalas testadas (Figuras 11 e 12). Os pontos críticos ocorreram principalmente no Setor 1 e no Setor 2, sendo assim distribuídos: cinco pontos de agregação no Setor 1, seis pontos no Setor 2 e um ponto no Setor 3, durante os 3 anos de monitoramento (Figura 13).

O telamento das margens da rodovia se mostrou importante para a redução considerável do atropelamento de capivaras na área do SPF, levando em conta a análise da distribuição espacial dos atropelamentos e sua relação com o estado de manutenção das estruturas de tela existentes (Figuras 8 e 9). A relação entre a presença de agregações de atropelamentos e a presença/ausência de telamento pode ser identificada através da maior quantidade de pontos (seis) no Setor 2, que não possui telamento, e a segunda maior quantidade de agregações localizar-se no Setor 1, que possui a maior quantidade de áreas aguardando reparos na estrutura e a menor extensão de trecho com 3,4km. Comparativamente aos outros setores do SPF, o Setor 3 possui a maior extensão (6.8km) e apenas um ponto de agregação identificado neste período, sendo também o trecho do SPF que teve a maior proporção de reparos, apresentando aproximadamente 90% da extensão concluída e por onde se iniciou o serviço, restando menor tempo danificado.

A análise da localização dos pontos de agregação de atropelamentos de fauna demonstrou que a estratégia proposta de não-telamento do Setor 2 mostrou-se ineficaz, visto que o mesmo continuou mantendo-se como um dos trechos de maior ocorrência de atropelamentos (Figuras 9 e 13). Estes resultados indicam a necessidade do telamento neste trecho, nos mesmos moldes do existente ou a adoção de barreiras Jersey, mais perenes e de maior durabilidade, aliadas ao telamento em sua parte superior visto que, as mesmas não tem altura suficiente para

conter animais capazes de saltar, além da possibilidade de colocação de tachões que dividiriam a estrada e dificultariam as ultrapassagens.

No que diz respeito a efetividade dos controladores de velocidade, instalados no final do período de manutenção do SPF, verificamos que no trecho imediatamente posterior a localização de um dos pares de controladores, no quilômetro 538, há a ocorrência de um ponto de agregação de atropelamentos, assim como nos quilômetros subsequentes. Apesar de considerarmos os controladores imprescindíveis como medida de controle da velocidade e registro do VDM no trecho, este estudo indica que isoladamente não constituem medida efetiva para a redução de eventos de atropelamento (Figuras 24 e 25).



Figuras 24 e 25 – Eventos de atropelamentos de fauna imediatamente antes e após a localização dos controladores de velocidade.

As passagens de fauna devem ser empregadas juntamente com as cercas condutoras, pois as duas estruturas são parte de um conceito único que visa manter a segurança dos veículos que cruzam pelo trecho e da fauna local, assim como manter a conectividade entre suas populações. No caso da espécie avaliada neste estudo, esta aplicação seria recomendável, como podemos verificar em diversas oportunidades (Figura 5, 15, 16, 18 e 20).

A avaliação do estado de manutenção do telamento, durante o período de monitoramento, demonstrou a necessidade da definição de atribuições legais de cada órgão – ICMBio e DNIT – sobre a rodovia e, cronogramas de monitoramento para a manutenção preventiva destas estruturas. Assim, o trecho deve ser alvo de

uma análise mais ampla, sendo o licenciamento o âmbito mais apropriado para essa discussão e de suma importância que possa ser rapidamente iniciado.

A ampliação da área da ESEC do Taim demonstra ser um fator preponderante para que os gestores da UC possam reivindicar legalmente a manutenção da estrutura em perfeito estado de funcionamento pelo órgão responsável – o DNIT, visto que quando da publicação deste ato, uma parte do trecho do SPF estará efetivamente cortando parte da área da ESEC.

Por fim, é necessária a análise da importância dos túneis do SPF, visando identificar as possíveis espécies que se utilizam deste espaço e em que proporção, assim como uma avaliação dos eventos de atropelamento em relação a todas as espécies afetadas, visto que o SPF deve ser adaptado de forma a abranger a maior quantidade de espécies.

Assim, faz-se necessária a manutenção do monitoramento de forma ininterrupta para que estes fatores possam ser avaliados, principalmente em relação ao fluxo de veículos que tende a aumentar com o passar dos anos, apesar de não termos encontrado correlação positiva entre este e a frequência de atropelamentos no período avaliado de um ano. Importante levar em conta que este período não englobou a fase em que o SPF encontrava-se danificado, assim, a própria questão deste monitoramento ter ocorrido no período imediatamente posterior aos reparos pode ter influenciado nos resultados devido a menor possibilidade de presença desta espécie sobre a pista.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tomada de decisão para implantação e manutenção de um sistema de proteção a fauna, na ESEC do Taim, que contemple aparatos do tipo tela em toda a extensão do trecho, já foi alvo de discussões, com posicionamentos contrários, de alguns pesquisadores, inclusive na fase de pesquisa propositiva para mitigação.

Embora não tenha sido abordado na dissertação, é preciso considerar que durante a coleta de dados, também foram registrados o atropelamento de 02 indivíduos da espécie *Leopardus geoffroyi* (gato-do-mato grande), 01 indivíduo da espécie *Leopardus geoffroyi* melânico (gato-do-mato grande melânico) e 03 indivíduos da espécie *Lontra longicaudis* (lontra). Os indivíduos da espécie *L. geoffroyi* e *L. geoffroyi* melânico estão ameaçados a nível nacional e os da espécie *L. longicaudis*, a nível regional sendo, portanto, animais foco da conservação e espécies que precisam ser levadas em consideração na definição de medidas de mitigação na área da ESEC do Taim e entorno. Cabe ressaltar que todos estes indivíduos foram registrados no Setor 2, ou seja, no trecho que não possui telamento e apresenta a maior quantidade de túneis sob a rodovia. Bager & Fontoura (2013) colocam que os atropelamentos de *L. geoffroyi* aumentaram após a instalação das cercas, mas não citam em que setores do SPF estes eventos ocorreram, tanto antes como depois de sua instalação.

A lógica de um sistema composto por passagens inferiores e telamento das laterais da via, objetiva impedir o acesso da fauna a rodovia e possibilitar a manutenção dos processos ecológicos. Assim sendo, não parece fazer sentido, o atual design do SPF, em relação a ausência de contenção do acesso da fauna à rodovia, no Setor 2. A questão da manutenção do telamento das margens da rodovia é um fator a ser levado em consideração na definição de medidas de mitigação efetivas, devendo ser definidas responsabilidades e cronogramas de monitoramento e manutenção preventiva destas estruturas. Assim, como qualquer outra estrutura rodoviária, o SPF necessita de manutenção periódica, assim a proposição de que o telamento não seria adequado por necessitar de reparos, não se justifica.

As passagens de fauna devem ser empregadas juntamente com as cercas condutoras, pois as duas estruturas são parte de um conceito único para manter a conectividade entre populações de animais (Abra, 2012) e a segurança dos mesmos e dos veículos que circulam pelas rodovias. Na tentativa dos animais atravessarem as rodovias, eles são primeiramente barrados pelas cercas, que funcionam como guias para conduzi-los até as passagens de fauna. Sem as cercas, o sucesso das passagens é baixíssimo (Luell, 2003; Trocmé, 2006 *apud* Abra, 2012). Jaeger & Fahrig (2004) recomendam a utilização de cercas quando o nível de evitação da rodovia pela fauna é baixo e a probabilidade de o animal morrer atropelado é alta. Tubulações sob a estrada, mesmo que não destinadas a passagem de fauna, podem ser eficientes alternativas para espécies que evitam cruzar a rodovia e pequenas adaptações como a revegetação das entradas e saídas dos túneis e a incorporação de parapeitos em estruturas inundáveis, podem encorajar os animais a usá-los (Glista *et al.*, 2009). Abra (2012) registrou diversas travessias de mamíferos de médio e grande porte em passagens úmidas, indicando que inclusive tubos de drenagem fluviais existentes em rodovias poderiam ser adaptados para a passagem de fauna.

A avaliação do SPF para todas as espécies necessita levar em conta a análise dos 19 túneis de passagem de fauna existentes sob a rodovia (Figura 26) e que fazem parte da estrutura. Assim, o próximo passo deve ser a realização de um

monitoramento dos mesmos visando identificar quais as espécies que os utilizam de forma regular ou esporádica.



Figuras 26 e 27 – Passagem de fauna padrão do SPF e problemas associados a presença dos “mata-burros” que dividem os trechos telados e não-telados.

O monitoramento atual, executado pela equipe de servidores do ICMBio, registra todas as espécies encontradas, as condições meteorológicas, as coordenadas geográficas, além de registros fotográficos da paisagem local e observações consideradas de importância para análises posteriores como as condições de manutenção das estruturas do SPF. A análise focada na espécie capivara (*H. hydrochaeris*), identificada como espécie-alvo para este estudo, baseou-se nas observações de quantitativos de atropelamentos da espécie registrados anteriormente e demandas da sociedade, para a qual o ICMBio presta esclarecimentos. Porém, para futuros estudos serão levados em consideração os dados referentes a todas as espécies registradas e suas particularidades, além do SFP como um todo (Figura 27).

Um programa governamental instituído em 2011 prevê a regularização ambiental de aproximadamente 55.000 km de rodovias federais nos próximos 20 anos (Lauxen, 2012). Este programa pode ser a oportunidade para que a BR 471 receba as melhorias necessárias ao SPF existente e a implementação de sistemas de proteção a fauna em outros trechos considerados prioritários.

Por fim, este trabalho pretende contribuir para a gestão de UCs e áreas de interesse para a conservação, em relação a implantação e operação de rodovias,

seu processo de licenciamento e as condicionantes e/ou medidas mitigadoras necessárias, levando em consideração todas as espécies afetadas, seus hábitos e os sistemas mais apropriados para a efetiva proteção da maioria das espécies de fauna local.

## REFERENCIAL

As ocorrências de atropelamentos de animais silvestres em pontos localizados próximos, ou mesmo dentro, de Unidades de Conservação é uma questão importante do ponto de vista da conservação, visto que muitas destas áreas são *habitats* de animais ameaçados de extinção. Além disso, a fragmentação devido à abertura de estradas, áreas de cultivo e outras atividades humanas deveria ser evitada ao máximo em razão dos efeitos negativos sobre espécies e populações de animais (Primack & Rodrigues, 2001). A sustentabilidade temporal de áreas protegidas depende da coexistência harmônica e positiva entre os corredores de deslocamento humano e os corredores de vida silvestre (Fonseca, 2008).

Um fator importante a ser levado em consideração, especialmente em trechos que atravessam Unidades de Conservação ou áreas importantes para a preservação, é a abrangência dos efeitos da rodovia sobre o ambiente na qual ela se insere. Os impactos ecológicos advindos desta estrutura, muitas vezes têm um raio de abrangência muito maior que a superfície da estrada propriamente dita (Forman & Alexander, 1998).

No Brasil, o licenciamento ambiental de atividades e obras utilizadoras de recursos naturais ou potencialmente poluidoras teve início em meados da década de 1980. Até então, a malha rodoviária brasileira não teve considerada em sua

implantação a perspectiva ecológica, resultando na geração de impactos que poderiam ter sido evitados (Lauxen, 2012).

Em nosso país, Fischer (1997) cita o estudo de Novelli *et al.*, datado de 1988, como sendo um dos primeiros a registrar atropelamentos de fauna. Mais recentemente, outros estudos relacionados ao impacto das rodovias sobre a fauna silvestre, vêm sendo desenvolvidos avaliando principalmente os efeitos relativos aos números totais de espécies atingidas, a sazonalidade (Hengemühle & Cademartori, 2008; Cáceres *et al.*, 2011), a espécies específicas (Pereira *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007; Ramos *et al.*, 2011), a características da paisagem (Cáceres *et al.*, 2011; Bueno *et al.*, 2013), assim como estudos voltados para áreas que integram UCs (Lima & Obara, 2004; Gumier-Costa & Sperber, 2009) e, alguns poucos avaliando estruturas de mitigação existentes (Abra, 2012; Bager & Fontoura, 2013).

As pesquisas realizadas no exterior, em sua maioria avaliam eventos de atropelamentos de fauna através de análises de *hotspots* (Grilo *et al.*, 2007; Barrientos & Bolonio, 2009; Diaz-Varela *et al.*, 2011) e, embora vários estudos apresentem relatos do uso de estruturas para redução de mortalidade nas rodovias, poucos mensuraram o sucesso de tais estruturas (Glista *et al.*, 2009). Dentre estes, Ford *et al.* (2011) realizaram uma avaliação de diferentes comprimentos de tela para a mitigação de atropelamentos de fauna em uma área protegida do Canadá e McCollister & Van Manen (2010) avaliaram a efetividade da utilização de passagens inferiores e telamento de trechos de uma rodovia nos Estados Unidos. No Brasil, Bager & Fontoura (2013) avaliaram a efetividade do SPF instalado na ESEC do Taim, porém sem levar em consideração as mudanças estruturais executadas no SPF no ano de 2011, dentre outros fatores primordiais.

A escolha de espécies-alvo e a definição de locais apropriados para a instalação de medidas de mitigação de atropelamentos são a principal preocupação de agências de tráfego e institutos de conservação (Ford *et al.*, 2011). Infelizmente, a redução das colisões de veículos com a fauna silvestre é influenciada por vários fatores incluindo os econômicos, comportamento humano e aspectos biológicos das espécies (Glista *et al.*, 2009).

No caso da ESEC do Taim, a existência de uma rodovia federal que atravessa trecho próximo à área, propicia um forte impacto sobre a fauna local, pois a estrada foi construída sobre o banhado do Taim, local de rica biodiversidade. Visando estabelecer uma ligação com o extremo sul do país e a fronteira do Uruguai, além de drenar o banhado para fins agrícolas, a rodovia agiu como um dique separando o banhado do Taim da Lagoa Mirim. Este objetivo não se concretizou devido à inadequação do solo e a partir de então se iniciou a mortalidade de fauna.

Segundo Projesul (1998) a espécie mais afetada por atropelamentos no período de monitoramento anterior a instalação do SPF, no trecho da BR471 que abrange o SPF, foi a capivara (*H. hydrochaeris*), sendo que a colisão desta com veículos também representa um sério risco para os motoristas (Bueno *et al.*, 2013).

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766) é o maior roedor atualmente vivo (Silva, 1984). Chegando a medir 1,30 m de comprimento e 0,50 a 0,60 m de altura, pode pesar até 100 kg, porém seu peso médio é de 50 kg para as fêmeas e 60 kg para os machos (Deutsch & Puglia, 1988 *apud* Eston & Pereira, 2007; Canevari & Vaccaro, 2007). Capivaras são roedores semi-aquáticos de hábitos gregários, vivendo em pequenos grupos (Silva, 1984) e são quase sempre encontradas dentro ou próximo à água (Desbiez & Tomas, 2003). Segundo Canevari & Vaccaro (2007) o *habitat* da espécie é compreendido por uma variedade de ambientes, como savanas e áreas de cobertura arbustiva, sempre em zonas próximas a corpos d'água. Capivaras possuem uma forte afinidade com a água, que usam para o acasalamento e para evitar predadores (Verdade & Ferraz, 2006). Mamede & Alho (2006) observaram em seu estudo que durante a estação seca as capivaras passam a noite na floresta e no início da manhã se deslocam para área de pastagem; na estação chuvosa também passam a noite na floresta, sendo que na parte da manhã se deslocam para a água ou para áreas de pastagem.

Estudos indicam que o padrão comportamental das espécies parece ter um grande peso na probabilidade de eventos de atropelamento (Ramp *et al.*, 2006). Várias espécies de animais silvestres aprenderam a enfrentar as condições urbanas e podem aparecer em áreas muito menos adequadas que aquelas adjacentes a

infraestrutura, a qual pode prover um *habitat*, assim como servir de corredor para sua movimentação ao longo do trecho (Seiler, 2001). A pressão de predação nas rodovias pode ser bem maior se comparada com áreas afastadas porque carnívoros são atraídos pelas carcaças de animais atropelados espalhadas pelas margens da rodovia (Seiler, 2001). Assim, quando rodovias oferecem recursos atrativos para a fauna silvestre, as colisões com veículos podem ser incrementadas (Seiler, 2001).

Considerações financeiras podem levar a abordagens não estruturais visando à mitigação dos atropelamentos de fauna, porém métodos estruturais são provavelmente mais efetivos e mais caros (Glista *et al.*, 2009).

Por fim, a eficiência das abordagens utilizadas na mitigação dos eventos de atropelamento de fauna selvagem pode ser determinada por programas de monitoramento pós-implementação (Glista *et al.*, 2009).

## REFERÊNCIAS

ABRA, F. D.. *Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo*. Dissertação de Mestrado, USP (2012) São Paulo, 72p.

ALHO, C. J. R.. *Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation*. Braz. J. Biol. (2008) 68(4): 957-966.

ALMEIDA, A. M. R. de; BIONDI, D. & MONTEIRO-FILHO, E. A. L.. *Comportamento de capivaras em área verde urbana no município de Curitiba, PR*. Revista Biociências (2012) 18(2): 24-31.

AYRES, M., AYRES Jr., M., AYRES, D.L., SANTOS, A.S.. *BioEstat*. Versão 5.0, Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq (2007) Belém.

BAGER, A. & FONTOURA, V.. *Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat*. Ecological Engineering (2013) 53: 31-38.

BARRIENTOS, R. & BOLONIO, L.. *The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality*. Biodiversity and Conservation (2009) 18: 405-418.

BUENO, C.; FAUSTINO, M. T. & FREITAS S. R. *Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, Southeastern Brazil*. Oecologia Australis (2013) 17(2): 320-327.

CÁCERES, N. C.; CASELLA, J. & GOULART, C dos S.. *Variação espacial e sazonal atropelamento de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR262, Sudoeste do Brasil*. Mastozoología Neotropical (2012) 19(1).

CANEVARI, M. & VACCARO, O.. *Guía de mamíferos del sur de américa del Sur*. L.O.L.A. (2007) Buenos Aires, 424p.

COELHO, A. V. P., COELHO, I. P., KINDEL, A. & TEIXEIRA, F. Z.. *Siriema – Spatial Evaluation of Road Mortality Software v1.1*. UFRGS (2011) Porto Alegre.

DESBIEZ, A. & TOMAS, W. M.. *Aplicabilidade do método de amostragem de distâncias em levantamentos de médios e grandes vertebrados no Pantanal*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 53 – Embrapa Pantanal (2003) Corumbá, 16p.

DIAZ-VARELA, E. R.; VAZQUEZ-GONZALEZ, I.; MAREY-PÉREZ, M. F. & ÁLVAREZ-LÓPEZ, C. J.. *Assessing methods of mitigating wildlife-vehicle collisions by accident characterization and spatial analysis*. Transportation Research Part D 16 (2011) 281-287.

FARIA, H. H. de & PIRES, A. S.. *Rodovia em Unidade de Conservação: O caso do Parque Estadual do Morro do Diabo, São Paulo, Brasil*. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista (2012) 8(3): 01-22.

FISCHER, W. A. *Efeitos da rodovia BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do pantanal, MS*. Dissertação de Mestrado, UFMS (1997) Campo Grande, 38p.

FONSECA, F. O. (org.). *Águas Emendadas*. SEDUMA – Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Distrito Federal (2008) Brasília, 242p., 2ed.

FONTANA, C. S.; BENCKE, G. A. & REIS, R. E.. *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. EDIPUCRS (2003) Porto Alegre, 632p.

FORD, A. T.; CLEVINGER, A. P.; HUIJSER, M. P. & DIBB, A. *Planning and prioritization strategies for phased highway mitigation using wildlife-vehicle collision data*. Wildlife Biology (2011) 17:253-265.

FORMAN, R. T. T. & ALEXANDER, L. E.. *Roads and their major ecological effects*. Annual Review of Ecology and Systematics (1998) 29: 207-231.

GARRIBA, N.; SANTOS, X.; MONTORI, A.; RICHTER-BOIX, A.; FRANCH, M. & LLORENTE, G. A.. *Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna*. Biodiversity and Conservation (2012) 21: 2761-2774.

GLISTA, D. J.; DeVault, T. L. & DeWoody, J. A.. *A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadway*. USDA National Wildlife Research Center – Staff Publications (2009) Paper 846.

GRILO, C.; BALTAZAR, C.; SANTOS-REIS, M.; SILVA, C.; GOMES, L. & BISONNETTE, J.. *Patterns of Carnivore Road Casualties in Southern Portugal*. Road Ecology Center, John Muir Institute of the Environment, UC Davis (2007).

GUMIER-COSTA, F. & SPERBER, C. F.. *Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil*. Acta Amazonica (2009) 39(02): 459-466.

HENGEMÜHLE, A. & CADEMARTORI, C. V.. *Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido atropelamentos em um trecho da estrada do mar (RS-389)*. Biodiversidade Pampeana (2008) 6: 4-10.

ICMBio/MMA – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – Biodiversidade/Unidades de Conservação/Categorias de Unidades de Conservação. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/categorias.html> Acesso em: 13/04/2012

JAEGER, J. A. G. & FAHRIG, L.. *Effects of Road Fencing on Population Persistense*. Conservation Biology (2004) 18(6): 1651-1657.

KUNZ, T. S. & GHIZONI-Jr, I. R.. *Serpentes encontradas mortas em rodovias do estado de Santa Catarina, Brasil*. Biotemas (2009) 22 (2), 91-103.

LAUXEN, M. da S.. *A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão*. Especialização em Diversidade e Conservação da Fauna, UFRGS (2012) Porto Alegre, 163p.

LIMA, S. F. & OBARA, A. T.. *Levantamento de animais silvestres atropelados na BR-277 às margens do parque Nacional do Iguaçu: subsídios ao programa multidisciplinar de proteção à fauna*. Universidade Estadual de Maringá (2004). Disponível em: <http://www.faanativa.com.br/downloads.php>. Acesso em: 13/04/2012.

LOGUERCIO, M. F. de C.. *Desempenho e comportamento locomotor da capivara, Hydrochaeris hydrochaeris (Linnaeus, 1766) (Rodentia: Caviioidea)*. Mastozoología Neotropical (2007) 14 (1): 117-123.

MAMEDE, S. B. & ALHO, C. J. R. *Response Of Wild Mammals To Seasonal Shrinking-and-expansion Of Habitats Due To Flooding Regime Of The Pantanal, Brazil*. Brazilian Journal of Biology (2006) 66(4): 991-998.

MCCOLLISTER, M. F. & VAN MANEN, F. T.. *Effectiveness of Wildlife Underpasses and Fencing to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions*. The Journal of Wildlife Management (2010) 74(8):1722-1731.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M. & PAGLIA, A. P.. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. 1 ed. (2008) Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas.

NEOCORP CONSULTORIA LTDA. *Relatório Técnico Final – Estudo Fundiário para Ampliação da Estação Ecológica do Taim*. CGTEE (2011) 1v. Porto Alegre, 81p.

NOVELLI, R.; TAKASE, E. & CASTRO, V.. *Estudo das aves mortas por atropelamento em um trecho da rodovia BR-471, entre os Distritos da Quinta e Taim, Rio Grande do Sul, Brasil*. Revista Brasileira de Zoologia (1988) 5 (3): 441-454.

PAZ, A. R. da. *Análise dos principais fatores intervenientes no comportamento hidrodinâmico do banhado do Taim (RS)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS (2003) Porto Alegre, 176p.

PEREIRA, A. P. F. G.; ANDRADE, F. A. G. & FERNANDES, M. E. B.. *Dois anos de monitoramento dos atropelamentos de mamíferos na rodovia PA-458, Bragança, Pará*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais (2006) 1: 77-83.

PEREIRA, H. da F. A. & ESTON, M. R. de. *Biologia e manejo de capivaras (Hydrochoerus hydrochaeris) no Parque Estadual Alberto Löfgren, São Paulo, Brasil*. Revista do Instituto Florestal (2007) 19 (1): 55-64.

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A. & GUIMARÃES, Z. F. S.. *Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados*. Acta Sci. Biol. Sci. (2006) 28: 237-241.

PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E.. *Biologia da Conservação*. Planta (2001) Londrina, 328p.

PROJESUL CONSULTORIA EM AGROPECUÁRIA E MEIO AMBIENTE LTDA. *Sistema de Proteção Contra Acidentes BR471 – Trecho ESEC Taim, Volume I e II - Projeto Final de Engenharia e Meio Ambiente*. DAER (1998) Porto Alegre.

RAMOS, C. C. O.; LIMA Jr, D. P. L.; ZAWADZKI, C. H. & BENEDITO, E.. *A biologia e a ecologia das aves é um fator importante para explicar a frequência de atropelamentos?* Neotropical Biology and Conservation (2011) 6: 201-212.

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* (2006) 129: 348-359.

ROSA, A. O. & MAUHS, J.. *Atropelamentos de animais silvestres na rodovia RS-040*. *Caderno de Pesquisa Série Biológica* (2004) 16: 35-42.

SANTOS, A. L. P. G.; ROSA, C. A. & BAGER, A. *Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil*. *Biotemas* (2012) 25 (1), 73-79.

SEILER, A.. *Ecological Effects of Roads, A review*. Introductory Research Essay No. 9. Swedish University of Agricultural Science (2001) Upsalla, 40p.

SILVA, F. *Mamíferos Silvestres do Rio Grande do Sul*. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (1984) Porto Alegre, 246p.

SILVA, M. O.; OLIVEIRA, I. S.; CARDOSO, M. W. & GRAF, V. *Impacto dos atropelamentos sobre herpetofauna da Floresta Atlântica (Pr-340, Antonina, Paraná)*. *Acta Biol. Par.* (2007) Curitiba, 36 (1-2): 103-112.

SLATER, F. M.. *An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed*. *Web Ecology* (2002) 3: 33-42.

SNUC – SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Lei Federal nº 9985/2000.

TURCI, L. C. B. & BERNARDE, P. S. *Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil*. *Biotemas* (2009) 22 (1): 121-127.

VALLE, L. B. do & COLARES, I. G.. *Hábitos alimentares de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus 1766), na Reserva Ecológica do Taim (ESES – Taim) – sul do Brasil*. *Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia* (2007) 50 (3).

VARGAS, F. C.; VARGAS, S. C.; MORO, M. E. G.; SILVA, V. & CARRER, C. R. O.. *Monitoramento populacional de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris* Linnaeus, 1766) em Pirassununga, SP, Brasil*. *Ciência Rural* (2007) 37(4): 1104-1108.

VERDADE, L. M. & FERRAZ, K. M. P. M. B.. *Capybaras on anthropogenic habitat in Southeastern Brazil*. *Braz. J. Biol.* (2006) 66 (1b):371-378.