Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Orientador: Evaristo de Castro Junior

A INFLUÊNCIA DOS PADRÕES DE PAISAGEM NO ATROPELAMENTO DE FAUNA: O CASO DA BR-040

Aluno: Leonardo Esteves de Freitas

Novembro de 2012

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Orientador: Evaristo de Castro Junior

A INFLUÊNCIA DOS PADRÕES DE PAISAGEM NO ATROPELAMENTO DE FAUNA: O CASO DA BR-040

Leonardo Esteves de Freitas

Orientador:

Prof. Dr. Evaristo de Castro Junior

Coorientadora:

Prof[a].Dra. Cecília Bueno

FREITAS, L. E.

A Influência dos Padrões de Paisagem no Atropelamento de Fauna: o Caso da BR-040. RJ. 2012.

Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2012.

Orientador: Evaristo de Castro Junior

Coorientadora: Cecília Bueno

1.Fragmentação Florestal; 2. Ecologia de Estradas; 3. Atropelamento de Fauna; 4. Rodovias; 5. Paisagem.

I. CASTRO JR, E.; BUENO, C. (Orientadores). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. III. Título.

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Natureza e da Matemática
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia
Programa de Pós-graduação em Geografia

A Influência dos Padrões de Paisagem no Atropelamento de Fauna: o Caso da BR-040

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito necessário à obtenção do título de Doutor em Geografia

Aprovada por:

Dr. Evaristo de Castro Junior (Orientador)

Dra. Cecília Bueno (Corientadora)

Dra. Ana Luiza Coelho Netto

Dr. Manoel do Couto Fernandes

Dra. Flávia Rocha

Dra. Simone Freitas

Dedico esse trabalho à minha esposa Marina e aos meus filhos Carolina e Marcos

AGRADECIMENTOS

Ao Evaristro de Castro Junior, pela orientação, idéias e estímulo, sem os quais este trabalho jamais seria desenvolvido, e pelo companherismo que faz da troca de idéias uma atividade sempre estimulante, seja a respeito de trabalho ou não.

À Cecília Bueno pela coorientação nessa pesquisa e pelo intenso trabalho de levantamento de dados, sem o qual a mesma não seria possível.

Ao Bruno Coutinho, que ajudou de forma decisiva nas análises espaciais, além de ter sido um interlocutor relevante para a realização da pesquisa.

Ao João Crisóstomo Oswaldo Cruz pelo apoio na elaboração dos mapas e pela troca de idéias a respeito dos resultados.

Ao Flávio Brasil pelas discussões e trocas sobre o desenvolvimento do trabalho.

Ao Bruno César Santos, que também contribuiu na elaboração dos mapas.

Ao Cesário pelo apoio nas análises estatísticas

À Concer, que disponibilizou os dados que possibilitaram a realização do trabalho.

À minha família: meus pais Leda e Milton, meus irmãos Alexandre e Pedro, minha irmã Luciana, minhas sobrinhas Clara e Sofia.

À minha sogra Adelina, ao meu sogro Mario e a minha cunhada Juliana

À todos os demais que tornaram este trabalho não apenas possível, mas sobretudo prazeroso.

RESUMO

O atropelamento de fauna silvestre gera impactos relevantes sobre as populações naturais e sua mitigação requer o conhecimento das relações entre as características das paisagens e os atropelamentos, possibilitando a previsão desses eventos. Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de relacionar as características das paisagens cruzadas pela rodovia BR-040 (Rio-Juiz de Fora), com os atropelamentos de fauna silvestre registrados na rodovia. Foram levantadas as características de cobertura vegetal e uso do solo no entorno da rodovia e também características da fragmentação florestal. Foram levantadas as precipitações acumuladas em estações pluviométricas situadas nas proximidades da rodovia. Os resultados mostraram que os atropelamentos de mamíferos e aves se concentram nas épocas mais secas. A menor disponibilidade de recursos explica esse fenômeno, pois gera maior necessidade de locomoção dos animais entre fragmentos em busca dos mesmos, sendo mais atropelados. Já os répteis são mais atropelados nas épocas mais quentes, pois procuram as rodovias para regulação térmica. Do ponto de vista espacial, os mamíferos são mais atropelados onde há maior proporção de florestas conservadas, tanto nas proximidades da rodovia, como no contexto mais geral. Isto ocorre, pois a utilização das estradas pelos mamíferos está associada, em grande parte, à locomoção entre fragmentos de floresta. As aves são mais atropeladas onde a paisagem apresenta fragmentos florestais bem conservados, capazes de sustentar suas populações, mas onde há predomínio de formações abertas nas proximidades da rodovia, pois as aves vão à estrada para se alimentar, havendo a necessidade de áreas abertas, onde possam caçar. A análise espaço-temporal e a comparação com a precipitação acumulada mostraram que, em ambientes fragmentados como a Mata Atlântica, há uma relação estreita entre o aumento do atropelamento de mamíferos e aves e a redução no acumulado de precipitação apenas nas paisagens onde há predomínio de florestas conservadas. Nas paisagens onde há predomínio de geoecossistemas antropizados esta relação não é observada. Isto indica que, na época seca, os fragmentos florestais têm sua produtividade primária reduzida e, consequentemente, sua capacidade de suporte às populações silvestres diminuída. Dessa forma, as populações inseridas nesses fragmentos necessitam maior deslocamento na paisagem para alcançar um número maior de fragmentos para conseguir recursos necessários à sua sobrevivência. Desse modo, cruzam mais vezes a matriz da paisagem e são atropeladas de forma mais frequente. Já as populações silvestres que vivem preferencialmente inseridas na matriz da paisagem estão em ambientes onde a redução da umidade não implica, necessariamente, em uma redução de produtividade e de disponibilidade de recursos.

ABSTRACT

The roadkills of wildlife generates significant impacts on natural populations. The mitigation requires knowledge of the relationships between landscape features and animals collisions, enabling the prediction of these events, even before the construction of roads. This study aimed to relate the characteristics of landscapes crossed by the highway BR-040 (Rio-Juiz de Fora), with the roadkills of wildlife recorded on the highway. The characteristics of vegetation cover and land use in the vicinity of the highway, the characteristics of forest fragmentation and the accumulated rainfall were raised. The results showed that the roadkills of mammals and birds are concentrated in the dry seasons. Reduced availability of environmental resources explains this phenomenon, because it generates greater need for movment of animals between fragments in search of resources, elevating the roadkills. The roadkill of reptiles elevates in warmer seasons, because this animals go to the highways looking for termic regulation. From the viewpoint of the spacial distribuction, mammals are more roadkill in the landscape that has a higher proportion of conserved forests, both near the highway, and in the more general context. This occurs because mammals, in large part, cross de highway whem they are moving between the forest fragments. Birds are more run down where the landscape has a larger portion of preserved forest fragments, able to sustain their populations, but where there is a predominance of open fields near the highway, because birds will hit the road for food, and need for open areas where may hunt. The space-time analysis and comparison with the accumulated precipitation showed that, in fragmented environments, such as the Atlantic Forest, there is a close relationship between increased roadkills of mammals and birds and the reduction in the accumulated rainfall only in landscapes where there is a predominance of preserved forest. In landscapes where there is a predominance of anthropogenic geoecossistems, this relationship is not observed. This indicates that, in the dry season, forest fragments have a reduction in a primary productivity, and their ability to support animals populations decreased. Thus, the populations included in these fragments require greater displacement in the landscape to reach a larger number of fragments to obtain resources necessary for their survival. Thus, more often cross the landscape matrix and are run over more often. For the animals populations that live preferably inserted in the landscape matrix, the reduction of enviromental water does not necessarily imply a reduction in productivity and resource availability.

ÍNDICE

1 APRESENTAÇÃO 1
1.1 Estrutura do Documento 1
2 INTRODUÇÃO 3
2.1 OBJETIVOS 5
2.1.1 Objetivo Geral 5
2.1.2 Objetivos Específicos 5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 6
3.1 Biodiversidade e Mata Atlântica 6
3.2 Fragmentação da Mata Atlântica e Redução da Biodiversidade 8
3.3 Paisagem e Conservação da Biodiversidade 13
3.4 Rodovias e Fragmentação da Paisagem 17
3.5 Impacto dos Atropelamentos sobre a Fauna 21
3.5.1 Atropelamento de fauna silvestre - distinções entre grupos e espécies 26
3.6 Atropelamento de Fauna Silvestre e Características da Paisagem 35
3.7 Atropelamento de Espécies Prioritárias à Conservação 47
4 ÁREA DE ESTUDO 49
5 MÉTODO 66
5.1 Monitoramento do Atropelamento da Fauna Silvestre 66
5.1.1 Monitoramento pelos Inspetores de Tráfego 67
5.1.2 Monitoramento pelos Pesquisadores 70
5.1.3 Destino das carcaças 71
5.2 Recortes de Análise 71
5.3 Riqueza de espécies 75
5.4 Taxas de atropelamento 75
5.5 Comparação dos atropelamentos com a precipitação acumulada 76
5.6 Tratamento estatístico 79
5.7 Mapeamentos de Cobertura Vegetal e Uso do Solo 80
5.7.1 Escala 1:250.000 – Faixa de 10 km 81
5.7.2 Escala 1:2.000 – Faixa de 0,5 km 82
5.7.3 Definição dos Limites dos Recortes de Paisagem nos Mapas de Cobertura Vegetal e Uso do Solo 95
5.8 Atropelamentos e distribuição espacial da cobertura vegetal. 96
RESULTADOS E DISCUSSÃO 101
6 CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAISAGEM 101
6.1 Escala de 1:250.000 – Faixa de 10 km. 102
6.1.1 Cobertura Vegetal e Uso do Solo 102
6.1.2 Fragmentação Florestal 106
6.2 Escala de 1:2.000 – Faixa de 0,5 km. 113
6.2.1 Cobertura Vegetal e Uso do Solo 114
6.2.2 Fragmentação Florestal 119
* - Quanto maior o Índice de Fragmentação, menos fragmentado o recorte espacial. 128
* - Quanto maior o Índice de Fragmentação, menos fragmentado o recorte espacial. 129
7 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040 130
7.1 Taxas de Atropelamento de Fauna Silvestre na BR-040 130
7.2 Classes e Espécies 132
7.3 Espécies Prioritárias à Conservação 139
8 VARIAÇÃO TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040 141

8.1 Variação Temporal do Atropelamentos Segundo as Classes de Vertebrados 162
9 VARIAÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES 173
9.1 Variações dos Atropelamentos de Fauna Silvestre nos Trechos que Cruzam os Seis Recortes de Paisagem 176
9.2 Variações dos Atropelamentos de Fauna Silvestre na BR-040 nos Trechos que Cruzam Paisagens Distintas, em Função das Classes 181
10 VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040 192
11 RELAÇÃO DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040 COM A PRECIPITAÇÃO ACUMULADA 212
11.1 Baixada 212
11.2 Corredor de Vegetação da Serra do Mar 218
11.3 Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra 242
11.4 Gramíneas 254
11.5 Gramíneas e Áreas Urbanas 268
11.6 Gramíneas e Fragmentos 280
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS 296
13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 301
14 ANEXOS 312
14.1 Anexo 1 – Formulário para coleta de dados de atropelamento de fauna silvestre na BR-040 312
14.2 Anexo 2 – Animais silvestres atropelados na BR-040 (km 800 ao 124) entre 01/07/2007 e 30/06/2011 313
14.3 Anexo 3 – Resultado do Teste de Tukey para a comparação entre as diferenças nas taxas médias de atropelamento entre os meses durante o período de análise (01 julho de 2007 a 31 de março de 2011) 319
14.3.1 BR-040 319
14.3.2 BR-040, pista sentido Juiz de Fora 319
14.3.3 BR-040, pista sentido Rio de Janeiro 320
14.4 Anexo 4 – Quantidade de ocorrências de atropelamento para cada quilômetro monitorado 321
JF 321
RJ 321
BR-040 321
14.5 Anexo 5 – Riqueza de espécies atropeladas por quilômetro 325
14.6 Anexo 6 – Quadros com os resultados dos testes de Tukey que não apresentaram diferenças significativa. 329

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo de um trecho de 10 km ao redor da BR-040, no trecho monitorado para atropelamento de fauna (Fonte: PROBIO, 2007) 50
Figura 2 – BR-040 na baixada..... 51
Figura 3 - Rios na baixada..... 51
Figura 4 – Colinas na baixada..... 52
Figura 5 – BR-040 próxima à Serra do Mar..... 53
Figura 6 – Área de encostas íngremes dominadas por florestas em bom estado de conservação na escarpa da Serra do Mar nas proximidades da BR-040. No sopé da serra, as áreas de gramínea e urbanas são mais relevantes..... 55
Figura 7 - Mapa de UCs situadas no entorno da BR-040, no trecho monitorado para atropelamento de fauna. 56
Figura 8 – Floresta no interior da REBIO Tinguá..... 57
Figura 9 – Área de mata no entorno da BR-040 apresentam espécies invasoras e espécies características de formaçõpes em estágio inicial de suceção, indicando o efeito de borda sobre a floresta gerado a patir da rodovia. 57
Figura 10 – Encostas íngremes no reverso da serra 58
Figura 11 – Entorno de Petrópolis, porção superior da serra. 59
Figura 12 – Trecho onde a BR-040 corre ao lado do Rio Piabanha..... 61
Figura 13 – Trecho próximo à foz do Rio Fagundes..... 62
Figura 14 – Entorno de Três Rios e Levy Gasparian 63
Figura 15 – Paisagem entre kms 1 e 800..... 64
Figura 16 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo de um trecho de 10 km ao redor da BR-040, no trecho monitorado para atropelamento de fauna (Fonte: PROBIO, 2007) 73
Figura 17 - Mapa das estações pluviométricas utilizadas no estudo..... 78
Figura 18 – Eixo Central da BR-040..... 81
Figura 19 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 - BAIXADA (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 83
Figura 20 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 - BAIXADA (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000 84
Figura 21 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – CORREDOR DE VEGETAÇÃO DA SERRA DO MAR (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 85
Figura 22 – Mosaico de imagens do satélite GEOID a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 – CORREDOR DE VEGETAÇÃO DA SERRA DO MAR (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 86
Figura 23 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – BORDA DO CORREDOR DE VEGETAÇÃO NO REVERSO DA SERRA DO MAR (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 87
Figura 24 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 BORDA DO CORREDOR DE VEGETAÇÃO NO REVERSO DA SERRA DO MA (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 88
Figura 25 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – GRAMÍNEAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 89

Figura 26 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 - GRAMÍNEAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 90
Figura 27 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – GRAMÍNEAS E ÁREAS URBANAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000..... 91
Figura 28 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 – GRAMÍNEAS E ÁREAS URBANAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 92
Figura 29 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – GRAMÍNEAS E FRAGMENTOS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 93
Figura 30 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 GRAMÍNEAS E FRAGMENTOS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000. 94
Figura 31 – Área das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo (PROBIO, 2007) por recorte de paisagem..... 104
Figura 32 – Proporção das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo (PROBIO, 2007) por recorte de paisagem (em relação à área total de cada de paisagem)..... 104
Figura 33 – Área dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem..... 107
Figura 34 – Proporção dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem. 108
Figura 35 – Número de fragmentos florestais, por recorte de paisagem..... 109
Figura 36 – Tamanho médio dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem..... 109
Figura 37 – Índice de Fragmentação (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem. 111
Figura 38 – Qualidade da Matriz, por recorte de paisagem. 111
Figura 39 – Distância média dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem. 112
Figura 40 – Índice de Conectividade Florestal (ICF) (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem..... 113
Figura 41 – Área das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo na escala de 1:2.000 (CONCER, 2012) por recorte de paisagem..... 115
Figura 42 – Proporção das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo (CONCER, 2012) por recorte de paisagem (em relação à área total de cada de paisagem)..... 115
Figura 43 – Área dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem..... 120
Figura 44 – Proporção dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem. 120
Figura 45 – Número de fragmentos florestais, por recorte de paisagem..... 122
Figura 46 – Tamanho médio dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem..... 122
Figura 47 – Índice de Fragmentação (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem. Quanto maior o índice, menor a fragmentação. 123
Figura 48 – Qualidade da Matriz, por recorte de paisagem. Quanto maior o índice, melhor a qualidade da matriz no que concerne à conectividade florestal. 124
Figura 49 – Distância média dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem. 125
Figura 50 – Índice de Conectividade Florestal (ICF) (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem..... 127
Figura 51 – Quantidade de atropelamentos de animais silvestres por dia – BR-040 – 01/07/2007 a 31/03/2011..... 141

Figura 52 – Quantidade de atropelamentos de animais silvestres por dia na BR-040 - Pista sentido Juiz de Fora – 01/07/2007 a 31/03/2011 142
Figura 53 – Quantidade de atropelamentos de animais silvestres por dia na BR-040 - Pista sentido Rio de Janeiro – 01/07/2007 a 31/03/2011 142
Figura 54 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês na BR-040 – 01/07/2007 a 31/03/2011 146
Figura 55 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG – 01/07/2007 a 31/03/2011 149
Figura 56 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ – 01/07/2007 a 31/03/2011 149
Figura 57 – Taxa de atropelamento de animais silvestres na BR-040 – 01/07/2007 a 31/03/2011 (agregados por mês). 151
Figura 58 – Taxa de atropelamento de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG – 01/07/2007 a 31/03/2011 (agregados por mês). 153
Figura 59 – Taxa de atropelamento de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ – 01/07/2007 a 31/03/2011 (agregados por mês). 154
Figura 60 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por estação do ano, BR-040– 01/07/2007 a 31/03/2011. 155
Figura 61 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por estação do ano, BR-040 , pista sentido Juiz de Fora/MG - 01/07/2007 a 31/03/2011 156
Figura 62 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por estação do ano, BR-040 , pista sentido Rio de Janeiro/RJ - 01/07/2007 a 31/03/2011 157
Figura 63 - Taxa de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040 – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011 158
Figura 64 - Taxa de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011 160
Figura 65 - Taxa de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011 160
Figura 66 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe de vertebrados, por estação do ano, BR-040. 164
Figura 67 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe de vertebrados, por estação do ano, BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG. 165
Figura 68 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe de vertebrados, por estação do ano, BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ 166
Figura 69 –Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe e por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040 – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011 167
Figura 70 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe e por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Juiz de Fora – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011 168
Figura 71 –Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe e por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Rio de Janeiro – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011 168
Figura 72 – Taxa mensal de atropelamento por trecho de 1 km – BR-040 - 01/07/2007 a 30/06/2011 173
Figura 73 – Taxa mensal de atropelamento por trecho de 1 km – BR-040, pista sentido Juiz de Fora - 01/07/2007 a 30/06/2011 174

Figura 74 – Taxa mensal de atropelamento por trecho de 1 km – BR-040, pista sentido Rio de Janeiro - 01/07/2007 a 30/06/2011 175
Figura 75 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, por classe e por recorte de paisagem. B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos 182
Figura 76 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, por classe e por recorte de paisagem na BR-040. B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos..... 185
Figura 77 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, por classe e por recorte de paisagem. B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos 185
Figura 78 – Taxa de atropelamentos de animamis silvestres na BR-040, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 193
Figura 79 – Taxa de atropelamentos de animamis silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011). 194
Figura 80 – Taxa de atropelamentos de animamis silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011). 195
Figura 81 – Taxa de atropelamentos de mamíferos por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 197
Figura 82 – Taxa de atropelamentos de mamíferos por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Juiz de Fora..... 200
Figura 83 – Taxa de atropelamentos de mamíferos por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro.... 200
Figura 84 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 204
Figura 85 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 205
Figura 86 – Taxa de atropelamentos de aves por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011) na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro..... 206
Figura 87 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 207
Figura 88 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, pista sentido Juiz de Fora. por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 208
Figura 89 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011)..... 208
Figura 90 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 213
Figura 91 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, no trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 214
Figura 92 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, na Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 214

Figura 93 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 216
Figura 94 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 216
Figura 95 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 217
Figura 96 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 219
Figura 97 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 221
Figura 98 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 221
Figura 99 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 223
Figura 100 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 224
Figura 101 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 224
Figura 102 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 225
Figura 103 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 227
Figura 104 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 227
Figura 105 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 230
Figura 106 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 230
Figura 107 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 231
Figura 108 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 232

Figura 109 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 233
Figura 110 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 233
Figura 111 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 235
Figura 112 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 236
Figura 113 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 236
Figura 114 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 238
Figura 115 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 239
Figura 116 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. 239
Figura 117 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 240
Figura 118 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 241
Figura 119 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. 241
Figura 120 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 243
Figura 121 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 243
Figura 122 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 244
Figura 123 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 245
Figura 124 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 246

Figura 125 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 246
Figura 126 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 248
Figura 127 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 248
Figura 128 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 249
Figura 129 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 249
Figura 130 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 250
Figura 131 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 250
Figura 132 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 251
Figura 133 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 252
Figura 134 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade. 252
Figura 135 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 253
Figura 136 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 253
Figura 137 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade. 254
Figura 138 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi..... 255
Figura 139 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 256
Figura 140 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 256

Figura 141 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi..... 257
Figura 142 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 258
Figura 143 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 258
Figura 144 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi..... 260
Figura 145 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 261
Figura 146 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 261
Figura 147 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 262
Figura 148 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 262
Figura 149 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 263
Figura 150 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi..... 264
Figura 151 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 264
Figura 152 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 265
Figura 153 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 265
Figura 154 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 266
Figura 155 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 266
Figura 156 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil..... 269

Figura 157 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 269
Figura 158 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 270
Figura 159 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 271
Figura 160 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 271
Figura 161 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 272
Figura 162 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 273
Figura 163 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 274
Figura 164 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 274
Figura 165 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 275
Figura 166 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 275
Figura 167 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil. 276
Figura 168 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 277
Figura 169 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 277
Figura 170 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 278
Figura 171 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 278
Figura 172 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 279

Figura 173 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil. 279
Figura 174 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji. 281
Figura 175 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji..... 281
Figura 176 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji..... 282
Figura 177 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji. 283
Figura 178 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji..... 283
Figura 179 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji..... 284
Figura 180 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji. 286
Figura 181 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji. 287
Figura 182 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji. 287
Figura 183 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji..... 288
Figura 184 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji. 288
Figura 185 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji. 289
Figura 186 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji. 290
Figura 187 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji. 290
Figura 188 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji. 291

Figura 189 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji..... 291
Figura 190 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji. 292
Figura 191 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji. 292

ÍNDICE DE QUADROS:

Quadro 1 – Nome, localização geográfica e distância aproximada da BR-040 das estações pluviométricas cujos dados foram utilizados no presente estudo 77
Quadro 2 – Relação das estações com os sete tipos de paisagem 79
Quadro 3 – Relação entre estações do ano e meses 79
Quadro 4 – Classes de Vegetação e Uso do Solo – 1:250.000..... 82
Quadro 5 – Classes de Vegetação e Uso do Solo – 1:2.000..... 95
Quadro 6 – Agregação de Classes do mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:250:000, faixa de 10 km no entorno da BR-040 99
Quadro 7 – Agregação de Classes do mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2:000..... 100
Quadro 8 – Área de análise dos tipos de Paisagem para a escala de 1:250.000 102
Quadro 9 – Área e proporção da área total das classes do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007) na faixa de 10 km de cada lado da BR-040 103
Quadro 10 – Área e proporção da área total dos fragmentos florestais e da matriz, levantados partir do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007) na faixa de 10 km de cada lado da BR-040..... 106
Quadro 11 – Área de análise dos tipos de Paisagem para a escala de 1:2.000 114
Quadro 12 – Área e proporção da área total das classes do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007) na faixa de 10 km de cada lado da BR-040 114
Quadro 13 – Área e proporção da área total dos fragmentos florestais e da matriz, levantados partir do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:2.000 (CONCER, 2012) na faixa de 500m de cada lado da BR-040..... 119
Quadro 14 – Síntese das características dos seis recortes de paisagem na faixa de 10 km no entorno da BR-040 128
Quadro 15 – Síntese das características dos seis recortes de paisagem na faixa de 0,5 km no entorno da BR-040 129
Quadro 16 – Atropelamento de animais silvestre na BR-040, entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011..... 130
Quadro 17 – Nível de identificação dos animais na BR-040 132
Quadro 18 – Quantidade e proporção de animais e espécies atropelados coletados pelos Inspetores de Tráfego na BR-040, por classe, no período entre 01/07/2007 a 31/03/2011 133
Quadro 19 – Quantidade e proporção de animais e espécies atropelados coletados pelos Inspetores de Tráfego na BR-040 – Pista sentido Juiz de Fora/MG, por classe, no período entre 01/07/2007 a 31/03/2011..... 134
Quadro 20 – Quantidade e proporção de animais e espécies atropelados coletados pelos Inspetores de Tráfego na BR-040 – Pista sentido Rio de Janeiro/RJ, por classe, no período entre 01/07/2007 a 31/03/2011 134
Quadro 21 – 10 espécies mais atropeladas na BR-040 138
Quadro 22 – 5 espécies mais atropeladas na BR-040 - Pista sentido Juiz de Fora 139
Quadro 23 – 5 espécies mais atropeladas na BR-040 - Pista sentido Rio de Janeiro..... 139
Quadro 24 – Quantidade e proporção de dias, pela quantidade de atropelamentos de animais silvestres, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011..... 143
Quadro 25 –Períodos sem ocorrência de atropelamentos de animais silvestres por 15 dias ou mais (BR-040), e 25 dias ou mais (pista sentido Juiz de Fora e pista sentido Rio de Janeiro), no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011..... 143

Quadro 26 –Períodos com ocorrência de atropelamentos de animais silvestres por 4 dias ou mais (BR-040) e 3 dias ou mais (Pistas sentidos JF e RJ). BR-040 no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de junho de 2011..... 144
Quadro 27 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km) na BR-040 no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de junho de 2011 145
Quadro 28 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km) na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de abril de 2011 147
Quadro 29 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km) na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de abril de 2011 148
Quadro 30 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km/mês), agregados para os quatro anos, na BR-040, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de abril de 2011 150
Quadro 31 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km/mês), agregados por mês, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011..... 153
Quadro 32 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km/mês), agregados por mês, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011..... 153
Quadro 33 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês) por estação do ano, BR-040, trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 155
Quadro 34 –Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês) por estação do ano, BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a a 31 de março de 2011 156
Quadro 35 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês) por estação do ano, BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ, trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 157
Quadro 36 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 158
Quadro 37 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 159
Quadro 38 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) BR-040, pista sentido Rio de Janeiro /RJ, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 159
Quadro 39 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano, na BR-040, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 163
Quadro 40 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 164
Quadro 41 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano, na BR-040, pista senido Rio de Janeiro, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 165

Quadro 42 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) na BR-040, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 166
Quadro 43 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 166
Quadro 44 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 167
Quadro 45 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis, por estação do ano (agregado de quatro anos), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas..... 169
Quadro 46 – Síntese da variação temporal dos atropelamentos de animais silvestres e comparação com outros estudos..... 171
Quadro 47 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 março de 2011 176
Quadro 48 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 março de 2011..... 178
Quadro 49 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 março de 2011 178
Quadro 50 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas ... 179
Quadro 51 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por trecho de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas..... 180
Quadro 52 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e por classe, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 182
Quadro 53 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e por classe, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 184
Quadro 54 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e por classe, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011..... 184
Quadro 55 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas significativas..... 188
Quadro 56 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de répteis, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas significativas..... 190
Quadro 57 – Síntese da variação espacial dos atropelamentos de animais silvestres. Em vermelho os resultados de maior destaque..... 191

Quadro 58 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ 192
Quadro 59 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por recorte de paisagem, na BR-040 kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas 193
Quadro 60 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, kms 800/MG e 124/RJ 194
Quadro 61 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ, kms 800/MG e 124/RJ..... 195
Quadro 62 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas 196
Quadro 63 – Taxa de atropelamento de mamíferos e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 196
Quadro 64 – Taxa de atropelamento de mamíferos e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ 199
Quadro 65 – Taxa de atropelamento de mamíferos e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ..... 199
Quadro 66 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas 201
Quadro 67 – Taxa de atropelamento de aves e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ..... 203
Quadro 68 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas..... 204
Quadro 69 – Taxa de atropelamento de aves e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ 205
Quadro 70 – Taxa de atropelamento de aves e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011 205
Quadro 71 – Taxa de atropelamento de répteis e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 30 junho de 2011..... 207
Quadro 72 – Síntese da variação espaço-temporal dos atropelamentos de animais silvestres. Em vermelho os resultados de maior destaque 210
Quadro 73 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestres no trecho que cruza a Baixada, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Bomba de Imunana..... 213
Quadro 74 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestres no trecho que cruza a Baixada, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Bomba de Imunana..... 215
Quadro 75 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Bomba de Imunana. 218

Quadro 76 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas. 219
Quadro 77 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas. 222
Quadro 78 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Bomba de Imunana. 223
Quadro 79 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos aves e répteis no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Bomba de Imunana. 226
Quadro 80 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas. 228
Quadro 81 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas 228
Quadro 82 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos aves e répteis no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Bomba de Imunana. 229
Quadro 83 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas. 234
Quadro 84 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas 234
Quadro 85 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas. 237
Quadro 86 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas 237
Quadro 87 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora

e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Rio da Cidade. 242
Quadro 88 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Rio da Cidade. 245
Quadro 89 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Rio da Cidade. 247
Quadro 90 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Rio da Cidade. 251
Quadro 91 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 255
Quadro 92 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 257
Quadro 93 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 259
Quadro 94 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 259
Quadro 95 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Areal Granja Gabi. 260
Quadro 96 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Areal Granja Gabi. 263
Quadro 97 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Moura Brasil. 268
Quadro 98 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Moura Brasil. 270
Quadro 99 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Moura Brasil. 273

Quadro 100 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Moura Brasil. 276
Quadro 101 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Sobraji. 280
Quadro 102 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Sobraji. 282
Quadro 103 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji. Em vermelho as diferenças consideradas significativas. 285
Quadro 104 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji. Em vermelho as diferenças consideradas significativas. 285
Quadro 105 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Sobraji. 286
Quadro 106 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Sobraji. 289
Quadro 107 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji. 293
Quadro 108 – Síntese da relação entre o aumento das taxas de atropelamentos de animais silvestres em função da redução da precipitação acumulada. Em vermelho os resultados de maior destaque, que foram considerados significantes 294

1 APRESENTAÇÃO

A presente Tese de Doutorado é fruto de um trabalho que remonta a 2006, quando se iniciou o projeto Caminhos da Fauna, que realiza o monitoramento da fauna silvestre atropelada na rodovia BR-040 (Rio - Juiz de Fora) e é desenvolvido pela concessionária que administra a rodovia.

A construção e o desenvolvimento desse projeto permitiu a criação de uma linha de pesquisa em Ecologia de Estradas[1] que vem dando contribuições ao conhecimento das características dos atropelamentos de fauna silvestre na Mata Atlântica e da relação de características ambientais com os atropelamentos.

Nesse contexto se enquadra este estudo. Porém, esse trabalho tenta avançar a partir da incorporação de conceitos e metodologias próprias da geografia no processo de pesquisa característico da ecologia de estradas.

A forma como este documento foi estruturado reflete este processo de trabalho, uma vez que apresenta um capítulo específico de resultados sobre a classificação da paisagem (capítulo 6), que se torna básico para a discussão dos demais resultados.

1.1 Estrutura do Documento

O primeiro capítulo corresponde a esta Apresentação, que busca situar o leitor no processo de construção da pesquisa, indicando como surgiu e de que forma pretende contribuir para o conhecimento, e apresenta a estrutura deste documento.

O segundo capítulo traz a introdução, que discute a motivação e a relevância da pesquisa realizada, apresentando a problemática envolvida no atropelamento de animais silvestres e os objetivos do trabalho.

O terceiro capítulo é a Revisão Bibliográfica, que apresenta o estado da arte no que diz respeito aos temas abordados na pesquisa, buscando restringir a discussão aos aspectos mais relevantes que serão abordados nos capítulos de resultados.

O quarto capítulo corresponde à Área de Estudo, realizando uma caracterização geral da região cruzada pela BR-040, especialmente focada nas características mais relevantes do relevo, clima, cobertura vegetal e uso do solo.

O capítulo seguinte, denominado Método, traz o detalhamento conceitual e metodológico utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho, desde o processo de monitoramento

[1] "A interação entre organismos e o meio ambiente relacionada a rodovias e veículos" (FORMAN et. al., 2003, pp 7. Mais detalhes ver página 15.

ocorrido no âmbito do projeto Caminhos da Fauna, até os métodos utilizados para tratamento dos dados.

O sexto capítulo é o primeiro referente aos resultados e discussões desta tese. Denominado Características dos Tipos de Paisagem, apresenta a definição dos tipos de paisagem definidos no trabalho e as características desses recortes espaciais no que concerne aos parâmetros considerados relevantes para o entendimento das características espaço-temporais dos atropelamentos de fauna.

O capítulo 7 (Características gerais dos Atropelamentos de Fauna Silvestre) apresenta uma caracterização geral dos atropelamentos ocorridos na BR-040 no período enfocado nesta tese, discutindo as taxas de atropelamento obtidas, as espécies mais atropeladas, aquelas relevantes para a conservação, etc.

O oitavo capítulo, denominado Variações Temporais dos Atropelamentos de Fauna Silvestre na BR-040, traz a discussão da variação temporal dos atropelamentos de fauna silvestre em função dos meses e das estações do ano.

O capítulo Variações Espaciais dos Atropelamentos de Fauna Silvestre na BR-040 é o capítulo posterior, e apresenta a discussão dos atropelamentos em função dos tipos de paisagem definidos nessa pesquisa.

O capítulo 10 (Variações Espaço-Temporais dos Atropelamentos de Fauna Silvestre na BR-040) busca relacionar as variações de atropelamento às diferenças espaciais e temporais observadas na paisagem relacionadas à precipitação e à cobertura vegetal e uso do solo.

O capítulo 11 é denominado Relação dos Atropelamentos de Fauna Silvestre na BR-040 com a Precipitação Acumulada, e discute as variações espaço-temporais dos atropelamentos em função da distribuição da precipitação nos diferentes tipos de paisagem.

O capítulo de Considerações Finais traz uma síntese dos principais resultados alcançados nesse trabalho, destacando os avanços no conhecimento obtidos com esta pesquisa, além de apresentar as perspectivas de continuidade.

Os capítulos 14 e 15 trazem as Referências Bibliográficas e os anexos, respectivamente.

2 INTRODUÇÃO

Em função de possuir biodiversidade extremamente alta e estar submetida a elevado grau de ameaça, a Mata Atlântica é um bioma considerado prioritário para a conservação. A diversidade de paisagens, ecossistemas e taxa de endemismo está entre as mais altas do planeta. Mas o intenso processo de remoção e retalhamento reduziu este bioma a fragmentos de ecossistemas que somam entre 7 e 22% de sua área original (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2006; PROBIO, 2007). Em consequência, estão na Mata Atlântica a maioria das espécies vegetais e animais incluídas nas listas brasileiras de espécies ameaçadas de extinção (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005).

As rodovias exerceram e exercem papel fundamental neste processo de alteração dos ecossistemas, ambiente que concentra as maiores cidades e, consequentemente, grande parte da malha viária brasileira. O acesso que as rodovias possibilitam a ecossistemas conservados facilita a alteração e destruição dos mesmos. Além disso, a própria existência da rodovia representa uma fragmentação na paisagem do ponto de vista da conservação da biodiversidade, pois reduz a conectividade dos ecossistemas, na medida que reduz a possibilidade de deslocamento livre das espécies silvestres.

Essa diminuição de conectividade ocorre a partir de mecanismos diversos, condicionados por características ambientais, das espécies e das rodovias. Entre esses, o atropelamento de fauna silvestre tem se revelado bastante expressivo. Estimativas internacionais indicam uma mortalidade de bilhões de indivíduos das mais variadas espécies a cada ano em todo o mundo, em função de atropelamentos (SPELLERBERG, 2002). Esta elevada mortalidade ocorre em variados grupos de animais, sendo responsável por impactos severos nas populações de muitas espécies, com destaque para aquelas que possuem populações pouco numerosas, áreas de vida extensas ou realizam longos movimentos migratórios (SEILER, 2001).

Tendo em vista a gravidade dos impactos gerados pelos atropelamentos de fauna silvestre, os estudos sobre as características, causas e consequências desses eventos têm se multiplicado desde o início da década de 2000.

Por serem realizados, geralmente, no âmbito da biologia, a maior parte dos trabalhos está focado nas características biológicas e ecológicas dos animais e nas relações dessas características com os atropelamentos. Apenas trabalhos mais recentes começam a relacionar as características das paisagens à ocorrência desses eventos.

O entendimento dessa relação é fundamental, pois conhecer a influência da paisagem nesses processos permite apoiar a tomada de decisão no que concerne à realização de medidas mitigadoras que reduzam os atropelamentos e, consequentemente, ajudem a

conservar a biodiversidade (além de evitar acidentes que podem ter graves consequências para as pessoas).

Nesse contexto, a geografia apresenta conceitos e ferramentas que podem contribuir de forma decisiva, sendo de extrema relevância a discussão desse assunto no âmbito desta ciência. No entanto, a contribuição da geografia para as pesquisas na área denominada ecologia de estradas ainda é muito incipiente, sobretudo no Brasil.

A presente tese pretende contribuir, justamente, para difundir métodos e conceitos da geografia para o âmbito da ecologia de estradas, buscando compreender a influência de diferentes padrões de paisagem sobre o atropelamento de fauna silvestre, a partir do estudo de caso da rodovia BR-040 (Rio de Janeiro – Juiz de Fora).

Para tanto, o trabalho foi desenvolvido a partir do levantamento das informações de campo sobre os atropelamentos de animais silvestres, conduzido pelo projeto Caminhos da Fauna, e da construção de uma base de dados espaciais em ambiente de Sistemas Geográficos de informação (SIGs) que permitiu a caracterização e classificação dos tipos de paisagem em torno da rodovia, a partir de características consideradas relevantes em literatura para os atropelamentos. E também possibilitou o levantamento de parâmetros específicos de cada paisagem em duas escalas distintas duas faixas diferentes no entorno da rodovia.

A partir do cruzamento das informações levantadas no monitoramento do atropelamento de animais (com a indicação da espécie vitimada, data e local de ocorrência), com as informações sobre as características da paisagem, foi possível entender como determinadas características da paisagem influenciam os atropelamentos. O foco específico esteve nos parâmetros da paisagem relacionados à distribuição espaço-temporal da precipitação e à cobertura vegetal e uso da terra, a partir da qual são levantadas métricas da paisagem relacionadas à conectividade florestal.

Esta abordagem possibilitou compreender como a variação das características espaciais entre os tipos de paisagem no entorno mais próximo à estrada e na faixa mais abrangente têm efeitos distintos sobre a distribuição espaço-temporal dos atropelamentos. E como este processo é influenciado pela variação sazonal da precipitação.

Sendo assim, o presente trabalho possibilitou um avanço, mesmo que modesto, no conhecimento sobre os aspectos da paisagem que influenciam os atropelamentos de fauna silvestre e abriu perspectivas conceituais e metodológicas para avançar no entendimento da relação dos atropelamentos com a paisagem que cerca as rodovias.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

Contribuir para o entendimento dos atropelamentos de fauna silvestre na Mata Atlântica e da influência dos padrões de paisagem sobre esses eventos.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Classificar e caracterizar os tipos de paisagem existentes no entorno da BR-040, no trecho entre os kms 125 (RJ) e 800 (MG);
- Discutir as características dos atropelamentos de fauna na BR-040 e sua relação com a distribuição espaço-temporal dos atropelamentos;
- Relacionar a distribuição espaço-temporal dos atropelamentos de fauna silvestre com a distribuição sazonal da precipitação;
- Relacionar a distribuição espaço-temporal dos atropelamentos de fauna silvestre com o arranjo espacial da vegetação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Biodiversidade e Mata Atlântica

A diversidade biológica é comumente associada à diversidade de espécies ou mesmo à riqueza de espécies. Ambos são parâmetros relevantes para a avaliação da biodiversidade, porém não suficientes, uma vez que a biodiversidade é composta pela diversidade genética, pela diversidade taxonômica (na qual se enquadra a diversidade de espécies) e pela diversidade ecossistêmica (WILSON, 1997).

Assim, a conservação da biodiversidade requer a conservação *in situ* dos táxons, o que significa a conservação dos ecossistemas naturais, que são as unidades estruturais e funcionais básicas que garantem a diversidade biológica. Os ecossistemas possuem uma variabilidade interna significativa que garante a existência de populações de distintos táxons e a variabilidade genética destas populações (WILSON, 1992; YOUNÉS, 1992).

Porém, tendo em vista a dificuldade prática de avaliar a variabilidade genética, taxonômica e ecossistêmica em larga escala, a diversidade de espécies é o parâmetro mais utilizado para a estimativa da biodiversidade de ecossistemas e biomas e, consequentemente, para a priorização de áreas para investimentos em conservação da biodiversidade.

ERWIN (1997) estimou a riqueza mundial em 30 milhões de espécies, enquanto WILSON (1997) afirma que a mesma está entre 5 e 30 milhões. Em estimativas mais recentes, HAMINTON *et. al.* (2010) indicam 5,5 milhões como o número atualmente existente de espécies em todo o mundo.

As florestas pluviais, situadas nos trópicos, apresentam as maiores diversidades biológicas entre todos os ecossistemas existentes, possuindo quantidade de espécies e de outros grupos taxonômicos muito elevada quando comparadas às formações não tropicais. MYERS (1997) calcula que essas florestas possuem, aproximadamente, 70% das espécies mundiais, a despeito de ocuparem cerca de 7% da superfície da Terra.

Assim, a conservação das florestas tropicais é de grande importância para a conservação da biodiversidade, de forma que os estudos que buscam definir as áreas mais relevantes para a conservação da biodiversidade mundial consideram as florestas tropicais como os ecossistemas de maior relevância (WILSON, 1997).

Parcela relevante das florestas tropicais e da biodiversidade mundial está situada no Brasil, onde há uma diversidade de biomas muito significativa. Há a Floresta Amazônica, o Cerrado e a Mata Atlântica, biomas de biodiversidade muito elevada, além da Caatinga,

Pantanal e Campos Sulinos, que também possuem diversidade biológica alta. Assim, o Brasil:

> "(...) *abriga uma imensa diversidade biológica, o que faz dele o principal entre os países detentores de megadiversidade do Planeta, possuindo entre 15% a 20% das 1,5 milhão de espécies descritas na Terra*".(MMA/SBF, 2002).

Essa elevada diversidade biológica é traduzida em um número muito alto de espécies dos mais diversos grupos taxonômicos. Assim, o Brasil é o país com a maior riqueza vegetal do mundo, possuindo cerca de 55 mil espécies de plantas superiores (aproximadamente 22% do total mundial descrito); 524 espécies de mamíferos, 1.677 de aves, 517 de anfíbios e 2.657 de peixes (LEWINSOHN & PRADO, 2000).

Grande parte dessas espécies habita a Mata Atlântica, de modo que este bioma ocupa papel de destaque no que concerne à diversidade biológica. Está nesse bioma o recorde mundial conhecido de riqueza de espécies vegetais lenhosas: 458 espécies em um hectare de floresta no Parque Estadual da Serra do Conduru, no Sul da Bahia (THOMAS *et. al.*, 1998). Diversos outros estudos indicam uma quantidade significativa de espécies de plantas vasculares na Mata Atlântica (SILVA, 1980; LEITÃO FILHO, 1993; MELO, 1993; MANTOVANI, 1993; KURTZ, 1994; OLIVEIRA *et. al*. 1995; OLIVEIRA, 1999). .

A diversidade animal também é muito elevada. Segundo o Ministério do Meio Ambiente:

> *"(...) há no bioma 261 espécies conhecidas de mamíferos; 1020 espécies de pássaros; 197 de répteis; 340 de anfíbios; e 350 de peixes – sem mencionar os insetos e demais invertebrados. Ademais, das 1711 espécies de vertebrados que vivem na Mata Atlântica, 700 são endêmicas – sendo 55 espécies de mamíferos, 188 de aves, 60 de répteis, 90 de anfíbios e 133 de peixes. Novas espécies de animais foram recentemente descobertas na Mata Atlântica, entre elas a rã-cachoeira e o mico-leão-da-cara-preta.*" (KINTSCHNER, 2011, http://www.mma.gov.br, acessado em 09/07/2012).

A elevada biodiversidade, tanto no que concerne à riqueza de espécies, como ao grau de endemismo, está relacionada, entre outros fatores, à diversidade ecossistêmica que marca a Mata Atlântica. Este bioma inclui uma variedade de ecossistemas associados, com domínio de formações florestais.

Nas serras da porção sudeste do Brasil dominam as Florestas Pluviais Atlânticas de encosta, com uma variação fitofisionômica relacionada à altitude e à latitude. No reverso da Serra do Mar, onde a pluviosidade apresenta sazonalidade marcada, ocorrem florestas semideciduas, assim como no reverso da Serra da Mantiqueira. Nas baixadas são observadas Florestas Pluviais Atlânticas de baixada, incluindo formações de áreas secas e formações de áreas alagáveis (denominadas florestas paludosas). Nos cordões de areia litorâneos ocorrem as restingas, formações que variam desde áreas abertas e áreas dominadas por arbustos, até florestas de características xerofíticas[2]. Na região de tabuleiros terciários derivados da Formação Barreiras, que abrange o norte do Espírito Santo, parte da Bahia e de Minas Gerais, estão as florestas de tabuleiros, formações semidecíduas marcadas pela sazonalidade. Na região sul, especialmente no Paraná, além de parcelas elevadas das serras do sudeste, são observadas Florestas Ombrófilas Mistas ou Floresta de Araucárias, caracterizadas pela presença da Araucária (*Araucária angustifolia*) espécie de pinheiro de grande porte. Nas áreas de solo raso das serras do Mar e da Mantiqueira é observada a vegetação rupícola. No topo dessas serras dominam os Campos de Altitude. Além disso, nas porções lodosas do litoral estão os manguezais (RIZZINI, 1979).

3.2 Fragmentação da Mata Atlântica e Redução da Biodiversidade

Além da elevada biodiversidade, as florestas tropicais apresentam importância para a conservação por estarem em intenso processo de eliminação e fragmentação. LAURANCE (1999) estimou uma destruição das florestas tropicais no mundo da ordem de 21 milhões de espécies por ano. Este processo de eliminação de ecossistemas naturais e fragmentação dos ecossistemas remanescentes tem acarretado a extinção de milhares de espécies (EHRLICH & EHRLICH, 1992; WORLD RESOURCES INSTITUTE, 1986; WILSON, 1997; MYERS, 1997; LUGO, 1997; HAMILTON, et. al, 2010).

Por estas características, MYERS *et. al.* (2000) consideraram a Mata Atlântica um dos vinte e cinco "hotspots"[3] de biodiversidade mundial e o quinto bioma ou ecossistema mais importante para a conservação, tendo em vista sua elevada biodiversidade, o alto nível de endemismo e o grau elevado de ameaça a que está submetida.

Diversos outros estudos, a partir de parâmetros semelhantes aos utilizados por esses autores, também apontam a Mata Atlântica como ecossistema de grande importância para a conservação (WILSON, 1997; MITTERMEYER *et.al.*, 2005).

[2] Florestas onde as plantas apresentam adaptação à seca
[3] Ecossistemas ou biomas que apresentam pelo menos 1.500 espécies de plantas endêmicas, tendo perdido mais de ¾ de sua vegetação original

A Mata Atlântica é formada por um conjunto de ecossistemas que originalmente ocupava uma área de 1.360.000 Km^2, ou cerca de 15% do território brasileiro (MMA/SBF, 2002). Deste total, resta uma parcela que representa entre 6,8% (SOS MATA ATLÂNTICA, 2006) e 22,4% (PROBIO, 2007) da área original (esta variação no resultado entre dois estudos é derivada da inclusão ou exclusão de formações florestas em estágios iniciais de sucessão ecológica e de outros aspectos das metodologias de mapeamento).

A pressão humana torna a Mata Atlântica o bioma mais relevante para a conservação no Brasil. GALINDO-LEAL & CÂMARA (2005) utilizaram as listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção adotadas pelo Governo Federal e listas internacionais de espécies ameaçadas de extinção e apontam:

> "*(...) pelo menos 367 espécies de árvores e arbustos, 104 espécies de aves, 35 de mamíferos, 3 de répteis e 1 de anfíbio da Mata Atlântica brasileira estão ameaçadas. No caso das aves, mamíferos, répteis e anfíbios, tais números representam 10,5% de todas as espécies desses grupos existentes na Mata Atlântica e mais de 50% da fauna ameaçada na lista oficial brasileira.*" (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005, p. 87).

Oficialmente, estão nesse bioma 383 das 633 espécies de animais ameaçados de extinção no país e 276 do total de 496 espécies de flora ameaçadas de extinção (www.mma.gov.br, acessado em 18 de junho de 2012).

Esse processo de extinção e redução da biodiversidade está diretamente relacionado à remoção e fragmentação da Mata Atlântica. A maior parte das formações desse bioma foi eliminada e os ecossistemas remanescentes são formados por conjuntos de fragmentos de tamanho e características ecológicas variáveis.

No estado do Rio de Janeiro, por exemplo, as formações florestais em todas as Regiões Hidrográficas do estado (mesmo aquelas com vasta cobertura florestal) são formadas por um número significativo de fragmentos de tamanhos variados, mas raramente superiores a 10.000 hectares. Em muitas áreas esses fragmentos raramente são maiores que 3.000 hectares (SEA & COPPETEC, 2009).

Os principais remanescentes de ecossistemas naturais da Mata Atlântica concentram-se no litoral sul da Bahia e norte do Espírito Santo e nos estados das regiões Sul e Sudeste. É justamente nessas áreas que estão as maiores ameaças à conservação da biodiversidade, uma vez que nas matas de baixada dos estados da Bahia e Espírito Santo e nos ecossistemas de montanha dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo estão o maior

número de espécies ameaçadas da Mata Atlântica e, consequentemente, do Brasil (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005).

No caso das serras do Mar e da Mantiqueira (no sul e sudeste do Brasil), os remanescentes dos ecossistemas naturais concentram-se nas vertentes da escarpa de falha, onde as encostas são íngremes, e nas porções superiores, onde os picos atingem, freqüentemente, mais de 2000 metros de altitude. Recobrem, portanto, as partes menos acessíveis do ambiente, onde o processo de ocupação foi dificultado, sobretudo, pelo relevo acidentado e pela infra-estrutura de transporte exígua.

Onde o acesso é mais simples (especialmente onde há vias de acesso), a ocupação humana levou à remoção e fragmentação da Mata Atlântica, transformando os contínuos florestais (ainda vistos na Amazônia) em mosaicos de paisagem.

Na maior parte dessas paisagens a matriz é formada por espécies variadas de gramíneas, a maior parte sendo pastagens, embora em muitas áreas sejam compostas por formações agrícolas ou áreas urbanas. As áreas de floresta são fragmentos com tamanho, forma, conectividade, isolamento e características ecológicas variáveis, geralmente restritas às áreas de menor facilidade de acesso. Esta distribuição espacial fragmentada dos remanescentes de ecossistema gera consequências diversas para a conservação da biodiversidade.

Os primeiros estudos que discutiram o problema da fragmentação da paisagem para a conservação da biodiversidade trouxeram o arcabouço da teoria da biogeografia de Ilhas, considerando cada fragmento de forma insular e associando à riqueza de espécies ao tamanho da área do fragmento (Mc ARTHUR e WILSON, 1967; DIAMOND e MAY, 1976).

Porém, o processo de redução da biodiversidade a partir da fragmentação é complexo e dependente de diversas variáveis, não podendo ser entendido como uma relação direta entre área do fragmento e diversidade biológica (WILSON, 1997). O tamanho do fragmento é uma variável relevante para garantir a biodiversidade, havendo uma tendência de reduzir a diversidade biológica com a redução da área dos fragmentos, mas esta relação não é direta e depende de variados fatores.

A fragmentação pressupõe a supressão de parte de ecossistemas, formando áreas de habitats desfavoráveis à grande parte das espécies silvestres. Quando o processo se acentua como na Mata Atlântica, onde a matriz não são os ecossistemas remanescentes, mas áreas de pastagem, de agricultura ou urbanas, além da perda de diversidade pela eliminação de ecossistemas, há a formação de vastos habitats desfavoráveis, que também tendem a reduzir a biodiversidade, como bem define COUTINHO (2011):

> "*Para cada espécie o ambiente é um mosaico de habitats. Neste mosaico algumas manchas são melhores do que outras para*

> *determinados grupos populacionais. Entre as manchas, os habitats são desfavoráveis e negativos; o resultado da fragmentação é a criação em larga escala de habitats ruins ou negativos para grande número de espécies. O aumento da área negativa dificulta o movimento migratório das metapopulações que tendem a sofrer declínio populacional. A fragmentação, ao provocar ao longo do tempo a perda de espécies pode comprometer o funcionamento do equilíbrio dinâmico das comunidades biológicas.*" (COUTINHO, 2011, p. 9).

Além da eliminação de habitats e da formação de habitats mais ou menos desfavoráveis, outra conseqüência direta da fragmentação é a redução da qualidade dos ecossistemas remanescentes, especialmente em função dos efeitos de borda[4] sobre os mesmos.

As alterações provocadas pela perda de qualidade dos habitats podem gerar mudanças nas taxas de natalidade, mortalidade e migração das populações silvestres, aumentando a probabilidade de extinção local e alterando a estrutura de comunidades que habitam esses fragmentos (GASCON *et. al.*, 2001).

Mas as espécies existentes nos fragmentos de ecossistema não estão isoladas como em uma ilha. Possuem níveis de conectividade diferenciados em função de distância de outras áreas de ecossistemas naturais, da matriz que compõe a paisagem, das características das espécies que habitam o fragmento, etc. (FORMAN e GORDON, 1986).

Assim, a matriz da paisagem em áreas de fragmentação dos ecossistemas naturais possui importância na conservação das espécies na medida em que as populações (dependendo da plasticidade adaptativa de cada espécie e das características dessa matriz) utilizam estas áreas para dispersar entre fragmentos de ecossistemas remanescentes e como área de vida.

Além disso, a fragmentação pode ser favorável para a variabilidade genética e permanência de determinadas populações silvestres, quando a matriz da paisagem não é formada por áreas urbanas, mas por agricultura ou pastos. FREITAS & COUTINHO (2006), por exemplo, argumentam que a conservação de uma das espécies de ave extremamente ameaçadas de extinção na Mata Atlântica, o *Formicida erytronothos* (papa-formiga-de-cabeça-negra), depende da manutenção de áreas de capoeira de cerca de 5 anos de formação. Assim, é essencial para a conservação dessa ave a fragmentação da paisagem nas baixadas dos municípios de Angra dos Reis e Paraty, no estado do Rio de Janeiro, da

[4] Efeito de borda pode ser definido como a influência que o meio externo exerce sobre a área da floresta em sua parte marginal, causando alterações físicas e estruturais que, frequentemente, acarretam (alteração na composição e/ou na abundância relativa das espécies (FORMAN e GORDON, 1986; TABANEZ *et al,* 1997).

onde a mesma é endêmica. DIEGUES *et. al.* (2001) apresentam alguns exemplos da relação entre ampliação de diversidade biológica e manejo de paisagens por grupos tradicionais.

Assim, a conservação da biodiversidade em áreas muito fragmentadas como a Mata Atlântica passa também pela conservação dos fragmentos de menor porte, uma vez que a diversidade biológica não está apenas nas áreas maiores e mais bem conservadas (geralmente inseridas nas Unidades de Conservação de Proteção Integral e situadas nas áreas de acesso mais difícil), mas no conjunto de fragmentos inserido na paisagem (CASTRO JR. *et. al.*, 2009). Isto significa dizer que a conservação da biodiversidade em áreas como a Mata Atlântica depende da conservação das paisagens.

Ademais, os fragmentos que encerram grande parte da biodiversidade existente na Mata Atlântica estão inseridos em paisagens com diferentes graus de interferência humana, muitas das quais com elevados graus de antropização, uma vez que os principais remanescentes situados nas serras do Mar e da Mantiqueira estão na região de maior concentração populacional, mais urbanizada e mais industrializada do Brasil.

Dessa forma, torna-se relevante compreender não apenas a dinâmica dos fragmentos remanescentes, mas também a dinâmica de alteração das paisagens onde estes fragmentos estão inseridos, pois a fragmentação florestal está associada à fragmentação das paisagens e, consequentemente, a conservação dos fragmentos de ecossistemas remanescentes está diretamente associada à conservação das paisagens.

As características sociais de uma área tornam-se relevantes para a conservação, uma vez que as comunidades estabelecem relações específicas com a biodiversidade, mediadas pelas suas características culturais e pelas características dos ecossistemas remanescentes (BECKER, 2001).

A simples criação de UCs de proteção integral torna-se insuficiente para garantir a conservação, sendo necessária uma articulação entre estas UCs (que protegem os maiores e mais conservados ecossistemas) com UCs de Desenvolvimento Sustentável e com outras estratégias de conservação da natureza, como constituição de Mosaico de UCs, corredores ecológicos, projetos de desenvolvimento sustentável, etc. que possam garantir a conservação da paisagem (CASTRO JR. *et. al.*, 2009).

Enfim, a constatação de que os remanescentes de ecossistemas formam mosaicos de paisagem com as áreas de ação humana amplia a discussão sobre a conservação da biodiversidade, trazendo a questão da gestão da paisagem para o cerne da discussão.

3.3 Paisagem e Conservação da Biodiversidade

Nesse contexto, a conservação da biodiversidade está diretamente relacionada à conservação das paisagens, pois a biodiversidade não está restrita aos maiores remanescentes, mas distribuída no conjunto de ecossistemas naturais inseridos na paisagem, com diversos níveis de alteração humana e conectividade ecológica (CASTRO JR. *et. al.*, 2009).

A conservação das populações de diversas espécies neste bioma depende da utilização dos diferentes remanescentes, seja pela necessidade do fluxo genético entre as populações que ocupam fragmentos de ecossistemas distintos, seja pela utilização de vários remanescentes por uma população de determinada espécie. Assim, para se conservar a biodiversidade, torna-se fundamental entender não apenas os ecossistemas remanescentes, mas também a matriz da paisagem. A permeabilidade dessa matriz à dispersão dos organismos silvestres torna-se um dos fatores fundamentais para a conservação de muitos organismos.

O conceito de paisagem, portanto, torna-se um elemento central para a discussão da conservação da biodiversidade. Consequentemente, a geografia, que tem no conceito de paisagem um de seus elementos centrais de análise, se apresenta como ciência essencial nessa discussão.

A característica de integração entre o conhecimento geobiofísico e social permeia o conceito de paisagem na geografia. Porém, apesar dessa característica comum, este conceito possui variadas interpretações no seio desta ciência (CAPEL, 1981).

Desde seu surgimento como conceito científico até a atualidade, o conceito de paisagem evoluiu e se diversificou no âmbito da geografia. A paisagem, que já foi considerada o cenário da ocorrência dos fatos, incorporou diversas interpretações, que acomodam as relações sociais multifacetadas que estabelecem as condições técnicas, políticas, culturais, estéticas, morais, psicológicas, etc. que moldam as paisagens e que fornecem valores a elas. As paisagens são caracterizadas por elementos concretos (rios, montanhas, casas, usinas hidroelétricas, estradas, etc), mas também por instâncias políticas (governos, representações sociais, instituições privadas, etc), legais (unidades de conservação, planos diretores, leis de uso do solo, etc.) valores morais e estéticos (diferentes percepções de paisagem partindo de distintos grupos sociais), entre outros parâmetros relevantes (McDOWELL, 1996; COSGROVE, 1998a).

Este enfoque multifacetado traz desafios significativos para os estudos geográficos. A articulação de informações de características variadas e em escalas diversas requer um aparato conceitual e técnico relativamente sofisticado que possibilite a manipulação das informações e a compreensão dos fenômenos geobiofísicos e sociais.

Além disso, os estudos geográficos precisam ter capacidade para selecionar as variáveis da paisagem que interessam para responder a questões específicas, na(s) escala(s) de análise adequada(s), sob risco de uma universalização ilimitada (HARD, 1970, apud LANG & BLASCHKE, 2009).

Nesse sentido:

> "*Uma consideração científica desta "imensa variedade do paisagístico" somente é possível por meio de uma "rigorosa redução aos conteúdos que pareçam essenciais. A diferenciação entre a realidade integral e própria do objeto (Paisagem) (...) e a respectiva limitação da observação científica do objeto precisa ser feita pelo cientista, e ele consegue fazer isso por meio da respectiva visão específica, uns "óculos". Por meio de hipóteses, a Paisagem se transforma de um conceito ou de uma idéia numa "entidade fundamental".*" (LANG & BLASCHKE, 2009, p. 89)[5].

Com vistas à delimitação do conceito de paisagem adotado no presente estudo, de modo que o mesmo fosse útil para resolver as questões específicas levantadas, trabalhou-se o enfoque de paisagem discutido pela Ecologia da Paisagem.

Do ponto de vista de uma obra estruturada, Troll é, frequentemente, considerado o precursor da Ecologia da Paisagem. Este autor apresenta uma visão sistêmica da paisagem, tratando-a, por vezes, de forma orgânica. TROLL (1939, apud MENEZES, 2000) considerou a paisagem como uma "unidade espacial":

> "*O termo paisagem geográfica diz respeito a um setor da superfície definido por uma configuração espacial determinada, resultante de um aspecto exterior, do conjunto de seus elementos e de suas relações externas e internas*".

FORMAN & GORDON (1986) também se detêm a estes aspectos em suas análises do conceito de paisagem. Para estes autores a paisagem pode ser definida como:

> "(...) *uma área heterogênea composta por um conjunto de ecossistemas interagindo que se repetem de forma similar por toda área*". (FORMAN & GORDON, 1986, p. 9).

[5] As aspas nas palavras Paisagem e paisagem geográfica, assim como a letra maiúscula utilizada na primeira são de responsabilidade dos autores, tendo sido reproduzidas no presente trabalho

Deste modo, uma paisagem apresenta tipos de ecossistemas característicos que permitem seu reconhecimento e a análise de padrões, formando um conjunto. Assim, a presença regular de determinados tipos de ecossistemas caracterizam uma paisagem e a modificação radical dos tipos de ecossistemas presentes corresponde à mudança na paisagem (FORMAN & GORDON, 1986). Esta mudança pode ocorrer simultaneamente a partir de distinções no espaço, e também temporalmente, em função das alterações nos tipos de ecossistemas presentes em uma área, com o passar do tempo.

A partir dessa definição, FORMAN & GORDON (1986) colocam três questões que permitem reconhecer uma paisagem:

> *"Primeiro, todos os pontos em uma paisagem estão sob o mesmo clima geral. Segundo, a maior parte dos pontos na paisagem possuem uma geomorfologia similar. (...). Terceiro, um conjunto de regimes de perturbação similar é encontrado pela paisagem afora*". (FORMAN & GORDON, 1986, p. 9).

A concepção que emerge desses pontos permite a classificação de uma paisagem como um contínuo territorial onde as características naturais apresentam um padrão específico e distinto dos demais existentes no entorno e onde a atuação humana altera os elementos naturais também a partir de padrões específicos. Esta formulação do conceito de paisagem tem a vantagem de ser simples e de fácil manipulação teórica. É a conceituação adotada no presente trabalho.

A discussão da paisagem a partir desta conceituação apresentada por FORMAN & GORDON (1986) procura definir as três características fundamentais da paisagem a que se referiu Troll: a estrutura, a função e as alterações da paisagem, sendo que estes definem estes termos da seguinte forma:

> "*Estrutura - a relação espacial entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes – mais especificamente, a distribuição da energia, materiais e espécies em relação aos tamanhos, formas, números, tipos e configurações dos ecossistemas.*
> *Função – as interações entre os elementos espaciais, que são, os fluxos de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas componentes.*
> *Transformações – a alteração na estrutura e função do mosaico ecológico através do tempo*". (FORMAN & GORDON, 1986, p. 9)

Avançando a partir dessa conceituação, a ecologia da paisagem trabalha com o conceito de estrutura da paisagem baseado em matriz, fragmentos e corredores (FORMAN & GORDON, 1981). Nas palavras de FORMAN & GORDON (1986), comentando as características de quatro paisagens distintas (uma área agrícola, uma floresta de coníferas, uma floresta equatorial e uma região do mediterrâneo):

> "*A despeito de suas extremas diferenças, todas essas paisagens possuem uma estrutura fundamental comum. Elas são inteiramente compostas por fragmentos, corredores e matriz*" (FORMAN & GORDON, 1986 p. 23).

Os fragmentos são definidos como uma superfície relativamente homogênea, que difere do seu entorno. A matriz pode ser definida como o elemento mais extenso e conectado da paisagem, possuindo papel fundamental no funcionamento da paisagem e, muitas vezes define a possibilidade de fluxo de animais. E os corredores ampliam a conectividade da matriz entre fragmentos (FORMAN & GODRON, 1986).

Esta conceituação é muito importante para o entendimento dos processos ecológicos na Mata Atlântica, onde, geralmente (com variações em função das escalas de análise e das áreas analisadas), os remanescentes de ecossistema são fragmentos, as áreas de pastagem (ou urbanas ou agrícolas) formam a matriz e os corredores formados por ecossistemas específicos (florestas degradadas ou conservadas, rios, etc.) conectam os fragmentos em diferentes níveis.

Esta discussão insere, necessariamente, a questão da conservação da biodiversidade no âmbito da ecologia da paisagem. O conceito de paisagem, focado em seus elementos, sua matriz e seus fluxos, entendidos a partir de escalas articuladas, ajuda a compreender os padrões estruturais da paisagem, que controlam, em parte, os fluxos de animais entre ecossistemas.

A partir desse conceito de paisagem, o processo de fragmentação é entendido como a falta de conectividade desta paisagem, os mecanismos que causam isto e as alterações subsequentes nos processos ecológicos (SERRANO *et. al*., 2002). Percebe-se o papel essencial representado pela conectividade, especialmente quando o problema focado envolve a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica e o fluxo de animais entre elementos da paisagem, uma vez que a conectividade pode ser definida como a capacidade da paisagem em facilitar os fluxos biológicos de organismos (FORMAN, 2000).

3.4 Rodovias e Fragmentação da Paisagem

No processo de fragmentação e remoção das formações naturais em todo o mundo, que tem gerado conseqüências drásticas para o homem e para a natureza, a infra-estrutura de transportes exerce papel fundamental. É um elemento definidor dos eixos de alteração da paisagem que levam as importantes mudanças nos ecossistemas originais. Ademais, as próprias estruturas, especialmente as vias de circulação, geram impactos nos ecossistemas naturais (MADER, 1984; FORMAN & ALEXANDER, 1998).

No caso do Brasil, as principais infra-estruturas de transporte a fragmentar as formações naturais são as rodovias, que cruzam praticamente todo o país. A opção brasileira pelo transporte rodoviário como principal forma de deslocamento, levando a implantação de uma extensa malha rodoviária, que chega a mais de 1,7 milhão de quilômetros (www.denatran.gov.br, acessado em 14 de maio de 2012), elevou este problema a níveis significativos. Apenas com a implantação das rodovias, até o ano de 2003, estima-se a que ocorreu uma destruição inicial de 595,5 mil hectares de ecossistemas remanescentes (PRADA, 2004).

Em função de sua dimensão, a questão dos impactos das rodovias se insere, obrigatoriamente, na discussão da conservação da biodiversidade, sobretudo em biomas muito alterados. Isto ocorre, pois em ambientes onde as paisagens são profundamente influenciadas pelo homem, as rodovias não são fontes isoladas de impacto. Geralmente, cortam ecossistemas naturais muito fragmentados, onde a conservação da biodiversidade está restrita, basicamente, às Unidades de Conservação (UCs), ampliando, significativamente, a possibilidade de alteração das paisagens naturais (CARR *et. al.*, 2000). Este é, tipicamente, o caso da Mata Atlântica.

Elementos da paisagem como estradas ganham relevância, sendo vistos como fragmentadores da paisagem na perspectiva da conservação, muitas vezes diretamente associados à redução de conectividade entre remanescentes de ecossistemas (FORMAN & ALEXANDER, 1998; FORMAN *et. al.*, 2003).

Isto é particularmente relevante na Mata Atlântica, onde as rodovias fragmentam ecossistemas naturais no interior e entre UCs, reduzindo a conectividade dos principais elementos da paisagem voltados para a conservação da biodiversidade. Assim, nesse bioma, a compreensão do papel das rodovias na fragmentação da paisagem torna-se um foco necessário de estudos.

A preocupação com a relação das rodovias com o ambiente natural fomentou o surgimento de uma área de pesquisa focada nessa temática e denominada ecologia de estradas (do inglês *road ecology*), a partir de meados dos anos 1990 e, especialmente, dos

anos 2000. A ecologia de estradas pode ser entendida a partir da definição de FORMAN et. al. (2003):

> "*Uma estrada é uma área aberta para a passagem de veículos e a ecologia é o estudo das interações entre os organismos e o meio ambiente. Portanto, a combinação descreve a essência da ecologia de estradas, isto é, a interação entre organismos e o meio ambiente relacionada a rodovias e veículos. De forma mais ampla, o tráfego que flui através da infraestrutura de rodovias e instalações relacionadas formam um sistema rodoviário. Então, a ecologia de estradas explora e busca a relação entre os organismos e o sistema rodoviário*" (FORMAN *et. al.*, 2003. pp. 7)

A ecologia de estradas ainda é uma área de pesquisa muito relacionada à ecologia, sendo majoritariamente formada por biólogos e ecólogos. Porém, a interação da temática com as características das paisagens onde estão inseridas as rodovias tem forçado os pesquisadores a buscar análises espaciais para entender os fenômenos observados.

Assim, estudos realizados no âmbito da geografia com foco na ecologia de estradas começam a ser desenvolvidos, especialmente a partir da utilização de sistemas geográficos de informações (ASCENSÃO & MIRA, 2006; FREITAS et. al., 2010; REZINI, 2010; BUENO *et. al.*, 2011; CARVALHO *et. al*., 2011). Mas esses trabalhos são pouco numerosos, mesmo havendo percepção da importância de estudar a relação dos atropelamentos com a paisagem no entorno das rodovias, conforme afirmam ASCENSÃO & MIRA (2006):

> "*(...) a avaliação das características da paisagem e das estradas na distribuição espacial da mortalidade reveste-se de uma importância central, uma vez que permite a compreensão dos fatores que poderão modular e influenciar a presença ou a ausência de pontos negros de mortalidade ao longo das rodovias*".

Apesar dessas características, a ecologia de estradas vem se desenvolvendo e demonstrando uma série de fenômenos relevantes na relação entre o ambiente natural e as rodovias.

Essa área de pesquisa tem mostrado problemas decorrentes da implantação de estradas, relacionados, sobretudo, à remoção de remanescentes de ecossistemas. Impactos negativos sobre os habitats naturais em função da operação das rodovias também têm sido observados.

AYRES *et. al.* (1991) e PERES & LAKE, (2003), por exemplo, discutem o papel das rodovias na abertura de acessos que levam ao desmatamento, à caça e à implantação de assentamentos humanos na Amazônia. ALHO & MARTINS (1995) apresentam esta mesma discussão para o Cerrado brasileiro e FREITAS *et. al.* (2010) mostram, para a Mata Atlântica, a associação histórica entre expansão e aperfeiçoamento da malha de estradas e fragmentação da floresta. Um aspecto bastante interessante deste último estudo está nos resultados de dinâmica temporal dos processos de fragmentação da floresta. O trabalho mostra que um dos fatores determinantes para o processo de fragmentação da mata no período 1981-2000 foi a densidade de rodovias em 1962, indicando que as rodovias geram impactos de longo prazo no que concerne à fragmentação da paisagem:

> "*Rodovias são cicatrizes permanentes na paisagem e facilitam o desmatamento e a fragmentação florestal devido ao aumento na acessibilidade e no valor da terra, o qual controla a dinâmica de uso e cobertura da terra*" (FREITAS *et. al.*, 2010, pp. 410).

Todos estes autores abordam, para diferentes situações, aquele que é, geralmente, o maior problema ocasionado pela abertura de rodovias, tendo em vista a conservação da biodiversidade: a colonização humana.

O assentamento das pessoas acarreta, necessariamente, alterações nos ecossistemas naturais, com redução drástica da diversidade biológica (WILSON, 1992).

Para além do efeito da ocupação humana, FORMAN & ALEXANDER (1998) e TOMBURLAK & FRISSEL (2000), em dois trabalhos clássicos, mostram que as rodovias podem gerar fragmentação de habitats; alteração de ecossistemas por efeito de borda; alterações comportamentais de populações de animais silvestres; modificações no sucesso reprodutivo de espécies; entrada de espécies exóticas nos ecossistemas naturais; alteração na cadeia alimentar; atropelamento de animais silvestres, entre outros problemas relacionados à conservação ambiental.

Em função desse conjunto de impactos das rodovias sobre os ecossistemas, VAN DER ZEE *et. al*. (1992), a partir de modelos estatísticos, mostraram que o aumento de rodovias foi a maior causa para o declínio da população de texugo europeu (*Meles meles*) na Holanda.

JAEGER *et. al.* (2005) abordam os efeitos da estrada sobre os animais silvestres, resumindo esses efeitos em quatro grupos de problemas:

> "*Rodovias e o tráfego afetam as populações de animais diretamente de quatro formas: pela redução de quantidade e qualidade de*

> *habitats, pelo aumento de mortalidade, devido a colisões com veículos, impedindo o acesso ao outro lado da rodovia e subdividindo populações em frações menores e mais vulneráveis*". (JAEGER et. al, 2005, p. 1).

Quanto a esse efeito de borda gerado por rodovias, autores já mostraram alterações em ecossistemas decorrentes de rodovias a cerca de 1 km das mesmas (FORMAN & DEBLINGER, 1998; FORMAN 2000; SPELLERBERG, 2002), gerando uma situação ambiental denominada por FORMAN & DEBLINGER (2000) como *zona de efeito da rodovia* (*road-effect-zone*), indicando o elevado nível de impacto continuado da operação dessas infraestruturas sobre os ecossistemas remanescentes. Ao multiplicar as zonas de efeito de rodovia pelo comprimento de rodovias pavimentadas existentes nos EUA, esses autores chegaram a estimativas de impactos das rodovias sobre 19% do território dos EUA. Em um bioma tão fragmentado como a Mata Atlântica e com a presença de elevado número de estradas pavimentadas e não pavimentadas, os impactos gerados por essas zonas também devem ser significativos.

Do ponto de vista das populações dos animais silvestres, muitos estudos já demonstraram o papel das rodovias como barreira ou filtro à movimentação de variados grupos, nos mais diversos ecossistemas: pequenos mamíferos (OXLEY *et. al.*, 1974); roedores em estepes (WILKINS & SCHMIDLY, 1980;) e em desertos (GARLAND & BRADLEY, 1984); artrópodes (MADER *et. al.*, 1990) e anfíbios (CARR & FAHRIG, 2001) em florestas temperadas; lobos em montanhas nevadas no Canadá (WHITTINGTON *et. al.*, 2004); macacos (LOKSCHIN *et. al.*, 2007), répteis (BASZAN TINI *et. al.*, 2009) e aves (NOVELLI *et. al.*, 1988) em ecossistemas tropicais, entre muitos outros trabalhos.

Assim, as rodovias tendem a ampliar a fragmentação da paisagem, a partir da redução da conectividade dos ecossistemas naturais (FORMAN & ALEXANDER, 1998). Este processo pode levar ao isolamento de populações de determinadas espécies (OXLEY *et. al.*, 1974; MADER, 1984). Isto tende a aumentar, significativamente, o risco de extinção de populações de animais silvestres, pois elimina a entrada de indivíduos advindos de outras populações por migração, favorecendo a endogamia, além de impossibilitar novas recolonizações de habitats no caso de ocorrer extinção (LANDE, 1988).

Sumarizando os impactos gerados pelas rodovias sobre uma população de raposas de San Joaquin (que pode ser estendido para grande parte das espécies silvestres), BJURLIN & CYPHER (2003) afirmam:

> "*Os impactos (...) podem ter uma variedade de efeitos deletérios sobre as raposas, incluindo mortalidade, morbidade, alteração na*

> *ecologia social, redução na produtividade, deslocamento, alteração no uso do espaço, inibição da dispersão, redução nas trocas genéticas e redução na capacidade de transporte*" (BJURLIN & CYPHER, 2003, p. 397).

O aumento da fragmentação da paisagem atua diretamente sobre as populações de vertebrados a partir de dois mecanismos. O primeiro é o efeito dos animais evitarem a rodovia, muito comum em espécies silvestres, que se tornam raras no entorno imediato de estradas (JAEGER & FAHRIG, 2004, JAEGER *ET. AL.*, 2005). Este comportamento, fruto do barulho e/ou do excesso de luz destes ambientes, ou mesmo fruto das alterações ambientais decorrentes da manutenção da estrada (corte de vegetação), tende a reduzir ou eliminar os atropelamentos, porém transforma a estrada em uma barreira para algumas espécies, ocorrendo uma redução das áreas de vida desses animais. Neste caso, há uma redução na ocorrência dos fluxos biológicos entre ecossistemas remanescentes, o que representa uma perda real de conectividade da paisagem (TAYLOR *et. al.*, 1993).

O segundo mecanismo de redução do fluxo de vertebrados na paisagem gerado pelas rodovias é o efeito dos atropelamentos, que, além de problemas para segurança dos motoristas, podem gerar impactos significativos sobre as populações naturais. Este problema é o interesse do presente estudo.

3.5 Impacto dos Atropelamentos sobre a Fauna

Trabalhos científicos sobre atropelamento de fauna silvestre são antigos. Nos EUA, STONER (1925), STONER (1935), SPRAGUE (1939) e KNOBLOCH (1939) são trabalhos pioneiros que abordam esta temática. Porém, a observação desses autores é pouco sistemática e carente em explicações sobre os processos relacionados aos atropelamentos.

Nesse quesito, merece destaque o trabalho de DAVIS (1940) que busca relacionar características biológicas das espécies ao seu atropelamento, assim como características ambientais, como a disponibilidade de recursos naturais.

Porém, uma discussão mais estruturada sobre a relação entre animais silvestres e rodovias é muito mais recente, tendo emergido, sobretudo, no início dos anos 2000, a despeito de vários estudos ocorridos anteriormente.

Essa temática está se proliferando e abordando diversas facetas desta relação entre animais e rodovias, desde os processos de fragmentação da paisagem relacionados às rodovias e seus impactos sobre as populações de animais silvestres, até questões relacionadas diretamente à quantificação e explicação causal dos atropelamentos de fauna.

De forma geral, esses estudos têm mostrado que as relações entre os animais silvestres e as rodovias são complexas e dependentes das características ambientais e dos animais.

Porém, por serem desenvolvidos basicamente na biologia, a maior parte dos trabalhos não relaciona as características das paisagens à ocorrência de atropelamentos, concentrando-se nas características biológicas e ecológicas dos animais. Mais recentemente este quadro vem mudando, com a inclusão de variáveis espaciais na análise dos atropelamentos de fauna silvestre.

Os estudos têm mostrado que a atratividade dos animais em relação às estradas é bastante diversa, com muitos grupos evitando as rodovias. Esses sofrem impacto em suas áreas de vida, mas dificilmente são atropelados. Há também aqueles que não parecem responder à presença de rodovias, podendo sofrer atropelamentos, mas em proporções relativamente baixas. Mas há um grupo vasto de vertebrados (diversas espécies e, por vezes, grande quantidade de indivíduos de algumas espécies) que são atraídos para a estrada por motivos como termoregulação[6], disponibilidade de alimento ou locomoção na paisagem. Estes últimos grupos estão sujeitos à colisão em proporções mais significativas (GARLAND & BRADLEY 1984; JAEGER *et al*. 2005).

Dentre os impactos sobre os animais terrestres em conseqüência das rodovias, os atropelamentos apresentam relevância, afetando variados grupos animais, desde invertebrados muito pequenos até vertebrados de grande porte, podendo vitimar parcelas significativas das populações de variadas espécies (ASHLEY & ROBINSON, 1996; FORMAN & ALEXANDER, 1998; TROMBULAK & FRISSELL, 2000; SPELLERBERG 2002).

Conforme argumenta BAGATINI (2006) sobre a situação de uma UC no Distrito Federal, comentando resultados obtidos por RODRIGUES (2002), os impactos podem afetar a genética das populações silvestres:

> "*... Nessa situação de pressão dos impactos rodoviários sobre as populações internas se encontra a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, ESECAE, cercada por rodovias com tráfego de veículos variando do mais leve ao mais intenso, que formam uma barreira ao deslocamento dos animais, dificultando o fluxo genético e causando perdas significativas na população pelas mortes por atropelamento, o que também empobrece o pool gênico das populações residentes na Estação".*

Reforçando essa afirmativa, TROMBULAK & FRISSEL (2000) indicam o atropelamento como a maior ou uma das maiores causas de morte de variadas espécies silvestres,

[6] Os répteis, por serem animais pecilotérmicos, não possuem a capacidade de regulação interna de sua temperatura corpórea, sendo obrigados à praticar termoregulação (ou regulação térmica) retirando o calor do ambiente para manterem-se vivos.

especialmente vertebrados. Entre estas, merece destaque o atropelamento como a maior causa da morte da coruja *Tyto Alba* no Reino Unido, uma das espécies silvestres mais atropeladas naquele país e que apresentou declínio significativo em sua população no século XX (RAMSDEN, 2003). O mesmo ocorre para esta espécie na Espanha, onde sua população teve uma redução de 70% em 10 anos (FAJARDO 2001). A baixa altitude de vôo das corujas e o fato de caçarem pequenos animais na beira das rodovias favorecem os atropelamentos desses animais (GRILO *et. al.*, 2010).

Esta espécie (*Tyto alba*), conhecida no Brasil como suindara, é muito comum na Mata Atlântica e aparece com destaque nas estatísticas de atropelamento da BR-040, no trecho Rio - Juiz de Fora (BUENO *et. al*., 2009), sendo um dos animais mais atropelados.

A Divisão Federal Central de Terras e Rodovias dos EUA (2011) indica que os atropelamentos são a principal causa da morte de algumas espécies de grandes mamíferos nos EUA, como o *Puma concolor* (denominada vulgarmente de pantera-da-flórida ou puma, nos EUA, e sussuarana ou onça-parda, no Brasil) e ursos; além de estar gerando declínio nas populações de variadas espécies de anfíbios.

No caso das populações de ursos, outros estudos têm indicado que as rodovias geram impactos significativos. HEBBLEWHITE *et. al.* (2003), por exemplo, mostraram que a população de ursos negros (*Ursus americanus*) do Parque Nacional do Banif, no Canadá, apresenta declínio desde 1994, sendo que 36% das mortes têm relação com atropelamentos em rodovias.

PHILCOX *et. al.* (1999) indicam os atropelamentos como a principal causa de morte não natural de lontras na Grã-Bretanha, com impactos relevantes sobre populações.

O impacto das rodovias sobre populações de raposas (*Vulpes macrotis*) na Califórnia (EUA) também se mostra intenso, com destaque para a população da cidade de Bakersfield, onde as rodovias são abundantes. Dos 35 animais adultos dessa população que foram mortos durante o estudo realizado na área, 23% foram confirmadamente mortos por atropelamento, além de 9% presumivelmente mortos por colisões com veículos. E dos 25 espécimes juvenis mortos no período, 17% foram confirmadamente atropelados e 8% presumivelmente atropelados. Nesta área com características urbanas, onde coiotes e linces estão extintos, os atropelamentos são a principal causa de morte das raposas (BJURLIN & CYPHER, 2003).

GIBBS & SHIRIVER (2002) mostraram que os atropelamentos são de grande relevância para a mortalidade de espécies de tartarugas no USA, enquanto SZERLAG (2005), trabalhando com uma espécie de tartaruga, mostra que a mesma é atraída para as rodovias pela disponibilidade de ninhos para nidificação, aumentando a possibilidade de atropelamentos.

JAEGER & FAHRIG (2004) fizeram uma modelagem de dinâmica populacional de populações silvestres e encontraram estreita relação entre mortalidade por atropelamentos e a extinção das populações após 500 gerações, indicando que os impactos observados por atropelamentos em populações atuais podem gerar processos de extinção dessas espécies em longo prazo. Especialmente em ambientes intensamente fragmentados, como a Mata Atlântica, onde há muitos outros fatores pressionando as populações naturais.

LEE *et al* (2005) afirmam que os atropelamentos de fauna silvestre foram identificados como a questão principal na relação homem-natureza no que concerne à segurança dos homens e à conservação das populações naturais na região *Southern Alberta*, na província de Alberta, no Canadá, onde está situado o trecho de 21,2 km de rodovia estudado pelos autores, onde ocorrem cerca de 109 atropelamentos de grandes mamíferos por ano.

Outros estudos indicam que o atropelamento de fauna tem gerado impactos significativos sobre populações de espécies emblemáticas, muitas das quais ameaçadas de extinção, como alces (*Alces alces*) (BANGS *et. al.*. 1989), veados (*Odocoileus virginianus*) (SARBELLO & JACKSON 1985) e lobos (*Canis lupus*) (FULLER 1989).

Buscando quantificar o impacto dos atropelamentos, diversos autores estimam o número de atropelamentos para áreas específicas. LALO (1987) estima o atropelamento de 365 milhões de vertebrados nos EUA a cada ano, enquanto SEILER & HELLDIN (2006) apontam estimativas de 200 mil atropelamentos de mamíferos de médio e grande porte na Suécia neste mesmo período. Estes autores afirmam ser uma tendência o aumento de atropelamentos em países em desenvolvimento, como China e Índia. BAGATINI (2006) e HENGEMÜHLE & CADEMARTORI (2008) estendem este raciocínio ao Brasil.

Há estimativas de 0,5 mil colisões entre automóveis e animais ungulados na Europa por ano, acarretando cerca de 300 mortes de seres humanos e prejuízos superiores a 1 bilhão de dólares (BRUINDERINK & HAZEBROEK, 1996).

A DIVISÃO FEDERAL CENTRAL DE TERRAS E RODOVIAS DOS EUA (2011) estima o número total de colisões anuais entre veículos e animais de grande porte em 2 milhões nos EUA e 45 mil no Canadá. Estes acidentes, somente nos EUA, geram, por ano, 211 vítimas humanas fatais, cerca de 29 mil humanos feridos e prejuízos financeiros da ordem de 1 bilhão de dólares.

HODSON (1966) estimou a morte anual de aves por atropelamentos na década de 1960 em cerca de 4 milhões, apenas no Reino Unido. Mesmo número estimado para o atropelamento anual de vertebrados na Bélgica (RODTS *et. al*., 1998, apud SEILER, 2001) e o dobro da quantidade de aves atropeladas por ano na Holanda (VAN DEN TEMPEL, 1993, apud SEILER, 2001). HANSEN (1982) fez estimativas de atropelamentos dos diferentes grupos de vertebrados na Dinamarca e chegou a 1,5 milhões de mamíferos, 3,7 milhões de aves e mais de 3,1 milhões de anfíbios.

A partir das estimativas nacionais ou regionais realizadas por outros autores, SPELLERBERG, (2002) indica uma mortalidade anual no mundo da ordem de bilhões de animais silvestres.

Para o cerrado brasileiro, VIEIRA (1996) estimou 2.700 atropelamentos de vertebrados por ano. Esta parece ser uma estimativa muito modesta, tendo em vista resultados posteriores apresentados por outros autores.

Como forma de comparar dados, alguns autores têm apresentado taxas de atropelamento por quilômetro de rodovia percorrido.

JACOMO *et. al.* (1996), SILVEIRA (1999) e BAGATINI, (2006) encontraram taxas aproximadas de atropelamento para rodovias que cortam o cerrado no Distrito Federal (0,06, 0,045 e 0,07 animais por km percorrido, respectivamente). Esses valores são semelhantes àqueles encontrados por PRADA (2004) em áreas do cerrado do nordeste paulista (0,048 animais/km). Já RODRIGUES (2002), também para o cerrado, encontrou uma média de animais atropelados significativamente maior, alcançando 0,168 animais/km. Já CUNHA *et. al*. (2010) apresentam taxas significativamente menores para uma rodovia que cruza o cerrado goiano (0,014 animais/km).

Para uma área nos pampas gaúchos, CAMARGO *et. al.* (2011) encontraram taxas de atropelamentos para três rodovias que se aproximam daquela apresentada por Rodrigues: 0,175 indivíduos/km para a BR-392, 0,169 para a BR-116 e 0,104 para a BR-293. Para rodovias na Tasmânia, HOBDAY & MINSTRELL (2008) mostram taxas muito mais elevadas, alcançando 0,372 animais/km.

Novamente no cerrado, SANTOS *et. al.* (2011) encontraram uma taxa de 0,085 animais/km em rodovias no entorno de UCs, com uma diferenciação significativa entre rodovias de terra, asfaltadas de pista simples e asfaltadas de pista dupla, com maiores taxas nessa última. Resultado semelhante é descrito por SMITH-PATTEN E PATTEN (2008), que mostram taxas de 0,086 animais/km em estradas pavimentadas e 0,035 animais/km em estradas não pavimentadas. Na Amazônia, TURCI & BERNARDE (2009) encontraram valores próximos a estes para estradas pavimentadas (0,078 animais/km).

Em área de Mata Atlântica REIZINI (2010) encontrou valores ligeiramente inferiores à maior parte desses estudos. Este autor encontrou taxas de atropelamento de 0,025 e 0,023 animais/km em duas rodovias distintas, valor superior somente àquele apresentado por com CUNHA *et. al*. (2010) para o Cerrado.

Há autores que apresentam taxas ponderadas pelo tempo, facilitando a comparação com outros resultados, independentemente do tamanho do trecho percorrido e do tempo de monitoramento. FISHER (1997), encontrou 0,25 animais/km/mês na rodovia BR-262, no Pantanal, enquanto PRADA (2004) encontrou 0,21 animais/km/mês e BAGATINI (2006) obteve 0,20 animais/km/mês. Em área de Mata Atlântica no sul do Brasil, COELHO *et. al.*

(2008) encontraram 0,21 e 0,46 animais/km/mês atropelados em duas rodovias distintas (RS-389 e BR-101). Para uma estrada na Caatinga, SOUSA & MIRANDA (2010) encontraram uma taxa bem inferior a estas: 0,030 animais/km/mês. Vale destacar que o tempo de monitoramento difere entre os trabalhos, o que pode afetar a taxa de atropelamento, especialmente nos estudos onde o monitoramento for curto.

Todos esses autores afirmam que os dados sobre atropelamentos são subestimados, já que muitas carcaças são retiradas das estradas por animais e pessoas estranhas ao trabalho, ou animais são feridos e morrem fora da estrada.

Já ASCENSÃO & MIRA (2005) encontraram valores muito superiores em seu estudo em estradas no sudeste de Portugal, totalizando 7,6 animais/km/mês. Porém, esse autor incluiu espécies domésticas em suas análises, o que dificulta a comparação.

Em estudos na Mata Atlântica de Santa Catarina, DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) encontraram uma taxa de atropelamento variável no tempo, (0,35 a 1,61 indivíduos/km/ano), com maior concentração na primavera.

3.5.1 Atropelamento de fauna silvestre - distinções entre grupos e espécies

As taxas de atropelamento de animais silvestres são importantes para a comparação e o conhecimento das estradas onde há maiores problemas de atropelamento. Porém, homogeneízam os resultados, dificultando a visualização de diferenças entre espécies e na distribuição espacial dos atropelamentos de animais silvestres. Todavia, a literatura mostra que os atropelamentos não são aleatórios, tendo espécies preferencialmente vitimadas e distribuição espacial concentrada em trechos das rodovias (FORMAN & ALEXANDER, 1998; CLEVENGER *et. al.*, 2003, BUENO et. al, 2009).

Além disso, os atropelamentos também geram impactos distintos sobre espécies diferentes. Não necessariamente as espécies mais atropeladas são aquelas que têm os maiores impactos para sua conservação, como resume SEILER (2001):

> "*A avaliação da importância ecológica dos atropelamentos para uma determinada espécie deve considerar o tamanho da população e a taxa de recrutamento da espécie. Um grande número de baixas em uma espécie pode não implicar necessariamente uma ameaça para a sobrevivência da espécie, mas indicar que esta espécie é abundante. Para muitas espécies de fauna comuns (...) a mortalidade por atropelamento é geralmente considerada insignificante, representando apenas uma porção pequena (menos de 5%) da mortalidade total (...).*

> *Em geral, as espécies que ocorrem em populações pequenas e isoladas possuem áreas de vida extensas ou realizam longos movimentos migratórios, são especialmente sensíveis à morte por atropelamento. Quanto maior for a sua área de vida, mais frequentemente os indivíduos encontrarão rodovias; quanto menor suas populações, maior importância relativa de cada indivíduo. Com efeito, para muitas espécies ameaçadas de mamíferos em todo o mundo, o tráfego é considerado como uma das fontes mais importantes de mortalidade*" (SEILER, 2001, pp. 18).

A questão da distribuição espacial dos atropelamentos será discutida abaixo e apresenta relação com as diferenças na paisagem onde as rodovias estão inseridas e com características das rodovias. Esta questão tem sido pouco explorada na literatura brasileira sobre ecologia de estradas.

Quanto à relação dos atropelamentos com os grupos de vertebrados distintos, é possível perceber uma maior incidência de registros de determinadas espécies ou grupos de animais, apesar das diferenças metodológicas entre estudos, muitas vezes, favorecerem a inclusão de dados relativos a determinados grupos, em detrimento de outros (TROMBULAK & FRISSEL, 2000; FAHRIG & RYTWINSK, 2009).

HOBDAY & MINSTRELL (2008), em análise de atropelamentos na Tasmânia mostram que 99% do total de 5.691 ocorrências vitimaram espécimes pertencentes a apenas 10 taxa distintos, que apresentaram altos índices de atropelamento. Outras espécies existentes na região analisada apresentaram taxas muito baixas ou não foram atropeladas. SMITH-PATTEN E PATTEN (2008) encontraram quatro espécies respondendo por 85% dos atropelamentos de animais silvestres em uma rodovia dos EUA.

A maior freqüência de atropelamentos em determinados grupos animais ocorre, sobretudo, pelas distintas características dos ecossistemas, que definem, em larga escala, as espécies existentes em uma área cruzada por rodovias, e as características biológicas e ecológicas inerentes a cada espécie ou grupo de animal, que influenciam diretamente na necessidade e capacidade dos animais em cruzar ou utilizar rodovias (FORMAN *et. al.* 2003).

Assim, o conjunto de espécies atropeladas em uma determinada área é menor do que o conjunto de espécies que habitam aquela mesma área. PRADA (2004), por exemplo, levantou o atropelamento de 45 espécies de aves distintas, indicando uma diversidade bastante considerável, mas mostrando que a maior parte das espécies não é atropelada, já que há mais de 300 espécies de aves na região (DIAS, 2000, apud PRADA, 2004). Já COELHO *et. al.* (2008) encontraram 59 espécies de vertebrados atropelados na RS-389 e

61 na BR-101, em trecho no Rio Grande do Sul. Esses número de espécies é bastante significativo, mas muito inferior à riqueza de espécies existentes na região.

Essas diferenças nos atropelamentos de espécies se refletem em termos de classe, havendo uma grande variação na vulnerabilidade dos grupos distintos de vertebrados dependendo dos ecossistemas que predominam ao longo da rodovia, além de outras características como a utilização da rodovia para transporte de alimentos.

É comum, em rodovias que cruzam áreas de predominância de banhados, alagados, lagoas e outros ecossistemas úmidos, uma elevada proporção de atropelamento de anfíbios, que são, frequentemente, considerados como um grupo altamente vulnerável ao atropelamento entre os vertebrados terrestres (EHNMAN & COGGER, 1985; FAHRIG *et. al.*, 1995; TROMBULAK & FRISSEL, 2000).

Esta condição de vulnerabilidade dos anfíbios parece estar associada ao fato desses animais praticamente não evitarem estradas, pois seu desenvolvimento depende, freqüentemente, do deslocamento entre habitats; terem locomoção lenta (são pouco eficientes para desviar dos veículos); além de serem pequenos e de difícil visualização pelos motoristas (CARR & FAHRIG, 2001).

Em função dessas características, estudo na Austrália indicou que a mortalidade anual de anfíbios por atropelamentos alcançava 5,5 milhões de indivíduos (EHMANNH & COGGERH, 1985).

Reforçando a relevância dos atropelamentos de anfíbios para a conservação da biodiversidade, SEIBERT & CONOVER (1991) encontraram uma proporção de 40% dos atropelamentos deste grupo animal entre os vertebrados atropelados em uma estrada de Ohio, nos EUA. Em um estudo realizado na Amazônia brasileira, BARROSO *et. al.*, (2011) também encontraram os anfíbios como o grupo com a maior quantidade de espécimes atropelados, representando 51 dos 135 animais encontrados por estes autores, ou cerca de 37%. Já TURCI & BERNARDE (2009), também na Amazônia, encontraram uma distribuição quase igual entre todos os grupos, com os anfíbios sendo o grupo mais atropelado e representando 26,3% do total de animais, contra 25,9% de aves, 24,3% de répteis e 23,5%de mamíferos.

Geralmente, no caso de anfíbios, há uma riqueza de espécies atropeladas relativamente pequena (comparado com o número de espécies de outras classes animais), mesmo quando a proporção do grupo entre a fauna atropelada é significativa. IBRAM (2012) obteve apenas 3,75% de anfíbios entre os vertebrados atropelados em rodovias no Distrito Federal e todos os 29 espécimes atropelados pertenciam a apenas duas espécies. DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) também obtiveram um menor número de espécies de anfíbios atropelados quando comparado aos outros grupos de vertebrados, correspondendo a apenas 13% dos 62 taxa distintos identificados por esses autores.

Além de apresentar uma baixa riqueza de espécies atropeladas, muitos trabalhos de monitoramento de fauna atropelada têm detectado poucos anfíbios entre os vertebrados silvestres vitimados em rodovias. PRADA (2004) encontrou apenas 6% de anfíbios entre o total de animais atropelados em área de cerrado em São Paulo. BAGATINI (2006) encontrou 4% de anfíbios entre os animais atropelados no cerrado do DF e DELAZERI *et. al.* (2011) encontraram 8% de anfíbios entre os vertebrados atropelados em rodovias do litoral norte do Rio Grande do Sul.

PRADA (2004) discute a possibilidade da menor movimentação destes animais na paisagem (em relação a mamíferos e aves) explicar este fato, mas deixa claro que problemas metodológicos também podem influenciar. Esta última conclusão é, freqüentemente, associada à dificuldade de coletar as carcaças desses animais, que, por serem pequenas, são facilmente removidas por predadores, estraçalhadas por atropelamentos sucessivos ou mesmo não detectadas durante o monitoramento (BAGATINI, 2006).

Vale ressaltar o caso descrito pelo IBRAM (2012), referente aos atropelamentos em 114 km de rodovias no Distrito Federal. Este autor também encontrou poucos anfíbios entre os animais atropelados, com este grupo correspondendo a 3,75% de todos os animais atropelados. Além disso, dos 29 anfíbios encontrados, 26 pertenciam à mesma espécie, um sapo do gênero *Rhinella*, fazendo desta a segunda espécie mais atropelada entre os registros desse estudo.

Os répteis apresentam uma situação específica, pois a maior parte dos trabalhos indica que seus atropelamentos são freqüentes, mas dificilmente são os animais mais coletados entre os acidentados.

PRADA (2004), por exemplo, encontrou apenas 9% de répteis entre o total de vertebrados atropelados no cerrado, pertencentes a 11 espécies distintas, com destaque para a jibóia (*Boa constrictor*). Já FREITAS (2009) encontrou 6,9% de répteis entre os animais atropelados em rodovias de São Paulo e Minas Gerais.

Porém, há autores que têm identificado situações críticas, como BRAGA (2009), que encontrou a jibóia (*Boa constrictor*) como a espécie mais atropelada em mais de oito anos de monitoramento de estrada que corta área de fragmentos de Mata Atlântica no Espírito Santo; BAGER (2006) que observou a cobra-d'água *Helicops infrataeniatus* como sendo a espécie mais atropelada na BR-392, no RS; e ROW *et. al.* (2007) que mostraram que as rodovias têm grande influência sobre a mortalidade de cobras da espécie *Elaphe obsoleta*, em Ontário, no Canadá.

PEREIRA & CARVALHO (2011), em um estudo realizado na Amazônia, também encontraram o grupo de répteis como o mais atropelado entre os vertebrados. Todavia, os atropelamentos não se concentraram em uma ou poucas espécies, abrangendo 58 espécies

distintas, indicando uma riqueza bastante acentuada entre os répteis atropelados, neste caso.

HENGEMÜHLE & CADEMARTORI (2008) também encontraram os répteis como grupo de vertebrados mais atropelado, correspondendo a 41% de todas as ocorrências registradas por esses autores em rodovias no Rio Grande do Sul. Essas autoras também encontraram uma proporção elevada de anfíbios atropelados (17%), superior, inclusive, ao número de aves. Tendo em vista que o levantamento dos atropelamentos ocorreu a partir de deslocamentos a pé na rodovia, as autoras explicam essa maior proporção de répteis e anfíbios nesse estudo quando comparados a grande parte dos demais (com exceção de estudos em situações específicas) por essa diferença metodológica, que possibilitaria um avistamento melhor de animais de menor porte.

Nas rodovias do DF analisadas por IBRAM (2012), os répteis foram o segundo grupo mais atropelado, representando pouco mais de 15% do total de atropelamentos. Resultado semelhante é apresentado por DELAZERI *et. al.* (2011), que identificaram em seu estudo realizado em três rodovias no Rio Grande do Sul os répteis como o segundo grupo mais atropelado, com 28% do total de ocorrências. A segunda espécie mais atropelada encontrada neste estudo também foi um réptil: a tartaruga *Trachemys dorbigni*.

A presença de répteis nas rodovias, especialmente serpentes, está associada, sobretudo, à utilização das estradas para regulação térmica, já que as mesmas são abertas e o asfalto, frequentemente, fica mais quente que o restante do ambiente (SULLIVAN, 1981).

As aves são um grupo de animais que, geralmente, apresentam alto índice de atropelamento, havendo trabalhos que identificam como sendo o grupo com maior mortalidade em algumas rodovias (RODRIGUES, 2002; BAGATINI, 2006; FREITAS, 2009). FREITAS (2009) mostra que 48% dos 146 animais atropelados em rodovias de São Paulo e Minas Gerais foram aves. PRADA (2004), no cerrado de São Paulo, obteve 596 animais atropelados, dos quais 52% eram aves. BAGATINI (2006) encontrou o tziu (*Volatina jacarina*) como a espécie mais atropelada entre animais silvestres, representando 7% do total de 170 animais atropelados encontrados pela autora (incluindo animais domésticos). Resultado mais drástico foi encontrado pelo IBRAM (2012) em estudo no DF, no qual 555 (71%) dos 776 animais silvestres atropelados eram aves, sendo 217 registros (29%) referentes a acidentes com o tziu.

No Brasil, o atropelamento de aves já é estudado há mais de 20 anos, tendo NOVELLI (1988) feito um trabalho pioneiro nos banhados do sul do país a partir de um levantamento de aves atropeladas na BR-471, no Rio Grande do Sul, no qual contabilizou 144 animais.

Outros estudos encontraram proporções significativas de aves entre os vertebrados atropelados, mesmo que esse grupo não seja o mais atropelado. DELAZERI *et. al.* (2011)

obtiveram 22% de aves entre o total de vertebrados atropelados em três rodovias no Rio Grande do Sul.

CAMARGO *et. al.* (2011) encontraram as aves como o grupo mais atropelado em rodovias do Rio Grande do Sul, situadas no bioma dos pampas. Estes autores obtiveram 43% de aves entre os 8.568 animais atropelados que registraram em seu estudo, pertencentes a 161 espécies diferentes. Estes dados indicam uma riqueza muito maior entre as espécies atropeladas, mostrando que os atropelamentos podem ser impactantes também para espécies com menor frequência de atropelamento, especialmente quando ocorrem com espécies raras ou que possuem populações pequenas. O estudo de ROSA & BAGER (2012) também apresentou uma riqueza relevante de aves atropeladas, uma vez que esses autores encontraram 57 espécies distintas em duas rodovias.

DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) encontraram maior riqueza de espécies de aves entre as espécies atropeladas em área do estado de Santa Catarina no bioma Mata Atlântica. Estes autores obtiveram um total de 30 *taxa* distintos de aves, entre os 62 pertencentes a vertebrados.

CLEVENGER *et. al.* (2003) e PRADA (2004) associam os hábitos alimentares das aves a grande parte dos atropelamentos registrados em suas pesquisas, já que é comum as aves buscarem nas estradas ou em suas áreas de influência carcaças de animais mortos ou alimentos caídos de cargas, facilitando a colisão. Estes autores também indicam os vôos rasantes nas proximidades da estrada como característica que expõem as aves a risco de colisão com veículos. Os resultados obtidos por DHINDSA *et. al* (1988) em estudo realizado na Índia reforçam a relação dos atropelamentos de aves com seus hábitos alimentares, mostrando que espécies granívoras foram atraídas pelas estradas, enquanto insetívoras e outras foram repelidas. NOVELLI (1988) mostra a existência de grãos na moela de aves atropeladas em rodovia do Rio Grande do Sul, associando esse fenômeno aos grãos caídos durante transporte, que servem como atrativos para a fauna, ampliando os atropelamentos. MOTTA JUNIOR & ALHO (2000) e PRADA (2004) destacam o papel das luzes associadas à estrada na atração de insetos e, consequentemente, de aves insetívoras, que tendem a ser atropeladas.

Corroborando com estas análises, estudo em estrada do Rio Grande do Sul que não é utilizada para o escoamento da safra de grãos (rodovia onde há restrição para a passagem de veículos de carga), encontrou as aves como o grupo de menor incidência de atropelamentos (HENGEMÜHLE & CADEMARTORI, 2008).

O relato de mamíferos atropelados também é bastante comum em diversos biomas do mundo, incluindo a Mata Atlântica.

SEIBERT & CONOVER (1991), encontraram 42% de mamíferos entre os vertebrados atropelados em uma estrada de Ohio (EUA), pertencentes a 11 espécies distintas.

Proporção muito semelhante àquela descrita por DELAZERI *et. al.* (2011), que encontraram 43% de mamíferos entre os 347 vertebrados atropelados em uma rodovia do Rio Grande do Sul, que cruza ecossistemas conservados de mata, dunas, campos e banhados.

Em termos proporcionais, o trabalho de CUNHA *et. al*. (2010) merece atenção, pois 86% dos animais encontrados atropelados por esses autores em uma rodovia que cruza o cerrado em Goiás eram mamíferos. Os atropelamentos concentraram-se em duas espécies de tamanduá e uma de cachorro-do-mato (*Tamandua tetradactyla, Myrmecophaga tridactyla* e *Cerdocyon thous*), mas abrangeram pelo menos 14 espécies de mamíferos.

Também no cerrado, mas no estado do mato Grosso, MELO & SANTOS-FILHO (2007) mostraram o predomínio de mamíferos, que representaram 59,2% do total de 210 animais vitimados, enquanto 25,6% foram aves, 9,5% répteis e 5,2% foram anfíbios.

A relação entre a massa corporal e o tamanho da área de vida, identificado por MACNAB (1963), explica a elevada ocorrência de atropelamentos nessa classe de animais, uma vez que os mamíferos apresentam um tamanho médio superior às demais classes, necessitando maiores deslocamentos na paisagem e, consequentemente, atravessar mais rodovias. Além disso, como mostrou ALMEIDA (2007) e foi bem definido por BUENO & ALMEIDA (2010):

> "*(...) alguns mamíferos, quando pressionados pela escassez de recursos, podem se movimentar por áreas ainda maiores, devido, por exemplo, a sazonalidade climática (Almeida, 2007), aumentando dessa forma a necessidade de atravessar as estradas que passam pela sua área de vida".* (BUENO & ALMEIDA, 2010, p. 22).

Esta movimentação na paisagem está relacionada, também, às características das espécies. Assim são informações relevantes não apenas a quantidade ou a classe dos animais, mas também as espécies aos quais pertencem.

Os 210 animais atropelados encontrados por MELO & SANTOS-FILHO (2007), por exemplo, pertenciam a 41 espécies, também com predomínio de mamíferos, (17 espécies distintas), seguido por aves (13), répteis (7) e anfíbios (4).

DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) encontraram nove espécies de mamíferos atropeladas em estrada de Santa Catarina, correspondendo à cerca de 14% do total registrado.

Há trabalhos, inclusive, que identificam os atropelamentos como particularmente importantes para as espécies de grande porte, que possuem reprodução lenta e populações pequenas, ou para aquelas que estão ameaçadas de extinção (FISHER, 1997; RODRIGUES, 2002).

O trabalho de monitoramento de BUENO *et. al*. (2009) em outro ambiente fragmentado de Mata Atlântica, detectou mais de 183 mamíferos atropelados, o que corresponde a 59% dos 310 animais registrados pelos autores. Eles afirmam que os mesmos pertencem a mais de 20 espécies, o que pode ser considerado significativo quando comparado a outros estudos.

Já RODRIGUES (2002) identificou 16 espécies de mamíferos atropeladas em seu monitoramento, entre as quais lobos-guarás (*Chrysocyon brachyurus*) pertencentes à população que habita uma Estação Ecológica no cerrado brasileiro. Este autor afirma que mais da metade das mortes de animais dessa população ocorre devido a atropelamentos, o que gera impacto significativo na mesma. FISHER (1997) em ambiente semelhante encontrou 13 espécies de mamíferos atropelados, enquanto PRADA (2004) encontrou 23 espécies. Todos esses autores fizeram trabalhos a partir de algumas campanhas de levantamento de dados, sem um monitoramento extenso e contínuo, o que tende a gerar dados pouco completos para uma análise da riqueza de espécies atropeladas.

A maior parte dos trabalhos no Brasil indica algumas espécies como as mais atropeladas, com destaque para a ordem dos marsupiais, especialmente o gênero *Didelphis sp*.. Estes animais aparecem em trabalhos realizados em diferentes biomas como o gênero mais atropelado, com *Didelphis albiventris* representando 28,8% dos animais coletados por PRADA (2004) e *Didelphis aurita* correspondendo a 12% dos atropelamentos relatados por BUENO *et. al*. (2009). MANTOVANI (2001) também encontra *D*. *albiventris* como a espécie mais atropelada, assim como REZINI (2010) e DELAZERI *et. al.* (2011). No caso destes dois últimos estudos, essa espécie respondeu por 56% e 60% de todos os atropelamentos, respectivamente. Sendo que REZINI (2010) encontrou ainda *D. aurita* como a segunda espécie mais atropelada (10%), elevando a proporção de atropelamentos do gênero *Didelphis* a mais de 65% de todos os registros efetuados (56% de *D. albiventris* + 10% de *D. aurita*) em seu estudo em rodovias nos estados do Paraná e Santa Catarina (área de Mata Atlântica).

Mas o atropelamento de gambás também é muito comum em outros países. MONGE-NAJERA (1996) mostram maior concentração de atropelamentos entre os mamíferos e destacam *D. marsupial* como a espécie mais atropelada em uma rodovia na Costa Rica, região tropical.

Porém, há muitos outros grupos de animais com importantes taxas de atropelamentos, como o caso de alguns da ordem dos carnívoros, especialmente espécies de canídeos. VIEIRA (1996) encontrou 20% de atropelamento de *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato), entre todos os registros efetuados, sendo esta a espécie mais atropelada em seu estudo. PRAXEDES *et. al.* (2011) também encontraram essa mesma espécie como a mais abundante entre seus registros efetuados no bioma Caatinga, mas em proporção ainda

superior, correspondendo a 38,6% dos atropelamentos. Resultado semelhante é apresentado por JUNIOR *et. al*. (2011), mas para atropelamentos em ferrovias no cerrado goiano, onde 37% dos animais atropelados pertenciam à espécie *Cerdocyon thous*. O resultado mais expressivo no que concerne à proporção de atropelamentos desta espécie foi encontrado por SOUSA & MIRANDA (2010), que obtiveram 62% de animais desta espécie atropelados entre os vertebrados vitimados em rodovia no estado da Paraíba, sugerindo impactos sobre a população dessa espécie na região. Já KOENEMAN (2009) encontraram 15,2% de atropelamentos dessa espécie (66,9% de espécies carnívoras), valor inferior aos 17,1% obtidos por MELO & SANTOS-FILHO (2007), que encontrou esta espécie como o mamífero mais atropelado em estradas do cerrado de Mato Grosso. PRADA, também no cerrado, (2004) encontrou um percentual de 8,25% e BUENO *et. al*. (2009) cerca de 4,25% de *Cerdocyon thous* para o total de registros efetuados por esses autores na BR-040, na Mata Atlântica dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

O registro de outras espécies de carnívoros também é freqüente, como raposas, outras espécies de cachorros-do-mato além de *C.thous*, e mesmo felinos de maior porte, como *Puma concolor* (onça-parda), *Leopardus pardalis* (jaguatirica) e *Panthera onca* (onça-pintada). MELO & SANTOS-FILHO (2007), por exemplo, encontraram felinos importantes para a conservação atropelados em rodovia do cerrado, como o gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), o gato-palheiro (*Leopardus colocolo*), a onça-parda (*Puma concolo*r) e a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), espécies raras e/ou ameaçadas de extinção e predadores de topo de cadeia, com papel importantes na estrutura dos ecossistemas.

A ocorrência de carnívoros na beira de rodovias apresenta associação com a alimentação, como relatam BARRIENTOS e BOLONIO (2009) ao mostrar um aumento de atropelamento de furões nos trechos de rodovia onde há maior concentração de tocas de coelhos.

Os tamanduás, que possuem hábitos insetívoros, também são atropelados com freqüência, segundo diferentes estudos (MONGE-NAJERA, 1996; FISHER, 1997; MELO & SANTOS-FILHO, 2007; FREITAS, 2009).

Em função da presença de presas e da facilidade de deslocamento, FREY & CONOVER (2006) afirmam que muitos predadores podem ocorrer preferencialmente em rodovias, nos trechos onde as características da paisagem no entorno das mesmas corresponde ao habitat utilizado por estes animais.

Não apenas carnívoros são atraídos por alimentação na beira de rodovias, como também onívoros e herbívoros. FISHER (1997), por exemplo, revela que o transporte de cana-de-açúcar no pantanal atrai a fauna em busca de alimento caído de veículos de transporte, especialmente os macacos-pregos (*Cebus apella*), que são atropelados com relativa frequência.

Além da busca por alimentos, os mamíferos podem utilizar as rodovias como forma de locomoção mais rápida entre habitats (FAHRIG & RYTWISKY, 2009). Ou apenas atravessar as estradas quando passam de um remanescente de ecossistema a outro ou quando acessam outros elementos da paisagem, como rios ou capinzais (FORMAN & ALEXANDER, 1998).

3.6 Atropelamento de Fauna Silvestre e Características da Paisagem

A relação entre características da paisagem e atropelamentos de animais silvestres já vem sendo discutida por alguns autores, mas ainda é pouco explorada na literatura. ROMIN & BISSONETE (1996); BENCKE & BENCKE (1999) e CLEVENGER *et. al.* (2003) discutem essa relação, mostrando padrões de concentração de atropelamentos em trechos de rodovias que apresentam determinadas características, especialmente associadas à vegetação.

A primeira questão que surge para avaliar o papel da paisagem refere-se à aleatoriedade dos atropelamentos. Variados estudos indicam que as ocorrências não são aleatórias, existindo trechos nas rodovias que concentram os atropelamentos da fauna silvestre (FORMAN & ALEXANDER, 1998; FORMAN *et. al.*, 2003; FREITAS, 2009; BUENO *et. al.*, 2011). Em estudos realizados em áreas de Mata Atlântica DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) e COELHO *et. al.* (2008) mostraram estatisticamente a não aleatoriedade dos atropelamentos de fauna.

Reforçando esta conclusão, CARVALHO & MIRA (2011) observam que houve uma similaridade grande entre os padrões de distribuição de atropelamento nas rodovias analisadas por esses autores em dois anos distintos. Tendo em vista que havia uma diferença de nove anos entre os períodos de análise, estes dados indicam que padrões espaciais nos atropelamentos respondem a questões específicas e não ocorrem aleatoriamente.

Entre os aspectos relacionados à distribuição espacial dos atropelamentos, merecem destaque a densidade populacional dos animais (LEE *et. al*., 2004), a distribuição espacial dos habitats (BARNUM, 2004; GOMES *et. al.*, 2009; GRILO *et. al.* 2009), a estrutura da paisagem (BEAUDRY *et. al.* 2008), às características inerentes aos animais (GRILO *et. al.* 2009) e as características das estradas e do tráfego que cruza a rodovia (CLEVENGER *et. al.*, 2003; BARNUM, 2004; JAEGER & FAHRIG, 2004; KLOCKER *et. al*., 2006)

Quanto às características da estrada, os estudos mostram que diversos fatores influenciam na ocorrência de atropelamentos, incluindo a presença de curvas, o pavimento das rodovias, o fato de possuírem uma ou mais pistas, a presença e o tipo de divisórias entre as pistas, o nível de tráfego das rodovias, a velocidade dos veículos na rodovia, etc.

Esses fatores estão associados de formas variadas aos taxa atropelados (BARNUM, 2004; LEE *et. al*., 2004; JAEGER & FAHRIG, 2004; JAEGER *et. al.*, 2005; SMITH-PATTEN E PATTEN, 2008; SANTOS *et. al.*, 2011; FARMER & BROOKS., 2012).

DELAZERI *et. al.* (2011) também identificaram trechos de agregação de atropelamentos, e mostraram que esses trechos estão associados à classe dos animais, com trechos distintos de agregação para mamíferos, aves, anfíbios e répteis e sem sobreposição de trechos.

O mesmo ocorre no que concerne à relação dos atropelamentos com a paisagem: há uma variedade de associações entre a estrutura da paisagem e os atropelamentos, e essas associações são influenciadas pelas características dos taxa atropelados.

FISHER (1997) relaciona rios e outras áreas úmidas no entorno da estrada à concentração de atropelamentos, enquanto GRILO *et. al.* (2010) afirmam que a presença de reservatórios de água no entorno de rodovias é relevante especialmente para o atropelamento de anfíbios e mamíferos com hábitos aquáticos. PRADA (2004), listando as medidas preventivas aos atropelamentos de animais silvestres, afirma que os rios próximos às estradas levam a um aumento na frequência de animais que buscam a água e, consequentemente, de atropelamentos. Esta autora, sobre a construção de rodovias, afirma a necessidade de:

> *"Evitar traçados próximos a corpos d'água e, principalmente, os que se posicionem paralelamente ao trajeto dos rios por longo tempo".*

GUMIER-COSTA & SPERBER (2009) também relacionam a redução de atropelamentos ao longo da rodovia que estudam na Amazônia à redução na presença de corpos d'água.

Esta mesma relação é realizada por HENGEMÜHLE & CADEMARTORI (2008), que encontraram 79% dos registros de atropelamentos em 50% do trecho monitorado, e indicam a presença do Rio Tramandaí como o principal elemento a contribuir com esta dinâmica. Mas estas autoras não realizam análises estatísticas que permitam associar de forma mais efetiva essa característica da paisagem aos atropelamentos.

O mesmo problema ocorre no trabalho de SERRANO *et. al*. (2002), que identificaram "pontos negros" de atropelamento de fauna em estradas da Espanha e relacionaram essa ocorrência à presença de rios e corredores de vegetação.

Já SANTOS *et. al*. (2007) e GUNSON *et. al*. (2011) mostraram uma relação significativa entre a concentração de atropelamentos e os trechos de estrada que passavam sobre rios.

Mas os estudos que focam em grupos específicos indicam que a relação de atropelamentos de fauna silvestre e a presença de reservatórios de água é dependente do taxa analisado. FREITAS (2009) encontrou maior quantidade de atropelamento de anfíbios

em áreas com maior proporção de corpos d'água, mas este mesmo elemento teve pouca relevância para outras classes. Para cangurus australianos também não foram encontradas diferenças significativas nos atropelamentos nas proximidades de rios que corriam próximos ou cruzavam rodovias (KLOCKER, 2006).

Abrangendo outros elementos da paisagem, ASCENÇÃO & MIRA (2005) encontraram concentração de atropelamentos em trechos das rodovias no sudeste de Portugal onde o entorno é dominado pelo ecossistema de montado, no qual predominam os sobreiros (*Quercus suber*), particularmente nas seções da rodovia onde rios corriam paralelamente às estradas.

O mesmo ocorreu com CAMARGO *et. al* (2011), que encontraram anfíbios como o grupo de animais mais atropelados no trecho Porto Velho – Humaitá da BR-319, na Amazônia, e relacionaram este fato à presença de mata secundária e muitos corpos d'água no entorno da estrada.

BRUM *et. al*. (2011) também relacionam os atropelamentos de animais silvestres aos corpos d'água, afirmando que os maiores índices em seu trabalho foram encontrados próximos a cursos d'água e banhados, considerados pelo autor como únicos refúgios para animais silvestres em uma paisagem onde a matriz é formada por agricultura mecanizada no estado do Mato Grosso.

Mas nenhum desses autores faz uma análise que possibilite relacionar, estatisticamente, a presença de corpos d'água à ocorrência de atropelamentos. Apenas utilizam esse parâmetro de forma especulativa para tentar explicar os dados encontrados

Exceção está no trabalho de BUENO *et. al*. (2011) que relaciona de forma clara e a partir de uma análise espacial consistente, a ocorrência de atropelamentos de capivaras e a presença de corpos d'água na BR-040, no trecho Rio de Janeiro – Juiz de Fora, confirmando as afirmações de GRILO *et. al*. (2010) sobre o papel dos reservatórios de água no atropelamento de mamíferos semi-aquáticos.

JACOMO *et. al.* (1996) também associam atropelamentos à paisagem do entorno das rodovias, demonstrando que grande parte dos animais encontrados mortos em uma rodovia vizinha ao Parque Nacional das Emas, no cerrado, havia ingerido alimento de plantações no entorno da estrada. PRADA (2004) busca uma associação dos atropelamentos com as condições da vegetação próxima ao acostamento no momento de encontro das carcaças. Porém, em função da metodologia adotada, essa autora não consegue estabelecer relação nenhuma entre a vegetação imediatamente adjacente à estrada e os atropelamentos.

BAGER *et. al.* (2007) relatam o papel das plantações de arroz nos atropelamentos de gatos-do-mato-grandes (*Leopardus geoffroyi*), considerando a presença de floresta segmentada pela estrada de menor relevância para o atropelamento dessa espécie no

habitat estudado. Do total de 29 animais dessa espécie encontrados atropelados pelos autores, apenas um estava em um trecho da estrada que cruza florestas.

Em análise do atropelamento de aves, ROSA & BAGER (2012) mostram resultados semelhantes, indicando uma relação positiva entre os atropelamentos dessa classe de animais e a presença de plantações de arroz. Mostram também que esta relação também é positiva com áreas úmidas. Outro dado interessante desse estudo é que os autores mostram que essas relações se dão tanto com o número de atropelamentos, como com a riqueza de espécies atropeladas.

BELÃO *et. al.* (2011) também encontraram um aumento de atropelamentos em áreas de utilização humana, associando este fato a um comportamento oportunista de parte das espécies que encontraram atropeladas.

Resultado inverso foi encontrado por MELO & SANTOS-FILHO (2007) para o carnívoro *C. thous*, uma espécie oportunista que ocorreu preferencialmente nas áreas de cerrado, quando comparado às áreas de pastagem. Mas os resultados obtidos por esses autores não foram estatisticamente significativos.

PINOWSKI (2005), em estudo voltado para a comparação da mortalidade de vertebrados em distintos ecossistemas da Venezuela, encontrou 42% do total de 70 animais atropelados em áreas onde as rodovias cruzam florestas de galeria (indicando que a presença de matas e rios é importante para o atropelamento de fauna na região), 27% nas áreas de savana não inundáveis (*non-flooded llanos*), 24% em trechos de rodovias que cruzam plantações de arroz, 12% nas savanas inundáveis e 5,7% nas cordilheiras costeiras, onde a paisagem é formada por um mosaico de florestas, savanas não alagáveis e campos de arroz. Mas este autor não mostra uma relação causal entre a presença desses ambientes e os atropelamentos. Apenas apresenta as proporções de atropelamentos em cada um dos ecossistemas descritos.

JUNIOR *et. al*. (2011) encontraram distinções significativas no atropelamento de espécies entre um trecho de ferrovia que cruza fragmentos de ecossistema de cerrado e outro trecho que cruza a matriz da paisagem formada por pastagem, atribuindo estes resultados justamente a essas características da paisagem no entorno da ferrovia. Mesmo que o estudo não esteja focado em uma rodovia, os processos apresentam grandes semelhanças, de forma que a comparação dos resultados com atropelamentos em rodovias é plausível.

PEREIRA & CARVALHO (2011), apresentam resultados parecidos para rodovia municipal no estado do Pará, mostrando que 80% dos atropelamentos ocorreram em áreas margeadas por florestas (que representam cerca de 40% da paisagem no trecho de estudo) e apenas 20% em áreas margeadas por fazendas (60% do trecho). Esses dados mostram uma relação significativa entre florestas e atropelamentos nessa rodovia.

SMITH-PATTEN & PATTEN (2008) não encontraram associações claras entre os elementos da paisagem (denominados por esses autores como habitats) e o atropelamento de animais silvestres analisados em conjunto, mesmo havendo uma ocorrência ligeiramente maior nas áreas úmidas. Mas algumas espécies apresentaram associações para determinados habitats, especialmente *Didelphis virginiana* (gambá), cujos atropelamentos ocorreram, preferencialmente, em pradarias.

Essa mesma espécie foi alvo de investigação particular por KANDA *et. al*. (2006), que associaram a redução no atropelamento de *Didelphis virginiana* ao aumento de altitude e da proporção de cobertura florestal no entorno da estrada. Tendo em vista o conhecido comportamento oportunista desses animais no que concerne à presença humana, a redução dos atropelamentos com o aumento de florestas é um resultado esperado.

Situação semelhante é descrita por COLINO-RABANAL *et. al*. (2011). Esses autores identificaram maior quantidade de atropelamentos de lobos em área de agricultura, quando comparado com paisagens dominadas por outros ecossistemas, porém as diferenças não foram significativas.

CUNHA *et. al* (2010) compararam os atropelamentos em rodovia de Goiás com o número de fragmentos em uma faixa de 10 km no entorno da rodovia GO-060 e também não encontraram relação significativa.

Já REZINI (2010), a partir da análise de componentes principais, identificou uma relação significativa direta entre a presença de agricultura e os atropelamentos de fauna e uma relação inversa entre as variáveis de métrica da paisagem relacionadas à vegetação (proporção de florestas, área média dos fragmentos florestais, índice de proximidade médio entre fragmentos florestais) em cada trecho da rodovia. O autor explica isso pelo fato das três espécies mais atropeladas representarem 77% dos registros e incluírem animais generalistas que podem se beneficiar de áreas agrícolas. Este mesmo autor realizou essa análise em outra rodovia, na qual encontrou relação secundária direta do atropelamento de *D.albiventris* com a presença de água e áreas urbanas e uma relação inversa destes parâmetros com os demais mamíferos. Esta relação inversa dos demais animais com a água parece estar associada ao fato das fontes de água na paisagem onde ocorreu o estudo estarem associadas às áreas urbanas, o que explica a relação direta com *D. albiventris* (REZINI, 2010).

PRADA (2004) encontrou uma área com menor concentração de atropelamentos nas rodovias que monitorou, fato que teve dificuldade de explicar. Fez alusão à plantação de eucalipto existente na vizinhança da estrada, próxima a este trecho. Porém, a própria autora argumenta que não possui elementos suficientes em sua pesquisa para concluir que este fato realmente influencia na distribuição espacial dos atropelamentos.

Esta dificuldade deriva do fato que a análise da relação entre atropelamentos e paisagem em busca de relações de causalidade depende, necessariamente, da espacialização das informações sobre atropelamentos e do mapeamento de informações relevantes sobre a paisagem, para a busca de padrões na distribuição dos eventos e nas características da paisagem.

Nesse sentido, há que destacar o trabalho de ABRA et. al (2011), pois estabelece uma relação entre a localização dos atropelamentos e a paisagem do entorno. Esses autores formularam predições de locais de atropelamento com base na proporção de floresta, número de fragmentos e tamanho do maior fragmento em uma faixa de 5 km no entorno da SP-225, no município de Brotas, no estado de São Paulo, região de transição entre Cerrado e Mata Atlântica. Mostraram que a proporção de florestas foi o parâmetro que melhor previu a ocorrência dos atropelamentos, sendo estatisticamente significante esta previsão, o que mostra que este parâmetro é realmente relevante para os atropelamentos na rodovia analisada e, provavelmente, em rodovias com características semelhantes.

Outro trabalho relevante no aspecto da correlação espacial entre atropelamentos e elementos da paisagem foi desenvolvido por SEILER (2005). Esse autor identificou, entre outros parâmetros, a quantidade de floresta e a distância para o fragmento florestal mais próximo como fatores que influenciam os atropelamentos de alces na Suécia.

Contrariando a maior parte dos estudos REZINI (2010), analisando o conjunto de animais atropelados em rodovias paranaenses e catarinenses, encontrou trechos margeados por fragmentos florestais em bom estado de conservação onde não ocorreram atropelamentos de animais silvestres, ou esses foram raros. Porém, foram trechos sinuosos e de variação altitudinal, onde a velocidade dos carros é muito reduzida quando comparada com o restante da rodovia, o que, segundo o autor, pode explicar esses resultados.

Outro trabalho que apresenta consistência na análise espacial foi desenvolvido na região mediterrânea em Portugal por CARVALHO & MIRA (2011). Esses autores, que compararam a influência de características da paisagem para uma determinada área em dois tempos distintos (1996 e 2005), indicam relação positiva entre a existência de uma unidade de conservação e a ocorrência de atropelamentos, mostrando que esses eventos rareavam à medida que se distanciava da unidade. Associaram esse resultado ao fato desta unidade de conservação proteger um ecossistema rico em fauna quando comparado aos ecossistemas do entorno, indicando que as distinções nos ecossistemas (e, consequentemente, na paisagem) têm relação com os atropelamentos de fauna silvestre.

Em sua análise de componentes principais a influenciar atropelamentos de animais silvestres, CARVALHO & MIRA (2011) identificaram, para o primeiro ano de análise, que o domínio de plantações, pastos e ecossistemas formados por arbustos respondia por 22,9% da variação espacial desses eventos. Identificaram ainda que a distância do trecho de

estrada para a área da UC, para fragmentos florestais, para ecossistemas de arbustos e ecossistemas de montado intercalados com arbustos, associados ao comprimento dos trechos de estradas de terra, respondiam por 51,3% da variação espacial dos atropelamentos. Para 2005, os dados indicam que a presença de áreas agrícolas, pastos e áreas urbanas respondem por pouco mais de 14% da variação espacial dos atropelamentos. O trabalho identificou para este ano de 2005 que a distância do trecho de estrada para a área da UC, para fragmentos florestais, para ecossistemas de montado intercalados com arbustos e para os reservatórios de água respondem por 33% da variação espacial de atropelamentos. Estes autores indicam que estas distinções entre os anos de 1996 e 2005 estão relacionadas ao fato deste último ano ter sido um ano extremamente seco na região.

Na análise para os distintos grupos animais, CARVALHO & MIRA (2011) mostram que algumas dessas variáveis têm comportamento distinto para as diferentes classes de vertebrados. A distância da Unidade de Conservação é uma parâmetro importante para todas as classes, que apresentam redução de atropelamentos com o aumento da distância em relação à UC. Já para áreas agrícolas, todos os grupos responderam, com exceção das aves, que não apresentaram variação significativa entre os trechos de atropelamento. Para répteis e anfíbios, estes autores identificaram que a distância dos reservatórios d'água tinha relação inversa com os atropelamentos (menos atropelamentos, quanto maior a distância para reservatórios). Os autores identificaram relações mais específicas, como a presença de ecossistemas de arbustos e de áreas urbanas e a ocorrência de atropelamentos de corujas e ouriços.

Outro dado relevante apresentado por CARVALHO & MIRA (2011) relaciona-se à relação entre a ocorrência de atropelamentos de carnívoros e a presença de fragmentos florestais, uma vez que os atropelamentos desses animais apresentam redução significativa quanto mais distante dos fragmentos florestais. E apresentam redução significativa também quanto menor a distância para áreas de pasto.

Resultados semelhantes são apresentados por FREITAS (2009) em estudo que abrange uma área de 0,5 km no entorno de uma rodovia. Esse autor mostra um aumento de 126% nos atropelamentos de fauna nos trechos da rodovia cujo entorno é dominado por florestas, quando comparado à trechos cujo entorno é dominado por áreas de uso humano. Sendo que para mamíferos, a presença de vegetação foi fator significativo na distribuição espacial dos atropelamentos, especialmente para tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*). Mas indica que para outras espécies fatores distintos são relevantes.

Conclusões similares foram obtidas por RAMP *et. al*. (2006). Estes autores encontraram uma relação significativa entre o atropelamento de mamíferos e a presença de vegetação para forrageamento na beira da rodovia e entre o atropelamento de aves e a altura da vegetação (quanto mais baixa, mais atropelamentos).

Trabalho relevante também foi desenvolvido por BARNUM (2004) indicando a importância da presença de habitats adequados dos dois lados da rodovia para o atropelamento de espécies que vivem em habitats restritos, enquanto para espécies generalistas essa relação é pouco nítida.

Em trabalho especificamente voltado para a compreensão da relação das características da paisagem com o atropelamento de animais carnívoros em rodovias que cruzam a região mediterrânea de Portugal, GRILO *et. al*. (2009) encontraram relações específicas entre os elementos da paisagem e determinadas espécies: raposas vermelhas foram encontradas em maior número nos trechos da rodovia mais distantes das áreas urbanas e as fuinhas nos trechos com maior cobertura de florestas de sobreiros.

Nessa mesma região de Portugal, mas analisando os atropelamentos de corujas, que também são espécies carnívoras, GOMES *et. al*. (2009) observaram uma relação entre esses eventos e os habitats do entorno da estrada:

> "*O principal fator que leva As corujas à morte por atropelamento são aqueles associados a habitats adequados à ocorrência das espécies e a condições específicas que favorecem o comportamento de caça próximo à rodovias.*" (GOMES *et. al*., 2009 pp. 355)

O mesmo pode ocorrer para espécies herbívoras. KLOCKER (2006), por exemplo, encontrou maiores proporções de áreas cobertas por vegetação utilizada para pastoreio nos trechos onde há maior proporção de atropelamentos de cangurus, indicando o papel do habitat no entorno da estrada como um elemento chave para o entendimento da distribuição espacial dos atropelamentos dessa espécie.

Para espécies mais generalistas também pode ocorrer influência dos habitats no entorno da estrada, como observado para *C. thous* e *D. albiventris*, que apresentaram maior quantidade de atropelamentos (valores significativos) em áreas de campo sujo no entorno de rodovias do Rio Grande do Sul (KOENEMAN, 2009).

Ainda em relação a grupos de animais, os atropelamentos de veados apresentaram respostas específicas a elementos da paisagem no subúrbio de Minesota, EUA, sendo mais comum quanto menor a presença de construções e maior a presença de áreas livres públicas. A presença de corpos d'água também se mostrou relevante no atropelamento dessa espécie, mas de forma menos significativa que os dois outros parâmetros (NIELSEN *et. al*., 2003).

Além do atropelamento de indivíduos, alguns estudos focam nas diferenças entre a riqueza de espécies atropeladas em trechos de rodovias que cruzam paisagens diferentes, sendo comum que as áreas com predomínio de ecossistemas conservados apresentem

maior riqueza. DELAZERI *et. al.* (2011) obtiveram 28,8% das espécies atropeladas em paisagens onde predominavam ecossistemas preservados (mata, dunas, campo ou banhado), 19,2% relacionados às áreas urbanas condomínios e lavouras e 51,9% em ambos os ambientes. Mas este autor não faz testes estatísticos que mostrem que essas diferenças são significativas dentro das amostras coletadas.

Uma outra questão importante para o entendimento da dinâmica de atropelamentos é a distribuição temporal dos registros e sua relação com fatores climáticos. FELDHAMER *et. al.* (1986), em seu trabalho sobre o efeito de uma rodovia sobre a atividade de cervos encontrou maior proporção de atropelamentos no período úmido, associando isto à maior movimentação dos indivíduos dessa espécie em função de reprodução e disponibilidade de alimentos. Resultados parecidos foram encontrados por BRUINDERINK & HAZEBROOK (1996) ao estudarem populações de animais ungulados da Europa. Mas estes autores mostraram diferenças marcantes entre o comportamento de diferentes espécies em áreas onde a sazonalidade é muito marcada pelas alterações ambientais.

O mesmo ocorre com os trabalhos de DAVIS (1940), que encontrou maior mortalidade de vertebrados na primavera e inverno, e McCLURE (1951), cujos estudos indicam uma maior mortalidade de vertebrados no mês de julho, auge do verão, quando há grande movimentação de pequenos animais gerados na primavera e início do verão. Todos esses trabalhos ocorreram nos EUA, onde a sazonalidade climática muito marcada no ambiente contribui para uma distribuição sazonal de atropelamentos.

Ainda nos EUA, SEIBERT & CONOVER (1991) encontraram uma concentração de atropelamentos de vertebrados na época úmida, especialmente em função da elevada concentração de anfíbios, mas também de mamíferos. Já SMITH-PATTEN & PATTEN (2008) encontraram concentração de atropelamentos de mamíferos silvestres na primavera, quando a taxa foi 1,5 vezes maior do que no outono; 1,4 vezes do que no inverno; e 1,3 vezes maior que no verão. Esses autores associaram estes resultados a maior movimentação dos animais nesse período do ano, tanto para acasalamento, como para forrageamento. Esses autores encontraram larga diferença na sazonalidade de atropelamentos de diferentes espécies de mamíferos. *Mephitis mephitis* (gambá-listrado-norte-americano) apresentou maior taxa de atropelamento entre o final de fevereiro e março (final do inverno), com uma queda abrupta em abril e novo pico de atropelamentos (menor que o anterior) entre novembro e dezembro. Já *Procyon lotor* (guaxinim) não apresentou sazonalidade nos atropelamentos, que foram mais regulares no tempo.

DAVIES *et. al*. (2010) mostraram relação entre o atropelamento de 984 texugos (*Meles meles*) e a sazonalidade na Inglaterra, com um comportamento bimodal deste atropelamento, que se concentraram na primavera e no final do verão. Estes autores associaram estes resultados à época de dispersão dos texugos juvenis.

Na Venezuela, PINOWSKI (2005), em estudo realizado a partir de levantamentos ocorridos em seis viagens ao longo da mesma estrada ocorridas em 1978, encontrou maior concentração de atropelamentos de animais silvestres na viagem realizada durante o fim do período úmido e após uma série de tempestades de verão.

Ainda no cerrado, FREITAS (2009) mostra dados interessantes sobre o atropelamento de anfíbios. Esse autor percebeu maior variação no atropelamento de espécies de sapos com a variação diária da precipitação do que com a variação sazonal.

Os trabalhos de CUNHA *et. al*. (2010) e MELO & SANTOS-FILHO (2007) são dos poucos em área de cerrado que não encontraram diferenças significativas entre os atropelamentos em época seca e úmida. No caso dos últimos autores, a despeito de não haver diferença significativa, houve uma concentração maior de eventos nas épocas secas, resultado inverso àquele apresentado pela maior parte dos estudos no cerrado.

Em área de transição entre o Cerrado, a Mata Atlântica e campos rupestres, no sul de Minas Gerais, SANTOS *et. al*. (2011) encontraram padrões semelhantes, com maior concentração de atropelamentos no verão, seguido de outono, primavera e inverno. Esses autores associaram estes resultados à grande elevação nos atropelamentos de répteis durante o verão e, em menor proporção, de anfíbios. Aves e mamíferos apresentaram resultados mais constantes e tiveram menor influência nesses resultados.

CLEVENGER *et. al.* (2003) perceberam mais atropelamentos de todos os grupos de animais na época úmida, especialmente no verão, mas também na primavera. Mas seu estudo ocorreu no Canadá, onde as condições do inverno não permitem grande movimentação de animais e nem de veículos, reduzindo de forma significativa os atropelamentos.

Em estradas portuguesas CARVALHO & MIRA (2011) também encontraram um aumento de atropelamentos durante os meses úmidos, mas identificaram este resultado com o aumento no atropelamento de anfíbios. Estes autores perceberam um aumento no atropelamento de aves entre abril e setembro (verão), mas associaram este fato mais aos períodos de reprodução e dispersão dessas espécies, do que à condições climáticas específicas (obviamente estes períodos de reprodução e dispersão estão relacionados às questões climáticas, mas a relação dos atropelamentos se dá diretamente com os referidos períodos e não com o clima). Relacionaram também essa distribuição concentrada no verão à disponibilidade de grãos no entorno da estrada, uma vez que esta é a época de colheita e transporte destes alimentos.

SMITH-PATTEN E PATTEN (2008) mostram taxas de atropelamentos significativamente maiores na primavera do que no outono, inverno e verão, e explicaram estes resultados a partir do aumento do atropelamento de duas espécies que se dispersam durante essa época do ano e que são intensamente vitimadas.

FISHER (1997) encontrou mais atropelamentos no Pantanal na época seca. Porém, como afirma o autor, durante as cheias a maior parte das estradas fica intransitável ou com um tráfego lento e reduzido, indicando que este fenômeno não pode ser associado à movimentação dos animais, mas as características específicas das rodovias locais.

Para os pampas gaúchos, bioma que também é marcado por uma forte sazonalidade, estudo de CAMARGO *et. al*. (2011) encontrou concentração de atropelamentos de aves no verão, de mamíferos nos períodos extremos (verão e inverno) e de répteis após o aumento da temperatura do ambiente, especialmente no mês de setembro. Mas esses autores ressaltam que esses resultados não podem ser associados diretamente às características climáticas, uma vez que o aumento de temperatura e a chegada do verão também correspondem a um aumento no tráfego de veículos nas estradas monitoradas.

Em áreas úmidas do sul do Brasil, ROSA & BAGER (2011) encontraram maior taxa de atropelamento de aves no verão e outono, assim como maior riqueza de espécies, associando estes resultados às características biológicas das espécies e características da paisagem no entorno:

> "*Acreditamos que fatores como dispersão de juvenis, período de colheita e transporte de grãos que aumentam no verão e outono tenham relação com o incremento dos atropelamentos*" (ROSA & BAGER, 2011 pp. 182)

Nesta mesma região, em trabalho realizado com o teiú (*Tupinambis merianae*), foi constatado que 86% dos atropelamentos ocorreram nos três meses de verão, no primeiro ano de análise, e no segundo ano de análise 90% dos atropelamentos ocorreram em dois meses do verão (47%) e em dois meses de primavera (43%). A maior atividade deste lagarto durante o verão e a primavera explicam esses resultados (HOBUS *et. al*., 2006).

Já HOBDAY & MINSTRELL (2008) mostram maior quantidade de atropelamentos na Tasmânia no final do outono e no verão, épocas úmidas, e relacionam este comportamento aos 10 taxa mais abundantes. Para as espécies menos atropeladas, os resultados de variação sazonal não mostram significância, em função das pequenas amostras.

Na floresta amazônica, onde a sazonalidade é menos marcante, PEREIRA & CARVALHO (2011) demonstraram um maior atropelamento de répteis na estação chuvosa, associando este fato à maior necessidade de termoregulação desse animais durante a época de chuvas, o que leva a um aumento de procura dos mesmos pelas estradas.

Ainda na Amazônia, TURCI & BERNARDE (2009) encontraram um resultado inverso, com aumento significativo de atropelamentos na época seca para todos os grupos de

animais. Estes autores associam isto ao aumento relevante no volume de tráfego nesta época:

> *"(...) um maior número de registros de animais atropelados foi observado no período da seca. Possivelmente devido a um maior tráfego no período da seca por causa exportação da safra produzida.*"
> TURCI & BERNARDE, 2009, pp. 126.

Na Mata Atlântica, onde a sazonalidade também não é tão marcante quanto aquela observada em países temperados ou em outros biomas brasileiros, COELHO *et. al*. (2008) encontraram influência da sazonalidade apenas para o atropelamento de répteis, explicando este fato em função da necessidade de regulação térmica desses animais. Para os demais vertebrados essas diferenças não foram significativas.

Nas estradas em área de Mata Atlântica no Paraná e em Santa Catarina não houve diferenças significativas entre as estações para o atropelamento de vertebrados. Apenas para *Didelphis abiventris* isoladamente há diferenças de atropelamentos, com menos atropelamentos na primavera do que no verão e outono. Estes dados parecem estar relacionados ao ciclo de vida desses animais, no qual a dispersão ocorre principalmente no verão e outono.

Fortalecendo a conclusão de que a variação sazonal dos atropelamentos é mediada pelo taxa do animas, KOENEMAN (2009) encontrou variação significativa de atropelamentos entre as estações do ano nas sete espécies mais atropeladas nas estradas do Rio Grande do Sul monitoradas pela autora, sendo que três espécies ocorreram, preferencialmente, no inverno. *D albiventris* foi mais atropelado no outono e três espécies tiveram maior frequência de atropelamentos na primavera

BUENO *et. al*. (2009), para o conjunto de vertebrados, foram dos poucos autores que encontraram maior concentração de atropelamentos nas épocas secas em área de Mata Atlântica. Os autores indicam que há uma grande diferença entre os grupos de animais e as espécies atropeladas. MELO & SANTOS-FILHO (2007) também encontraram maiores taxas de atropelamentos na época seca, mas em trabalho ocorrido no cerrado, o que torna seus dados opostos ao dos demais autores que trabalharam nesse bioma. Mas os dados desses autores não foram significativos.

FREITAS (2009) encontrou resultados significativos apenas para classes distintas. Esse autor mostra maior quantidade de atropelamentos de répteis na estação chuvosa e de mamíferos na estação seca para estradas em área de cerrado de São Paulo e Minas Gerais. Outro resultado importante apresentado por este autor é o maior atropelamento de

carnívoros na época seca, conforme previsto por FORMAN & ALEXANDER (1998), em função da maior necessidade de percorrer longas distâncias para buscar alimentos.

Dois trabalhos que merecem destaque foram desenvolvidos por LEE *et. al*. (2004) e KLOCKER (2006). Os primeiros autores, em estudo sobre o atropelamento de cangurus na Austrália, identificaram uma taxa significativamente maior nos períodos de pouca chuva e mostraram que grandes eventos de precipitação neste período reduziam significativamente os atropelamentos. Já o estudo de KLOCKER (2006) mostrou uma associação inversa e significativa entre a ocorrência de atropelamentos desses mesmos animais e o volume de precipitação acumulada nos 30 dias anteriores à coleta de dados, mostrando que para esta espécie o acumulado é mais relevante que a época do ano.

Já GUMIER-COSTA & SPERBER (2009) não detectaram relações significativas entre atropelamentos mensais e totais pluviométricos mensais em seus estudos na floresta de Carajás, na Amazônia.

3.7 Atropelamento de Espécies Prioritárias à Conservação

Apesar de se observarem alguns padrões gerais para grupos, os dados da literatura demonstram que os atropelamentos de fauna silvestre respondem a fatores climáticos e às variações da paisagem em função das espécies observadas. Assim, é fundamental, para os esforços de conservação da biodiversidade, compreender como o impacto dos atropelamentos se dá nas espécies prioritárias para conservação, possibilitando a implantação de possíveis medidas para reduzir esses impactos.

Com esse foco, PRADA (2004) estabeleceu um critério para separar as espécies atropeladas segundo sua importância para a conservação. Esta autora considerou fatores como pequena população e status de conservação da espécie em relação à ameaça de extinção. Posteriormente, focou a análise nos animais considerados prioritários, buscando relacionar os atropelamentos a alguns elementos da paisagem. Ela percebeu que houve uma concentração maior desses animais nas áreas de 10 km no entorno das UCs e de 5 km no entorno do rio Mogi-Guaçu, principal drenagem a cortar a região estudada. Infelizmente, essa autora não comparou os atropelamentos com a vegetação, para se entender diretamente essa relação, e nem sequer apresenta um mapa de cobertura vegetal e uso do solo da região estudada. A partir da descrição que faz da paisagem, percebe-se que as UCs concentram os remanescentes principais, mas a distribuição espacial dos fragmentos não é apresentada. Mesmo assim, essa autora chegou a quatro áreas de concentração de atropelamentos dos animais prioritários. Porém, são áreas vastas, sendo necessário um refinamento no estudo para propor medidas mitigadoras de atropelamentos.

Elementos de difícil identificação na paisagem, por serem transitórios, também devem ser analisados para um entendimento maior da distribuição espaço-temporal dos atropelamentos. PRADA (2004), por exemplo, relata o papel das queimadas para plantio de cana nos atropelamentos de fauna.

Ainda esta autora encontrou três animais ameaçados de extinção entre os atropelados em estrada do cerrado paulista: lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*) e onça-parda (*Puma concolor*) em áreas próximas de UCs e rios. Em relação ao primeiro animal, a autora estima uma perda com os atropelamentos observados correspondente a 11,25% da população local, e em relação à jaguatirica a perda representa cerca de 11,8%, o que seriam proporções extremamente representativas. Tendo em vista, como afirma GOOSEN (1997), que em ambientes com alto nível de influência humana, os atropelamentos se somam a outros impactos, percebe-se o nível de pressão a que estão submetidas as populações das duas espécies.

As duas primeiras espécies também são atropeladas na BR-040, porém os registros ocorreram em pontos mais afastados das UCs (BUENO *et. al.*, 2009). Esses autores especulam algumas explicações relacionadas à conformação da paisagem, mas fazem pouco progresso. BUENO *et. al.*, (2009) encontraram ainda jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e associaram os atropelamentos dessa espécie (inserida na lista vermelha da IUCN - http://www.iucnredlist.org) à presença de um rio de importância regional que é cruzado pela estrada.

4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho é variável para diferentes análises, mas o foco central está nos 154 quilômetros da rodovia BR-040 (km 800/MG a km 125/RJ, o que representa 125 km no estado do Rio de Janeiro e 29 em Minas Gerais).

Para as análises dos atropelamentos, a área de estudo é a rodovia em si. Para a relação da cobertura vegetal e uso do solo com os atropelamentos, em escala de 1:2.000, a mesma é uma área de 0,5 km no entorno de cada lado da rodovia. Para a discussão da relação da cobertura vegetal e do uso do solo com os atropelamentos, em escala de 1:250.000, uma área de 10 quilômetros no entorno de cada lado da rodovia é a área de estudo. E para a análise da relação da precipitação com os atropelamentos o foco está na estrada, mas a área de estudo inclui estações pluviométricas situadas a mais de 10 quilômetros da rodovia.

Assim, o presente item apresentará as características gerais das paisagens cruzadas pela rodovia BR-040, buscando uma discussão que facilite a compreensão de todas as análises. No capítulo 5 essa discussão será ampliada, com uma análise mais detalhada de métricas das diferentes paisagens que compõem a área de estudo.

O trecho da rodovia que compõe a área de estudo cruza oito municípios, sendo seis no estado do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Petrópolis, Areal, Três Rios e Comendador Levy Gasparian) e dois em Minas Gerais (Simão Pereira e Matias Barbosa). Nesse percurso, perpassa diferentes compartimentos geomorfológicos. A baixada fluminense, no extremo sul; as escarpas da Serra do Mar, a norte da baixada; o reverso desta serra; uma área característica dos ambientes colinosos do médio vale do rio Paraíba do Sul; as planícies fluviais formadas por esse rio e por importantes tributários do mesmo; e, por fim, uma nova área de colinas a norte do rio Paraíba do Sul (figura 1).

A baixada da porção sul é uma planície flúvio-marinha originalmente ocupada por matas de colina e de baixada, dunas, restingas, mangues e brejos. Atualmente, é domínio de gramíneas, aglomerações urbanas e brejos (figura 2). Os fragmentos florestais remanescentes são pequenos e, geralmente, situados em topo de morros no pé da serra.

Nesta baixada ocorrem precipitações anuais entre 1.900 e 2.200 mm, com os valores da precipitação média mensal no período chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) entre 160 e 240 mm e no período seco (junho, julho e agosto) entre 100 e 160 mm, indicando uma concentração de precipitações, porém sem um período extremamente seco.

A evapotranspiração (ETP) anual está entre 1.000 e 1.200 mm, sendo que no período chuvoso fica entre 125 e 150 mm, por conta da elevada temperatura, e no período seco entre 50 e 75 mm. Portanto, há excedentes hídricos anuais superiores à 0,5 km, tanto no período seco, como no úmido (SEA & COPPETEC, 2009).

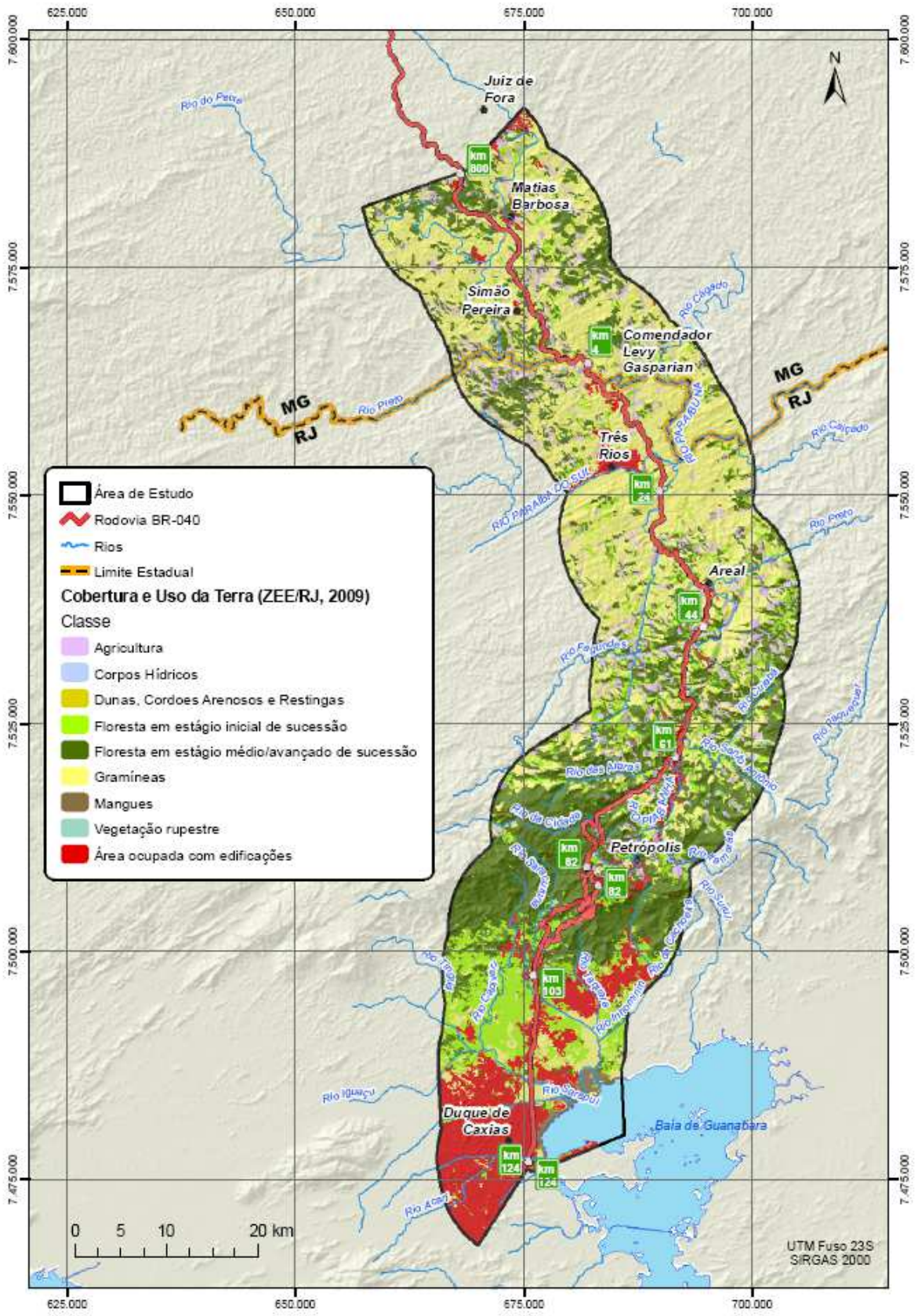

Figura 1 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo de um trecho de 10 km ao redor da BR-040, no trecho monitorado para atropelamento de fauna (Fonte: PROBIO, 2007)

Figura 2 – BR-040 na baixada.
Nas fotos de cima se vê a Serra do Mar ao fundo. Abaixo, se percebe que o entorno da BR-040 na baixada é marcado pela presença de áreas urbanas, gramíneas e brejos.

Drenam a baixada rios de porte significativo, com destaque para os rios São João de Meiriti, Sarapuí, Iguaçu e Saracuruna, todos cruzados pela BR-040 (figura 3).

Figura 3 - Rios na baixada
Os rios de maior porte, como o Sarapupi (a esquerda) e o Saracuruna (a direita) marcam a paisagem da baixada e são cruzados pela BR-040. Fotografia da direita de Cecília Bueno

Formando mosaicos com os domínios de planície, em especial nas proximidades da Serra do Mar, existem domínios de colinas. De forma geral, essas áreas são ocupadas por

pastos e áreas urbanas, mas também por fragmentos florestais, restritos ao topo de algumas poucas colinas (figura 4).

Figura 4 – Colinas na baixada
São dominadas por áreas urbanas e gramíneas (foto da esquerda), ou florestas em estágios iniciais de sucessão ecológica (foto da direita, por Cecília Bueno).

É justamente nessa área (km 124 da rodovia BR-040) que se inicia o trecho da estrada que está sendo monitorado quanto aos atropelamentos de fauna e, portanto, a área de estudo definida para o presente trabalho.

Nesse trecho, a rodovia é formada por uma ou duas pistas em cada sentido (variando entre os trechos que cruzam a baixada), sendo as pistas laterais formadas por duas pistas de rolamento e as pistas centrais por três ou duas (também dependendo do trecho). As pistas nos dois sentidos correm uma ao lado da outra e o tráfego é muito intenso e pesado, inclusive durante a noite.

Ao se aproximar da Serra do Mar a condição ambiental altera-se gradativamente, mesmo na baixada. As colinas tipicamente em meia-laranja são substituídas por morros maiores. Os fragmentos florestais tornam-se presentes na paisagem, com formações de maior tamanho e algumas em estágio mais avançado de sucessão ecológica. Mas trata-se de uma área ainda com grande presença de pastagens e com formações urbanas (figura 5).

Neste trecho da baixada, situado próximo à base da serra, a rodovia também apresenta uma alteração em suas características. Há a separação das pistas, que passam a não correr paralelas e se distanciam. Não há mais pista lateral, a pista fica restrita a duas pistas de rolamento e o acostamento torna-se estreito. Assim, a BR-040 passa a ser constituída por duas estradas que cruzam áreas distintas, formadas cada uma por duas pistas de rolamento. A redução da largura da rodovia, em função da diminuição da quantidade de pistas de rolamento e do fato das pistas correrem separadamente, tende a reduzir o efeito de evitar as rodovias por parte dos animais, uma vez que há menos barulho e a distância entre margens torna-se menor silvestres (JAEGER & FAHRIG, 2004).

Figura 5 – BR-040 próxima à Serra do Mar
As pequenas colinas são substituídas por morros de maior porte, com maior presença de matas alteradas e menor de áreas urbanas.

A pista sentido Juiz de Fora inicia sua subida ainda no km 102, enquanto a pista sentido Rio de Janeiro só inicia a subida na Serra entre os kms 103 e 104.

Continuando no sentido Juiz de Fora, nos referidos kms, a estrada inicia uma subida mais íngreme sobre as escarpas de falha da Serra do Mar, em sua porção denominada Serra dos Órgãos, cujos contrafortes são formados por extensos falhamentos escalonados, já amplamente dissecados pelos processos erosivos.

O clima varia com a abrupta variação de altitude, de forma que há uma redução relativamente rápida de temperatura e um aumento de pluviosidade total da base para o topo da serra. A parte inferior da serra no trecho cruzado pela BR-040 apresenta índices pluviométricos anuais entre 1600 e 1900 mm e a área superior índices que variam de 1.900 a 2200 mm. Esses índices apresentam importante variação entre o período seco e o chuvoso, com a precipitação média mensal neste último período variando de 240 a 300 mm, com exceção das áreas mais baixas, onde os valores são inferiores a 240 mm. Há acentuada redução nos índices pluviométricos durante o período seco que variam entre 60 e 100 mm na maior parte da serra (SEA & COPPETEC, 2009).

Quanto à ETP anual, a mesma é superior a 1000 mm apenas na porção inferior da serra, enquanto a maior parte desse trecho cruzado pela BR-040 apresenta taxas anuais menores, entre 800 e 1.000 mm. Sendo que nos pontos mais elevados da serra, que são as áreas mais frias, os valores são inferiores à 800 mm. Durante o período chuvoso as áreas da serra apresentam ETP média mensal variando entre 50 e 125 mm, com as menores médias nas porções superiores (SEA & COPPETEC, 2009).

Em função dessas características climáticas, o balanço hídrico na escarpa da serra cruzada pela BR-040 apresenta elevado excedente hídrico anual, sempre superiores à 0,5

km. No período chuvoso, correspondente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, o balanço hídrico mensal apresenta excedente hídrico acima 100 mm:

> "*(...) proporcionado pela redução das temperaturas médias mensais nas áreas da escarpa Atlântica da Serra do Mar, o que reduz os valores de ETP, assim como pela ocorrência de chuvas orográficas nesses locais, com valores geralmente superiores a 240 mm mensais".*(SEA & COPPETEC, 2009, p. 320).

No período seco também ocorrem excedentes hídricos, porém bem menores, sempre inferiores a 100 mm (SEA & COPPETEC, 2009).

Os canais de toda a região da escarpa da serra são incisivos, apresentando-se "encaixados" no relevo de encostas íngremes. Toda essa área drena para a Baía de Guanabara. Os principais rios existentes no entorno da BR-040 nas escarpas da vertente sul são o Iguaçu, o Capivari (situados a oeste da BR-040), o Saracuruna (cruzado pela BR-040 na baixada, assim como o Iguaçu), o Taquara, o Imbariê e o Caioba/Inhomirim (afluentes da parte inferior do saracuruna e situados a leste da BR-040).

Na escarpa da serra a rodovia BR-040 passa entre grandes fragmentos vegetais em estágio avançado de sucessão ecológica (figura 6).

Trata-se de uma área relevante para a conservação, pois é justamente o trecho que possibilita a conectividade entre alguns dos remanescentes mais conservados da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, que estão inseridos em duas UCs de Proteção Integral: a Reserva Biológica do Tinguá (REBIO Tinguá) e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) e em uma UC de Uso Sustentável, a Área de Proteção Ambiental de Petrópolis (APA Petrópolis). Além destas UCs, a rodovia passa próxima a diversas outras UCs, tanto junto às escarpas da Serra do Mar, quanto em outros trechos. São UCs de Proteção Integral e de Uso Sustentável, sob administração das três esferas de governo: federal, estadual e municipal (figura 7).

Assim, a rodovia BR-040, ao cruzar o corredor de mata situado na escarpa de falha da Serra do Mar (se estende para o reverso da serra, mas a porção principal está nas escarpas), torna-se um elemento de fragmentação deste contínuo florestal localizado em área considerada de prioridade "Extremamente Alta" para a conservação da biodiversidade (MMA, 2004) e dominada por UCs.

Nesse contexto, merece destaque a Reserva Biológica do Tinguá (Rebio Tinguá, administração federal) (figura 8), por ser uma UC de Proteção Integral da categoria mais restritiva que existe na lei 9.985/2000 (que estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e ser cortada, em seu extremo leste, pela BR-040. Atropelamentos de fauna

silvestre, inclusive, ocorrem no interior e entorno imediato da Rebio Tinguá. Além destas, a APA Petrópolis (federal) também é relevante, pois é cruzada pela BR-040.

Figura 6 – Área de encostas íngremes dominadas por florestas em bom estado de conservação na escarpa da Serra do Mar nas proximidades da BR-040. No sopé da serra, as áreas de gramínea e urbanas são mais relevantes.
A - Porção da serra cruzada pela pista sentido Rio de Janeiro; B - Pista sentido Juiz de Fora cruzando a escarpa. C, D, E e F - Trechos da BR-040 na escarpa da Serra do Mar onde os fragmentos florestais se aproximam da rodovia, que fica restrita às duas faixas de rolamento.

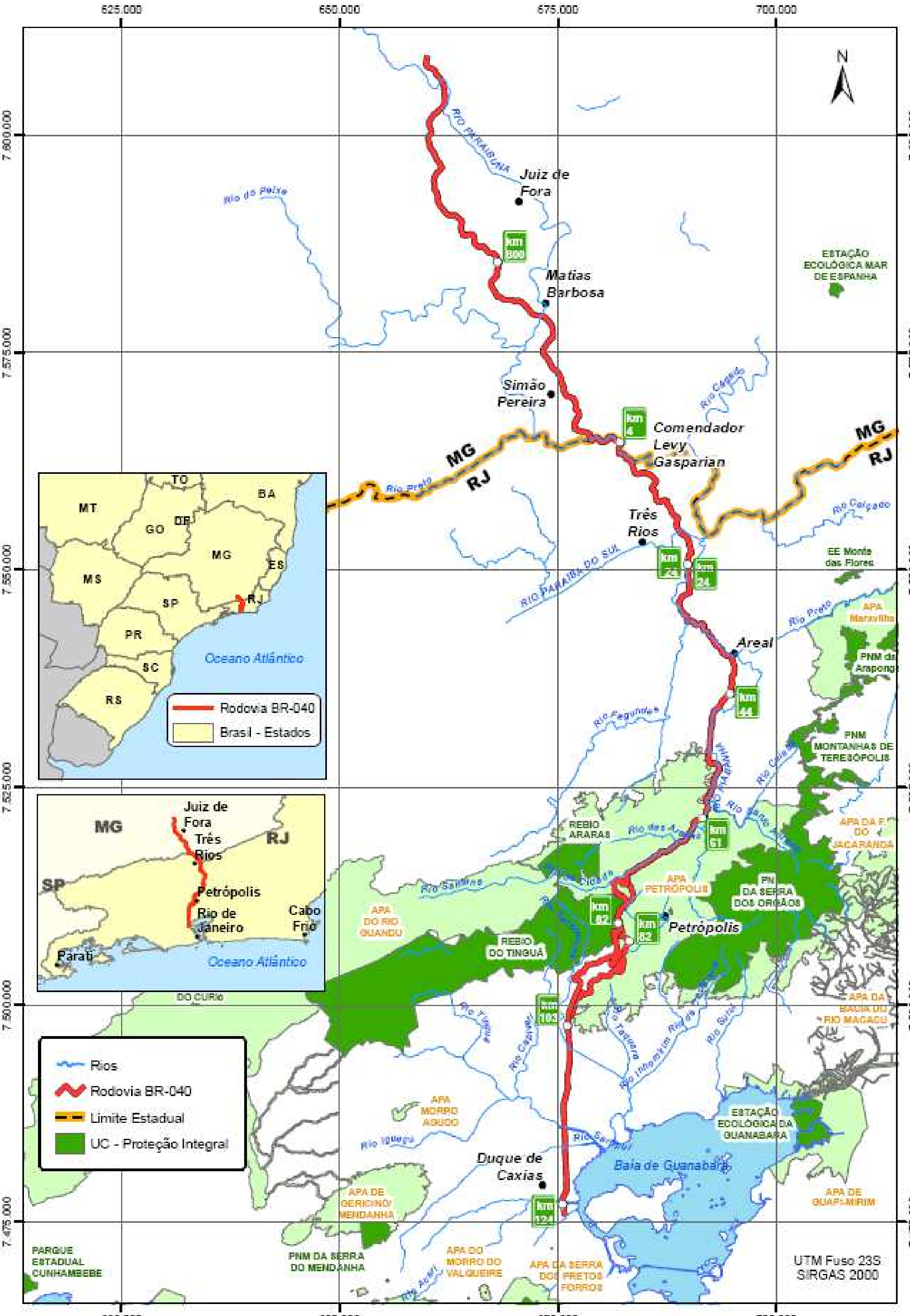

Figura 7 - Mapa de UCs situadas no entorno da BR-040, no trecho monitorado para atropelamento de fauna.

Figura 8 – Floresta no interior da REBIO Tinguá
Na fotografia da esquerda, observa-se a paisagem florestada dessa UC. A direita, detalhe da floresta, fotografada a partir da BR-040.

O alto nível de conservação das florestas existentes nas escarpas da serra está diretamente associado à dificuldade de acesso a essas áreas, formadas por encostas de grande declividade. Mas também a presença de legislação conservando a área desde o século XIX.

Apesar do amplo domínio de formações em estágio avançado de sucessão ecológica ao longo do trecho que corta a parte mais íngreme e conservada da serra, há presença de florestas em estágios iniciais de sucessão ecológica. Estas estão, geralmente, associadas às proximidades da estrada, em locais onde o efeito de borda causado pela presença da estrada é nítido. Ou em locais onde há ocupação humana (figura 9).

Figura 9 – Área de mata no entorno da BR-040 apresentam espécies invasoras e espécies características de formaçõpes em estágio inicial de suceção, indicando o efeito de borda sobre a floresta gerado a patir da rodovia.

A rodovia alcança o reverso da serra na altura do km 80 da BR-040. Essa região é drenada por três eixos principais, formados pelos rios Piabanha, da Cidade e Araras. Os dois últimos drenam em direção ao Piabanha, que por sua vez desemboca no rio Paraíba do Sul. Esses três rios apresentam dimensões relativamente grandes, mesmo estando em altitudes significativas, indicando o regime de precipitação em grande quantidade característico da região.

Isto ocorre, pois as características climáticas da porção superior do reverso da serra são semelhantes àquela descrita para a porção da serra, tanto no que concerne aos totais pluviométricos anuais, como aos totais mensais dos períodos secos e chuvosos. O mesmo ocorre no que diz respeito à ETP e ao balanço hídrico, não existindo áreas da porção superior do reverso da serra com déficit hídrico, mesmo no período seco (SEA & COPPETEC, 2008)

A paisagem do reverso da serra é de escarpas de planalto, com predominância de declives íngremes, com afloramentos de paredões rochosos gnáissicos, assim como é visto na escarpa da serra. Porém, as planícies fluviais dos rios de maior porte são mais amplas quando comparadas àquelas existentes nas escarpas da Serra do Mar (figura 10). Apresenta altitudes superiores aos 10,5 km nos picos próximos à rodovia, situando-se a 840 m de altitude a sede do Município de Petrópolis, uma das principais aglomerações urbanas existentes no entorno da rodovia.

Figura 10 – Encostas íngremes no reverso da serra
Nesse trecho o relevo também apresenta encostas de elevada declividade, marcadas por paredões rochosos e florestas. Porém, as planícies fluviais dos rios de maior porte apresentam-se mais amplas do que àquelas que caracterizam a escarpa da serra

A norte da subida da serra, no sentido Juiz de Fora, o lado oeste da BR-040 é dominado pelos grandes e conservados fragmentos florestais da REBIO Tinguá e do seu entorno, que abrangem a região da Barragem de Saracuruna e do Rocio, nas proximidades e no interior da REBIO. Já o lado leste da estrada apresenta o padrão de áreas urbanas entremeadas

por fragmentos, sobretudo nos morrotes e encostas, sendo que em alguns pontos a aglomeração urbana de alta densidade de Petrópolis se aproxima bastante da rodovia. Mesmo assim, muitos dos fragmentos estão em bom estado de conservação, a despeito de estarem próximos às áreas urbanas e da BR-040 (figura 11).

Figura 11 – Entorno de Petrópolis, porção superior da serra.
Florestas conservadas da Rebio Tinguá (foto superior esquerda). Fragmento florestal em bom estado de conservação situado nas proximidades das áreas urbanas de Petrópolis (na fotografia superior direita). Nas fotos inferiores se vê a paisagem típica da parte superior do reverso da serra, com fragmentos florestais entremeados à malha urbana.

Mantendo-se no sentido Juiz de Fora (sentido norte) entre os km 74 e 63, aproximadamente, a rodovia passa ao lado do rio da Cidade, que está alguns metros abaixo do nível da estrada.

Nesse trecho, até aproximadamente o km 69, há importantes fragmentos florestais no entorno da estrada, formando um mosaico com pastagens, áreas urbanas e áreas agrícolas, mas com grande importância das áreas florestadas.

Entre o km 69 e o km 42 (que abrange desde Pedro do Rio, até Areal) a rodovia apresenta-se pouco sinuosa e mais larga, oferecendo a possibilidade dos automóveis andarem em alta velocidade. A divisão entre as pistas, que correm a maior parte do trecho no mesmo nível altimétrico, é feita com defensas metálicas.

A paisagem é composta, predominantemente, por morrotes altos e colinas, além de planícies fluviais mais extensas, especialmente no entorno do rio Piabanha. Entre os kms 60 e 45, a BR-040 aproxima-se bastante do rio Piabanha, sendo que em alguns locais a distância é de poucos metros.

Nesse trecho a precipitação média anual está entre 1000 – 1300 mm (valores obtidos na sede do município de Areal), mas com uma sazonalidade mais marcante. Durante o período chuvoso os índices de precipitação média mensal são superiores a 160 mm, enquanto na época seca estes índices são inferiores a 60 mm. Porém, não há déficit hídrico nessa área, uma vez que os valores de ETP anual estão entre 800 e 1000 mm, mas com a ETP concentrada nas épocas úmidas, já que no período seco as baixas temperaturas geram ETPs inferiores a 50 mm, o que acarreta balanços hídricos mensais ligeiramente superiores à zero (SEA & COPPETEC, 2008).

Porém, deve ser ressaltado, que, eventualmente, pode haver déficit hídricos em anos de precipitação especialmente baixa, mesmo que isso não ocorra quando se calcula o déficit hídrico médio mensal a partir de séries temporais de 30 anos.

Além disso, mesmo sem haver déficit hídrico, uma redução relevante da umidade é capaz de alterar a produtividade dos ecossistemas e, consequentemente, a capacidade de suporte dos mesmos, afetando o movimento dos animais entre fragmentos.

No trecho entre os kms 69 e 42 ocorrem áreas urbanas de densidade menor que aquelas encontradas nas proximidades do centro de Petrópolis e em Itaipava. O predomínio na paisagem do entorno desse trecho é de áreas de capim entremeada por pequenos fragmentos de mata em estágio inicial de sucessão ecológica, geralmente no alto dos morros. Mas também são vistos fragmentos florestais de maior tamanho e em estágios médio e avançado de suceção ecológica (PROBIO, 2007). As áreas de capim estão povoadas com pouco gado, indicando pastos de baixa produtividade (figura 12).

Figura 12 – Trecho onde a BR-040 corre ao lado do Rio Piabanha
Paisagem caracterizada por morros elevados dominados por gramíneas, entremeadas por fragmentos florestais e ocupações humanas

A paisagem se mantém relativamente constante até o km 42, onde está a sede do município de Areal, no estado do Rio de Janeiro. Desse ponto em direção ao norte, a estrada cruza a planície fluvial do rio Piabanha após este rio ter recebido a contribuição relevante do rio Preto (que ocorre junto ao km 42) e, posteriormente, do rio Fagundes e ter se tornado um rio mais largo, com uma planície mais extensa. Inclusive nessa área está situada uma barragem no rio Piabanha, formando um lago nesse corpo d'água. Nesse trecho, os fragmentos florestais tornam-se extremamente escassos e, geralmente, apresentam-se em estágios iniciais de sucessão ecológica, com exceção de um fragmento de maior tamanho (quando comparado aos demais existentes nessa área) que é visto a leste da estrada, além de alguns outros de menor porte.

O clima nessa área apresenta totais pluviométricos parecidos com àqueles descritos para o trecho entre os kms 69 e 42, estando entre 1000 e 1300 mm. Porém há sazonalidade mais marcante, com os totais pluviométricos na época seca estando no entorno dos 20 mm, mas chegando próximo à zero à medida que se caminha em direção à divisa do estado. Os totais pluviométricos mensais no período chuvoso estão acima dos 1600 mm.

Tendo em vista esta situação, mesmo que a ETP média não seja muito elevada no período seco, estando abaixo dos 50 mm, há a geração de déficit hídrico nessa época, em função da baixíssima precipitação (SEA & COPPETEC, 2008).

Além disso, há uma grande aproximação entre a rodovia e o Piabanha, com um trecho onde ambos correm praticamente no mesmo nível e distando poucos metros. (figura 13).

Figura 13 – Trecho próximo à foz do Rio Fagundes
A paisagem é caracterizada por colinas dominadas pelas gramíneas, com presença isolada de fragmentos florestais, como pode ser visto nas fotos superiores. Na fotografia de baixo, a esquerda, a estrada corre ao lado do Piabanha, após este rio ter recebido às águas do Fagundes. Na fotografia inferior direita, uma pequena ocupação urbana no entorno da rodovia.

Cada pista da rodovia é composta por duas pistas de rolamento e ambas possuem acostamento. As pistas correm lado a lado, no mesmo nível ou em níveis muito semelhantes, estando separadas por canteiros ou defensas metálicas que, aparentemente, não representam maiores problemas para o atravessamento dos animais.

Essas características da rodovia mantêm-se semelhantes até o final da área de estudo, no km 800, com pistas largas e pouco sinuosas, que permitem uma elevada velocidade aos automóveis, que dificilmente respeitam os limites legais de velocidade.

A partir do km 29, até as proximidades da divisa do estado, as áreas urbanas de Três Rios e Levy Gasparian passam a influenciar na paisagem do entorno da BR-040. Grande

parte desse trecho está inserida nas planícies fluviais dos rios Piabanha (em seu trecho final), Paraíba do Sul (é cruzado pela BR-040 na altura do km 20) e do rio Paraíbuna (em seu trecho final), que corre ao lado da BR-040 por cerca de 8 kms. O relevo, portanto, caracteriza-se por planícies e colinas de pequeno porte. As gramíneas são o ecossistema dominante, com a ocorrência de áreas urbanas industriais e residenciais no entorno da BR-040. Há ainda algumas áreas agrícolas dispersas, além de fragmentos florestais nos topos de morrotes (figura 14).

Figura 14 – Entorno de Três Rios e Levy Gasparian
A paisagem é formada por colinas e planícies fluviais dominadas por gramíneas. As áreas urbanas residenciais e industriais ocupam vários trechos no entorno da rodovia.

O clima apresenta uma sazonalidade ainda mais marcante, mesmo que os totais pluviométricos anuais mantenham-se acima dos 1000mm. A média de precipitação do período seco é inferior aos 20 mm, ocorrendo déficits hídricos mais elevados, mesmo que a ETP mensal nessa época do ano não seja muito alta.

A partir das proximidades da divisa dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, por volta do km 1, até o km 800, há uma alteração na paisagem, com a presença maior de fragmentos de mata no entorno imediato da estrada e áreas de floresta mais afastadas. Isto ocorre nos dois lados da estrada, formando um corredor de mata, no sentido leste-oeste (transversal à rodovia), que tem nessa estrada um claro fragmentador (figura 15).

Figura 15 – Paisagem entre kms 1 e 800
A paisagem é caracterizada por colinas com domínio de gramíneas e pela ocorrência de fragmentos florestais, muitos dos quais em bom estado de conservação, que se aproximam bastante da rodovia em alguns trechos. A PCH Bonfante, localizada no rio Paraíbuna, está situada ao lado da BR-040

O ambiente é de colinas, algumas de grande tamanho, entrecortadas por planícies fluviais, especialmente do rio Paraibuna, que avança ao lado da BR-040 e, na divisa do estado, é cruzado por essa rodovia, em área onde está situada a Pequena Central Hidroelétrica Bonfante. O domínio no entorno da rodovia e é de gramíneas. O clima permanece semelhante, mas a sazonalidade vai se acentuando, quanto mais próximo de Juiz de Fora, com reduções nos totais pluviométricos no período seco, além de mais tempo de seca durante o ano. A ocorrência de déficit hídrico é mais elevada e prolongada no trecho de Minas Gerais.

Em função dessas características, as florestas, situadas preferencialmente nas colinas, possuem características mais xerofíticas em relaçao àquelas encontradas no estado do Rio de Janeiro. Trata-se de ambiente de transição entre florestas ombrófilas densas, que são predominantes, e florestas estacionais semi-deciduais (PROBIO, 2007). Há algumas áreas de florestas na beira de rios também, com características específicas de matas ciliares.

Mas há variações sutis nessa área, com o km 820 sendo marcado pela presença do núcleo urbano de Matias Barbosa/MG, o trecho entre os kms 820 e 810 caracterizando-se

por menores proporções de floresta nas proximnidades da rodovia e o trecho entre os kms 810 e 800 pela maior abundância das florestas no entorno mais próximo à BR-040. Inclusive, a estrada cruza um fragmento de maior porte na altura do km 805.

Após o km 800 a estrada corta áreas que estão no entorno do aglomerado urbano da cidade de Juiz de Fora, MG. Deste ponto às proximidades do Km 780 a paisagem caracteriza-se pelo domínio de pastagens sobre colinas e planícies fluviais, com fragmentos florestais esparsos sobre os morros. Há algumas florestas em bom estado de conservação no entorno da estrada. Todavia, este último trecho não está incluído na presente análise, uma vez que a mesma se encerra no km 800.

5 MÉTODO

A realização dessa pesquisa foi possível em função do desenvolvimento do projeto de monitoramento da fauna silvestre atropelada na BR-040, denominado Caminhos da Fauna, pela CONCER, concessionária que administra a BR-040 no trecho entre os municípios de Rio de Janeiro, no estado do Rio de Janeiro, e Juiz de Fora, em Minas Gerais. A partir da base de dados deste projeto e da utilização de informações disponíveis em diferentes instituições, como bases cartográficas, mapas de cobertura vegetal e uso do solo, imagens de satélite e ortofotografias aéreas, além de informações de campo, foram realizadas as análises para entender as características dos atropelamentos de fauna silvestre na BR-040 e sua relação com as paisagens no entorno da rodovia.

5.1 Monitoramento do Atropelamento da Fauna Silvestre

Desde de abril de 2006, a Concer vem desenvolvendo o projeto Caminhos da Fauna, de monitoramento da fauna silvestre atropelada no trecho da rodovia entre os kms 773/MG e 125/RJ.

Além dos animais atropelados (quando encontrados feridos são direcionados para o veterinário), o mesmo procedimento de registro é feito para os animais encontrados na estrada em bom estado de saúde. Os mesmos são retirados da estrada para não serem atropelados, mas seu registro é feito, inclusive o fotográfico, que permite a identificação posterior da espécie, assinalando essa situação peculiar.

Porém, tendo em vista que o fato de estar nas proximidades da rodovia não garante que o animal será atropelado, os dados referentes aos animais não atropelados foram desconsiderados no presente estudo. Por esse mesmo motivo, animais atropelados, mas que não morreram (muito raros), foram incluídos nas análises, tendo em vista que o objetivo é entender a relação dos atropelamentos com a paisagem, independentemente da morte dos animais.

O monitoramento no âmbito do projeto Caminhos da Fauna foi realizado com base em dois procedimentos distintos: o monitoramento realizado pelos Inspetores de Tráfego e aquele realizado pelos pesquisadores que trabalham no projeto.

É importante ressaltar que o monitoramento dos atropelamentos por ambos os métodos foi sempre realizado a partir de viagens de carro a uma velocidade de cerca de 50 km por hora, o que traz uma sub-estimação dos dados de atropelamento, uma vez que algumas carcaças de animais atropelados não são observadas. Isto é comprovado por estudos que comparam dados de atropelamentos realizados por coletas em automóveis e coletas

realizadas a pé, como o trabalho de SLATER (2002), que descreve diferenças significativas nos resultados obtidos pelos dois métodos. HENGEMÜHLE & CADEMARTORI (2008) também consideram que as coletas realizadas a pé permitem maior acurácia na observação das carcaças de animais silvestres atropelados, explicando dessa forma a maior proporção de atropelamentos encontrada em seu trabalho que aquela observada em estudos anteriores. Porém, todos esses autores monitoraram pequenos trechos de rodovia, o que possibilita a realização das atividades a pé. Para grandes extensões, como aquela monitorada no presente estudo, este trabalho só é viável se realizado de automóvel, ou com um volume muito elevado de recursos.

Mas esse sub-registro não decorre apenas do método de observação das carcaças, pois diversos outros elementos acarretam a retirada de animais atropelados da rodovia, tornando impossível o registro completo dos animais. BAGATINI (2006), comentando essa impossibilidade de se registrar todos os atropelamentos de animais silvestres afirma:

> "*Todos os trabalhos levam em consideração a limitação desse tipo de censo, pois muito provavelmente realiza uma sub-estimativa. Muitos animais, após serem atingidos por veículos, podem se afastar das rodovias, morrendo em outro local em conseqüência das lesões; outros podem simplesmente escapar à visualização do observador; ou ser retirados da pista por necrófagos (sobretudo os de pequeno porte), ou ainda removidos por pessoas estranhas ao trabalho, não sendo amostrados*." BAGATINI (2006) p 16.

Além dessas causas, outras questões específicas da metodologia de coleta também geram subestimativas importantes, que serão discutidas abaixo.

Assim, as taxas de atropelamento obtidas no presente trabalho estão, certamente, bastante subestimadas, dificultando comparações com outros trabalhos, nesse aspecto. Porém, para comparações relativas às diferenças espaciais e temporais dos atropelamentos e suas relações com a paisagem não há problemas, uma vez que a mesma metodologia foi utilizada para toda a rodovia e durante todo o tempo de monitoramento.

5.1.1 Monitoramento pelos Inspetores de Tráfego

O monitoramento pelos Inspetores de Tráfego foi o primeiro a ser implantado, tendo iniciado em abril de 2006, com o primeiro animal sendo registrado no dia 8 desse mês. Entre abril e agosto, apenas o trecho de 80 quilômetros entre o início da concessão, na Baixada Fluminense, e o pedágio de Areal foi monitorado.

A partir do início de setembro de 2006, até o dia 30 de junho de 2007, o monitoramento passou a abranger os 125 quilômetros da rodovia BR-040 situados no interior do estado do Rio de Janeiro. Desde 16 de julho de 2007 até hoje, o monitoramento pelos Inspetores de Tráfego foi estendido para o trecho situado no estado de Minas Gerais, incluindo os 178 quilômetros de concessão.

Os Inspetores de Tráfego circulavam 24 horas por dia na estrada com o propósito de auxiliar na resolução dos problemas que afetam a circulação dos veículos. Sob a supervisão de uma especialista em fauna silvestre, estes profissionais foram treinados para registrar a fauna atropelada na faixa de domínio da rodovia, através de fotografias e utilizando formulário padrão (anexo 1). E também foram treinados para informar ao Centro de Operações da Concer sobre o atropelamento no momento em que encontravam o animal, para que fosse feito o registro do ponto onde está a carcaça a partir do GPS existente no carro guiado pelo Inspetor de Tráfego e controlado a partir do Centro. O Inspetor informava ainda, através do formulário, o quilômetro no qual se encontrava e em qual pista estava a carcaça (sentido Juiz de Fora ou sentido Rio de Janeiro).

Além disso, os inspetores foram capacitados para recolher e transportar todas as carcaças encontradas para freezers localizados nos Serviços de Atendimento ao Usuário (SAU) existentes em pontos diferentes da estrada.

Um problema encontrado nesse procedimento referiu-se à localização por GPS. Em grande parte dos registros ocorreram problemas, seja pela leitura incorreta dos algarismos no momento de registro do ponto em UTM[7]; seja pelo deslocamento que o Inspetor de Tráfego fazia entre o ponto de encontro da carcaça e o momento de contato com o Centro de Operações (é comum haver necessidade de deslocamento para conseguir o contato via rádio), ou mesmo pelo sistema estar inoperante no momento do registro. A utilização dos dados de GPS, portanto, levaria a perda de muitos registros. Assim, optou-se pela utilização do quilômetro anotado no formulário como definidor do trecho onde houve o atropelamento, sendo possível a inclusão de todos os registros. Um problema derivado desta metodologia é a redução na precisão do ponto de encontro da carcaça (não necessariamente o mesmo ponto onde houve o atropelamento, já que o animal pode se deslocar antes de morrer). Porém, gerou um aumento na certeza sobre a localização do dado, mesmo que essa localização seja menos precisa.

Assim, o registro de um quilômetro determinado corresponde ao trecho de um km no qual o km anotado é o ponto inicial. Assim, o km 100, por exemplo, corresponde ao trecho entre o km 100 e 101, pois essa é a forma utilizada pelos inspetores de tráfego para localizar os animais na rodovia (e os demais elementos presentes na estrada). Dessa forma,

[7] Projeção Universal Transversa de Mercator.

para a presente pesquisa, os animais serão localizados por trechos de 1 km. A vantagem desse procedimento é o conhecimento da estrada por parte dos inspetores, que se localizam facilmente em relação aos quilômetros da estrada, sendo mais difícil a ocorrência de erros nas anotações.

Outra grande vantagem do monitoramento feito pelos Inspetores de Tráfego é que ele minimiza o problema encontrado por alguns autores quanto às carcaças de animais, que têm tempos distintos de permanência na estrada (BAGATINI, 2006). Animais de mais de dois quilos de peso corpóreo permanecem por quatro dias na estrada, em média, enquanto as carcaças com pesos inferiores a esse patamar ficam apenas um dia na estrada, pois atropelamentos sucessivos e retirada da estrada por carniceiros é muito comum (BAGATINI, 2006). Com o monitoramento 24 horas por dia realizado pelos Inspetores de Tráfego esse problema é minimizado, já que nenhum animal ficaria muitas horas na pista.

Porém, há um problema que reduz essa vantagem metodológica. Este problema é decorrente da menor atenção dada por inspetores de tráfego à fauna atropelada em relação a outros aspectos da rodovia, já que o foco de seu trabalho é o tráfego. Assim, os animais de maior porte, que influenciam no fluxo de veículos, tenderiam a ser, proporcionalmente, mais registrados que aqueles de menor porte, que por vezes são ignorados. Somando-se a isto a menor permanência das carcaças pequenas na pista, percebe-se que, para os animais de menor porte, o subregistro nos atropelamentos deve ser maior.

Esta situação é agravada pelo desinteresse de alguns dos Inspetores de Tráfego pelo trabalho, que é comprovado pelo fato de alguns profissionais encontrarem carcaças com freqüência muito maior que outros, conforme se percebe ao analisar o banco de dados do monitoramento. Além de questões pessoais do Inspetor, contribui para o desinteresse a troca constante de Inspetores de Tráfego pela Concer. Esta situação, com o passar do tempo, leva a uma redução dos profissionais treinados pelos pesquisadores e o aumento daqueles não treinados. Mas deve ser ressaltado que há uma transmissão de conhecimentos durante o treinamento dos novos Inspetores de Tráfego, que são capacitados a preencher os formulários e recolher os animais como uma de suas tarefas diárias. Além disso, a presença semanal da coordenadora do projeto junto aos inspetores minimiza esta situação, por tirar dúvidas e estimular constantemente a participação desses profissionais no monitoramento.

Portanto, pode-se considerar que durante os quarenta e cinco meses de monitoramento que geraram os dados utilizados para a elaboração dessa pesquisa, métodos de trabalho relativamente uniforme foram utilizados pelos Inspetores de Tráfego para registrar os animais, permitindo uma comparação espacial e temporal entre os atropelamentos de animais silvestres.

É importante ressaltar que o período de monitoramento corresponde a três anos e 9 meses, não tendo completado quatro anos, uma vez que a partir de abril de 2011 houve uma alteração metodológica nos procedimentos de monitoramento que acarretaram em uma quantidade de animais registrados muito mais elevada que a do período entre julho de 2007 e março de 2011. Assim, foi feita a opção de utilizar os dados referentes aos quarenta e cinco meses de monitoramento com metodologia uniforme.

Tendo em vista que o monitoramento se inicia em julho de 2007, o inverno deste mesmo ano é representado por apenas dois meses (julho e agosto). Como as taxas utilizadas para comparações são mensais, a não inclusão dos dados referentes a junho de 2007 obrigou a divisão do total de animais atropelados por dois (referentes aos dois meses que compõem a taxa), de modo que a taxa, na realidade, não corresponde à taxa de atropelamentos encontrada no inverno de 2007, mas à taxa referente aos meses de junho e julho deste ano. Mas como esses meses correspondem a dois terços da estação e a taxa é uniformizada por mês, a mesma foi utilizada para as comparações por estação do ano.

Vale ressaltar que os problemas metodológicos relacionados ao monitoramento pelos Inspetores de Tráfego não representam problemas sérios para o alcance dos objetivos dessa pesquisa, pois têm menor importância nas comparações dos atropelamentos com as características da paisagem, inclusive com outros autores que fizeram análises semelhantes. Afinal, os problemas metodológicos não apresentaram diferenças temporais e espaciais dentro do período e do trecho aqui analisado. Portanto, mesmo que a coleta seja menor que os atropelamentos ocorridos, em teoria, a mesma proporção de erros ocorreu em toda a rodovia e durante todo o período. Como a amostra de animais utilizada nesse estudo é bastante significativa, a comparação espacial e temporal entre os dados não apresenta problemas, sendo possível estudar como a precipitação, a vegetação, as áreas urbanas influenciam nas taxas de atropelamento. Apenas para análises em que há fatiamento muito elevado dos dados (por classe de vertebrado, recorte de paisagem e estação do ano ou classe de acumulado de precipitação, por exemplo), algumas discussões ficaram prejudicadas, especialmente para répteis, que possuem amostras menores.

Mas esse problema metodológico da coleta dos dados dificulta a comparação com as taxas de atropelamento obtidas em outras pesquisas, quando a coleta é feita por pesquisadores e não inspetores de tráfego.

5.1.2 Monitoramento pelos Pesquisadores

O monitoramento realizado pelos pesquisadores do Projeto Caminhos da Fauna era feito de forma distinta. Com periodicidade variável, os 178 quilômetros da estrada eram percorridos de carro, a uma velocidade de cerca de 50 km por hora e todos os animais

encontrados eram registrados. O registro ocorreu do mesmo modo que o feito pelos Inspetores de Tráfego, com fotografia, preenchimento do formulário e recolhimento da carcaça. Além disso, os pesquisadores, por saírem especialmente para isso, a princípio, possuem maior atenção aos animais atropelados que os inspetores.

Porém, pela variação dos períodos entre viagens realizadas pelos pesquisadores e por terem passado a percorrer toda a rodovia somente em dezembro de 2008 (antes estavam restritos ao trecho situado no estado do Rio de Janeiro), há diferenças metodológicas de natureza temporal e espacial entre as coletas de pesquisadores e inspetores. Assim, os dados dos pesquisadores foram desconsiderados na presente pesquisa, que se baseou apenas nos dados obtidos pelos inspetores de tráfego. Deve ser ressaltado que os pesquisadores coletaram 102 animais no período da presente análise, contra 416 dos inspetores de tráfego, o que reforçou a utilização dos dados desses últimos profissionais.

O avanço nos estudos a partir desse mesmo banco de dados permitirá também a utilização dos dados dos pesquisadores para fazer comparações mais precisas, especialmente no que concerne à relação de características da estrada com os atropelamentos, além de outras características da paisagem, além daquelas aqui discutidas.

5.1.3 Destino das carcaças

As carcaças de animais silvestres coletadas eram levadas ao Museu Nacional/UFRJ, instituição parceira do projeto Caminhos da Fauna, que confirmava a identificação das espécies atropeladas e tombava na coleção (quando a carcassa estava em condições, caso contrário a mesma era descartada). Esta parceria, associada ao conhecimento dos pesquisadores que desenvolviam o projeto, garantiu que a maior parte dos animais atropelados fosse identificada em nível de espécie.

5.2 Recortes de Análise

Foram utilizados dois recortes espaciais de análise para a realização das pesquisas. O primeiro corresponde ao conjunto da rodovia, do km 124/RJ ao 800/MG, totalizando 154 trechos de 1 km monitorados. Este recorte foi utilizado para seguintes análises: aspectos gerais dos atropelamentos e comparação entre a distribuição temporal dos atropelamentos de animais silvestres. Tem o objetivo de ser um balizador médio para as análises por trechos que cruzam paisagens distintas.

O segundo recorte de análise corresponde às distintas paisagens encontradas ao longo do trecho de monitoramento (figura 16), tendo em vista o conceito apresentado por FORMAN & GORDON (1986) e discutido no item 4.5, considerando que todos os pontos em

uma paisagem devem estar sob o mesmo clima e apresentar características geomorfológicas de cobertura vegetal e uso do solo e impactos ambientais semelhantes. Assim, a definição dos trechos correspondentes a diferentes padrões de paisagem foi realizada com base nos mapas de formas de relevo (SEA & COPPETEC, 2009), precipitação (SEA & COPPETEC, 2009) e cobertura vegetal e uso do solo (PROBIO, 2007), os dois primeiros na escala de 1:100.000 e o último na escala de 1:250.000.

A partir dos resultados, foram definidas seis paisagens distintas na área de estudo. Esta definição ocorreu a partir dos quilômetros da BR-040, marcando o início e o final de cada recorte de paisagem com um quilômetro, o que possibilitou a associação dos dados de atropelamento aos recortes de paisagem.

Nesse sentido, as paisagens foram estabelecidas, em um primeiro momento, a partir da BR-040, correspondendo ao entorno de um trecho determinado por dois kms. O quadro 1 descreve, no sentido sul-norte (do mesmo modo que foi feito para a área de estudo, no capítulo 4), os seis recortes de paisagem definidos:

- Baixada (trecho de 22 quilômetros - kms 124 a 103) - O relevo é plano com presença de colinas, a precipitação anual está em torno de 1200 mm e sem uma estação seca muito marcante. A cobertura vegetal natural é escassa, havendo extensas áreas urbanas e áreas cobertas por gramínea, além de brejos.
- Corredor de Vegetação da Serra do Mar (trecho de 34 quilômetros - km 102 a 69) – Na porção das escarpas da Serra do Mar as encostas apresentam-se íngremes e os vales estreitos, cobertos por florestas em bom estado de conservação. No topo da serra, interior da bacia do Rio Piabanha, o relevo é semelhante, mas com domínio de pães de açúcar e vales mais amplos. O domínio de florestas é significativo também no reverso, especialmente a oeste da rodovia, já que na porção leste há o domínio de florestas e áreas urbanas da porção central de Petrópolis. A precipitação está acima dos 1.200 anuais, aumentando com a elevação da altitude.
- Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra (trecho de 26 quilômetros - km 68 a 43) – Área a norte da cidade de Petrópolis, onde o relevo é parecido com aquele descrito para o reverso da serra, porém com menor presença de incelbergs e com vales ainda mais amplos, especialmente os dos rios da Cidade e Piabanha. Os fragmentos florestais tornam-se de menor tamanho e mais concentrados na porção superior do relevo. A cidade de Petrópolis é marcante a leste da rodovia. A precipitação está em torno dos 1.400 mm, mas a estação seca é mais marcante que nas áreas ao sul.

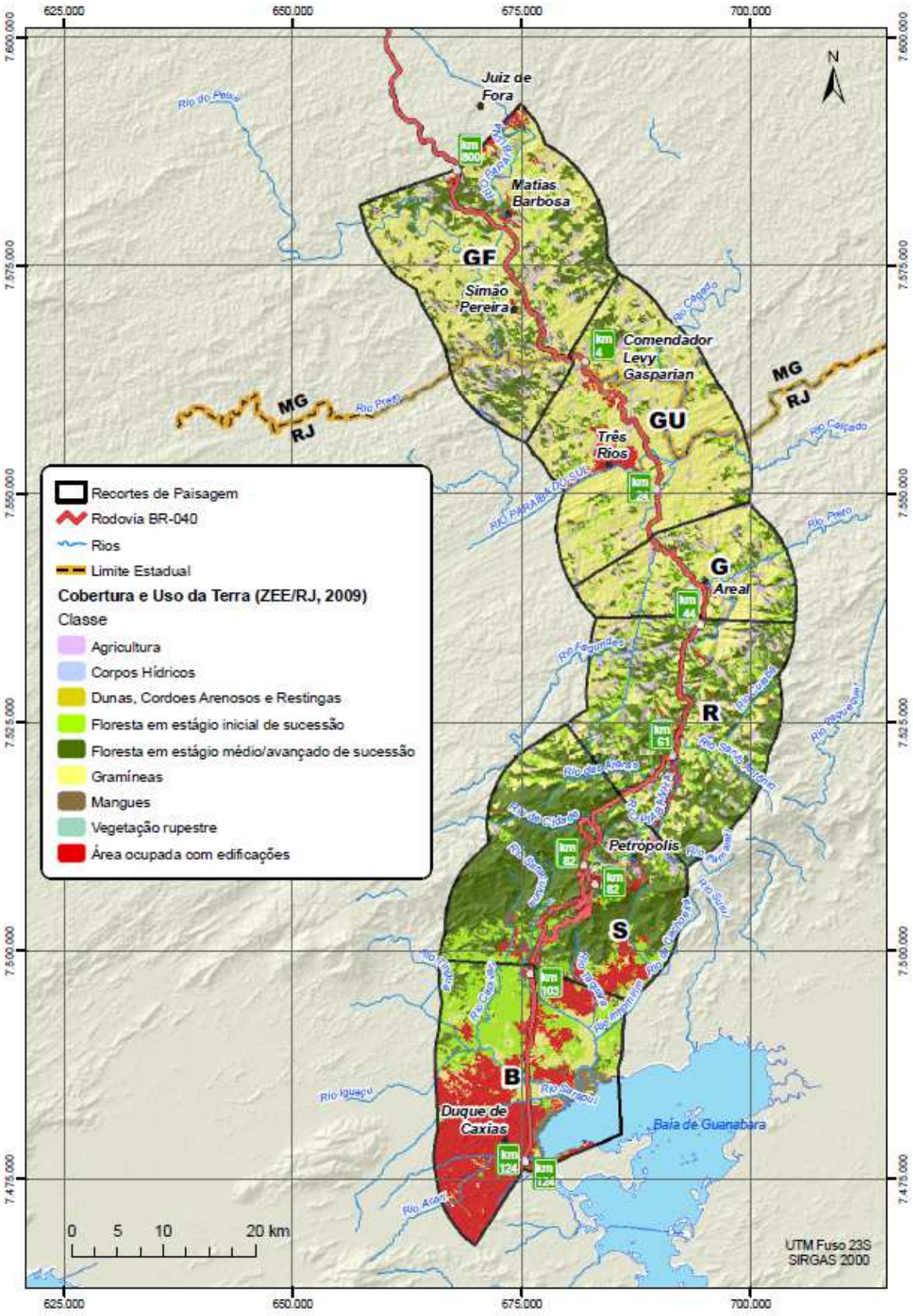

Figura 16 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo de um trecho de 10 km ao redor da BR-040, no trecho monitorado para atropelamento de fauna (Fonte: PROBIO, 2007)

- Gramíneas (trecho de 13 quilômetros - km 42 ao 30) – Área dominada por extensas pastagens, onde o relevo é colinoso, com vales amplos e vastas áreas de planície fluvial. Também são observados fragmentos florestais, porém de forma mais rarefeita e geralmente de menor tamanho e em pior estado de conservação. Precipitação em torno dos 1.300mm anuais e sazonalidade marcante.
- Gramíneas e Área Urbanas (trecho de 28 quilômetros - km 29 ao 2) – Relevo colinoso, com vales amplos e vastas áreas de planície fluvial, inclusive as planícies dos rios Paraíba do Sul e Parnaíba, além da planície do rio Piabanha, que corre ao lado da estrada durante parcela importante do trecho. Pastagens dominam no entorno imediato da estrada, mas é significativa a presença das manchas urbanas de Três Rios/RJ e Comendador Levy Gasparian/MG. Precipitação em torno dos 1.300mm anuais e sazonalidade marcante.
- Gramíneas e Fragmentos (trecho de 30 quilômetros - km 1 ao 800) – Relevo colinoso, com vales amplos e vastas áreas de planície fluvial, inclusive a planície do Rio Parnaíba, que marca a divisa de estados entre Rio de Janeiro e Minas Gerais. Pastagens dominam no entorno imediato da estrada, mas há grandes fragmentos florestais no entorno da rodovia, além das manchas urbanas de Mathias Barbosa e Juiz de Fora. Precipitação em torno dos 1.300mm anuais e sazonalidade marcante.

A definição desses recortes de paisagem é arbitrária, especialmente no que concerne aos seus limites. Porém, a despeito de serem arbitrários, esses recortes de paisagem representam alterações observáveis no ambiente que afetam o movimento dos animais e foram definidos a partir do conceito estabelecido por FORMAN & GORDON (1986). A definição de limites procurou atender as características observadas da paisagem e também a definição de kms específicos. Assim, tornou-se possível cruzar os trechos estabelecidos com os animais atropelados, uma vez que estes últimos são espacializados por trechos de 1 km.

Vale destacar que as denominações dadas a cada um desses recortes tenta refletir uma primeira visão sobre cada trecho, sintetizando características observáveis em um primeiro momento. Porém, apenas a partir da descrição de cada recorte de paisagem realizada no capítulo 5 será possível entender as características de cada um deles relevantes para o presente estudo.

O tamanho distinto das áreas de análise foram compensados por ponderações, possibilitando a comparação entre os trechos situados em cada uma dos seis tipos de paisagem.

Além das discussões para a BR-040, em todos os recortes espaciais descritos também foram realizadas as mesmas análises para as pistas de forma individualizada (sentido Juiz

de Fora e sentido Rio de Janeiro). Este enorme esforço adicional se justifica pelo traçado distinto das duas pistas na área da escarpa da Serra do Mar, trecho onde a rodovia corta o principal corredor de vegetação em bom estado de conservação da região serrana do Estado do Rio de Janeiro.

Vale ressaltar que a primeira parte dos resultados é uma caracterização de cada uma dessas paisagens cruzadas pela rodovia, a partir de uma série de métricas relacionadas à fragmentação florestal em duas escalas de análise e dois recortes territoriais, conforme detalhado abaixo.

5.3 Riqueza de espécies

Foi calculada a riqueza de espécies para a BR-040, para a pista sentido Juiz de Fora e para a pista sentido Rio de Janeiro. Foi definida ainda a curva de acumulação das espécies, que representa graficamente o número de espécies (grafado no eixo das ordenadas ou eixo y) contra o esforço amostral (grafado no eixo das abscissas ou eixo x), que pode ser medido através do número de unidades amostrais, número de indivíduos amostrados, horas de observação, área amostrada etc. (BRAUN-BLANQUET, 1932; MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). No caso do presente trabalho esta curva está sendo comparada com o número de atropelamentos de espécies de animais silvestres no tempo (quinzena), buscando entender se o esforço amostral já foi suficiente para que se possa considerar que o atropelamento de novas espécies será um evento raro ou não.

5.4 Taxas de atropelamento

Foi realizado o cálculo da taxa de atropelamento por quilômetro, por mês, para todos os recortes espaciais de análise e para todos os períodos temporais, sendo esta taxa a base de comparações para a presente pesquisa.

Este procedimento foi realizado para o conjunto dos animais e também para as três classes de animais mais abundantes nos registros de atropelamento: mamíferos, aves e répteis.

Esta taxa equivale ao total de atropelamentos, dividido pela quantidade de quilômetros monitorados e pelo total de meses de monitoramento:

$$TMAKm = \frac{TAA}{kms} / T$$

TMAKm = Taxa Mensal de Atropelamentos por quilômetro

TAA = Total de Animais Atropelados

T = Tempo em meses

Kms = Total de quilômetros monitorados

Esta taxa foi calculada também para os seis trechos da rodovia que cruzam paisagens distintas, permitindo a comparação entre os trechos.

Para todos os trechos foram calculadas as taxas por mês e por estação do ano (verão - dezembro, janeiro e fevereiro; outono - março, abril e maio; inverno - junho julho e agosto; e primavera - setembro, outubro e novembro). Sendo que para o inverno de 2007 não foram considerados os dados de junho e os resultados não foram calculados para o outono de 2011 (ver item 4.1.1). Também foram calculadas as taxas de atropelamento para cada um dos 12 meses do ano, agregando a informação dos 4 anos de monitoramento, e para as quatro estações do ano, também a partir da agregação dos dados dos quatro anos de monitoramento.

Todos esses tratamentos possibilitariam comparar os dados obtidos na BR-040 com dados de literatura. Porém, conforme mostrado no item 4.1.1, esta comparação de taxas de atropelamento diretamente com outros estudos não é adequada, em função dos problemas relacionados à coleta de animais no presente trabalho.

Mas quando essas mesmas taxas são calculadas para os diferentes tipos de paisagem cruzados pela rodovia, pode-se entender os trechos de concentração de atropelamentos, o que permite uma relação com as características da paisagem, além de auxiliar na elaboração de propostas para a mitigação de atropelamentos.

As taxas de atropelamento também foram calculadas para cada uma das classes de acumulado de precipitação obtidas nas diversas estações existentes ao longo da BR-040, conforme explicado no tópico específico abaixo.

Quando a subdivisão dos dados gerou amostras muito pequenas (especialmente para répteis e aves em alguns trechos de paisagem, períodos e/ou classes de precipitação), as análises não foram possíveis.

5.5 Comparação dos atropelamentos com a precipitação acumulada

Para a análise da precipitação, foram utilizados os dados disponíveis no banco de dados na Agência Nacional de Águas (ANA), denominado HIDROWEB (http://hidroweb.ana.gov.br) que agrega dados de diversas instituições oficiais.

Foram levantadas as estações pluviométricas que disponibilizavam dados de precipitação diária no período de 01 de junho de 2007 a 31 de junho de 2011 e estavam situadas no máximo, a 10 km da rodovia BR-040. Foram encontradas apenas 9 estações com essas características, cobrindo a porção central e norte do trecho monitorado. Sendo que algumas dessas estações estavam situadas próximas, não havendo necessidade de

utilização de todas. Ademais, este recorte não incluía nenhuma estação na parte sul da estrada, que pudesse caracterizar as precipitações ocorridas na escarpa da Serra do Mar e na região de baixada. Assim, o recorte espacial para a busca de estações ampliou para 30 km no entorno da estrada e passou a incluir a estação Bomba de Imunana, situada a 28 km da BR-040, no município de Magé, na baixada. Por serem os dados mais próximos disponíveis para áreas em situações climáticas semelhantes àquelas encontradas para a baixada e para a escarpa de serra situada na área de estudo, esses dados foram utilizados. Portanto, foram definidas 5 estações para o presente estudo (quadro 1 e figura 17).

Quadro 1 – Nome, localização geográfica e distância aproximada da BR-040 das estações pluviométricas cujos dados foram utilizados no presente estudo

Estação	Município	Latitude	Longitude	Distância (km)*
Bomba de Imunana	Magé/RJ	22°40'49" S	42°56'56"O	28,6
Rio da Cidade	Petrópolis/RJ	22º27'17" S	43°10'13"O	0,50
Areal Granja Gabi	Areal/RJ	22º14'31" S	43°06'16"O	0,30
Moura Brasil	Três Rios/RJ	22º07'38" S	43°09'08"O	0,30
Sobraji	Simão Pereira/MG	21º57'59" S	43°22'21"O	7,00

*Distância aproximada do trecho da BR-040 mais próximo à estação, segundo a localização apresentada na tabela fornecida pelo HIDROWEB.

Porém, apesar desses problemas na disponibilidade dos dados de precipitação, já conhecidos daqueles que trabalham com os mesmos no estado do Rio de Janeiro, o conjunto de estações levantado permite comparar a precipitação ocorrida sobre a estrada com os atropelamentos de animais silvestres no período estudado, possibilitando a realização das analises aqui propostas.

A partir destes dados foram levantados os totais pluviométricos acumulados diários para 30 e 60 dias, durante todo o período de monitoramento dos atropelamentos, para cada uma das estações. Isto é, para cada dia de monitoramento, foi calculado o total pluviométrico acumulado nos 30 dias anteriores e nos 60 dias anteriores, para todas as estações.

Cada uma das estações foi considerada, a princípio, como representativa de um trecho da estrada, em função da distância para esse trecho, da localização em relação ao relevo e da presença de outras estações, conforme quadro 2.

Assim, os dados da estação de Bomba de Imunana, por ser a única situada a sul da Serra do Mar, foram comparados com dados de atropelamento de fauna silvestre do trecho da rodovia que cruza as paisagens denominadas **Baixada** e **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**; os dados da estação Rio da Cidade foram cruzados com os atropelamentos ocorridos na **Borda do Corredor de Vegetação da Serra do Mar;** os dados da estação Areal Granja Gabi foram comparados com as atropelamentos na paisagem **Gramíneas**; os dados da estação Moura Brasil foram cruzados com os atropelamentos ocorridos na

paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**; e os dados da estação Sobraji foram comparados com os atropelamentos registrados na paisagem **Gramíneas e Fragmentos**.

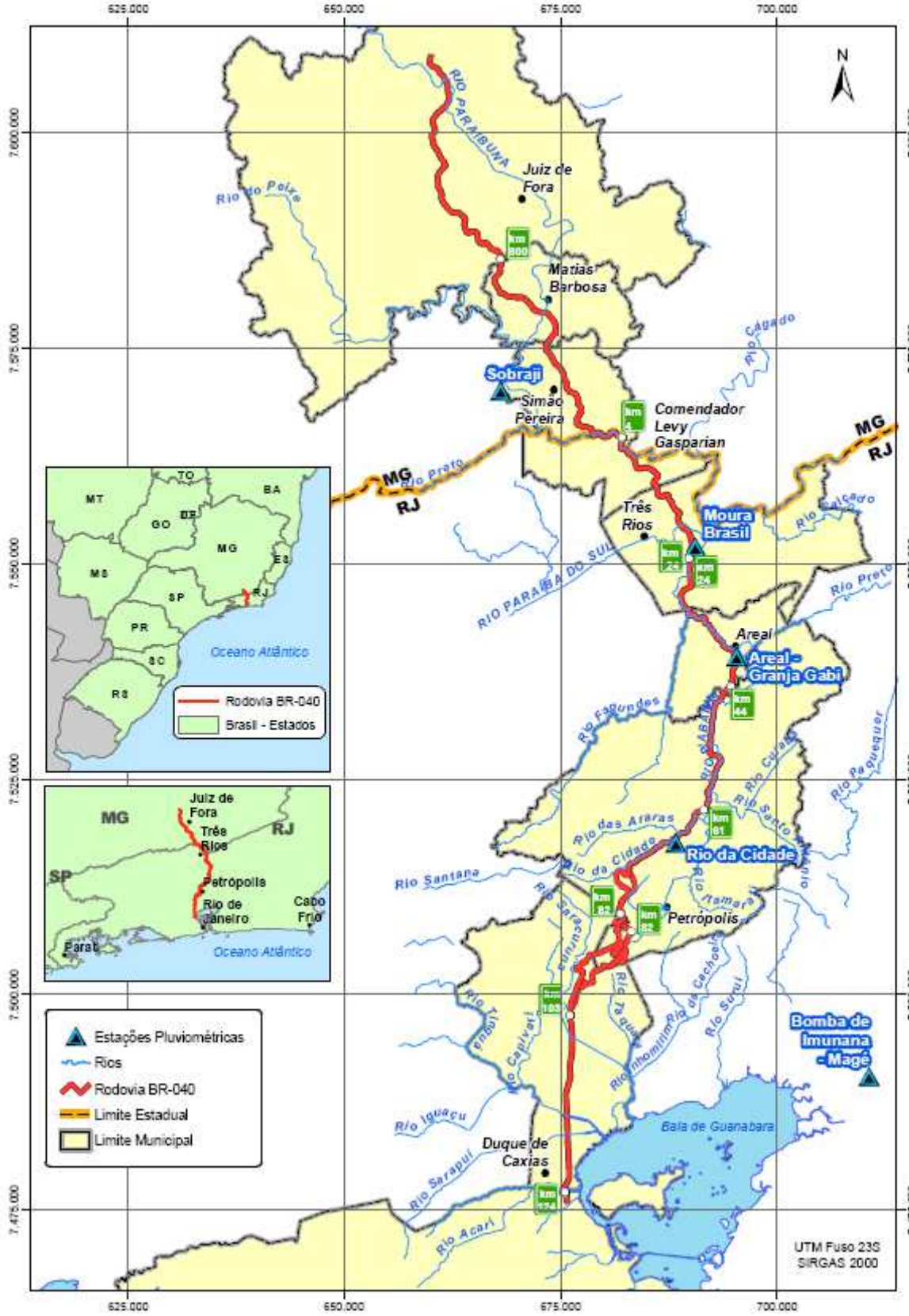

Figura 17 - Mapa das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Quadro 2 – Relação das estações com os sete tipos de paisagem

Estações	B	S	R	G	GU	GF
Bomba de Imunana						
Rio da Cidade						
Areal Granja Gabi						
Moura Brasil						
Sobraji						

B – Baixada; S – Corredor de Vegetação da da Serra do Mar; R – Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU – Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Vale ressaltar ainda alguns problemas com as séries de dados de precipitação. A estação Rio da Cidade não tem registros para o mês de abril de 2007, o que impediu o cálculo dos acumulados de 30 dias de 2/4 a 30/5 e de 60 dias de 2/4 a 29/5. Para não perder todos os demais dados, para esse mês foram utilizados os dados da estação situada mais próxima: Itamarati-SE. Situação semelhante apresentou a estação Moura Brasil, que não apresenta os dados referentes à dezembro 2010. Foram utilizados os dados da estação Paraíba do Sul.

Para análise da distribuição mensal e sazonal da precipitação foram utilizadas, respectivamente, as médias mensal e dos três meses referentes a cada um dos períodos do ano, conforme quadro 3.

Quadro 3 – Relação entre estações do ano e meses

Estação do ano	Meses
Verão	Dezembro
	Janeiro
	Fevereiro
Outono	Março
	Abril
	Maio
Inverno	Junho
	Julho
	Agosto
Primavera	Setembro
	Outubro
	Novembro

5.6 Tratamento estatístico

As taxas de atropelamento por estação do ano, por recorte de paisagem e por classe de precipitação acumulada, tanto para o conjunto de animais, como para as três classes de vertebrados (aves, mamíferos e répteis), foram comparadas a partir da Analise de Variância e de Teste de Tukey, a posteriori, realizada no programa Statistica 7, para avaliar se as

diferenças observadas nos atropelamentos eram significativas ou não. Os testes foram realizados com grau de liberdade de 0,95.

Para a comparação entre as estações do ano, as taxas de atropelamento em cada estação de cada ano ao longo do tempo de monitoramento foram utilizadas como repetição para a realização do teste.

Este mesmo procedimento foi utilizado para a análise da distribuição de atropelamentos nos trechos que cruzam paisagens distintas, permitindo avaliar se havia diferenças entre as paisagens, em função das diferenças entre estações do ano. Ou seja, para cada trecho da estrada que cruza uma paisagem, foi realizado este mesmo teste, utilizando a taxa de atropelamento obtida para cada estação do ano naquele trecho como repetição.

Foi feito ainda o Teste de Tukey para cada recorte de paisagem, utilizando como repetição as taxas de atropelamento encontradas em cada uma das pistas e na BR-040 para cada trecho, possibilitando uma análise estatística das diferenças de atropelamento entre as distintas paisagens, independentemente das estações do ano.

Para a comparação com as classes de acumulado de precipitação, tanto para 30 dias, como para 60 dias, foram utilizadas como repetições para o Teste de Tukey as taxas de atropelamento subsequentes em cada trecho de paisagem (relacionado com a estação pluviométrica correspondente). Isto é, para avaliar se as taxas de atropelamento eram diferentes entre as classes de acumulado de precipitação foram utilizadas como repetições duas classes de acumulado de precipitação subsequentes, iniciando da classe de menor acumulado, até a de maior acumulado. Assim, a taxa de atropelamento referente à classe com menor acumulado de precipitação comparada pelo Teste de Tukey tem como repetição as duas taxas correspondentes ao menor acumulado. A taxa seguinte utilizada na comparação tem como repetição as duas taxas correspondentes à terceira e quarta classe com menor acumulado de precipitação, e assim sucessivamente. Nos casos em que havia número impar de classes de acumulado de precipitação, a classe de maior acumulado apresentou três repetições em vez de duas, incluindo as taxas de atropelamento obtidas nas três classes de maior acumulado de precipitação.

5.7 Mapeamentos de Cobertura Vegetal e Uso do Solo

O presente estudo não tinha por objetivo a realização de mapeamentos de cobertura vegetal e uso do solo da área de estudo, buscando na literatura mapas já elaborados. Assim, foram utilizados dois mapeamentos do entorno da rodovia. O primeiro foi o Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra do PROBIO (2007), na escala de 1:250.000, abrangendo uma faixa de 10 km no entorno da BR-040. O outro foi o Mapa de Cobertura Vegetal e Uso

do Solo da Concer, na escala 1:2.000, e que abrange uma faixa de 0,5 km no entorno da BR-040.

Para estabelecer as áreas de 0,5 km e de 10 quilômetros no entorno da BR-040, para as quais foi elaborado o mapeamento na escala de 1:2.000 e recortado o mapa na escala de 1:250.000, respectivamente, foi utilizado o eixo central de cada pista, que é demarcado pela linha divisória entre as duas faixas de rolamento de cada pista (figura 18). Foram estabelecidos *buffers* de 0,5 km e de 10 quilômetros para cada lado de cada uma das duas pistas, a partir deste eixo. Estas faixas apresentam maiores sobreposições, quanto mais próximas estão as pistas.

Figura 18 – Eixo Central da BR-040
Divisórias das faixas de rolamento marcam o Eixo Central a partir do qual foram estabelecidas as faixas de mapeamento de 0,5 km e de 10 quilômetros no entorno da BR-040.

5.7.1 Escala 1:250.000 – Faixa de 10 km

Foi utilizado o mapa do PROBIO (2007), na escala de 1:250.000, disponível na página de Internet do Ministério do Meio Ambiente (mma.gov.br), para a realização de análises em escala de menor detalhe e maior abrangência espacial (figura 1).

A descrição metodológica detalhada deste mapeamento é encontrada no relatório final relacionado ao mapa (PROBIO, 2007), também acessível na mesma página de Internet.

A utilização do mapa do PROBIO (2007) para a análise foi consequência deste ser o único mapeamento disponível que cobre toda a área da rodovia. Além disso, é um mapeamento oficial de elevada confiabilidade. Por fim, em função de ser elaborado com imagens da década de 2000, representa relativamente bem a realidade encontrada durante o tempo de monitoramento abordado no presente trabalho. Portanto, mesmo sendo um

mapeamento em meso-escala[8], que poderia dificultar a análise, por não incluir fragmentos florestais e manchas urbanas menores que 900m^2 (30mx30m), uma vez que a resolução espacial dos pixels que formam as imagens utilizadas no mapeamento é de 30m, o mesmo foi considerado adequado à realização do presente estudo.

As classes do mapa foram simplificadas para facilitar a manipulação dos dados, tendo sido definidas 9 classes distintas em toda a faixa de 10 km de cada lado da BR-040, conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 – Classes de Vegetação e Uso do Solo – 1:250.000

Classes de Vegetação e Uso do Solo
Agricultura
Corpos Hídricos
Dunas, Cordões Arenosos e Restingas
Floresta em estágio inicial de sucessão
Floresta em estágio médio/avançado de sucessão
Gramíneas
Mangues
Vegetação rupestre
Área ocupada com edificações

5.7.2 Escala 1:2.000 – Faixa de 0,5 km

Para a escala de detalhe, foi utilizado o mapa de vegetação e uso do solo na escala de 1:2.000 de uma faixa de 0,5 km de cada lado da BR-040 (figuras 19, 21, 23, 25, 27 e 29) elaborado pela empresa Mosaico Ambiental, em parceria com a CONCER, concessionária que administra a BR-040 e disponibilizado pela Concessionária para a realização do presente estudo (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010).

Tendo em vista a escala de mapeamento e a extensão do trecho monitorado, além do objetivo do presente estudo, não é possível apresentar todo o mapa em forma de figura, pois seriam necessárias muitas folhas. Assim, a figura 19 apresenta apenas um trecho desse mapa, como título de exemplo.

O mapeamento foi realizado no *software* ArcGis 9.3, a partir de interpretação visual de ortofotografias aéreas de 2010 produzidas pela EMBRAERO (trechos da baixada e do reverso da serra) e de 2009 produzidas pela GEOID (trecho da serra) (figuras 20, 22, 24, 26, 28 e 30). Pequenos trechos da serra incluídos na faixa de 0,5 km não estavam cobertos pela imagem GEOID, tendo sido utilizadas para o mapeamento as ortofotografias aéreas do ano de 2006 disponibilizadas pelo IBGE (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2012).

[8] Do ponto de vista da cartografia sistemática (IESB & IGEO/UFRJ, 2007).

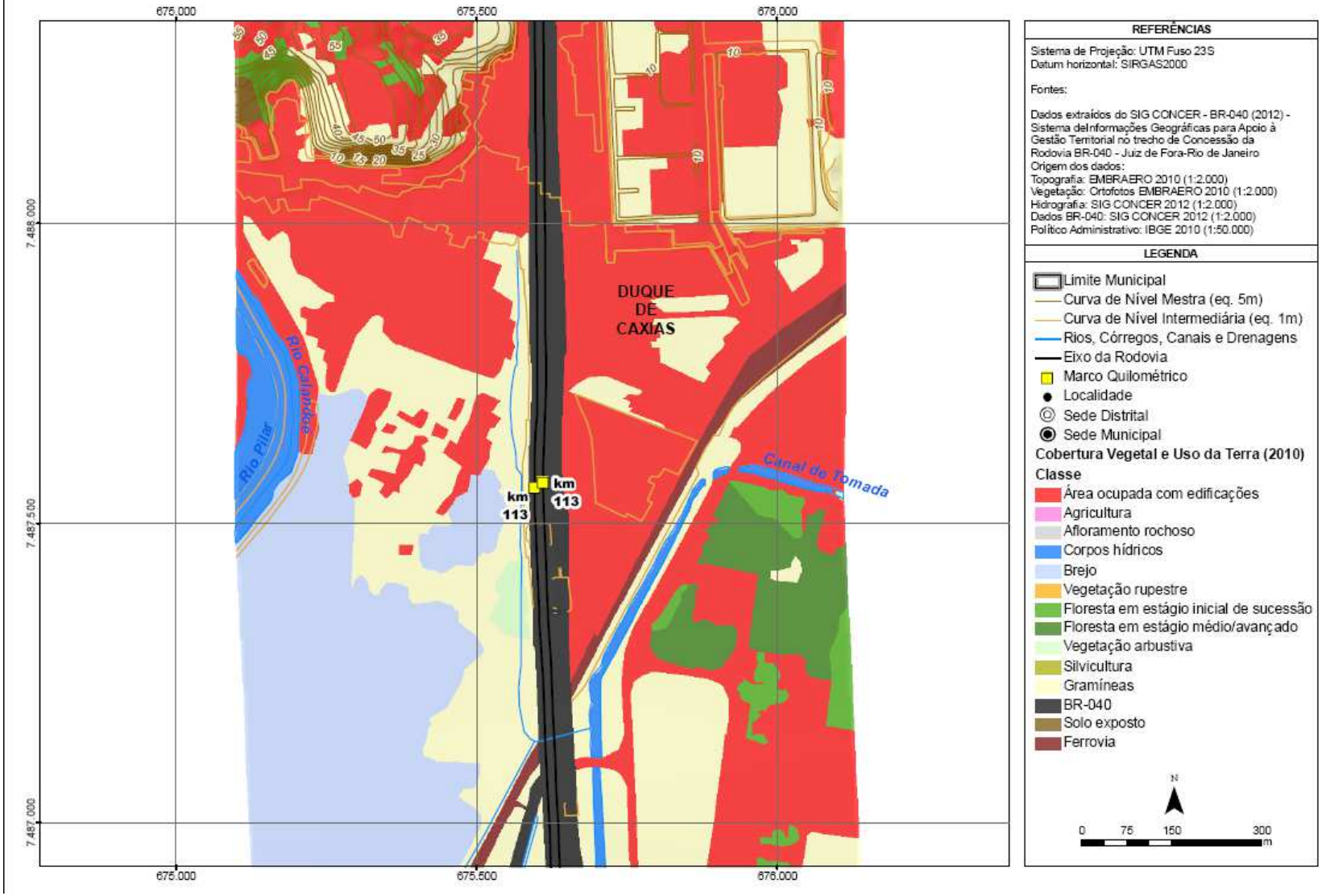

Figura 19 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 - BAIXADA (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

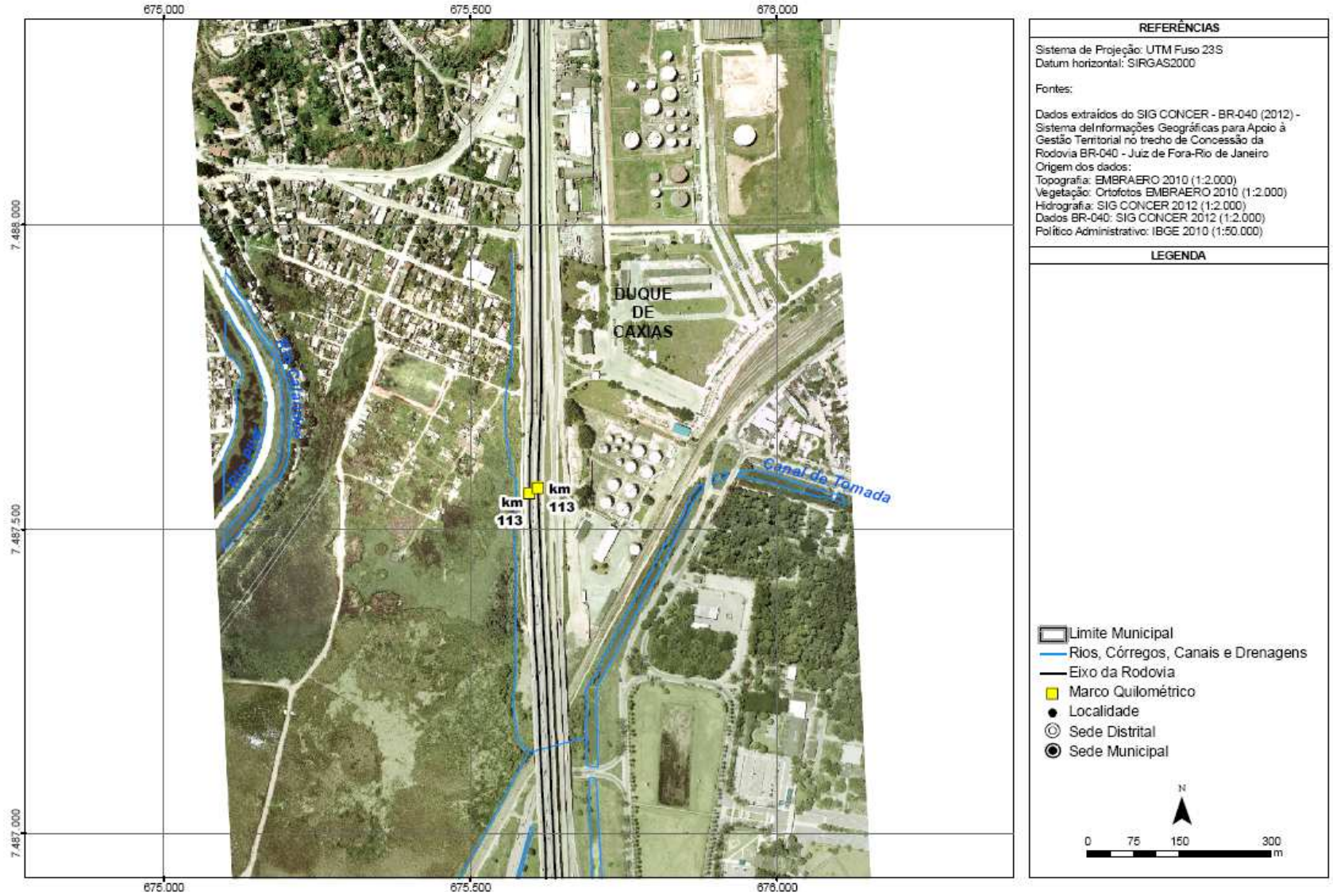

Figura 20 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 - BAIXADA (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000

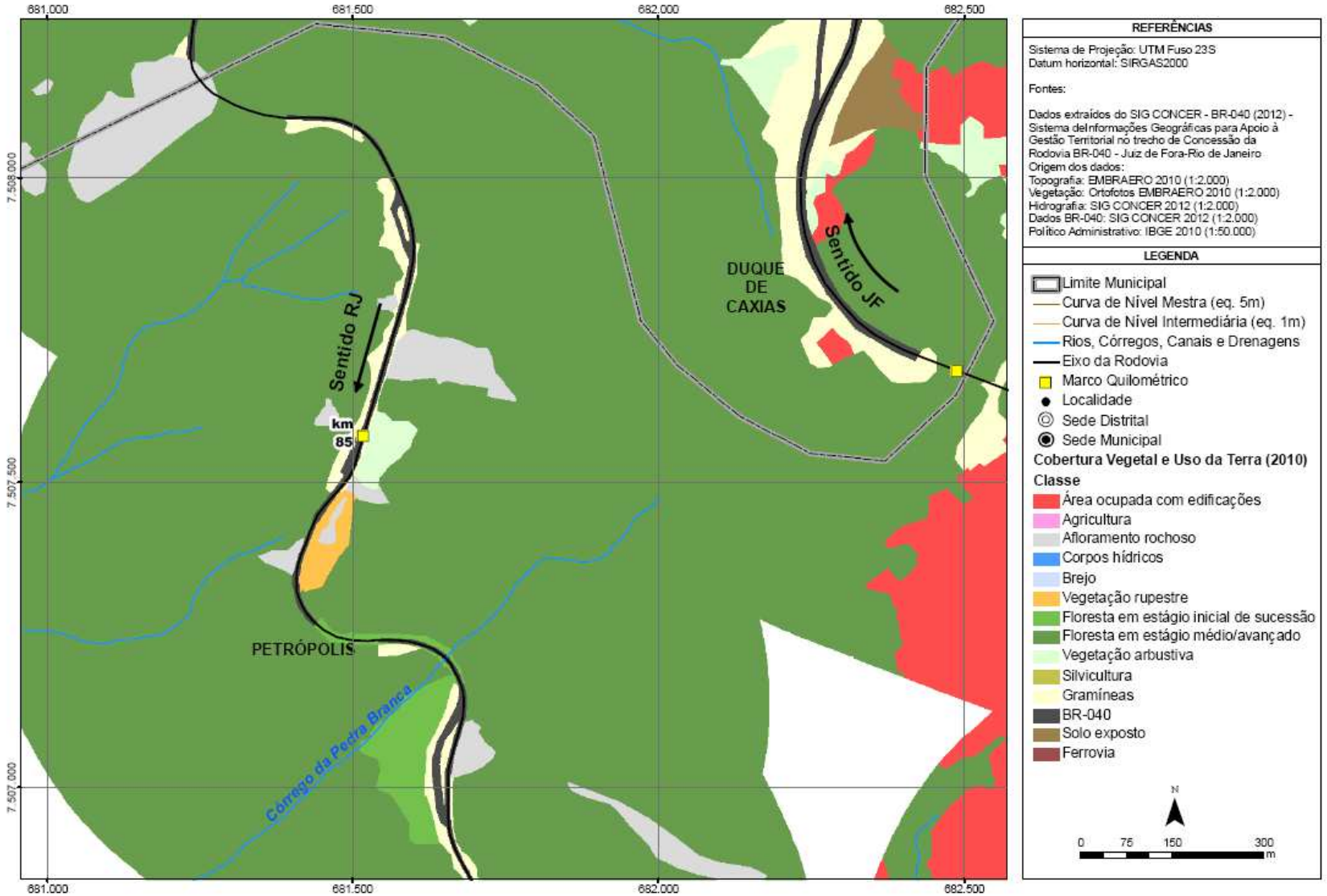

Figura 21 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – CORREDOR DE VEGETAÇÃO DA SERRA DO MAR (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

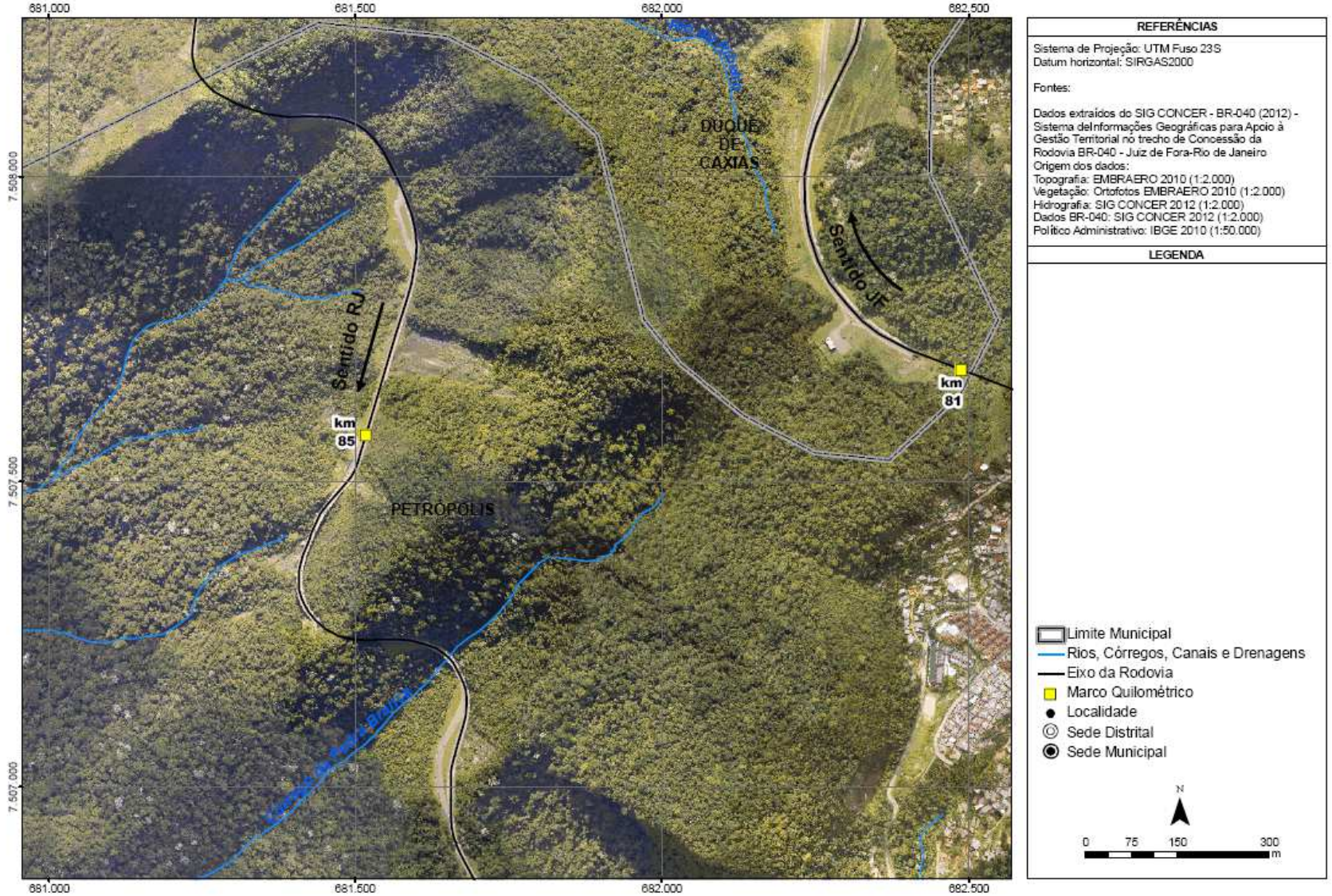

Figura 22 – Mosaico de imagens do satélite GEOID a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 – CORREDOR DE VEGETAÇÃO DA SERRA DO MAR (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

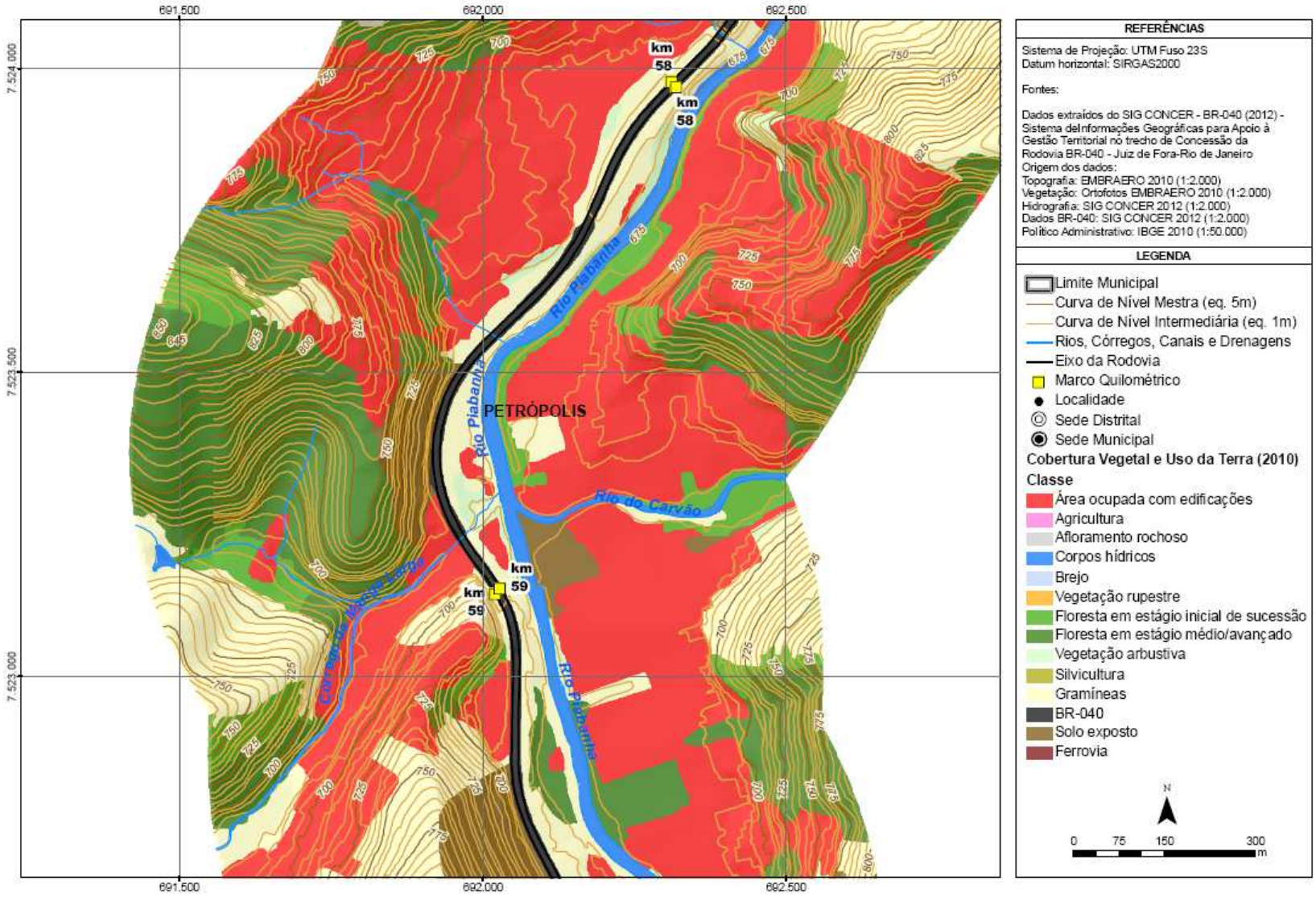

Figura 23 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – BORDA DO CORREDOR DE VEGETAÇÃO NO REVERSO DA SERRA DO MAR (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

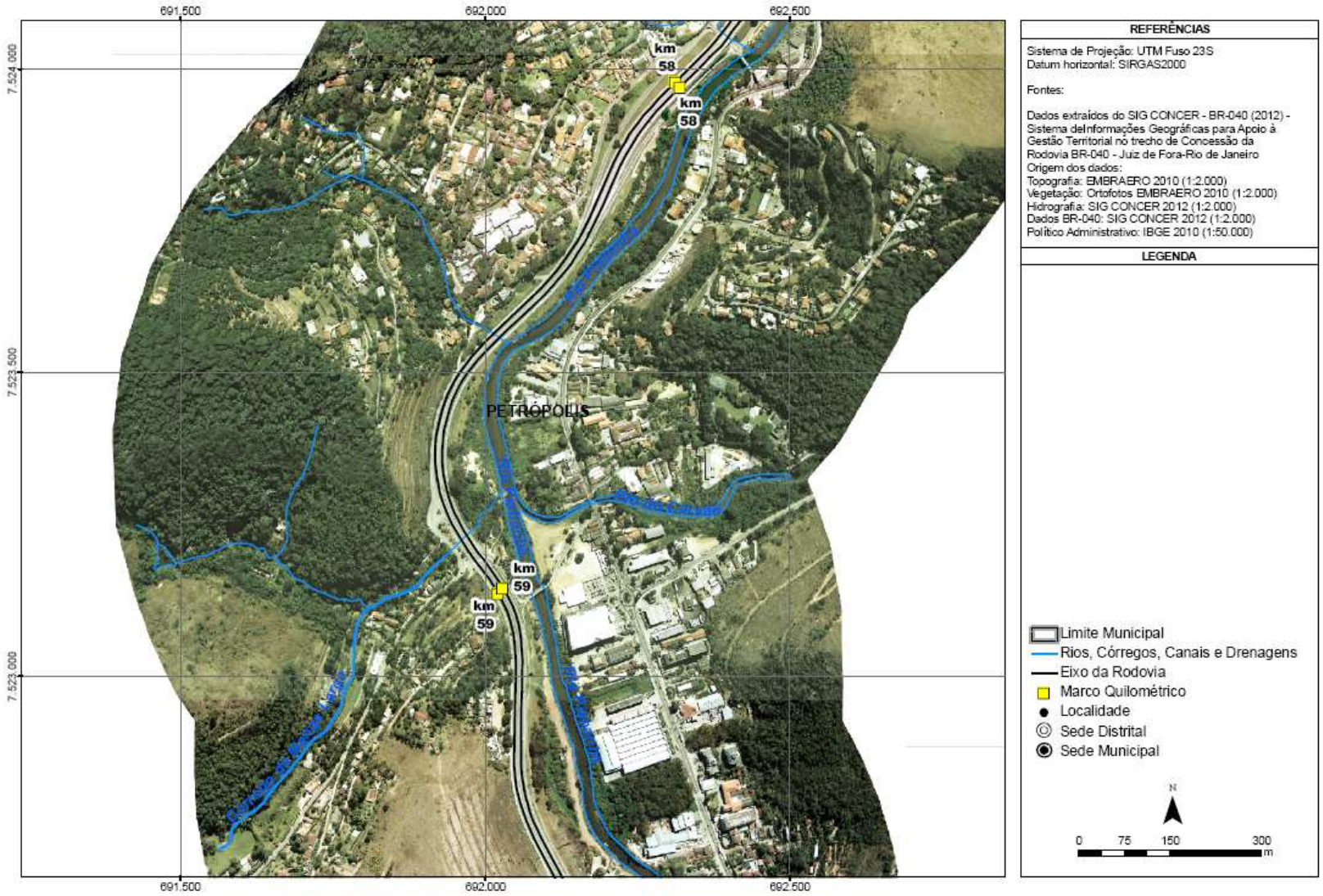

Figura 24 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 BORDA DO CORREDOR DE VEGETAÇÃO NO REVERSO DA SERRA DO MA (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

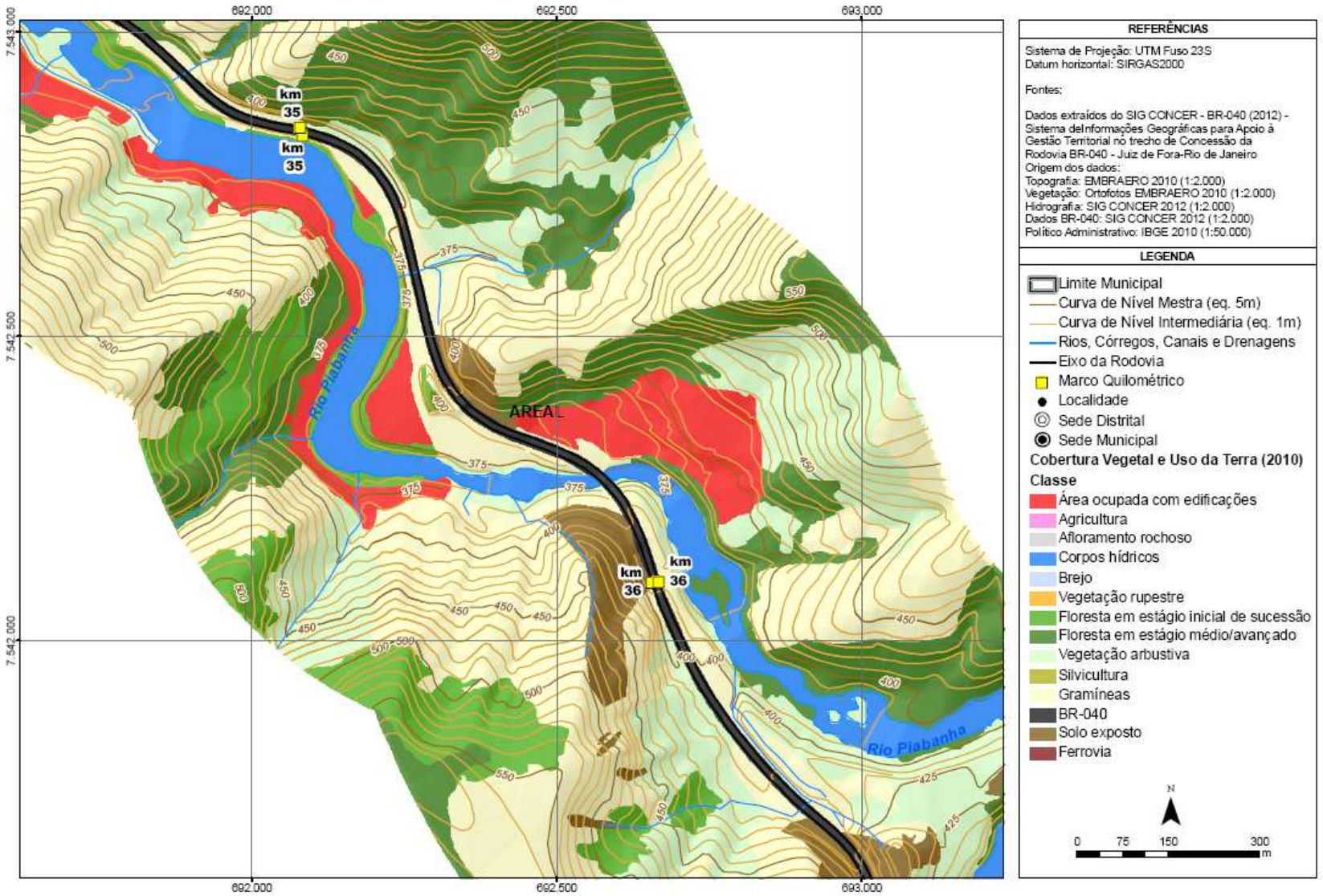

Figura 25 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – GRAMÍNEAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

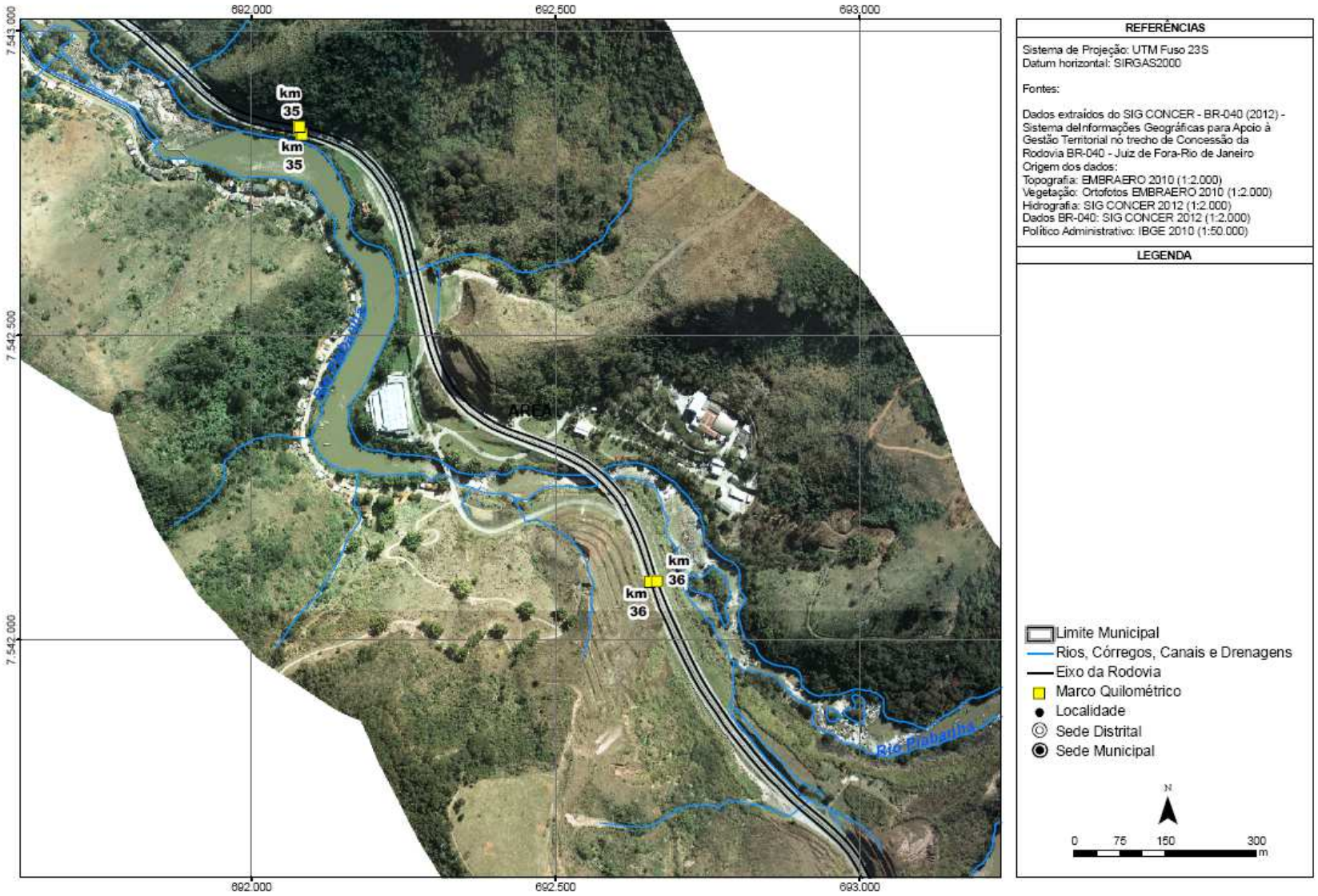

Figura 26 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 - GRAMÍNEAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

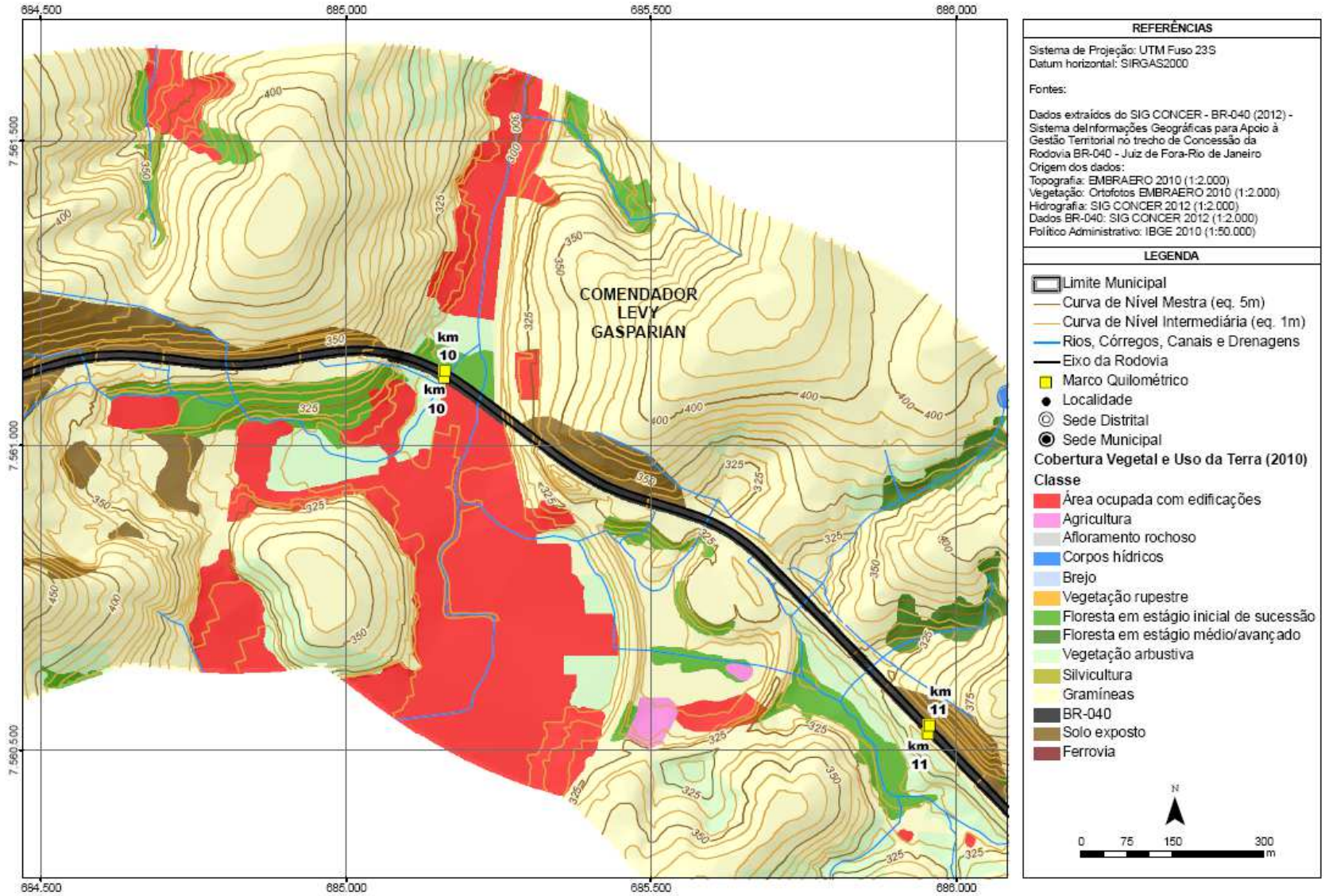

Figura 27 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – GRAMÍNEAS E ÁREAS URBANAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

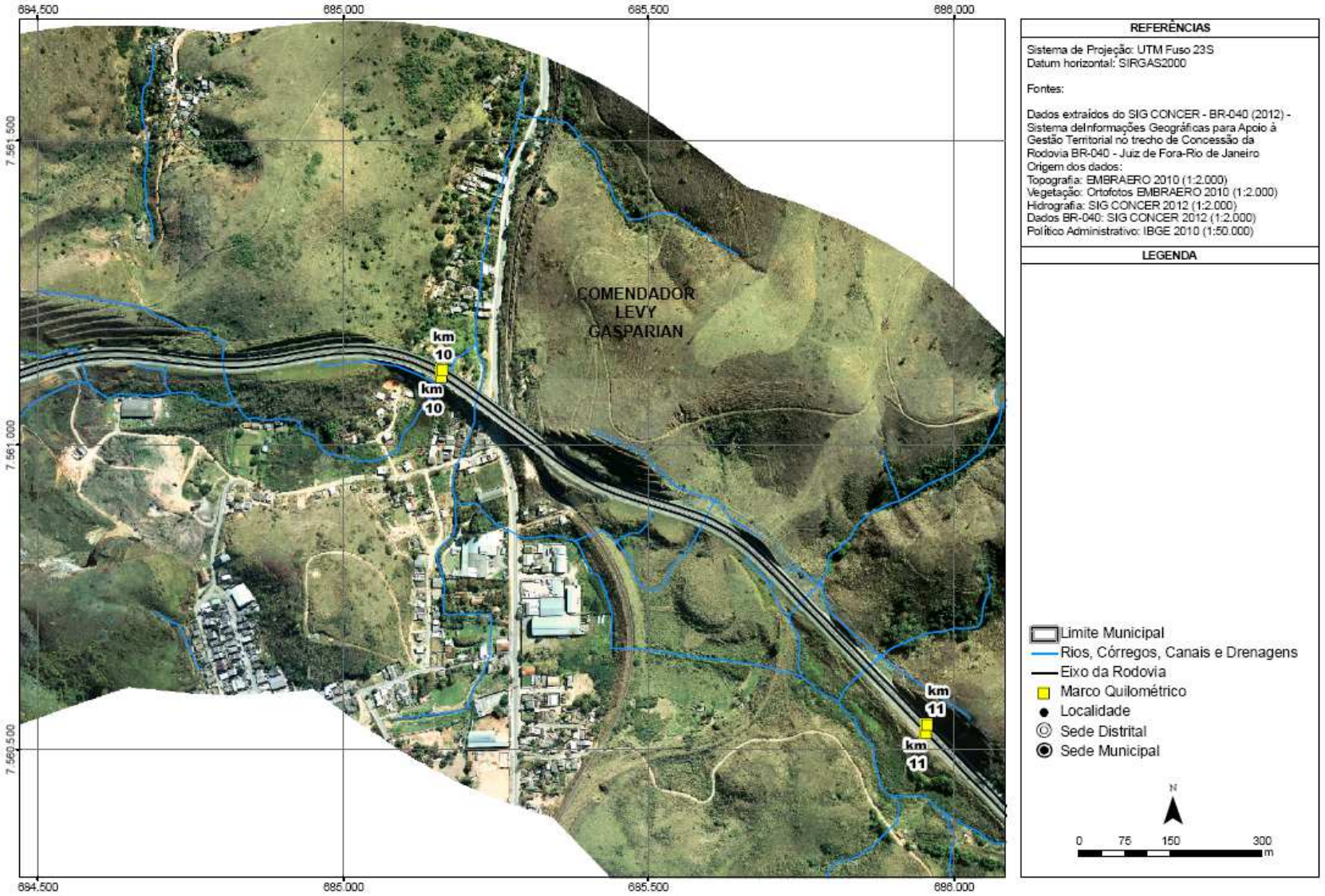

Figura 28 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 – GRAMÍNEAS E ÁREAS URBANAS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

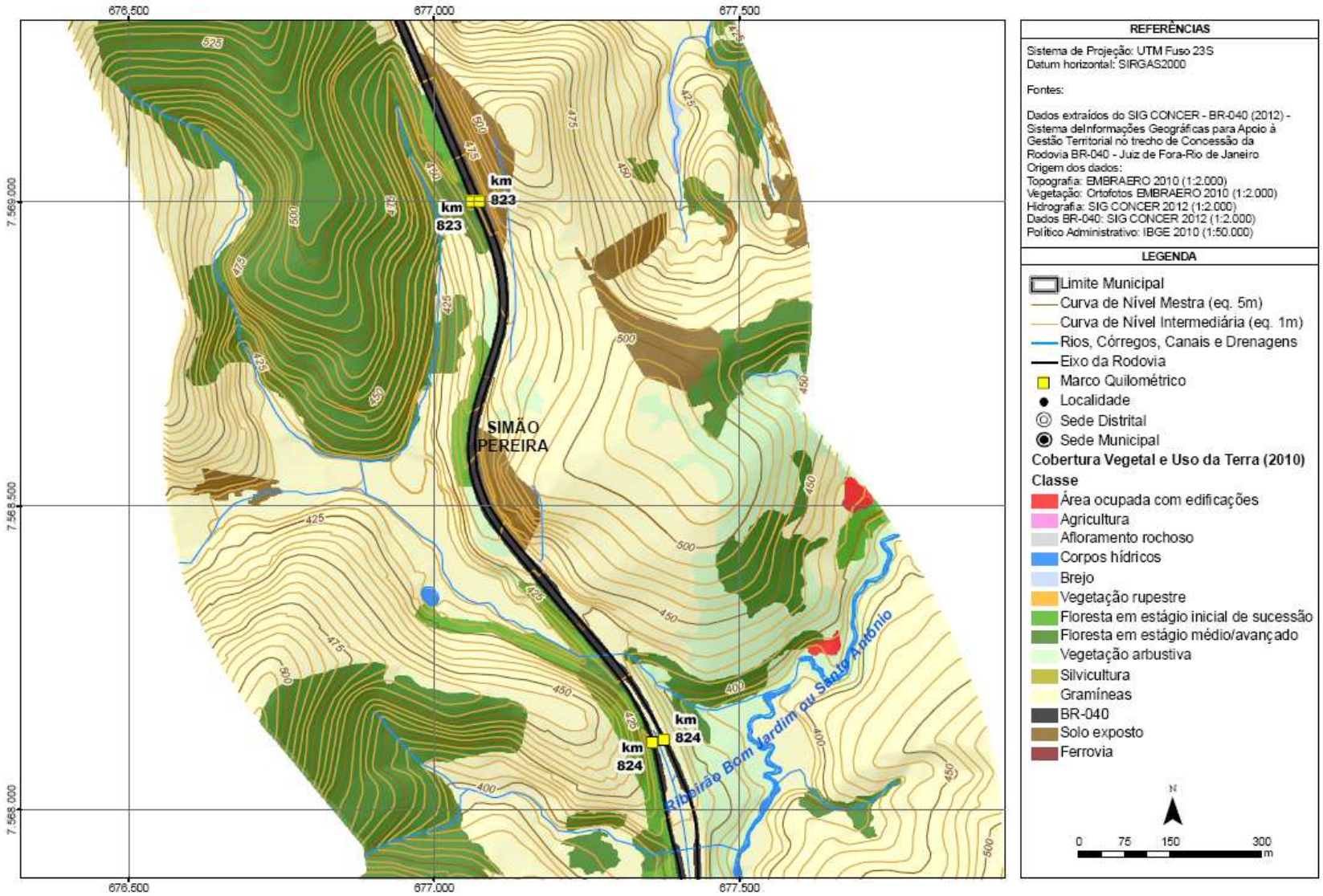

Figura 29 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala original de 1:2000 – GRAMÍNEAS E FRAGMENTOS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

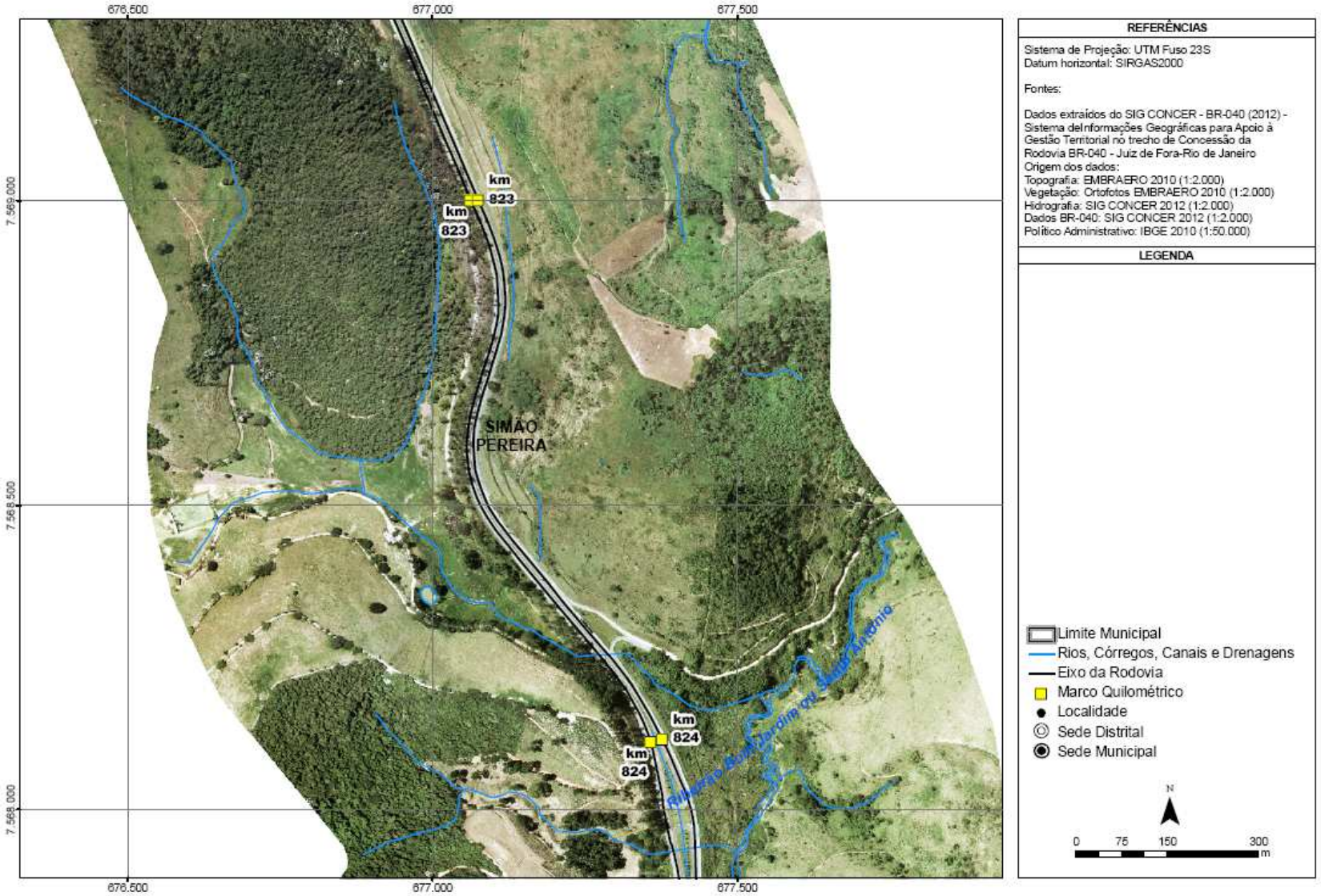

Figura 30 – Mosaico das ortofotografias aérea a partir do qual foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2000 GRAMÍNEAS E FRAGMENTOS (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2010). A escala de impressão não é 1:2.000.

Este mapeamento foi utilizado por ser o melhor material disponível para o entorno da rodovia em escala de detalhe.

A faixa de mapeamento foi definida a partir do material disponível, pois o mapa cobre apenas os 500 metros de cada lado da rodovia.

Vale ressaltar, quanto à esta faixa de análise no entorno da BR-040, que CARVALHO & MIRA (2011) indicam que esta distância é adequada para buscar relações entre as características da paisagem e os atropelamentos. Porém, isto parece ser um pouco arbitrário, pois, dependendo da escala de mapeamento, faixas variáveis de análise podem se mostrar importantes para o entendimento dos atropelamentos de fauna silvestre.

Em função do elevado nível de detalhe do mapeamento na escala de 1:2.000, foram estabelecidas mais classes do que aquelas utilizadas no mapa de 1:250.000, tendo sido identificadas 14 classes distintas na faixa de 0,5 km no entorno da rodovia (MOSAICO AMBIENTAL & CONCER, 2012) (quadro 5).

Quadro 5 – Classes de Vegetação e Uso do Solo – 1:2.000.

Afloramento rochoso
Agricultura
BR-040
Brejo
Corpos hídricos
Ferrovia
Floresta em estágio inicial de sucessão
Floresta em estágio médio/avançado de sucessão
Gramíneas
Silvicultura
Solo exposto
Vegetação arbustiva
Vegetação rupestre
Área ocupada com edificações

5.7.3 Definição dos Limites dos Recortes de Paisagem nos Mapas de Cobertura Vegetal e Uso do Solo

Após a definição dos recortes de paisagem, a partir do eixo da rodovia, possibilitando uma associação dos recortes com os atropelamentos, foi necessário definir os limites de cada um desses recortes nos mapas de vegetação e uso do solo na escala de 1:250.000 e na escala de 1:2.000. Para ambos os mapeamentos foi utilizado o mesmo método.

Para a escala de 1:250.000, inicialmente, no ArcGis 9.3, foi aplicado um *buffer* de 10 km para cada lado da rodovia (que nessa escala é um arquivo linha) em cada trecho da BR-040 que cruza um dos recortes de paisagem. No caso da mapa em escala 1:2.000, no qual a

rodovia é representada por um polígono, esse *buffer* foi de 0,5 km e foi aplicado a partir do eixo da rodovia.

Esse procedimento gerou 6 polígonos de cada lado da BR-040, equivalentes aos seis recortes de paisagem, para cada mapa. Porém, em função da sinuosidade da rodovia, gerou também grandes áreas de sobreposição entre os recortes, que passavam para a paisagem adjacente, tanto no mapa em escala de 1:250.000, como no mapa em escala 1:2.000. Para limitar cada *buffer* a seu recorte de paisagem, foi definida uma linha reta entre o eixo da rodovia (no km de início ou fim do recorte de paisagem) e o ponto de intercessão entre as linhas dos *buffers* de dois recortes de paisagem adjacentes que se sobrepõem, nos dois mapas. Assim, foi possível delimitar cada recorte de paisagem, em cada um dos mapeamentos, de forma mais precisa, sem sobreposições muito grandes entre esses recortes.

5.8 Atropelamentos e distribuição espacial da cobertura vegetal.

Esta análise foi derivada dos mapas de cobertura vegetal e uso do solo, de forma que a mesma foi realizada para as duas escalas de análise: 1:250.000, faixa de 10 km de cada lado da BR-040; e 1:2.000, faixa de 0,5 km de cada lado da BR-040.

A base para esta discussão é o Índice de Conectividade Florestal (ICF) elaborado por COUTINHO (2011), a partir dos trabalhos desenvolvidos pela SEA & COPPETEC (2009), para a avaliação da conectividade florestal nas diversas regiões do estado do Rio de Janeiro, como subsídios para o Zoneamento Ecológico Econômico.

Segundo COUTINHO (2011), a construção do ICF é feita a partir dos seguintes parâmetros, derivados da extensão PatchAnalyst (ARCGis 9.2/ FRAGSTATS, MCGARIGAL e MARKS, 1995):

- *Área total do recorte territorial (Ap): somatório das áreas dos fragmentos e matrizes; área total do recorte espacial (hectares);*
- *Área total dos fragmentos (Af): somatório das áreas dos fragmentos (hectares);*
- *Número total de fragmentos (Nf): número de fragmentos;*
- *Tamanho médio dos fragmentos (Tf): somatório das áreas dos fragmentos dividido pelo número de fragmentos (hectares);*
- *Complexidade média das formas dos fragmentos (Cf): somatório dos perímetros de fragmentos (Pf) dividido pela raiz quadrada do somatório das áreas, dividido pelo número de fragmentos. Cf é igual a 1 quando todos os fragmentos são*

circulares (polígonos) ou quadrados (rasters) e aumenta com a irregularidade da forma (metros/hectares);

- *Distância mínima média entre fragmentos (Df): Média das distâncias mínimas entre os fragmentos (metros);*
- *Qualidade da matriz (Qm): somatório das áreas dos fragmentos e matrizes favoráveis dividido pela área total do recorte territorial."* (COUTINHO, 2011, pp. 106)

Com base nesses parâmetros, o autor desenvolveu um índice intermediário, denominado Índice de Fragmentação (INDFRAG), e, a partir deste, o Índice de Conectividade Florestal (ICF). Segundo COUTINHO (2011) estes índices:

> *"(...) diferem pelo primeiro* (INDFRAG) *considerar apenas relações de áreas, e o segundo por integrar complexidade das formas, distâncias entre fragmentos e qualidade das matrizes na análise."* (COUTINHO, 2011, pp. 107).

O cálculo do INDFRAG é feito a partir da fórmula

$$INDFRAG = Tf / AP$$

Segundo COUTINHO (2011):

> *"Este índice caracteriza a porosidade da paisagem sob o foco dos remanescentes florestais, porém não indica noção de distribuição.*
> *Se o índice for igual a 1, a área total de fragmentos é igual a área total do recorte espacial, ao passo que, se o valor for igual a 0, significa que a área total de fragmentos é igual a 0.*
> *Desta forma, quanto mais próximo de 1, menor será a fragmentação."* (COUTINHO, 2011, pp. 107).

No presente estudo, assim como no trabalho de (COUTINHO, 2011) o INDFRAG foi utilizado, sobretudo, para a elaboração do ICF, cujo cálculo é realizado a partir da seguinte fórmula:

$$ICF = \{INDFRAG / [Cf \times Df]\} + Qm$$

Ou

$$ICF = \{[(Af/Nf)/Ap] / [(Pf/\sqrt{Af})/Nf] \times Df\} + Qm$$

Segundo COUTINHO (2011):

> *O resultado dessa equação é um índice adimensional. O aumento do ICF revela menores graus de fragmentação e maior conectividade florestal para os recortes territoriais (compartimentos hidrogeomorfológicos) analisados. Os valores de ICF variam de 0 a 2, sendo que quanto maior for o ICF maior será a conectividade florestal no recorte territorial analisado. A primeira parte da equação (INDFRAG/Cf x Df) varia de 0 a 1, considerando que o valor máximo para INDFRAG é 1; ao somar-se este valor com a proporção de matriz favorável à dispersão florestal, os valores de ICF podem ir até 2, em casos onde o INDFRAG é máximo e todo o recorte territorial é composto de fragmentos, ou seja quando a qualidade da matriz também é máxima."* (COUTINHO, 2011, pp. 107).

A utilização desse índice e dos parâmetros que o compõem para a presente análise deriva do fato de que o ICF busca identificar o nível de conectividade entre os fragmentos florestais, fator relevante para o entendimento do movimento dos animais silvestres na paisagem e, consequentemente, dos atropelamentos. Ademais, este índice, por ser adimensional, é aplicável a qualquer recorte espacial e escala de análise, podendo ser utilizado para comparar os seis tipos de paisagem aqui definidos, nas duas faixas e escalas de mapeamento. Por fim, pela própria dinâmica de sua construção, são necessários levantamentos importantes sobre a fragmentação florestal, que podem ser analisados de modo independente para o entendimento dos padrões de paisagem que influenciam nos atropelamentos da fauna silvestre na BR-040.

As relações entre atropelamentos e cobertura vegetal foram realizadas para os fragmentos florestais, considerando as demais classes como matriz, mesmo no recorte de paisagem onde a floresta domina a paisagem, como o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, no entorno da REBIO Tinguá. Esta decisão deriva do contexto da Mata Atlântica e da região de estudo, na qual, a despeito de determinadas paisagens possuírem maior proporção de florestas, as gramíneas são a matriz da paisagem quando se faz uma análise mais ampla (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2006; PROBIO, 2007). Além disso, em quatro dos seis tipos de paisagem aqui definidos as gramíneas são dominantes, como será demonstrado no capítulo 5, reforçando a necessidade de observar os ecossistemas florestais como resultado de um processo de fragmentação.

Assim, para a avaliação das características da paisagem no que concerne à movimentação da fauna, a classe Fragmentos foi constituída a partir da união (para cada uma das duas escalas e áreas de estudo) das classes Floresta em Estágio Inicial de Sucessão e Floresta em Estágio Avançado de Sucessão, enquanto as classes Gramíneas e Áreas Ocupadas com Edificações foram consideradas Matrizes Desfavoráveis, e as demais classes como Matrizes Favoráveis, conforme os quadros 6 e 7. No caso da escala de 1:2.000, as classes ferrovia e BR-040 também foram consideradas Matrizes Desfavoráveis, mas por serem pouco representativas espacialmente, têm pequena influência sobre os resultados.

A consideração da favorabilidade ou não da matriz seguiu os padrões definidos por COUTINHO (2011), pois os mesmos foram considerados relevantes para o deslocamento dos animais (quadro 6). A Matriz favorável é composta pelos ecossistemas naturais, com exceção das florestas (que são fragmentos e não matriz), e por áreas de agricultura, pois estas classes de cobertura vegetal e uso do solo, a princípio, não representam maiores problemas para o deslocamento de animais silvestres entre fragmentos florestais. Mesmo formações em estágios iniciais de sucessão ecológica foram incluídas nessa classe de matriz.

A Matriz Desfavorável corresponde às Áreas Ocupadas com Edificações e Gramíneas. As áreas urbanas foram classificadas dessa forma, pois o deslocamento de animais silvestres por áreas urbanas é muito limitado, de modo que esta classe de uso do solo é desfavorável à conectividade florestal.

Apenas as gramíneas geraram dúvidas, uma vez que esta classe pode ser favorável para o deslocamento de muitas espécies animais e desfavoráveis para muitas outras. Porém, tendo em vista o domínio desta classe na maior parte dos tipos de paisagem, além da manutenção das gramíneas estar muitas vezes baseada em queimadas, a definição da mesma como uma matriz favorável tornaria quase todas os recortes semelhantes no que dizem respeito à Conectividade Florestal, reduzindo o papel de degradação dos ecossistemas exercido pelas gramíneas na paisagem estudada, já atestado por diversos estudos (ESTRUTURAR & MMA/IBAMA, 2005; ECOMEC & MMA/IBAMA, 2007; ESTRUTURAR, 2008). Assim, optou-se por considerar a classe das Gramíneas como matriz desfavorável.

Quadro 6 – Agregação de Classes do mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:250:000, faixa de 10 km no entorno da BR-040

Classe	Classe - Fragmentação
Floresta em estágio inicial de sucessão	Fragmentos florestais
Floresta em estágio médio/avançado de sucessão	
Gramíneas	Matriz desfavorável

Área ocupada com edificações	
Agricultura	Matriz favorável
Corpos Hídricos	
Dunas, Cordoes Arenosos e Restingas	
Mangues	
Vegetação rupestre	

Quadro 7 – Agregação de Classes do mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de 1:2:000

Classe	Classe - Fragmentação
Floresta em estágio inicial de sucessão	Fragmentos florestais
Floresta em estágio médio/avançado de sucessão	
BR-040	Matriz desfavorável
Ferrovia	
Gramíneas	
Área ocupada com edificações	
Afloramento rochoso	Matriz favorável
Agricultura	
Brejo	
Corpos hídricos	
Silvicultura	
Solo exposto	
Vegetação arbustiva	
Vegetação rupestre	

Para todas as classes dos dois mapas de cobertura vegetal e uso do solo foram analisadas as áreas de cada classe, por recorte de paisagem, e a proporção em relação ao respectivo recorte de paisagem.

Foram levantadas ainda as seguintes métricas de paisagem, nas duas escalas e recortes espaciais, para cada uma das paisagens definidas: área e proporção dos fragmentos florestais, área e proporção de matriz favorável; área e proporção de matriz desfavorável, número de fragmentos e tamanho médio dos fragmentos. A partir desses parâmetros foram definidos os Índices de Fragmentação e a Qualidade da Matriz e construído o Índice de Conectividade Florestal de cada recorte de paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

6 CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAISAGEM

A análise comparativa dos seis tipos de paisagem cruzados pela BR-040 permite o levantamento de informações úteis para entender os resultados da distribuição espaço-temporal dos atropelamentos de animais silvestres na BR-040, auxiliando na investigação da influência que os padrões espaciais exercem nos processos (geo)ecológicos, aspecto de grande relevância para o entendimento dos mesmos (TURNER, 1989).

Esta análise foi realizada a partir dos mapas de cobertura vegetal e uso do solo nas escalas de 1:2.000 e 1:250.000, conforme descrito no capítulo 4, abrangendo, respectivamente, faixas de 0,5 km e 10 km de cada lado da BR-040. Assim, possibilita uma análise da paisagem mais geral que cerca a rodovia e também das características do entorno mais próximo, uma vez que os fenômenos observáveis na realidade são influenciados por características e processos que ocorrem e são perceptíveis em múltiplas escalas que se conectam (BERTALANFLY, 1950; CHORLEY & KENNEDY, 1971; O'NEILL, 1988).

É importante ressalvar ainda que a comparação entre paisagens está restrita aos elementos que afetam de forma mais direta o atropelamento de animais silvestres, especificamente aqueles identificáveis através da cobertura vegetal e uso do solo. Isto ocorre pelo fato desses elementos serem considerados os mais relevantes pela literatura para o movimento de animais, juntamente com a variação climática, que é analisada em tópico específico (JACOMO et. al., 1996; CLEVENGER et. al., 2003; PINOWSKI, 2005; BAGER et. al., 2007; MELO & SANTOS-FILHO, 2007; SMITH-PATTEN E PATTEN, 2008; HOBDAY & MINSTRELL, 2008; BUENO et. al., 2009; FREITAS, 2009; CUNHA et. al., 2010; PEREIRA & CARVALHO, 2011; JUNIOR et. al., 2011; BELÃO et. al., 2011; SANTOS et. al., 2011; ABRA et. al., 2011; ROSA & BAGER, 2012). Além disso, ao considerar as características da paisagem para a realização de estudos e comparações o pesquisador deve ser capaz de selecionar os elementos da paisagem que serão considerados na análise, sob pena de uma inclusão ilimitada de elementos, tornando impossível a compreensão de relações causais entre fenômenos (LANG & BLASCHKE, 2009).

Nesse sentido, a consideração dos diferentes usos e coberturas do solo e do processo de fragmentação florestal é bastante adequado para o entendimento do movimento dos animais silvestres e, consequentemente, dos atropelamentos desses animais, pois a floresta

é um dos principais elementos nesse movimento, assim como o forrageamento, que depende, em larga escala, da cobertura vegetal e do uso do solo.

Isto não significa desconsiderar das análises elementos relevantes que não podem ser identificados pelo mapeamento de cobertura vegetal e uso do solo, como a presença de Unidades de Conservação, por exemplo. Mas considerar esses elementos na discussão e no entendimento dos resultados das características da paisagem, e não na análise direta dessas características. Afinal, os animais não respondem diretamente à existência de UCs, mas ao resultado que esses elementos da paisagem têm na conservação dos ecossistemas existentes nessa paisagem.

6.1 Escala de 1:250.000 – Faixa de 10 km.

O total da área analisada para a escala de 1:250:000 foi de 2.699,87 km^2, incluindo as sobreposições dos seis diferentes tipos de paisagem. A paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos**, situada no extremo norte da área de estudo, apresenta a maior área de análise, totalizando mais de 560 km^2, equivalentes a pouco mais de 20% da área de estudo para essa escala. As demais paisagens têm extensão semelhante, variando entre 463 e 508 km^2. Exceção para a paisagem denominada **Gramíneas**, que apresenta a menor área de análise, sendo a única entre as seis que possui tamanho significativamente menor, correspondendo a apenas 8% da área total analisada (quadro 8). A individualização desta última paisagem decorreu do fato da mesma apresentar uma especificidade quanto à distribuição dos ecossistemas e a ocorrência de impactos quando observada a partir da escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007), com um visível predomínio de gramíneas e uma redução de florestas.

Quadro 8 – Área de análise dos tipos de Paisagem para a escala de 1:250.000

PAISAGEM		AREA (KM^2)	%
Gramíneas e Fragmentos	GF	561,06	20,8
Gramíneas e Áreas Urbanas	GU	486,75	18,0
Gramíneas	G	215,11	8,0
Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra	R	464,23	17,2
Corredor de Vegetação da Serra do Mar	S	508,97	18,9
Baixada	B	463,75	17,2
	Total	**2.699,87**	**100**

6.1.1 Cobertura Vegetal e Uso do Solo

No conjunto da área de estudo, as classes de maior área são as florestas, que ocupam 1.1160 km^2, ou 33% da área total, sendo 825 km^2 compostos por Florestas em Estágio

Médio/Avançado de Sucessão (quadro 9). As gramíneas recobrem 1.004 km^2, indicando uma alternância na matriz entre os tipos de paisagem, para a escala e a faixa analisadas. A Agricultura e as Áreas Ocupadas com Edificações são as outras duas classes relevantes espacialmente para a faixa de 10 km no entorno da BR-040.

Quadro 9 – Área e proporção da área total das classes do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007) na faixa de 10 km de cada lado da BR-040

Classe	Área (Km)	%
Agricultura	174,96	6,5
Corpos Hídricos	57,73	2,1
Dunas, Cordoes Arenosos e Restingas	1,01	0,0
Floresta em estágio inicial de sucessão	335,46	12,4
Floresta em estágio médio/avançado de sucessão	825,07	30,6
Gramíneas	1.004,73	37,2
Mangues	12,98	0,5
Vegetação rupestre	5,11	0,2
Área ocupada com edificações	282,82	10,5
Total	**2.699,87**	

Ao se dividir esses dados pelos tipos de paisagem (figura 31) é possível observar que na **Baixada** a matriz da paisagem é formada pelas áreas urbanas, com as Florestas em Estágio Inicial de Sucessão apresentando importância espacial, situadas sobre os morros e no pé da Serra do Mar. As Gramíneas também são relevantes espacialmente, assim como os Corpos Hídricos, classe que inclui os grandes rios que cruzam o trecho e são passíveis de mapear na escala de 1:250.000. Esses rios tendem a ser pontos relevantes para o atravessamento da BR-040 por animais silvestres e, consequentemente, para o atropelamento desses animais, tendo em vista ser comprovada a associação entre corpos d'água e atropelamentos de determinadas espécies ou grupos animais (FISHER, 1997; SERRANO *et. al*., 2002; KLOCKER, 2006; HENGEMÜHLE & SANTOS *et. al*., 2007; CADEMARTORI, 2008; GUMIER-COSTA & SPERBER, 2009; FREITAS, 2009; GRILO *et. al.*, 2010; GUNSON *et. al*., 2011).

Mesmo sendo as classes mais amplas espacialmente, as florestas apresentam-se dominantes apenas na paisagem denominada **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e, de forma menos acentuada, na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** (figura 32).

O primeiro desses tipos de paisagem corresponde à porção principal do corredor de vegetação que conecta a REBIO Tinguá ao Parque Nacional da Serra dos Órgãos, situado na escarpa de falha da Serra do Mar e na porção superior dessa serra. Neste recorte de paisagem, as florestas ocupam mais de 83% da área total, sendo 70% de Florestas em Estágio Médio e Avançado de Sucessão Ecológica, grande parte das quais compostas por formações primárias (ESTRUTURAR & MMA/IBAMA, 2005).

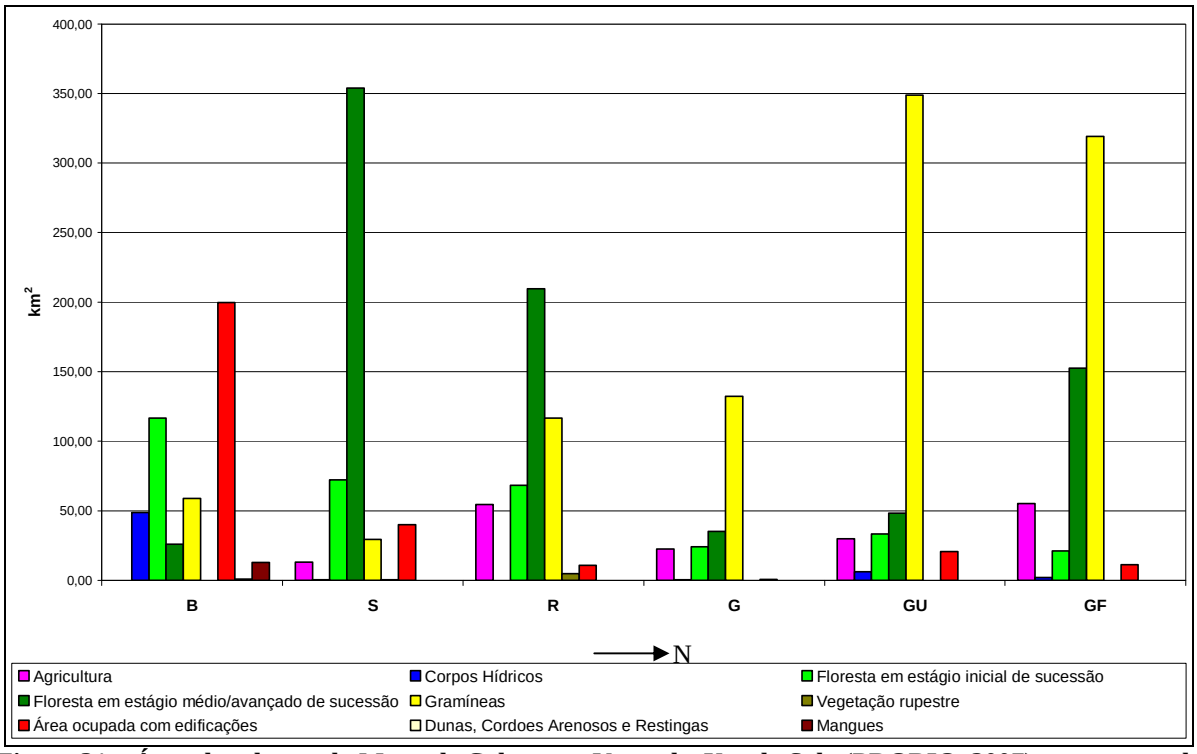

Figura 31 – Área das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo (PROBIO, 2007) por recorte de paisagem.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

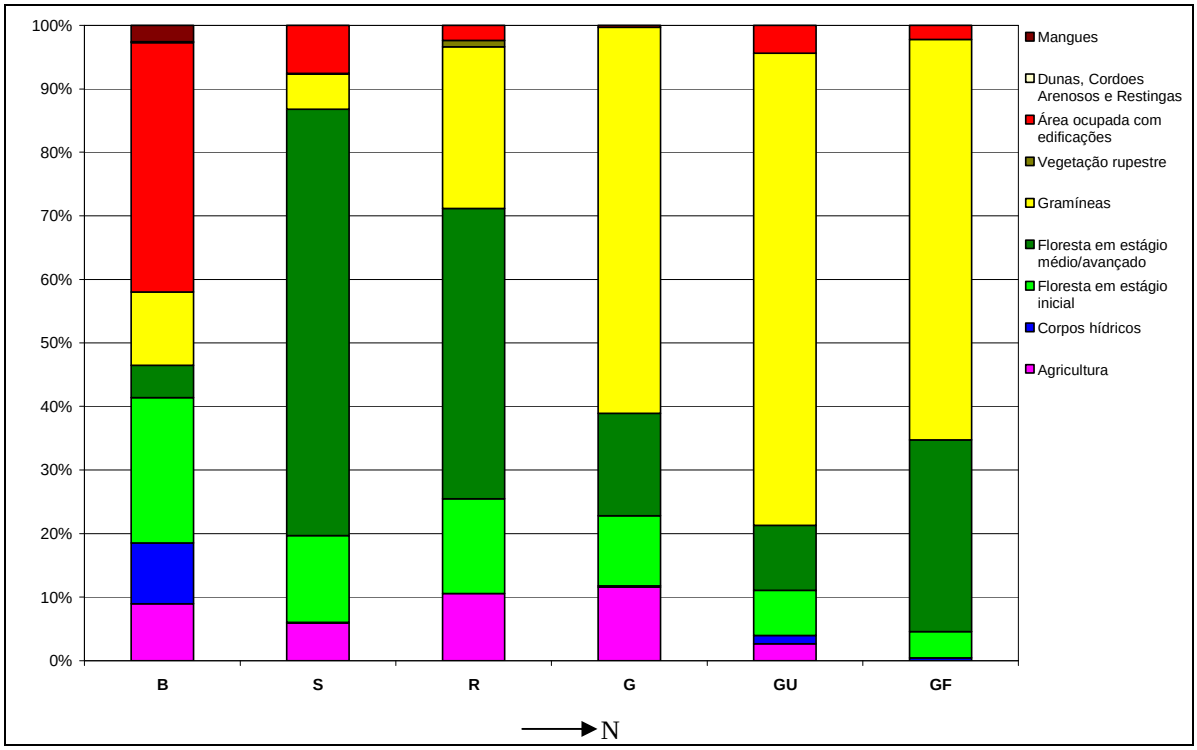

Figura 32 – Proporção das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo (PROBIO, 2007) por recorte de paisagem (em relação à área total de cada de paisagem).

Nesse sentido, partindo do conceito de estrutura da paisagem (FORMAN & GORDON, 1981; FORMAN & GORDON, 1986), pode-se afirmar que há uma mudança na estrutura da

paisagem no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar e** na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** (mais acentuadamente no primeiro recorte de paisagem) em relação às demais paisagens, com a floresta, na faixa de 10 km de cada lado da rodovia, tornando-se matriz na escala de 1:250.000.

Esse resultado está relacionado a uma série de fatores que influenciam nas características da paisagem, incluindo desde aspectos geobiofísicos, como a elevada declividade das encostas, até aspectos sociais, políticos, culturais, legais etc, como a presença das Unidades de Conservação (especialmente da REBIO Tinguá) e a utilização da área como manancial de água para a cidade do Rio de Janeiro, sem os quais não é possível compreender as características da paisagem (McDOWELL, 1996; COSGROVE, 1998ª; CLAVAL, 1999).

As áreas urbanas também apresentam elevada importância relativa no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, sendo o recorte de paisagem que possui a segunda maior área absoluta da classe Áreas Ocupadas com Edificações. A maior parte destas áreas edificadas está situada na mancha urbana principal de Petrópolis, situada a nordeste da pista sentido Juiz de Fora. Gramíneas e Agricultura estão presentes, contudo têm pouca relevância espacial no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**.

A **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** se caracteriza, justamente, pela sua localização periférica ao corredor principal de vegetação. Esta condição fica nítida pela elevada proporção de Florestas em Estágio Médio/Avançado de Sucessão Vegetal (uma vez que se trata de uma área de entorno da REBIO Tinguá e com a presença de escarpas íngremes que garantem a conservação dos ecossistemas florestais), associada à elevada proporção de Florestas em Estágio Inicial, de Gramíneas e de Agricultura, indicando a presença de matas, mas também de atividades que alteram essas matas.

As Áreas com Edificação são pouco relevantes, já que nesta paisagem há o domínio de chácaras, sítios e condomínios. Vale ressaltar a ausência de corpos hídricos, pois a escala do mapeamento não permitia a individualização dos rios da Cidade e Piabanha, de relevância regional, de forma que, a despeito de correrem muito próximos à rodovia em algumas partes desse trecho, não foram mapeados.

Nos três tipos de paisagem situados mais a norte, a matriz é composta pelas gramíneas, sendo que no tipo denominado **Gramíneas e Fragmentos**, no extremo norte da área de estudo, há uma quantidade significativa de Florestas em Estágio Médio/Avançado de Sucessão.

Esta concentração de florestas nesse trecho apresenta duas características relevantes em termos de atropelamento de fauna. A primeira refere-se à presença de florestas

semidecíduas[9] (PROBIO, 2007) que podem abrigar algumas espécies distintas daquelas encontradas nas matas pluviais que ocorrem em todos os demais recortes de paisagem. A outra é que estas matas formam um corredor de vegetação, cruzado transversalmente pela BR-040 e entremeado por vastas áreas de gramíneas. Trata-se de um conjunto de fragmentos, a maior parte dos quais em bom estado de conservação, situados em ambos os lados da estrada.

Já na paisagem denominada **Gramíneas e Áreas Urbanas**, além do domínio da classe Gramíneas, há uma proporção importante de Áreas Ocupadas com Edificações. Estas são relevantes no entorno imediato da estrada, mas também no entorno dos núcleos urbanos de Três Rios e Paraíba do Sul, que estão inseridos na faixa de 10 km no entorno da BR-040 que forma esse recorte de paisagem.

6.1.2 Fragmentação Florestal

Para além da discussão sobre o conjunto de classes de cobertura vegetal e uso do solo, a análise do processo de fragmentação da floresta permite conhecer aspectos relevantes da distribuição espacial dos elementos da paisagem que abrigam as populações da maior parte das espécies de animais silvestres. Esse conhecimento pode ajudar a compreender o movimento dos animais entre os fragmentos e, consequentemente, os padrões espaço-temporais dos atropelamentos, uma vez que os processos de fragmentação geram redução na conectividade da paisagem e alterações nos processos ecológicos (FORMAN, 1995; SERRANO et. al., 2002).

A área total analisada na escala de 1:250.000 apresentou domínio das classes de uso do solo que formam a Matriz da paisagem, com uma abrangência de 57% da área total, sendo quase 48% correspondentes a áreas edificadas ou gramíneas, consideradas matrizes desfavoráveis. Os Fragmentos Florestais recobrem 43% da área total (quadro 10).

Quadro 10 – Área e proporção da área total dos fragmentos florestais e da matriz, levantados partir do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007) na faixa de 10 km de cada lado da BR-040

Classes	Area (Km^2)	%
Fragmentos florestais	1.160,53	42,98
Matriz desfavorável	1.287,55	47,69
Matriz favorável	251,79	9,33

[9] Formações onde uma parcela das espécies arbóreas perdem folhas no período seco, características de ambientes com maior sazonalidade na precipitação, como ocorre com o extremo norte da área de estudo, onde os totais pluviométricos nos períodos secos são muito baixos.

Na distribuição desses elementos pelos tipos de paisagem percebe-se que o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** são os únicos que apresentam domínio de Fragmentos Florestais, sendo que no primeiro recorte de paisagem a presença de Matriz Desfavorável é reduzida e no segundo não. Em ambos os tipos, a presença de Matriz Favorável à movimentação dos animais é pequena, especialmente no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** onde a matriz, na realidade é a floresta, e as classes aqui definidas como matriz têm distribuição fragmentada (figuras 33 e 34).

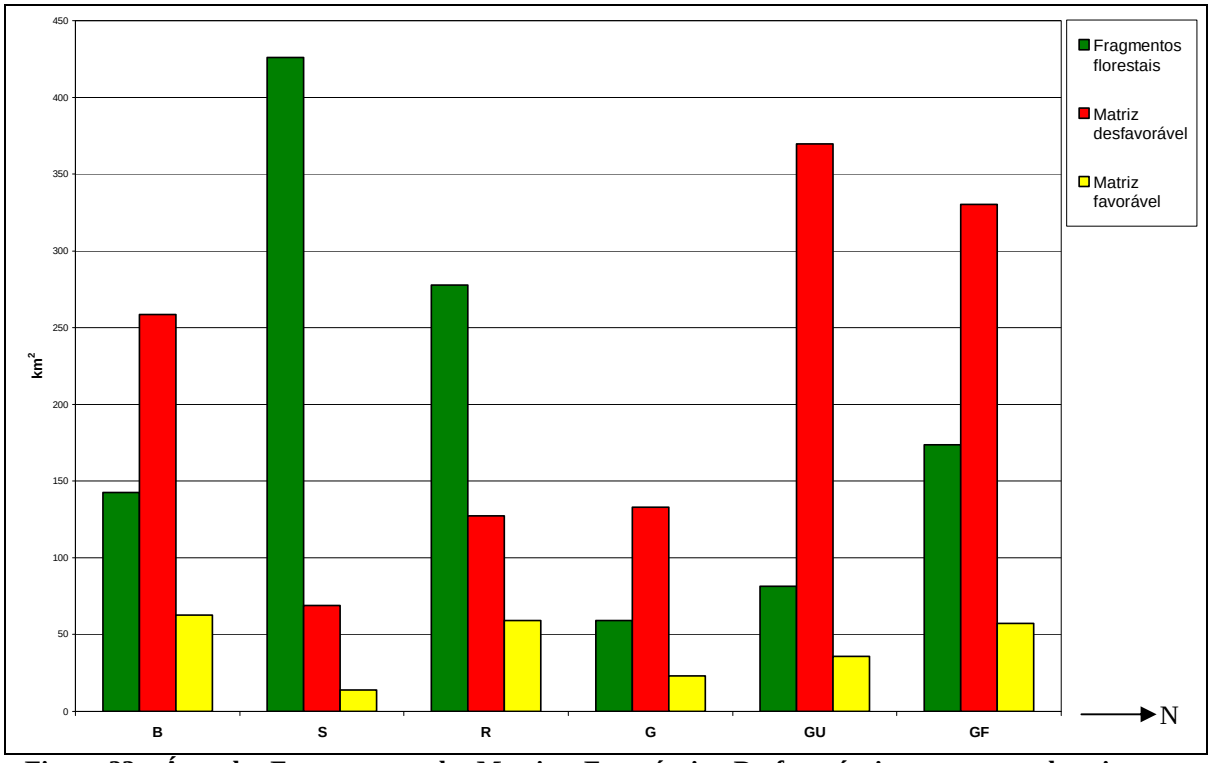

Figura 33 – Área dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem. B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Nos demais tipos de paisagem as matrizes desfavoráveis dominam, sendo que na **Baixada** essa matriz é formada, em grande parte, por Áreas com Edificação que limitam muito o movimento dos animais silvestres, e nos outros tipos a matriz desfavorável é formada por gramíneas, que têm menor capacidade de limitar esse movimento.

Vale ressaltar ainda a grande presença de fragmentos no trecho **Gramíneas e Fragmentos**, especialmente em valores absolutos, a maior parte composta por formações em estágio médio/avançado de sucessão ecológica. Esta situação é o inverso da **Baixada**, que apresenta uma proporção importante de fragmentos, mas a maior parte em estágios iniciais de sucessão ecológica. Tendo em vista essa condição dos fragmentos e da matriz desfavorável (composta por áreas urbanas) espera-se menor movimentação de animais

silvestres na **Baixada** que no trecho **Gramíneas e Fragmentos,** onde a gramínea forma a matriz desfavorável e há um corredor de vegetação no entorno da BR-040, apesar de ambos possuírem padrões semelhantes no que concerne à área e a proporção de Fragmentos, Matriz Favorável e Matriz Desfavorável na faixa de 10 km.

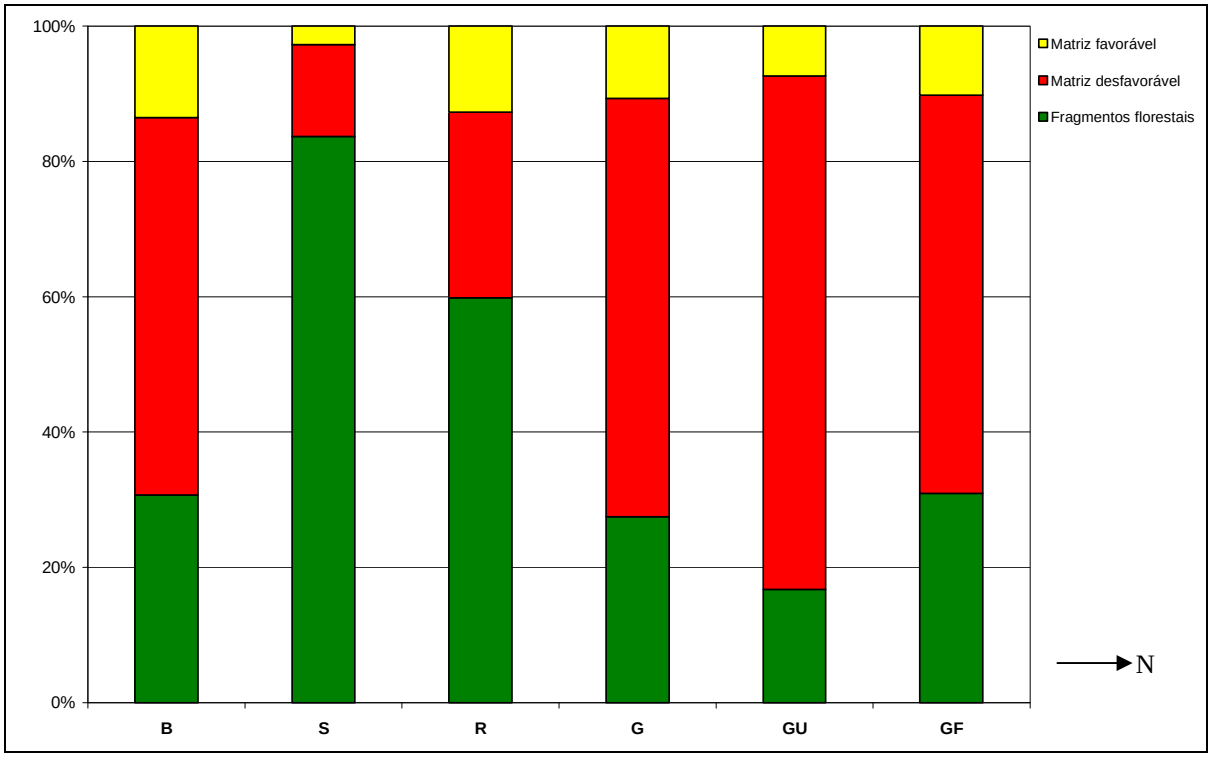

Figura 34 – Proporção dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem.

Ao se analisar essa fragmentação da floresta segundo os componentes do ICF proposto por COUTINHO (2011) percebem-se algumas características relevantes no processo de fragmentação de cada recorte de paisagem.

A primeira questão é a diferença entre o número dos fragmentos florestais existentes na paisagem **Gramíneas e Fragmentos** (e menos acentuadamente na **Gramíneas e Áreas Urbanas**), em relação aos demais tipos de paisagem, especialmente ao **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (figura 35).

Gramíneas e Fragmentos apresenta uma massa florestal relevante, conforme mostrado no tópico acima, mas essa mata é muito fragmentada, com fragmentos florestais de pequeno tamanho médio (mas a maior parte deles está em bom estado de conservação e ter sido considerada em Estágio Médio/Avançado de Sucessão), próximo ao tamanho médio encontrado nos tipos de paisagem com menor presença de florestas: **Gramíneas e Áreas Urbanas** e **Gramíneas** e inferior ao tamanho médio dos fragmentos da **Baixada**, ambiente de elevada degradação e domínio de áreas urbanas (figura 36). Isto indica que, no trecho que cruza a paisagem **Gramíneas e Fragmentos** a BR-040 passa entre muitos fragmentos

pequenos, formando um corredor de floresta em bom estado de conservação, com fragmentos de mata decídua, mas em área de matriz da paisagem formada por gramíneas.

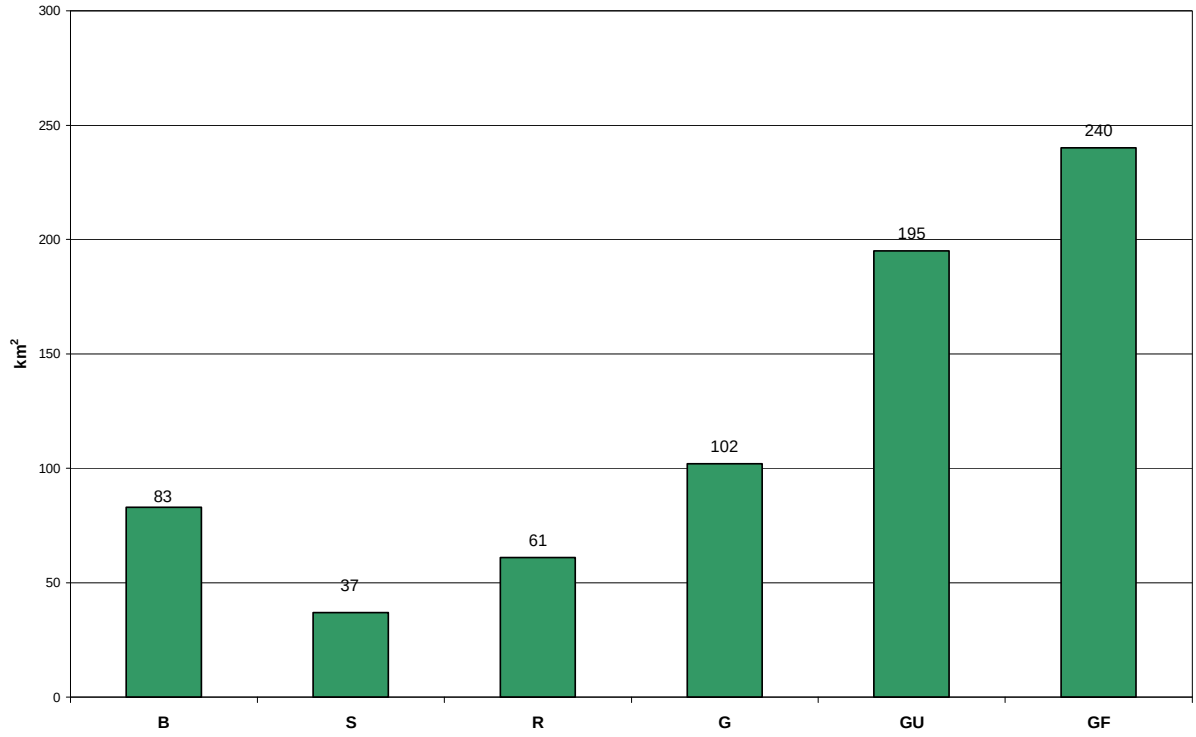

Figura 35 – Número de fragmentos florestais, por recorte de paisagem.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

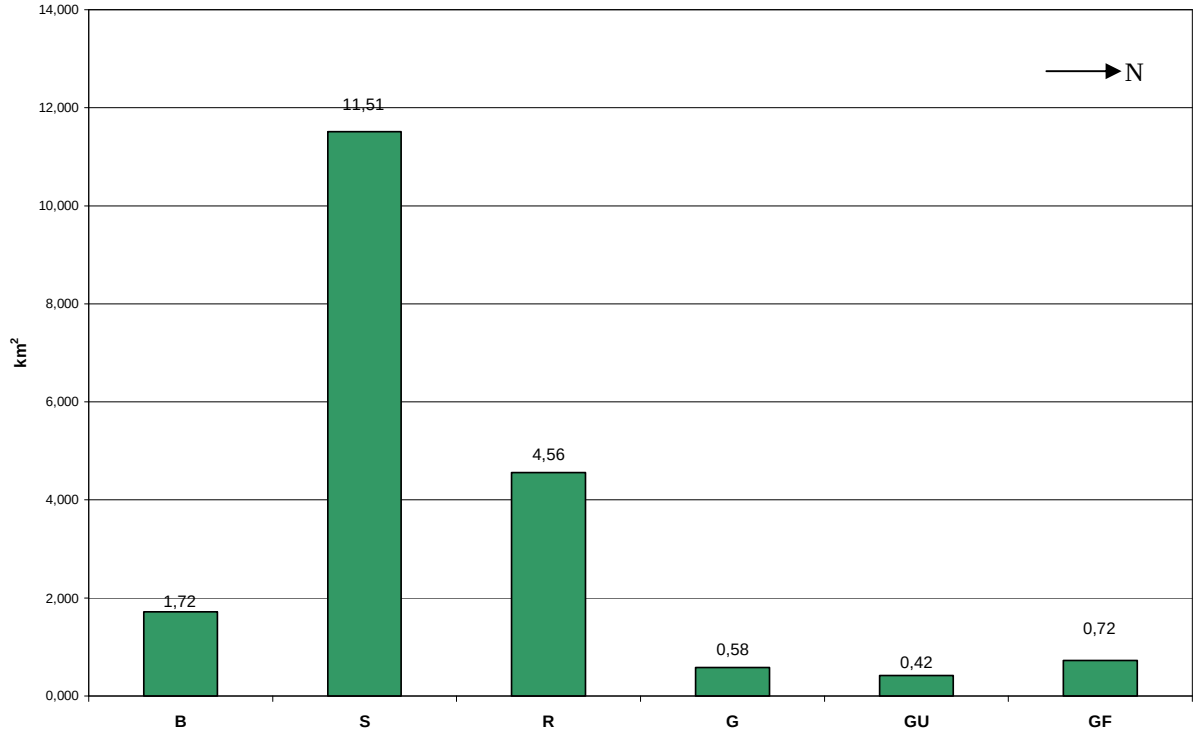

Figura 36 – Tamanho médio dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem.

Por outro lado, no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** a floresta é formada por poucos fragmentos de grande porte, com a BR-040 cruzando o meio dos fragmentos, especialmente em sua pista de subida, pois estes formam, em uma escala de maior detalhe, a matriz da paisagem. Portanto, há uma interação mais direta entre a mata e a rodovia neste recorte de paisagem, tanto pelas florestas serem dominantes, como pela BR-040 cruzar os fragmentos e não as demais classes de cobertura vegetal e uso do solo.

A **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** apresenta situação semelhante àquela observada para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, mas com um número maior de fragmentos e, sobretudo, um tamanho médio desses fragmentos inferior àquele observado para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, a despeito de ser mais elevado que o dos demais tipos de paisagem.

Vale destacar o tamanho médio relativamente elevado dos fragmentos florestais situados na **Baixada**. Porém, mais uma vez, deve ser ressaltado que os mesmos encontram-se, em sua maioria, isolados por manchas urbanas, cuja permeabilidade ao movimento de animais silvestres é muito inferior ao dos demais tipos de uso do solo, de modo que a presença de fragmentos florestais pode não significar a viabilidade de populações de muitas espécies animais, em função de seu isolamento.

Isto inclusive é um problema no cálculo do ICF proposto por COUTINHO (2011) para uma aplicação direta na análise de paisagem focada no atropelamento de animais silvestres, pois a consideração das gramíneas e áreas com edificações como matrizes desfavoráveis com o mesmo peso não corresponde a realidade. Aplicar um peso maior para as áreas urbanas pode ser um ajuste adequado para análises futuras.

Estes resultados geraram um Índice de Fragmentação mais elevado para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, indicando que esta paisagem possui menor fragmentação florestal, seguido da **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e da **Baixada**. Os três recortes mais ao norte apresentaram índices menores, que indicam maior fragmentação, incluindo a paisagem **Gramíneas e Fragmentos**, que possui proporção e área absoluta de florestas relativamente elevadas, mas formada por muitos fragmentos (figura 37).

A qualidade da matriz, que depende da maior ou menor presença de matriz favorável e desfavorável e também da proporção total de matriz em relação à área total, apresentou semelhanças com os resultados da fragmentação, com as áreas de menor fragmentação florestal apresentando qualidades melhores da matriz, especialmente pela menor presença de matriz, mas também pela maior presença de Agricultura (na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**) e de Corpos Hídricos (na **Baixada**). A pouca presença de Áreas Edificadas elevou um pouco a

qualidade da matriz na paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos** e também na paisagem de **Gramíneas** em relação à paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas** (figura 38).

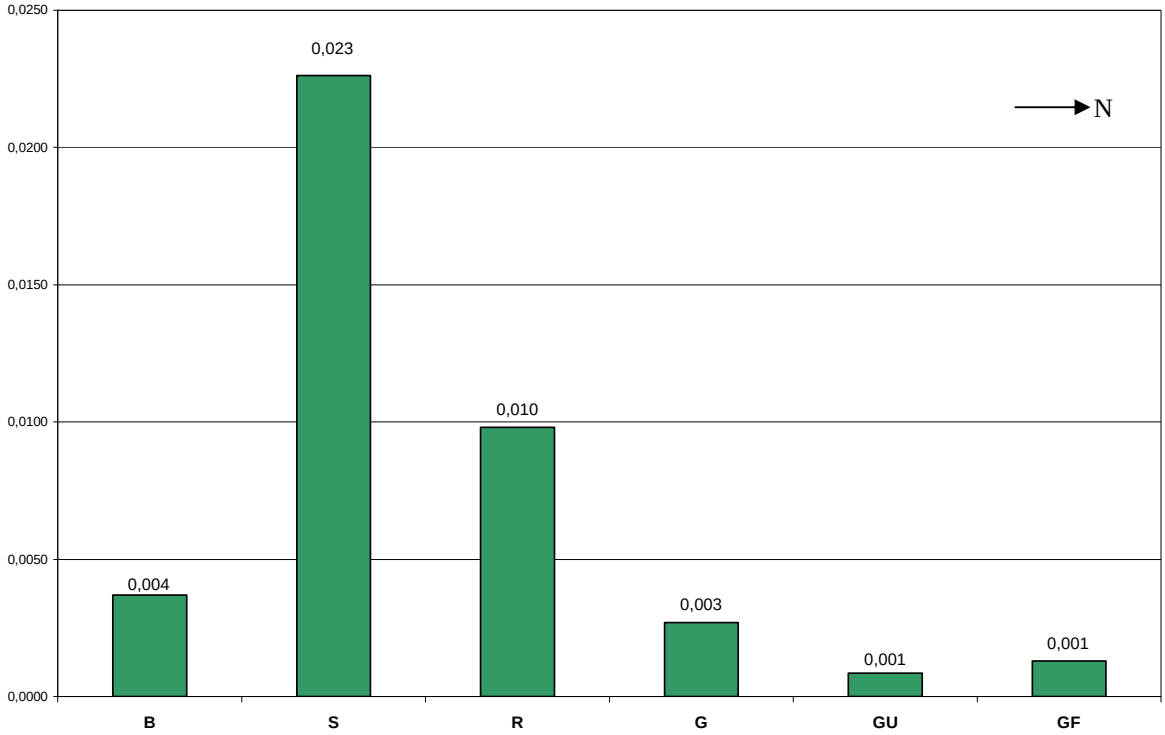

Figura 37 – Índice de Fragmentação (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem.
Quanto maior o índice, menor a fragmentação. B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

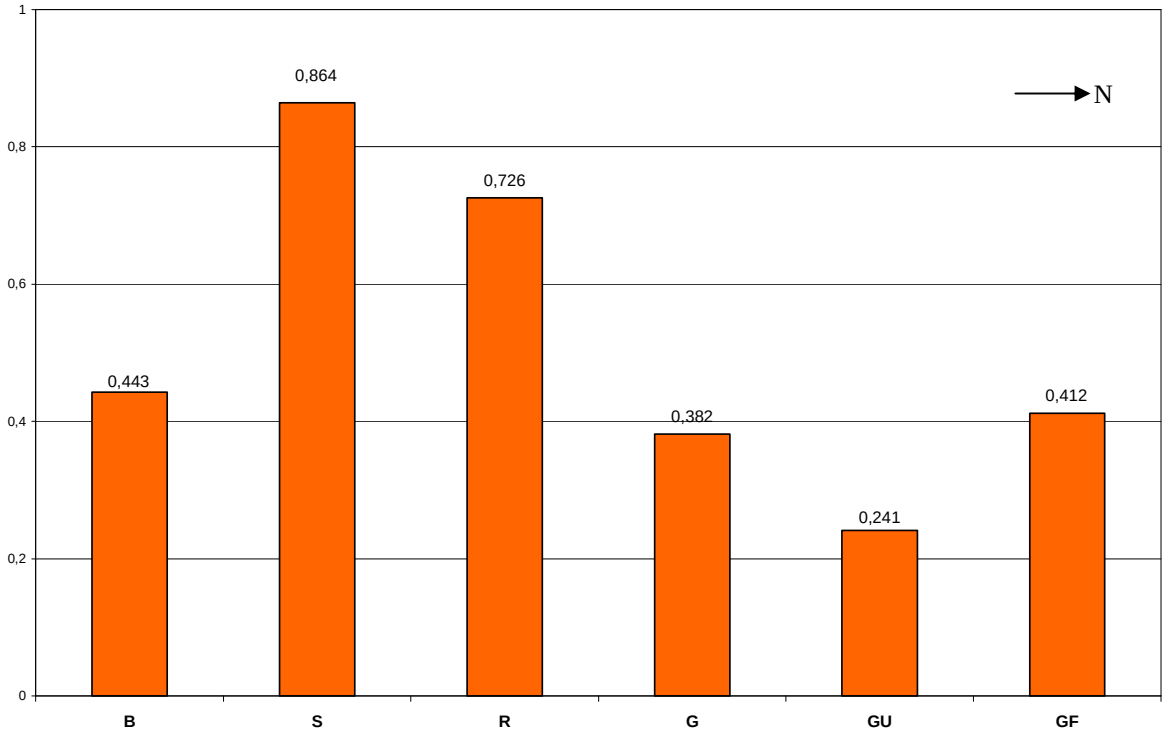

Figura 38 – Qualidade da Matriz, por recorte de paisagem.
Quanto maior o índice, melhor a qualidade da matriz no que concerne à conectividade florestal.

Além desses parâmetros, para avaliar a conectividade florestal é importante avaliar a distância mínima média dos fragmentos florestais, já que, independentemente da matriz, a princípio, quanto mais próximo cada fragmento de floresta estiver de outro fragmento, mais facilmente os animais podem passar de um ao outro.

Esta variável mostrou uma homogeneidade maior que os outros parâmetros para os seis tipos de paisagem. Porém, conforme esperado, a distância é menor entre os fragmentos no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, seguido pela **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**. Resultado mais surpreendente foi o da paisagem **Gramíneas**, que possui pouca floresta, proporcionalmente, fragmentos pequenos, mas que tem uma distância média de fragmentos inferior aos dos outros tipos de paisagem, com exceção daqueles relacionados ao corredor principal de florestas cruzado pela BR-040. Nessa questão é interessante ainda a elevada distância média entre os fragmentos florestais situados na **Baixada** e na paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**, indicando maior isolamento das matas nessas paisagens (figura 39).

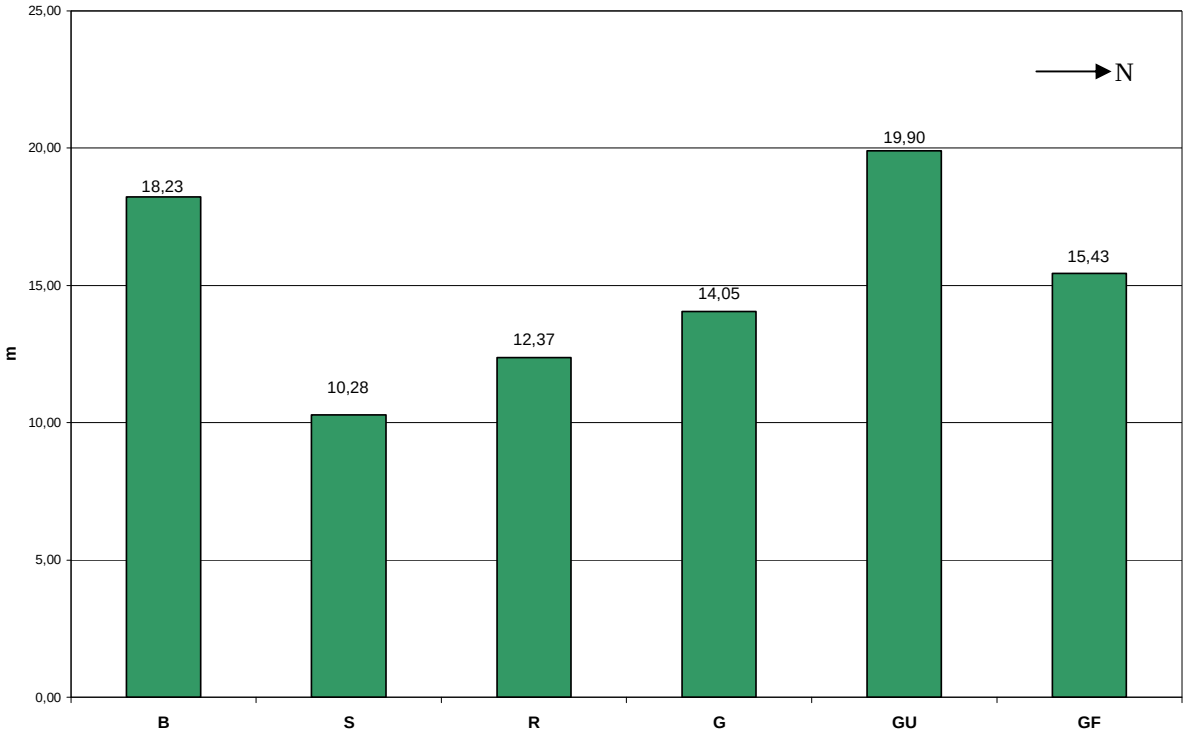

Figura 39 – Distância média dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Uma vez que o ICF é obtido a partir do Índice de Fragmentação, da Qualidade da Matriz e da Distância Mínima Média entre fragmentos, este índice reflete diretamente os parâmetros acima analisados. Assim, o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** foi

considerado o recorte de paisagem com maior ICF na escala de 1:250.000, seguido pela **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, pela **Baixada** e por **Gramíneas e Fragmentos** (ambos com valores muito próximos). **Gramíneas** e **Gramíneas e Áreas Urbanas** apresentaram os menores valores para o ICF, especialmente este último recorte de paisagem (figura 40).

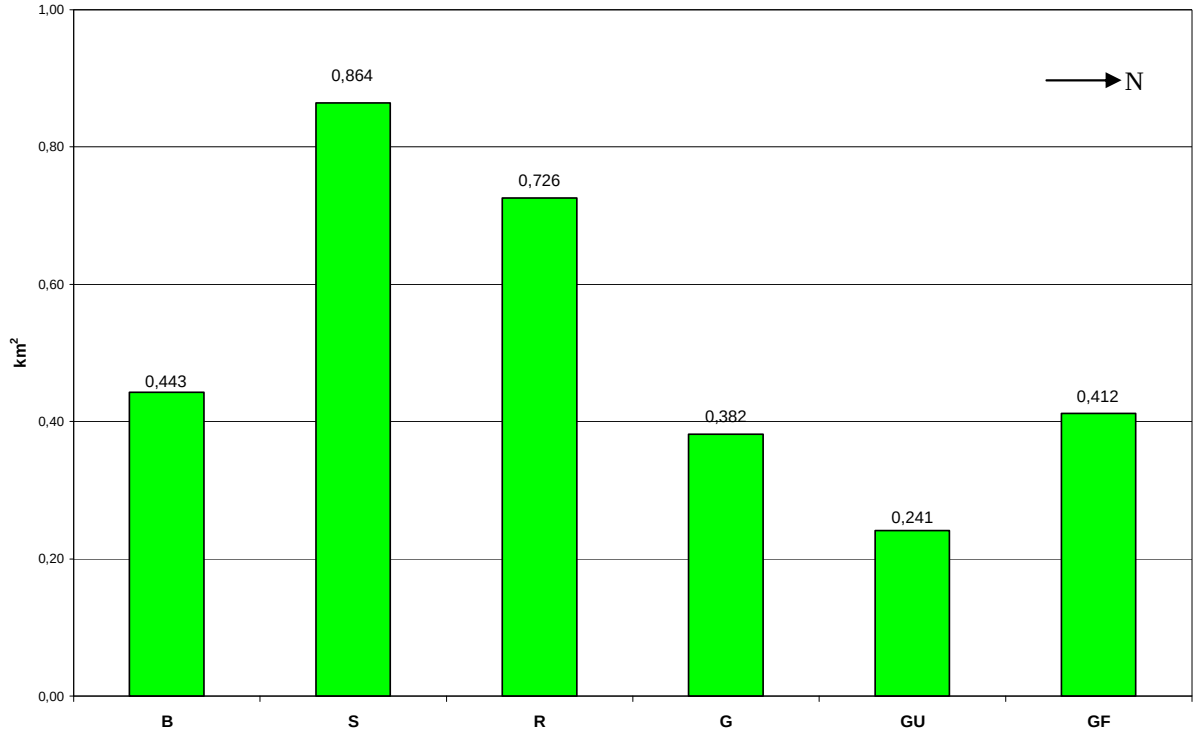

Figura 40 – Índice de Conectividade Florestal (ICF) (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem.

6.2 Escala de 1:2.000 – Faixa de 0,5 km.

O total da área analisada para a escala de 1:2:000 foi de 165 km^2, incluindo as sobreposições das faixas no entorno dos seis diferentes tipos espaciais. Diferentemente do mapeamento de 10 km, para o mapa de detalhe a paisagem do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** é a que apresenta a maior área de análise, pois neste trecho ambas as pistas correm separadamente, de forma que houve individualização de áreas do entorno para cada pista, que foram somadas para se chegar ao total de área desse recorte espacial na escala de 1:2.000. Assim, a área de estudo do recorte de paisagem denominado **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, para a faixa de 0,5 km no entorno da BR-040, é de 44,34 km^2, equivalentes a 26% da área de estudo.

As demais paisagens têm extensão semelhante, variando entre 23 e 31 km^2. Mais uma vez a exceção é a paisagem denominada **Gramíneas**, que apresenta a menor área de análise (quadro 11).

Quadro 11 – Área de análise dos tipos de Paisagem para a escala de 1:2.000

PAISAGEM		Area (km^2)	%
Gramíneas e Fragmentos	GF	31,04	18,7
Gramíneas e Áreas Urbanas	GU	28,25	17,0
Gramíneas	G	12,89	7,8
Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra	R	26,17	15,8
Corredor de Vegetação da Serra do Mar	S	44,34	26,8
Baixada	B	23,03	13,9
	Total	**165,71**	**100**

6.2.1 Cobertura Vegetal e Uso do Solo

Análise da cobertura vegetal e uso do solo na faixa de 0,5 km no entorno da rodovia e em escala de detalhe mostra uma situação semelhante à observada para a escala mais ampla, com maior proporção das classes Gramíneas e Florestas. Porém, para a escala de detalhe as Gramíneas são mais abundantes do que as florestas, recobrindo mais de 61 km^2, equivalentes a 37% da área de estudo. Já as florestas recobrem cerca de 52 km^2, sendo 46 km^2 de formações em Estágio Médio/Avançado de Sucessão (quadro 12).

A terceira classe com maior abrangência espacial é a Área Ocupada por Edificações, indicando a forte relação entre a presença de rodovias e a ocupação humana. Vegetação Arbustiva também é uma classe que ganha importância relativa na escala de detalhe.

Quadro 12 – Área e proporção da área total das classes do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:250.000 (PROBIO, 2007) na faixa de 10 km de cada lado da BR-040

Classe	Área (Km^2)	%
Afloramento rochoso	1,50	0,9
Agricultura	0,85	0,5
BR-040	3,82	2,3
Brejo	1,59	1,0
Corpos hídricos	3,12	1,9
Ferrovia	0,04	0,0
Floresta em estágio inicial de sucessão	8,05	4,9
Floresta em estágio médio/avançado de sucessão	46,34	28,0
Gramíneas	61,52	37,1
Silvicultura	0,99	0,6
Solo exposto	3,04	1,8
Vegetação arbustiva	8,70	5,3
Vegetação rupestre	0,25	0,1
Área ocupada com edificações	25,91	15,6
Total	**165,71**	**100**

Ao se dividir esses dados pelos tipos de paisagem (figuras 41 e 42) é possível observar que na **Baixada** a situação dos 0,5 km no entorno da BR-040 é semelhante ao observado

para os 10 km, com a dominância de Áreas Ocupadas com Edificações, que cobrem 11,3 km^2, correspondentes à quase metade desse recorte espacial na escala de 1:2.000.

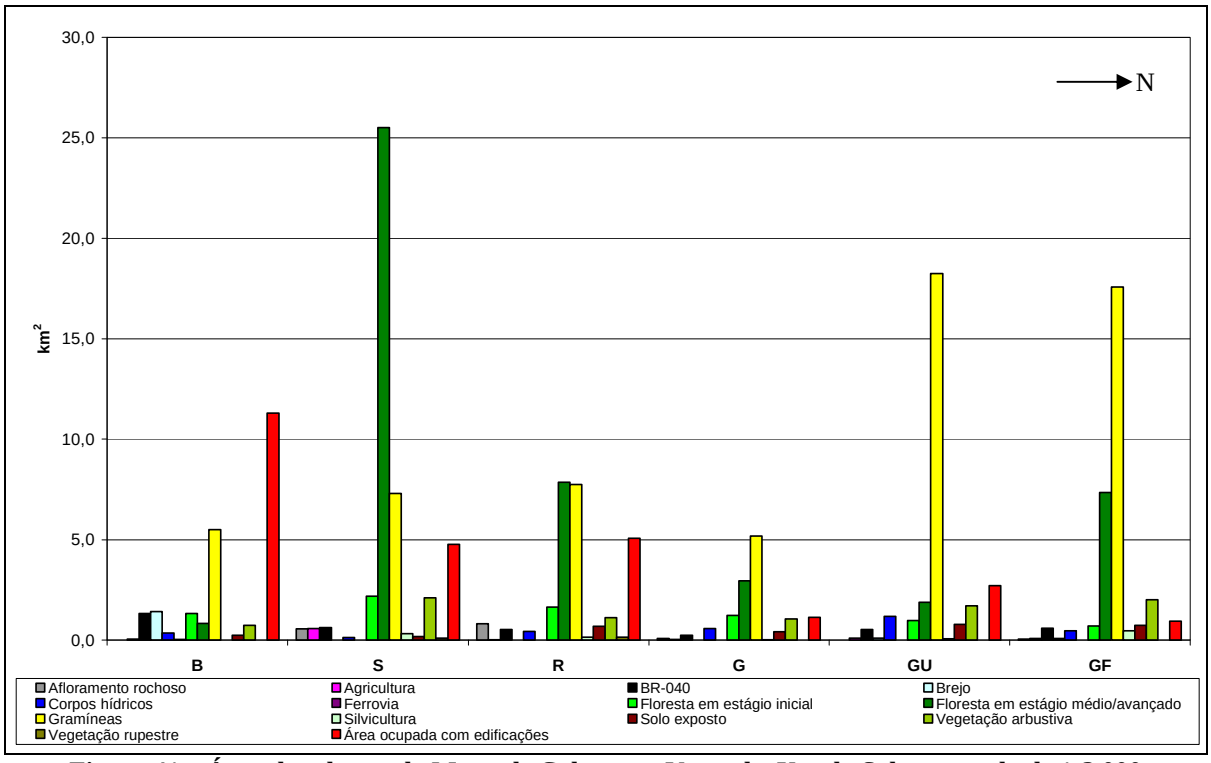

Figura 41 – Área das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo na escala de 1:2.000 (CONCER, 2012) por recorte de paisagem.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

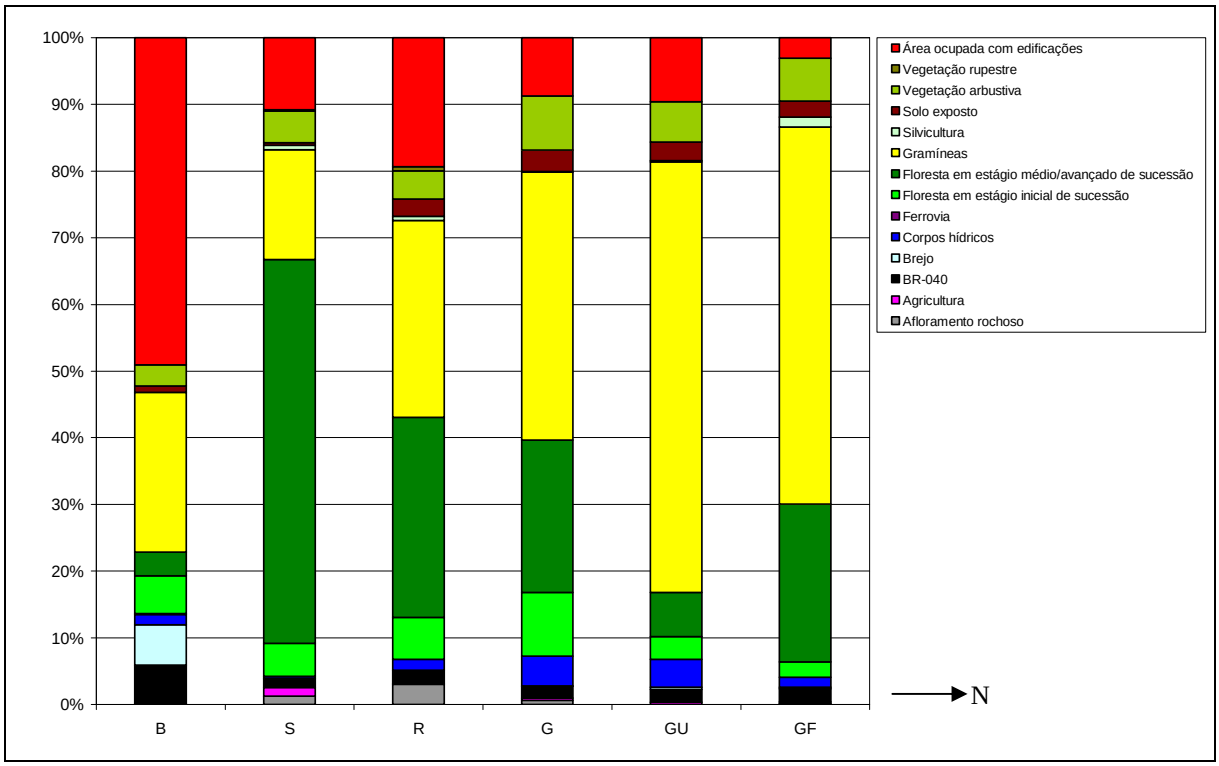

Figura 42 – Proporção das classes do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo (CONCER, 2012) por recorte de paisagem (em relação à área total de cada de paisagem).

Nessa escala, há escassez de florestas na **Baixada**. Mesmo as formações em Estágio Inicial de Sucessão, que marcam presença importante na faixa de 10 km, são poucas.

As Gramíneas são a segunda classe mais abundante na **Baixada**, dominando a maior parte das áreas onde não há edificações. Todas as demais classes são pouco representativas espacialmente.

Mesmo assim, é importante ressaltar a presença de ecossistemas brejosos, uma vez que essas formações ocupam mais de 1,4 km^2 na **Baixada**, e representam 6,5% da área total desse recorte espacial. Em nenhum outro recorte de paisagem há uma área de brejos representativa, com essa classe do mapa de cobertura vegetal e uso do solo correspondendo à 0,35% ou menos da área total dos demais recortes de paisagem. Este fato pode influenciar no atropelamento de algumas espécies típicas desse ambiente.

Por fim, na **Baixada** é relevante ainda a área classificada como BR-040, que abarca mais de 5% de todo esse recorte espacial. Isto é reflexo da largura da rodovia na porção sul dessa paisagem, pois cada pista é formada por 3 a 5 faixas de rolamento, sendo muito mais largas que as pistas dos demais tipos de paisagem e que a pista situada na **Baixada** nas proximidades da Serra do Mar. Tendo em vista que o tráfego nesse trecho é muito elevado, correspondente à largura das pistas, esse dado mostra que o efeito dos animais silvestres evitarem a BR-040 no trecho de **Baixada** tende a ser elevado.

Distintamente da faixa de 10 km, na faixa de 0,5 km no entorno da BR-040, as florestas apresentam-se dominantes apenas no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (na faixa de 10 km eram dominantes também na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**), onde estão mais de 25km^2 de mata, correspondentes a 62,5% da área total deste recorte de paisagem, sendo que 57% são Florestas em Estágio Médio/Avançado de Sucessão. Essa proporção é inferior àquela obtida para esse mesmo recorte de paisagem na faixa de 10 km de cada lado da rodovia (83% de florestas, sendo 70% em Estágio Médio/Avançado de Sucessão), o que indica um efeito de degradação da mata no entorno mais próximo a BR-040 mesmo na área de escarpa da serra e de entorno (e interior) da REBIO Tinguá, como é comum acontecer no entorno de rodovias.

As matas dominam as encostas e topos de montanha assim como o fundo dos vales mais encaixados. Parte dessa floresta situada nos 0,5 km no entorno da BR-040 está inserida na REBIO Tinguá, especialmente no entorno da pista sentido Rio de Janeiro. É importante ressaltar que essas matas se caracterizam pelo elevado nível de conservação, mesmo em fragmentos vizinhos à mata, de modo que é esperado que populações de animais silvestres ocupem o entorno próximo à BR-040 de forma frequente, com as restrições impostas pelos mecanismos de evitamento típicos de diversas espécies animais (JAEGER & FAHRIG, 2004, JAEGER *ET. AL.*, 2005).

As Gramíneas são a segunda classe mais abundante nos 0,5 km no entorno da BR-040 na paisagem denominada **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, com 16,44% desse recorte espacial, concentrados na Faixa de Domínio da Rodovia[10] e na parte baixa da serra, mas ocorrendo também, de forma mais esparsa, em meio à floresta em áreas de encosta e fundos de vale.

É importante destacar ainda no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** a elevada proporção de Áreas Ocupadas com Edificações, que totalizam quase 5 km^2, ou pouco mais de 10% da área total desse recorte de paisagem. Estas edificações estão preferencialmente situadas no entorno da pista sentido Juiz de Fora, que passa muito próxima à mancha urbana principal do município de Petrópolis. Mas também esparsas em outros pontos da paisagem, inclusive na escarpa de falha da Serra do Mar.

A Vegetação Arbustiva também apresenta importância relativa nesse recorte de paisagem, ocupando mais de 4% da área total, em manchas esparsas no entorno de matas e gramíneas.

A Agricultura, mesmo que ocupe apenas 1,3% da área desse recorte, apresenta uma proporção bem mais elevada no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** do que nos demais tipos de paisagem, diferentemente do observado para a faixa de 10 km. Tendo em vista o papel desempenhado pelas áreas agrícolas na atratividade de diferentes espécies animais (JACOMO et. al., 1996; BAGER et. al., 2007; REZINI, 2010; ROSA & BAGER, 2012), a presença maior dessas áreas nas proximidades da estrada pode ser um atrativo a mais para os animais silvestres nesse trecho da BR-040.

Na paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** a situação na faixa de 0,5 km do entorno da estrada é distinta da situação encontrada na faixa de 10 km. Enquanto na área mais ampla as florestas dominam a paisagem, no entorno mais próximo ss florestas dividem espaço com as Gramíneas. As matas ocupam cerca de 36% desse recorte espacial, sendo 30% de formações em estágio médio ou avançado de sucessão. As Gramíneas ocupam outros 30%, com mais de 7 km^2 de área total.

Outra importante diferença entre as escalas na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** está relacionada às áreas edificadas. Enquanto na faixa de 10 km (escala de 1:250.000) esta classe é pouco relevante para este recorte de paisagem, na faixa de 0,5 km (1:2.000) as áreas edificadas ocupam 19,35% deste recorte espacial, mostrando que o entorno imediato à rodovia é ocupado de forma muito mais intensa, o que pode afetar os atropelamentos de animais, tendo em vista que muitas espécies tendem a evitar as áreas urbanas.

[10] Áreas relacionadas diretamente à gestão da BR-040, como canteiros, contenções de encosta, faixas marginais, etc.

Há ainda nesse recorte de paisagem uma proporção importante de corpos d'água, correspondendo aos rios da Cidade e Piabanha, que correm próximos à BR-040 em grande parte do trecho e não foram identificados na escala de 1:250.000.

Assim como observado para a faixa de 10 km, a faixa de 0,5 km no entorno da BR-040, nos três tipos de paisagem situados mais a norte, apresenta domínio de gramíneas, que formam a matriz da paisagem. No trecho **Gramíneas e Áreas Urbanas** está a maior proporção de ocupação por esta classe, atingindo 64% da área total desse recorte espacial, correspondendo a 18,25 km^2. A paisagem denominada **Fragmentos e Gramíneas** possui 17,57 km^2 de Gramíneas, equivalentes a pouco mais de 56% de sua área total. O trecho denominado **Gramíneas**, que possui a maior proporção da classe Gramíneas na faixa de 10 km, apresenta somente 40% de cobertura por esta classe na faixa de 0,5 km.

Isto ocorre, pois no entorno mais próximo à BR-040 a distribuição dos fragmentos florestais é um pouco distinto daquele descrito para a faixa de 10 km.

No trecho de 0,5 km mapeado em escala de detalhe, a paisagem denominada **Gramíneas** apresenta 32% de cobertura florestal, proporção elevada quando comparada àquela obtida para esse mesmo recorte de paisagem na faixa de 10 km.

Esta proporção é, inclusive, maior do que aquela observada para a paisagem **Gramíneas e Fragmentos,** que possui 25% de cobertura florestal na faixa de 0,5 km. Mas a proporção de cobertura da classe Florestas em Estágio Médio/Avançado é maior nesse último recorte, onde abarca 23,6% do total, ou 7,3 km^2, contra 22,8% do recorte de paisagem denominado **Gramíneas.** Além disso, em termos absolutos **Gramíneas e Fragmentos** apresenta uma área muito maior de matas que o trecho **Gramíneas**, indicando uma massa importante de florestas conservadas, mesmo no entorno mais próximo à rodovia.

Porém, na faixa de 0,5 km no entorno da BR-040, **Gramíneas e Fragmentos** apresenta uma proporção muito mais elevada da classe Gramíneas do que a paisagem denominada **Gramíneas** nessa mesma faixa, diferindo bastante do que ocorre na faixa de 10 km, na qual a proporção de Gramíneas nesse último recorte espacial é mais elevada.

As Áreas Ocupadas com Edificações também diferenciam a paisagem **Gramíneas** da paisagem **Gramíneas e Fragmentos**, na faixa de 0,5 km no entorno da BR-040. Nesse último recorte essa classe do mapa tem pouca relevância proporcional, ocupando apenas 3% da área total. Já na paisagem denominada **Gramíneas** as Áreas Ocupadas com Edificações correspondem a quase 9%.

Proporção ligeiramente superior é observada para a paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**. Situação distinta daquela descrita para a faixa de 10 km, onde a proporção de áreas edificadas nesse último trecho é significativamente maior que no trecho de **Gramíneas**. Isto mostra que no trecho **Gramíneas e Áreas Urbanas** a ocupação humana é

mais ampla na paisagem, mas no que concerne ao entorno mais próximo a BR-040, é parecida com a ocupação existente na paisagem denominada **Gramíneas**.

Já o trecho **Gramíneas e Fragmentos** possui uma proporção reduzida de áreas com edificações tanto na faixa de 10 km, quanto de 0,5 km.

6.2.2 Fragmentação Florestal

A área de 0,5 km analisada na escala de 1:2.000 apresentou domínio ainda maior das classes de uso do solo que formam a matriz da paisagem que aquele observado para a faixa de 10 km, com uma abrangência de 67,2% de matriz, sendo quase 55% correspondentes a áreas edificadas ou gramíneas, consideradas matrizes desfavoráveis. Os fragmentos florestais recobrem 32,8% da área total analisada (quadro 13).

Quadro 13 – Área e proporção da área total dos fragmentos florestais e da matriz, levantados partir do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do na escala de 1:2.000 (CONCER, 2012) na faixa de 500m de cada lado da BR-040

Classes	Area (Km^2)	%
Fragmentos florestais	54,39	32,82
Matriz desfavorável	91,29	55,09
Matriz favorável	20,03	12,08

Na distribuição de fragmentos e matriz pelos tipos de paisagem os resultados para os 0,5 km no entorno da BR-040 são semelhantes àqueles apresentados para os 10 km no que diz respeito ao **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, com este recorte de paisagem apresentando maior proporção de fragmentos florestais do que de matriz, possuindo pouca presença de matriz desfavorável e favorável (figuras 43 e 44).

Porém, no que concerne à **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, ao contrario do observado para a faixa de 10 km, o predomínio é de matriz desfavorável. Mas a presença de fragmentos florestais é relevante, também na faixa de 0,5 km.

Nos demais tipos de paisagem ocorre o mesmo, com as matrizes desfavoráveis cobrindo áreas maiores da paisagem, sendo que na **Baixada** essa matriz é formada, basicamente, por Áreas Ocupadas por Edificação, e nos demais tipos de paisagem é formada por gramíneas.

Vale ressaltar, assim como foi observado para a faixa de 10 kms, que na faixa de 0,5 km também há importante presença de fragmentos no trecho **Gramíneas e Fragmentos**, especialmente em valores absolutos, a maior parte composta por formações em estágio médio/avançado de sucessão ecológica.

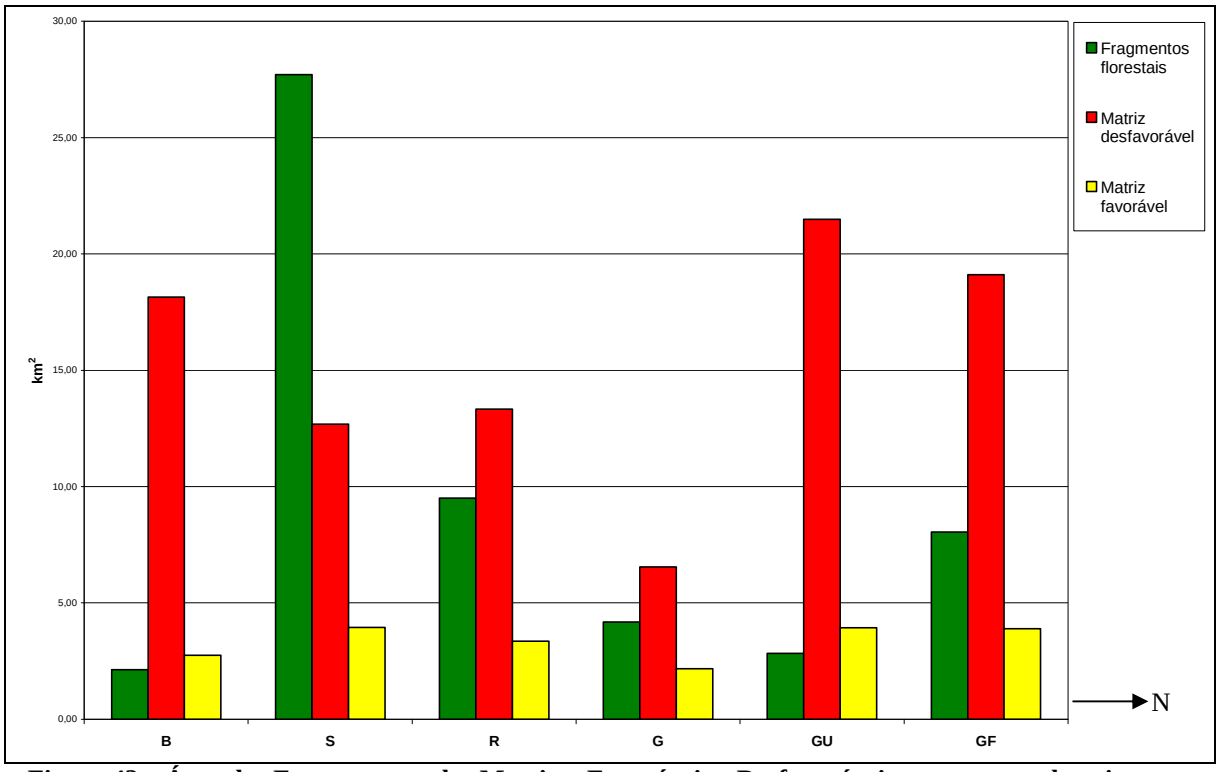

Figura 43 – Área dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem. B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

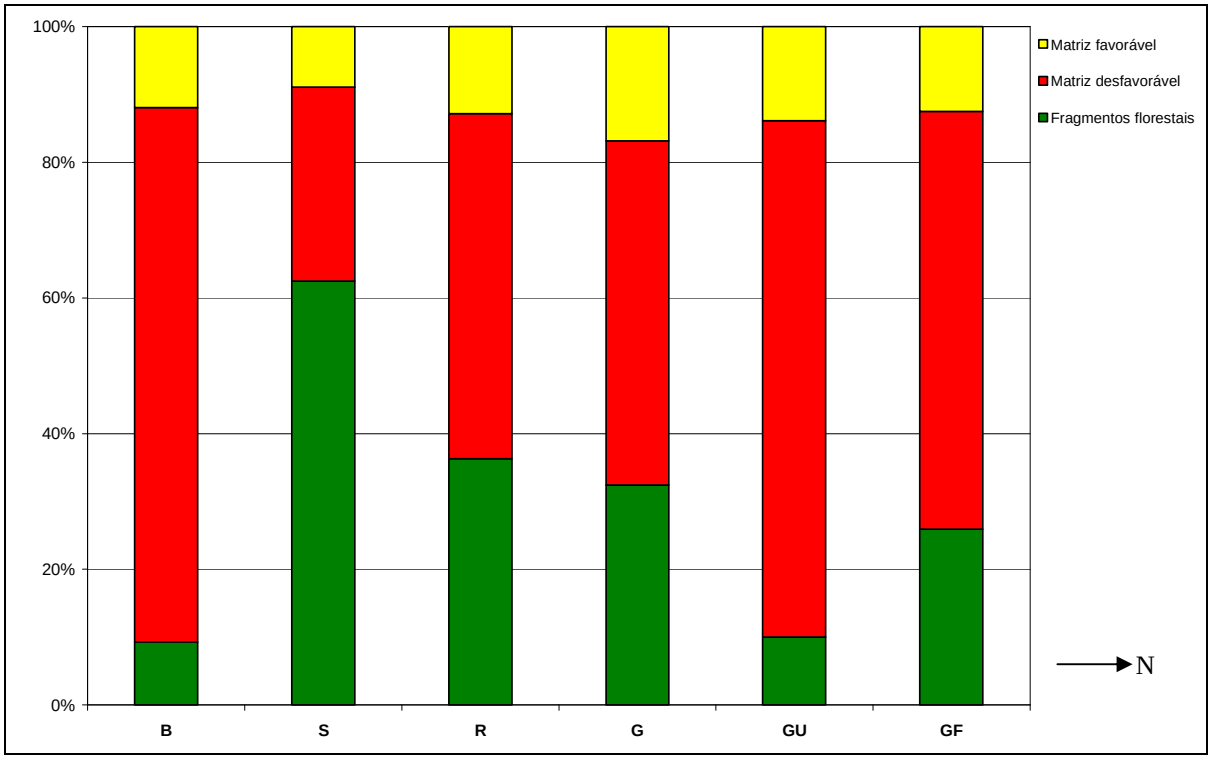

Figura 44 – Proporção dos Fragmentos e das Matrizes Favoráveis e Desfavoráveis, por recorte de paisagem.

Interessante é a situação da paisagem de **Gramíneas**, que apresenta uma proporção bastante elevada de Fragmentos e Matriz Favorável se comparado à essa mesma paisagem

na faixa de 10 km, em função da maior presença proporcional de florestas na faixa de 0,5 km e também de corpos d'água.

Na análise da fragmentação na escala de 1:2.000 os resultados apresentam diferenças importantes em relação à escala de 1:250.000, mostrando que características da fragmentação florestal dependem do recorte espacial e da escala de análise. Especialmente quando há a polarização do território em relação a uma rodovia de grande fluxo de tráfego, acentuando diferenças entre o entorno imediato dessa rodovia e a paisagem em uma faixa de 10 km de cada lado da mesma.

A quantidade de fragmentos encontrada em cada um dos tipos de paisagem é mais homogênea na escala de detalhe que na escala mais ampla. Enquanto na faixa de 10km e escala 1:250.000 a paisagem do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** apresentava um número inferior de fragmentos em comparação a todos os demais tipos de paisagem, inclusive o recorte espacial denominado **Gramíneas** (que é muito menor e apresenta uma proporção e uma área total de floresta muito inferior); no entorno de 500m e escala de 1:2.000 a paisagem **Gramíneas** apresenta a menor quantidade de fragmentos (refletindo seu menor tamanho), enquanto as demais apresentam quantidades semelhantes, com o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** apresentando números ligeiramente inferiores aos demais tipos de paisagem. Exceção é a **Baixada**, que possui um número de fragmentos mais elevado, apresentando uma distribuição espacial da floresta na escala de detalhe mais fragmentada. Este é o recorte de paisagem com o maior número de fragmentos nos 0,5 km no entorno da BR-040, a despeito de ser o que possui a menor superfície total de florestas nessa faixa (figura 45).

Isto significa que a **Baixada**, nos 0,5 km no entorno da BR-040, possui fragmentos florestais com um tamanho médio reduzido, o menor entre todos os tipos de paisagem aqui definidos. Este tamanho médio é 20 vezes menor que o tamanho médio dos fragmentos inseridos na paisagem do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e pelo menos 4,5 vezes inferior ao tamanho médio dos fragmentos encontrados na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, na paisagem denominada **Gramíneas** e na paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos**. **Gramíneas e Áreas Urbanas** também apresenta um tamanho médio bastante inferior às demais paisagens, exceto à **Baixada**, indicando que a concentração urbana no entorno da estrada gera um processo importante de fragmentação da floresta (figura 46).

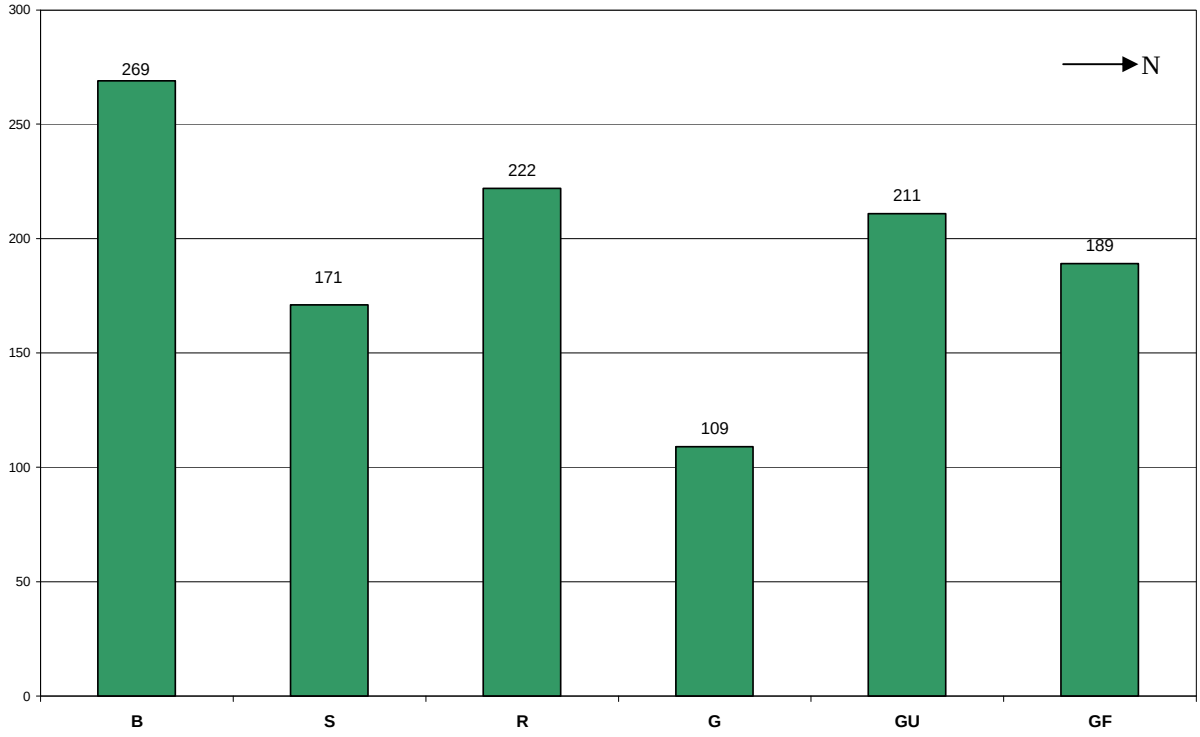

Figura 45 – Número de fragmentos florestais, por recorte de paisagem.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

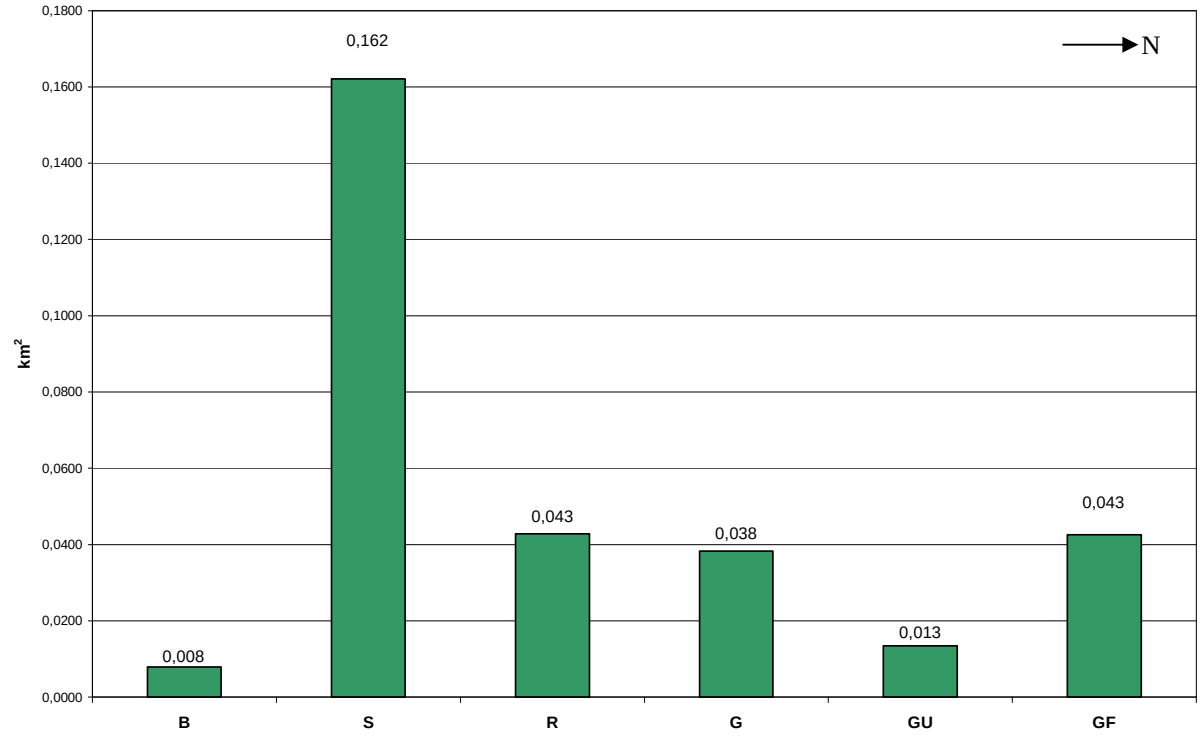

Figura 46 – Tamanho médio dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem.

Os resultados apresentados geraram um Índice de Fragmentação mais elevado para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** para os 0,5 km no entorno de cada lado da BR-

040, confirmando que este é o ambiente de menor fragmentação da floresta também em escala de detalhe (figura 47).

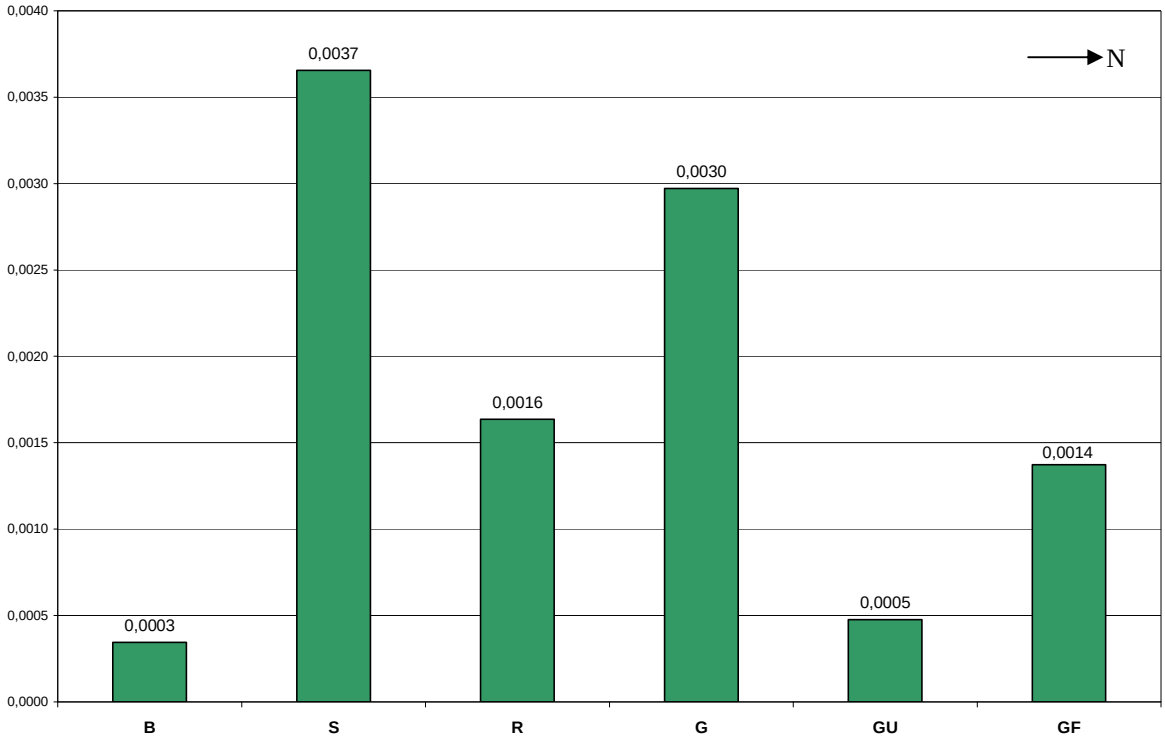

Figura 47 – Índice de Fragmentação (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem. Quanto maior o índice, menor a fragmentação.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Uma questão importante nos resultados do Índice de Fragmentação foi a avaliação da fragmentação para a paisagem **Gramíneas,** indicando menor fragmentação florestal desta paisagem na faixa de 0,5 km do que todas as demais paisagens, com exceção do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**. Este fato deriva da maior proporção de floresta existente nessa paisagem em relação à área total, de forma que possui um tamanho médio de fragmentos semelhante ao das paisagens **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e **Gramíneas e Fragmentos**, mas formado por um número proporcionalmente maior de fragmentos (em relação à área de cada recorte de paisagem). Esse situação é distinta daquela descrita para a escala de 1:250.000 e faixa de 10 km de cada lado da rodovia, na qual o Índice de Fragmentação da paisagem de **Gramíneas** indicou fragmentação mais elevada que na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra e na Baixada.**

O Índice de Fragmentação para a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e para **Gramíneas e Fragmentos** nos 0,5 km de cada lado da BR-040 possui valores intermediários e praticamente iguais. Isto não ocorre em escala mais ampla, na qual o

primeiro recorte de paisagem apresentou-se menos fragmentado que o segundo tipo (apresentou um Índice de Fragmentação maior). Esta diferença entre escalas e faixas de análise reflete a maior fragmentação florestal da paisagem **Gramíneas e Fragmentos** em uma escala mais geral, na qual apresenta uma massa florestal relevante, mas formada por muitos fragmentos; em comparação com a escala de detalhe e a faixa mais próxima à rodovia, onde a fragmentação é semelhante para as duas paisagens.

Gramíneas e Áreas Urbanas e a **Baixada** apresentam os menores Índice de Fragmentação, significando que são as paisagens de maior fragmentação florestal, como o esperado.

A qualidade da matriz também é mais elevada no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, em função da maior proporção de Matriz Favorável em relação à Desfavorável, especialmente em função das áreas de Agricultura e Vegetação Arbustiva e da menor área de matriz (figura 48).

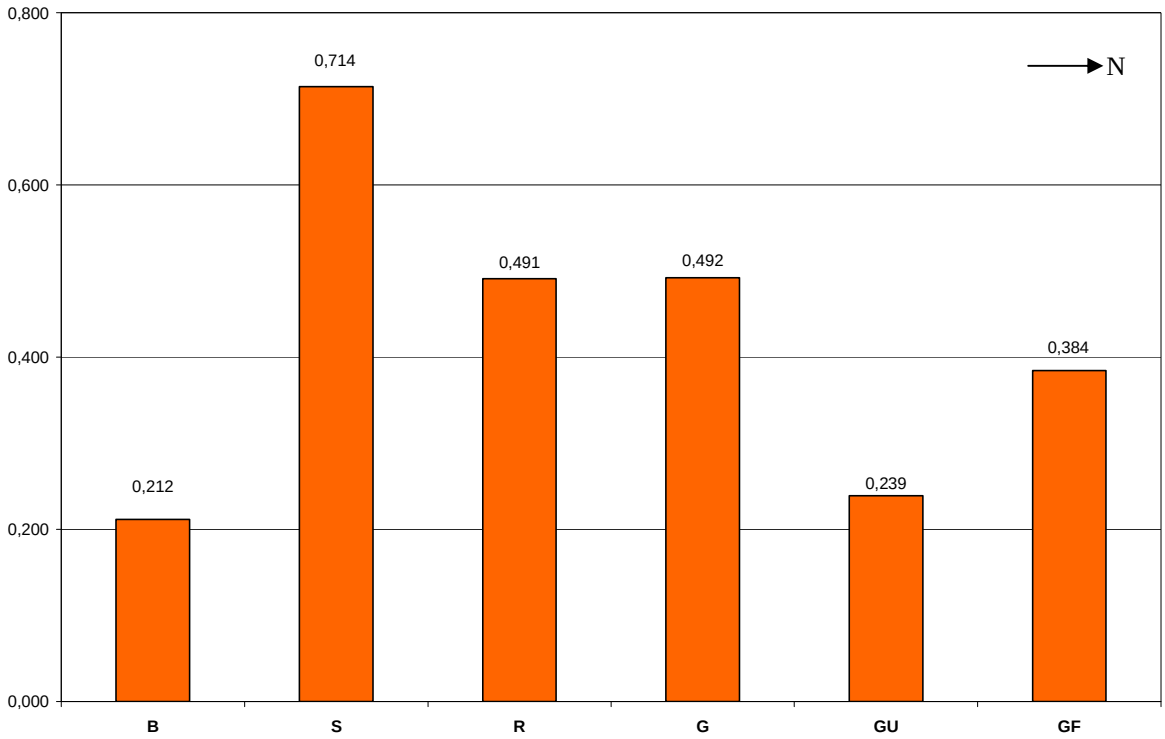

Figura 48 – Qualidade da Matriz, por recorte de paisagem. Quanto maior o índice, melhor a qualidade da matriz no que concerne à conectividade florestal.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

A **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e a paisagem **Gramíneas** apresentam um valor inferior de Qualidade da Matriz em relação à serra, mas ainda assim superior ao dos demais recortes de paisagem. No caso da borda do corredor, Agricultura e a Vegetação Rupestre são as principais Matrizes Favoráveis e a Gramínea a Matriz

Desfavorável mais ampla. Já na paisagem **Gramíneas**, os principais componentes da Matriz Favorável são a Vegetação Rupestre e os Corpos Hídricos (grandes rios presentes nessa paisagem, especialmente o Piabanha, que possui uma barragem nesse trecho, às margens da BR-040). Na **Baixada** e na **Gramíneas e Áreas Urbanas** a elevada presença de Gramíneas e de Áreas Ocupadas com Edificações gerou uma baixa Qualidade de Matriz, mesmo com a presença do rio Paraíbuna correndo ao lado de boa parte da BR-040 no último recorte de paisagem e apesar da presença de grandes rios no primeiro recorte de paisagem, o que elevou um pouco a matriz favorável ao movimento dos animais.

A distância entre os fragmentos em cada paisagem na faixa de 0,5 km reforça ainda mais a diferença na conectividade florestal entre o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e as demais paisagens também nessa escala. Nessa paisagem, além de menor fragmentação e maior qualidade da matriz, há a menor distância média entre os fragmentos de floresta (figura 49), favorecendo ainda mais a conectividade florestal .

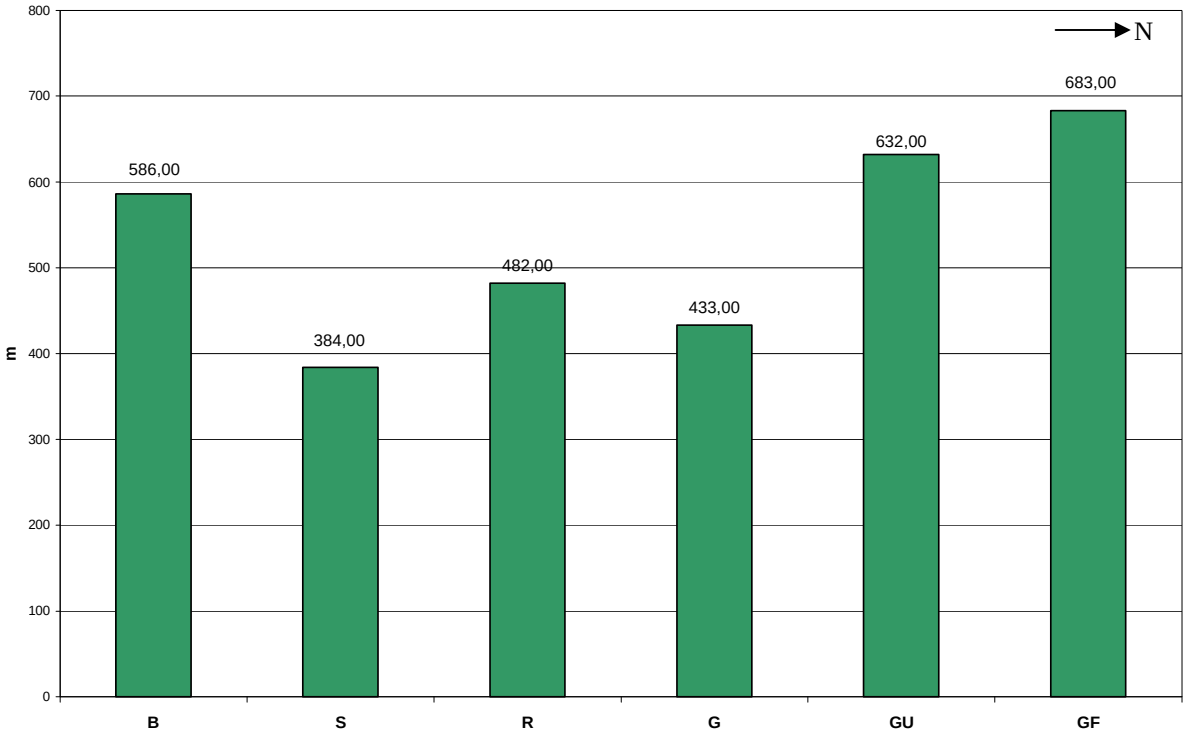

Figura 49 – Distância média dos fragmentos florestais, por recorte de paisagem.
B - Baixada; S – Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Nesse aspecto, a paisagem **Gramíneas** apresenta destaque positivo, apresentando uma distância mínima média entre fragmentos semelhante àquela encontrada para a serra. Isto ocorre pela elevada proporção de floresta em relação à matriz observada nessa paisagem.

Por outro lado, a paisagem **Gramíneas e Fragmentos** apresentou a maior distância média entre os fragmentos, em função da elevada proporção de gramíneas desse recorte

espacial. Tendo em vista que a massa florestal nesse recorte de paisagem é grande tanto na faixa de 10 km, quanto na faixa de 0,5 km de cada lado da BR-040, que o tamanho médio de fragmentos é intermediário em relação às demais paisagens e que o número total de fragmentos também é intermediário, a explicação para a maior distância entre fragmentos nessa paisagem é a elevada proporção de matriz. Este fato pode influir decisivamente nos atropelamentos de fauna silvestre, já **Gramíneas e Fragmentos** apresenta uma massa de florestas relevante também nos 0,5 km mais próximos à rodovia, mas apresenta uma distância maior entre os fragmentos que as demais paisagens, gerando necessidade dos animais se deslocarem por maiores distâncias para atingir os diferentes fragmentos em busca de recursos, cruzando mais vezes a estrada. Este resultado é semelhante ao apresentado para esta paisagem na faixa de 10 km de cada lado da rodovia, indicando que em ambas as faixas e escalas de análise os animais silvestres têm maior necessidade de deslocamento nessa paisagem quando buscam passar de um fragmento para outro.

Vale ressaltar que essa maior distância entre fragmentos nas duas escalas de análise nessa paisagem pode representar, para muitas espécies animais, especialmente aquelas de maiores exigências ambientais ou menor capacidade de deslocamento, um isolamento entre as áreas de mata, gerando um efeito de redução no movimento desses animais, que passam a não sair dos fragmentos.

Gramíneas e Áreas Urbanas e a **Baixada** também apresentaram distâncias mínimas médias elevadas entre os fragmentos florestais, pois são áreas onde a proporção de florestas é pequena, havendo domínio da Matriz nos 0,5 km de cada lado da rodovia BR-040.

A **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** apresenta uma distância entre fragmentos intermediária, o que condiz com seu posicionamento de borda da principal área de floresta cortada pela BR-040.

Esse conjunto de dados para cada paisagem gerou um elevado ICF para a faixa de 0,5 km no entorno da rodovia na paisagem do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, assim como havia ocorrido para a faixa de 10 quilômetros (figura 50).

Porém, enquanto para a faixa mais ampla de análise a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** apresentou o segundo ICF mais elevado, muito acima dos demais, para o entorno de 0,5 km este Índice foi muito semelhante ao encontrado para a paisagem denominada **Gramíneas**. Essa última paisagem apresentou ICF proporcionalmente mais elevado na faixa de 0,5 km do que na faixa de 10 km, indicando que do ponto de vista mais geral, trata-se de uma paisagem pouco conectada no que concerne às florestas, mas nas proximidades da BR-040 há um aumento relativo nesta conectividade.

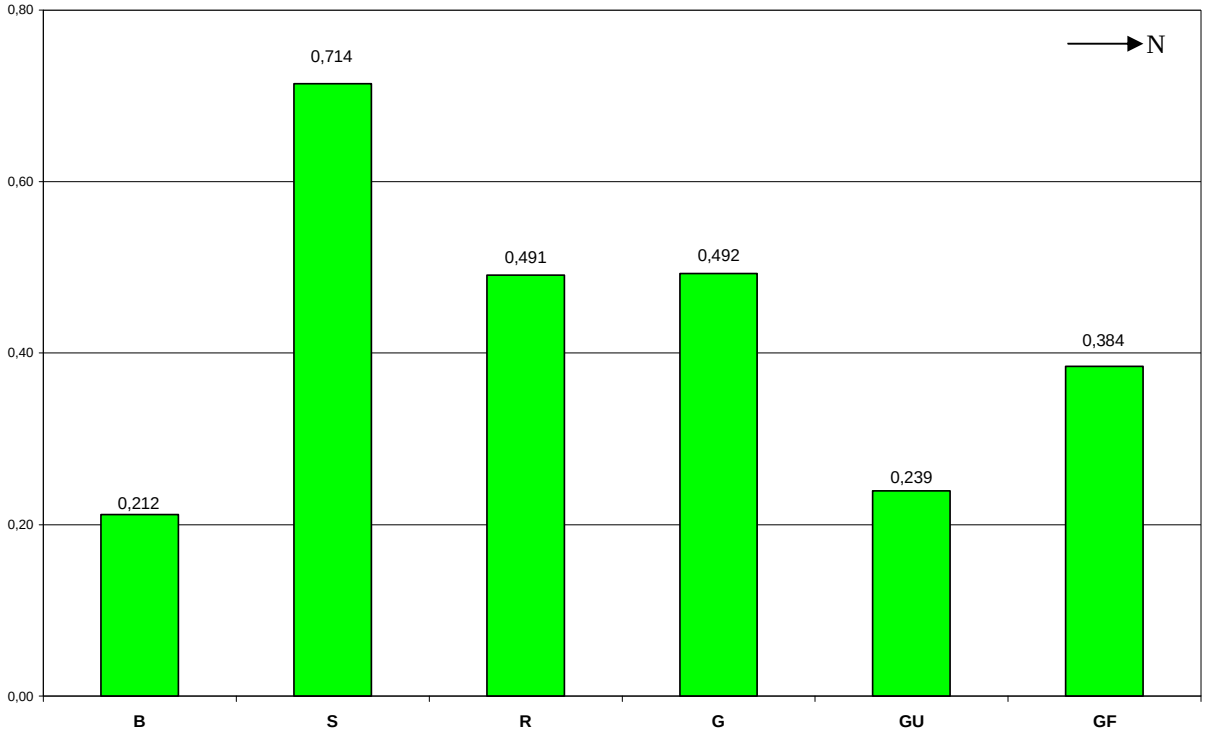

Figura 50 – Índice de Conectividade Florestal (ICF) (COUTINHO, 2011), por recorte de paisagem.

A diferença da **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** para a paisagem **Gramíneas e Fragmentos** também é menos elevada comparativamente para os 0,5 km do que para os 10 km.

Outra diferença relevante na conectividade entre as escalas e faixas de análise é observada na **Baixada**. Pelo entorno mais próximo à BR-040 ser composto basicamente por áreas urbanas nessa paisagem, há muito pouca mata. Assim, o ICF dessa paisagem na área de 0,5 km ficou muito baixo, quando comparado ao das demais paisagens, diferetemente do que foi mostrado para a faixa de 10 km, na qual a ocorrência de fragmentos esparsos sobre morros, especialmente no pé da Serra do Mar, associado à presença de brejos e rios, gerou um ICF comparativamente maior. Essa situação tende a reduzir os atropelamentos, pois o entorno mais próximo à rodovia é dominado por áreas urbanas, aumentando o comportamento de evitamento dos animais silvestres em relação à BR-040 nesse trecho.

Já o trecho **Gramíneas e Áreas Urbanas** apresentou uma situação semelhante nas duas áreas de análise no que concerne ao ICF. Em ambos os casos este índice indica uma baixa conectividade florestal.

Os quadros 14 e 15 trazem a síntese dessa discussão, buscando explicitar as características dos recortes de paisagem e facilitar o entendimento do papel dessas características nos atropelamentos de fauna, conforme discutido nos capítulos seguintes.

Quadro 14 – Síntese das características dos seis recortes de paisagem na faixa de 10 km no entorno da BR-040

		B	S	R	G	GU	GF
Faixa de 10 km – Escala 1:2.000	**Classe dominante**	Áreas Ocupadas com Edificações	Floresta em Estágio Médio Avançado	Floresta em Estágio Médio Avançado	Gramíneas	Gramíneas	Gramíneas
	Florestas	142,5 km^2 ou 30,7%, sendo 25% em Estágio Inicial	425,9 km^2 ou 83,7%, sendo 69% em Estágio Médio/Avançado	277,9 km^2 ou 59,9%, sendo 45% em Estágio Médio/Avançado	59,2 km^2 ou 27,5%, sendo 16% em Estágio Médio/Avançado	81,4 km^2 ou 16,7%, sendo 9,9% em Estágio Médio/Avançado	173,6 km^2 ou 30,9%, sendo 27% em Estágio Médio/Avançado
	Áreas Urbanas	199,96 km^2, correspondendo a 43% da área	39,81 km^2, correspondendo a 7,8% da área, concentrando-se no entorno da pista sentido Juiz de Fora	10,8 km^2, correspondendo a 2,3% da área	0,7 km^2, correspondendo a 0,3% da área	20,6 km^2, correspondendo a 4,2% da área	11,2 km^2, correspondendo a 2% da área
	Nº de Fragmentos	83	37	61	102	195	240
	Tamanho médio dos Fragmentos (km^2)	1,717	11,510	4,555	0,580	0,418	0,723
	Índice de Fragmentação*	0,0037	0,0226	0,0098	0,0027	0,0009	0,0013
	Qualidade da Matriz	0,443	0,864	0,726	0,382	0,241	0,412
	Distância Mínima Média entre Fragmentos (m)	18,23	10,28	12,37	14,05	19,90	15,43
	ICF	0,44	0,86	0,73	0,38	0,24	0,41

* - Quanto maior o Índice de Fragmentação, menos fragmentado o recorte espacial.

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Quadro 15 – Síntese das características dos seis recortes de paisagem na faixa de 0,5 km no entorno da BR-040

		B	S	R	G	GU	GF
Faixa de 0,5 km – Escala 1:250.000	**Classe dominante**	Áreas Ocupadas com Edificações	Floresta em Estágio Médio Avançado	Floresta em Estágio Médio Avançado	Gramíneas	Gramíneas	Gramíneas
	Florestas	2,1 km2 ou 9,25%, sendo 5,7% em Estágio Inicial	27,1 km2 ou 62,5%, sendo 57,6% em Estágio Médio/Avançado	9,5 km2 ou 36,3%, sendo 30% em Estágio Médio/Avançado	4,2 km2 ou 32,4%, sendo 22,8% em Estágio Médio/Avançado	2,83 km2 ou 10%, sendo 6,6% em Estágio Médio/Avançado	8 km2 ou 25,9%, sendo 23,6% em Estágio Médio/Avançado
	Áreas Urbanas	199,96 km2, correspondendo a 43% da área	39,81 km2, correspondendo a 7,8% da área, concentrando-se no entorno da pista sentido Juiz de Fora	10,8 km2, correspondendo a 2,3% da área	0,7 km2, correspondendo a 0,3% da área	20,6 km2, correspondendo a 4,2% da área	11,2 km2, correspondendo a 2% da área
	Nº de Fragmentos	269	171	222	109	211	189
	Tamanho médio dos Fragmentos (km^2)	0,0079	0,1620	0,0428	0,0383	0,0134	0,0426
	Ínice de Fragmentação	0,0003	0,0037	0,0016	0,0030	0,0005	0,0014
	Qualidade da Matriz	0,21174	0,71409	0,49085	0,49244	0,23918	0,38441
	Distância Mínima Média entre Fragmentos (m)	586	384	482	433	632	683
	ICF	0,21	0,71	0,49	0,49	0,24	0,38

* - Quanto maior o Índice de Fragmentação, menos fragmentado o recorte espacial.
B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

7 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040

7.1 Taxas de Atropelamento de Fauna Silvestre na BR-040

Os inspetores de tráfego encontraram 416 animais silvestres atropelados nas duas pistas da BR-040, entre 01 de julho de 2007 e 30 de março de 2011, sendo 201 na pista sentido Juiz de Fora (JF) e 215 na pista sentido Rio de Janeiro (RJ) (anexo 2), diferença de 8,2% entre as pistas. A quantidade de atropelamentos observada corresponde a uma taxa de 0,060 atropelamentos/km/mês para a BR-040, sendo 0,29 para a pista sentido Juiz de Fora e 0,031 para a pista sentido Rio de Janeiro (quadro 16).

Quadro 16 – Atropelamento de animais silvestre na BR-040, entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011

	BR-040	Pista sentido Juiz de Fora*	Pista sentido Rio de Janeiro**
Animais atropelados	416	201	215
%	100	48,7	51,3
Taxa de atropelamento - animais/km/mês	0,060	0,029	0,031
Desvio Padrão	0,256	0,179	0,182

*JF – Juiz de Fora/MG / **RJ – Rio de Janeiro/RJ

Essa taxa está subestimada em função de diferentes motivos. Há razões já discutidas por diversos autores e que são alheias à metodologia de trabalho, como morte de animais atropelados fora da rodovia, retirada de carcaças da rodovia por animais que se alimentam das mesmas, ou a retirada por pessoas estranhas à pesquisa (FISHER, 1997; PRADA, 2004; BAGATINI, 2006; COELHO et. al., 2008). Mas a subestimativa também deriva da metodologia de coleta, que gerou um subregistro de animais em todo o trecho de rodovia monitorado, conforme discutido no item 4.1. Além disso, a retirada dos dados de registro dos animais coletados pelos pesquisadores do projeto Caminhos da Fauna (item 4.1) também reduziu as estimativas. Incluindo os 102 animais coletados pelos pesquisadores no período, a taxa de atropelamento na BR-040 aumenta para 0,070 animais/km/mês. Mas ainda continua subestimada, em função dos demais motivos.

Esta característica do método não representa problema sério para o alcance dos objetivos dessa pesquisa, pois tem menor importância nas comparações dos atropelamentos com as características da paisagem, inclusive com outros autores que fizeram análises semelhantes. Afinal, os problemas metodológicos não apresentaram diferenças temporais e espaciais dentro do período e do trecho aqui analisado. Portanto, mesmo que a coleta seja menor que os atropelamentos ocorridos, em tese a mesma

proporção de erros ocorreu em toda a rodovia e durante todo o período. Assim, a comparação espacial e temporal entre os dados não apresenta problemas. Porém, como a amostra de 416 animais é bastante significativa para uma análise conjunta dos dados, mas torna-se menos expressiva quando fatiada por meses, estações do ano e trechos da rodovia, essa subestimativa acaba pesando na significância de algumas comparações.

Porém, o maior problema metodológico gerado pela subestimativa refere-se à comparação com as taxas de atropelamento obtidas em outras pesquisas, quando a coleta é feita apenas por pesquisadores e não com a colaboração dos inspetores de tráfego.

Isto fica nítido quando são comparadas as taxas encontradas no presente estudo com àquelas apresentadas por FISHER (1997), PRADA (2004) e BAGATINI (2006), que encontraram para rodovias no Pantanal 0,25, 0,21 e 0,20, animais/km/mês, respectivamente. Ou mesmo com os resultados obtidos por COELHO et. al. (2008), que obtiveram 0,21 e 0,46 animais/km/mês atropelados em duas rodovias distintas (RS-389 e BR-101). A comparação com os dados apresentados por DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) são ainda mais díspares, uma vez que esses autores encontraram uma taxa de atropelamento variando entre 1,08 e 4,83 animais/km/mês nas dez coletas realizadas[11]. Ambos os trabalhos ocorreram na Mata Atlântica no sul do Brasil, em áreas menos urbanizadas que o entorno da BR-040, sendo que o último está restrito a um trecho de 23,4 quilômetros de extensão.

Essas taxas são, no mínimo, três vezes maiores que aquelas encontradas no presente trabalho para a BR-040. Sendo que essa rodovia, mesmo passando em áreas bastante urbanizadas, não parece apresentar características que justifiquem essa taxa muito menos elevada, pois além de cruzar importantes áreas de remanescentes de ecossistemas em bom estado de conservação, permite alta velocidade aos automóveis em grande parte de sua extensão e possui apenas duas pistas de rolamento em cada sentido, com exceção da área de baixada.

Os resultados encontrados por SOUSA & MIRANDA (2010) para uma rodovia que cruza o leste paraibano, incluindo vegetação de transição entre Agreste e Mata Úmida (no interior) e a vegetação de Mata Atlântica (nas proximidades do litoral), são inferiores aos resultados obtidos no presente estudo: 0,030 animais/km/mês, correspondendo cerca de 50% da taxa aqui apresentada. Porém, esses autores estão em um ambiente que, teoricamente, tem capacidade para suportar populações menores de animais que aquelas encontradas nos

[11] DORNELLES & SCHLICKMAN (2011) apresentam a taxa de atropelamentos por dia, que, no âmbito do presente trabalho, foi multiplicada por 30 para se chegar à taxa mensal. Porém, como o monitoramento realizado não foi diário, mas esporádico, as carcaças coletadas, provavelmente, representam os animais atropelados em mais de um dia, sobretudo no que tange às espécies de maior porte. Todavia, sendo difícil quantificar o dia do atropelamento, os autores informaram a média diária, que foi transformada em média mensal. Mas um monitoramento diário, possivelmente, mostaria uma taxa menor de atropelamentos.

ecossistemas da Mata Atlântica do sudeste. Além disso, em sua porção oeste, essa rodovia não é duplicada e possui um tráfego inferior àquele observado na BR-040, o que tende a reduzir os atropelamentos.

7.2 Classes e Espécies

Conforme mencionado no capítulo sobre o método, 97% dos animais silvestres encontrados atropelados foram identificados em nível de espécie (quadro 17).

Quadro 17 – Nível de identificação dos animais na BR-040

Nível de identificação dos animais	Quantidade de animais		
	BR-040	**Pista Sentido Juiz de Fora**	**Pista Sentido Rio de Janeiro**
Espécie	402	193	209
Gênero	10	7	3
Família	1	0	1
Ordem	2	1	1
Classe	1	0	1
Total	**416**	**201**	**215**

Os 416 animais registrados pertencem a 84 espécies e 83 gêneros distintos, indicando uma elevada riqueza relativa de animais atropelados na BR-040, no trecho aqui analisado. Essa riqueza de animais silvestres atropelados é muito inferior à riqueza de animais que habitam os ecossistemas da região cruzada pela BR-040, uma vez que KINTSCHNER (2011) catalogou 1361 espécies de anfíbios, aves mamíferos e répteis na Mata Atlântica, grande parte com ocorrência nas matas do sudeste. Porém, a riqueza de espécies atropeladas na BR-040 é superior à riqueza de espécies atropeladas observadas em outros trabalhos, mesmo aqueles que incluem todas as classes de vertebrados. Mas deve ser ressalvado que este resultado é fruto não apenas da rodovia cruzar uma área de alta biodiversidade, mas também é derivado de um monitoramento de longo prazo, que inclui uma quantidade elevada de animais.

No Cerrado MELO & SANTOS_FILHO (2007) descrevem 41 espécies distintas entre os 210 animais atropelados encontrados por esses autores, enquanto BAGATINI (2006) encontrou 34, CUNHA et. al. (2010) 25 e PRADA (2004) 81 (no monitoramento de seis rodovias distintas situadas no entorno de UCs). Já GUMIER-COSTA & SPERBER (2009) encontraram 17 taxa distintos atropelados em estrada no Amazonas e TURCI & BERNARDE (2009), 34 espécies em Rondônia.

Em área de Mata Atlântica no Rio Grande do Sul, HENGEMÜHLE & CADEMARTORI (2008) encontraram apenas 25 espécies atropeladas, em função do pouco tempo de

monitoramento. Já COELHO et. al. (2008) encontraram uma riqueza de 92 espécies distintas, mas monitorando duas rodovias distintas (uma apresentou riqueza de 59 espécies e outra de 61), por tempo maior que o tempo decorrido no presente estudo. Este último valor é muito próximo àquele encontrado na presente pesquisa, mas refere-se a duas rodovias, enquanto 84 espécies distintas aqui apresentadas foram todas atropeladas na BR-040.

Esta elevada riqueza dos animais atropelados parece derivar do longo monitoramento e também do fato da BR-040 cruzar ecossistemas bem conservados e com características distintas. Em função de uma diversidade paisagística ao longo da BR-040, que inclui diferenças marcantes na geomorfologia, no clima, na vegetação e na atuação humana, há um mosaico de geoecossistemas de variados tipos, como rios, brejos, florestas ombrófilas, florestas semidecíduas e formações rupestres, em vários níveis de alteração pelas ações humanas, além de campos e outros geoecossistemas fortemente antropizados (ESTRUTURAR & MMA/IBAMA, 2005; PROBIO, 2007). Esta elevada diversidade geoecossistêmica, associada à presença de geoecossistemas pouco influenciados pelo homem, tende a aumentar a riqueza de espécies na região, o que se reflete na riqueza de espécies sujeitas a atropelamentos.

A maior parte dos vertebrados atropelados na BR-040 no período de monitoramento aqui considerado pertence à classe dos mamíferos, correspondendo a cerca de 62,2% do total de animais. As aves são a segunda classe mais abundante, representando pouco mais de 29,1% dos animais atropelados. Os répteis corresponderam a apenas 7,9% dos atropelamentos, enquanto apenas três anfíbios foram detectados, correspondendo a menos de 1% do total (quadro 18).

Quadro 18 – Quantidade e proporção de animais e espécies atropelados coletados pelos Inspetores de Tráfego na BR-040, por classe, no período entre 01/07/2007 a 31/03/2011

Classe	Nº Animais Atropelados	% Animais Atropelados	Riqueza de Espécies	% Espécies Atropeladas
Mamífero	259	62,26	27	32,14
Ave	121	29,09	42	50,00
Reptilia	33	7,93	13	15,48
Amphibia	3	0,72	2	2,38
Total	**416**	**100**	**93**	**100**

No que concerne às espécies atropeladas, as aves são o grupo de maior riqueza, representando 42% do total de espécies. Os mamíferos, a despeito de serem o grupo mais vitimado em termos de espécimes, apresentam um número inferior de espécies atropeladas. Isto ocorre em função de uma riqueza maior de espécies de aves na Mata Atlântica, se comparada a de mamíferos (261 espécies conhecidas de mamíferos e 1020 de aves, segundo KINTSCHNER, 2011). Répteis são o terceiro grupo com maior número de

espécies, possuindo riqueza relativamente alta, quando comparada com o número de espécimes coletados (proporção superior a de aves, que são o grupo de maior riqueza, e muito superior ao de mamíferos). Os três anfíbios atropelados pertencem apenas a duas espécies.

Proporções semelhantes são observadas para as duas pistas que formam a BR-040, não havendo diferenças relevantes (quadros 19 e 20).

Quadro 19 – Quantidade e proporção de animais e espécies atropelados coletados pelos Inspetores de Tráfego na BR-040 – Pista sentido Juiz de Fora/MG, por classe, no período entre 01/07/2007 a 31/03/2011

Classe	Nº Animais Atropelados	% Animais Atropelados	Riqueza de Espécies	% Espécies Atropeladas
Mamífero	124	61,69	23	37,70
Ave	56	27,86	27	44,26
Reptilia	18	8,96	9	14,75
Amphibia	2	1,00	2	3,28
Total	**201**	**100**	**61**	**100**

Quadro 20 – Quantidade e proporção de animais e espécies atropelados coletados pelos Inspetores de Tráfego na BR-040 – Pista sentido Rio de Janeiro/RJ, por classe, no período entre 01/07/2007 a 31/03/2011

Classe	Nº Animais Atropelados	% Animais Atropelados	Riqueza de Espécies	% Espécies Atropeladas
Mamífero	135	62,79	22	34,92
Ave	64	29,77	30	47,62
Reptilia	15	6,98	10	15,87
Amphibia	1	0,47	1	1,59
Total	**215**	**100**	**63**	**100**

Estas diferenças nos atropelamentos das distintas classes de vertebrados estão relacionadas a variados fatores, como as características das paisagens cruzadas pela rodovia, pois diferenças nas características do ambiente influenciam de modo distinto as espécies e grupos, gerando a necessidade de maiores deslocamentos para alguns e menores para outros, e as características biológicas e ecológicas dessas espécies, que influenciam diretamente na necessidade e capacidade dos animais em cruzar ou utilizar rodovias (FORMAN *et. al.* 2002).

Porém, os resultados aqui alcançados indicam que, além das características das espécies e dos ecossistemas cruzados pela BR-040, problemas metodológicos interferem na distribuição dos atropelamentos por classe. A subestimativa dos atropelamentos está concentrada nos anfíbios, uma vez que a quantidade de animais atropelados pertencentes a esta classe é inferior ao descrito para os demais estudos.

No caso dos anfíbios, os estudos mostram que o atropelamento dessa classe de animais é mais relevante em rodovias que cruzam ambientes alagáveis (EHNMAN & COGGER,

1985; FAHRIG *et. al.*, 1995; TROMBULAK & FRISSEL, 2000). SEIBERT & CONOVER (1991) encontraram 40% de anfíbios entre os animais atropelados em uma estrada de Ohio, nos EUA, que cruza ambientes alagáveis; enquanto BARROSO *et. al.*, (2011) e TURCI & BERNARDE (2009), ambos os trabalhos desenvolvidos na Amazônia (onde há formações alagáveis), encontraram 37% e 26%, respectivamente.

A explicação para essa proporção relevante é que os anfíbios são considerados vulneráveis ao atropelamento (CARR & FAHRIG, 2001).

Porém, mesmo em áreas formadas por ecossistemas onde os anfíbios não são particularmente abundantes, a representatividade desse grupo entre os vertebrados silvestres atropelados é, pelo menos, seis vezes maior que aquela encontrada no presente estudo (PRADA, 2004; BAGATINI, 2006; DELAZERI *et. al.*, 2011; IBRAM, 2012). Isto mostra que os dados aqui apresentados estão bastante subestimados no que concerne à proporção de anfíbios.

Este fato é explicado pelo pequeno tamanho dos anfíbios, fato gerador de uma série de dificuldades para a coleta de suas carcaças: maior dificuldade de enxergar esses animais na rodovia, especialmente quando a coleta é realizada de carro e não a pé ou de bicicleta (BUENO 2012, comunicação pessoal); menor tempo de exposição das carcaças, pois tendem a ser retiradas por animais carniceiros rapidamente; e elevado nível de destruição das carcaças pelos atropelamentos, dificultando a identificação dos animais (BAGATINI, 2006). Em função da coleta das carcaças na BR-040 ser feita pelos inspetores de tráfego, que possuem outras tarefas além da coleta de animais e não são especialistas em fauna, tende a haver um agravamento nesses problemas, o que explica a quase inexistência de coleta de anfíbios.

Este resultado é muito importante para a construção de programas de monitoramento de fauna em rodovias, pois indica que, para o monitoramento dos anfíbios, é necessária uma metodologia especifica, aplicada por especialistas e com a coleta realizada com a utilização de bicicleta ou a pé. Porém, tendo em vista o custo desse tipo de monitoramento (um técnico não tem condições de cobrir longos trechos em um dia, sendo necessário mais de um profissional para o monitoramento diário de trechos longos), os mesmos devem ser realizados nos trechos de rodovias que cruzam áreas úmidas com abundância de anfíbios (pântanos, alagados, brejos, planícies fluviais, etc), onde o monitoramento correto do atropelamento desses animais é de grande relevância.

Em função do pequeno registro de anfíbios no presente estudo, não haverá nenhuma análise sobre essa classe.

Em relação aos répteis, aves e mamíferos, a proporção encontrada neste trabalho é da mesma ordem de grandeza daquela apresentada por outros autores, mesmo com a possibiliade dos répteis serem uma classe que também esteja mais subestimada que as

aves e mamíferos, pois muitas espécies são de pequeno porte, apresentando os mesmos problemas para a coleta relatados para os anfíbios. Todavia, como foram coletados 33 animais dessa classe, amostra possível de trabalhar estatisticamente, os atropelamentos de répteis também foram objetos de análise. Apenas quando havia necessidade de dividir muito o total de animais atropelados (por recorte de paisagem e estação do ano, por exemplo), não foi possível realizar análises.

Em relação a este grupo, PRADA (2004), por exemplo, encontrou 9% de répteis entre o total de vertebrados atropelados no cerrado, pertencentes a 11 espécies distintas, com destaque para a jibóia (*Boa constrictor*). Já FREITAS (2009) encontrou 6,9% de répteis entre os animais atropelados em rodovias de São Paulo e Minas Gerais, proporção muito semelhante àquela encontrada no presente trabalho.

Alguns autores encontraram maior representatividade para este grupo de vertebrados, como IBRAM (2012), que descreve os répteis como o segundo grupo mais atropelado em estrada no cerrado de Brasília, representando pouco mais de 15% do total de atropelamentos de vertebrados; e DELAZERI *et. al.* (2011), que identificaram que este grupo representou 28% do total de ocorrências em rodovias no Rio Grande do Sul, com concentração em uma espécie de tartaruga.

Há ainda autores que têm identificado os répteis como o grupo mais atropelado entre os vertebrados. Geralmente, estes resultados estão relacionados à abundância de atropelamentos de uma ou poucas espécies (BRAGA, 2009; BAGER, 2006; ROW *et. al*, 2007). Exceção são os estudos de HENGEMÜHLE & CADEMARTORI (2008) e de PEREIRA & CARVALHO (2011). Este último, realizado na Amazônia, encontrou os répteis como o grupo mais atropelado entre os vertebrados, abrangendo 58 espécies distintas. O primeiro trabalho encontrou os répteis como o grupo de vertebrados mais atropelado em rodovias no Rio Grande do Sul, correspondendo a 41% de todas as ocorrências registradas por esses autores, e pertencentes a diversas espécies.

A presença de répteis nas rodovias está associada, sobretudo, à utilização das estradas para regulação térmica, já que as mesmas são abertas e o asfalto, frequentemente, fica mais quente que o restante do ambiente (SULLIVAN, 1981).

A proporção de aves encontradas atropeladas no presente estudo também está relativamente próxima ao que outros autores apresentam. O mesmo ocorre com a proporção de espécies de aves atropeladas.

Alguns autores encontraram as aves como o grupo com maior mortalidade em rodovias, (RODRIGUES, 2002; PRADA, 2004 BAGATINI, 2006; FREITAS, 2009), especialmente no Cerrado, chegando ao extremo de terem representado 71% de todos os animais atropelados em uma rodovia que cruza o DF (IBRAM, 2012), com grande concentração de atropelamentos de uma espécie. Mas proporções mais próximas àquela aqui encontrada

(32%) também são comuns. DELAZERI *et. al.* (2011) obtiveram 22% de aves entre o total de vertebrados atropelados em três rodovias no Rio Grande do Sul, enquanto CAMARGO *et. al.* (2011) encontraram 43%.

Esses últimos autores encontraram 161 espécies diferentes de aves entre as atropeladas, mostrando que a riqueza de aves vitimadas por atropelamentos, assim como detectado no presente trabalho, é grande. Outros estudos apresentaram uma riqueza relevante de aves atropeladas (DORNELLES & SCHLICKMAN, 2011; ROSA & BAGER, 2011).

A elevada ocorrência de atropelamentos de aves está relacionada, sobretudo, aos hábitos alimentares desses animais (DHINDSA *et. al*, 1988; MOTTA JUNIOR & ALHO, 2000; NOVELLI, 1988; CLEVENGER *et. al.*, 2003; PRADA, 2004; HENGEMÜHLE & CADEMARTORI, 2008).

No caso dos mamíferos, a proporção detectada no presente trabalho (65%) é uma das maiores quando comparada com aquelas descritas em literatura. Autores que encontraram proporções elevadas desse grupo obtiveram valores entre 40 e 60% (SEIBERT & CONOVER, 1991; MELO & SANTOS_FILHO, 2007; DELAZERI *et. al.*, 2011). Sendo que alguns desses autores mostram concentração de atropelamentos em uma ou poucas espécies de mamíferos.

A ocorrência de mamíferos na beira de rodovias e o consequente atropelamento desses animais é comum e apresenta associação com a alimentação, com a facilidade de deslocamento e com a necessidade de cruzar a paisagem em busca de diferentes recursos (FISHER, 1997; FORMAN & ALEXANDER, 1998; FREY & CONOVER, 2006; BARRIENTOS e BOLONIO, 2009; FAHRIG & RYTWISKY, 2009).

Além disso, por serem os animais de maior porte médio, os mamíferos tendem a possuir maiores áreas de vida (McNAB, B.K., 1963), necessitando maior deslocamento na paisagem e o cruzamento de mais rodovias.

Porém, a elevada proporção desses animais encontrada no presente estudo, provavelmente, reflete uma realidade local, pois há fragmentos florestais grandes e conservados que sustentam populações relativamente grandes de mamíferos na região cruzada pela rodovia. Mas também está associada à metodologia de coleta, que tende a subestimar os animais de porte reduzido, entre os quais a menor parte corresponde a mamíferos. Aves, répteis e anfíbios (especialmente estes) pelo seu pequeno tamanho tendem a ser menos registrados pelos inspetores.

Fortalecendo esse argumento, os pequenos roedores são um dos grupos de mamíferos cujos atropelamentos parecem ser parcialmente negligenciados pelos inspetores, uma vez que esses animais têm porte muito reduzido e são pouco registrados. Entre os roedores pequenos foi registrada apenas uma preá (*Cavia aperea*) entre os 416 animais. As demais

espécies de roedores encontradas foram paca (*Cuniculus paca*), ratão-do-banhado (*Myocastor coypus*), ouriço-cacheiro (*Sphiggurus villosus*) e capivara (*Hidrochaeris hydrochaeris*), todos de maior porte e fáceis de serem observados por inspetores de tráfego. Com certeza, roedores de menor porte (abundantes no bioma Mata Atlântica) também foram atropelados, porém, não foram avistados pelos inspetores.

O trabalho de CUNHA *et. al*. (2010) é dos poucos que identificaram uma proporção de mamíferos atropelados superior àquela aqui detectada, mostrando que 86% dos animais encontrados atropelados em uma rodovia que cruza o cerrado em Goiás eram dessa classe animal. Porém, como é comum nos estudos que apresentam proporções significativas de um determinado grupo, os atropelamentos concentraram-se em apenas três espécies, ao contrário do identificado no presente trabalho.

No que concerne às espécies de mamíferos atropeladas, a riqueza aqui encontrada (27) é bastante representativa, sendo superior ao descrito por diversos autores, a maior parte no Cerrado (FISHER, 1997; RODRIGUES, 2002; PRADA, 2004). O principal elemento a contribuir para esses resultados, além da biodiversidade elevada da Mata Atlântica, é o grande trecho que foi monitorado, além do longo tempo de monitoramento, acarretando na coleta de um número muito expressivo de espécimes de mamífero.

Além da elevada riqueza, não há uma concentração muito significativa de atropelamentos em uma ou poucas espécies, com as 10 espécies mais atropeladas, contribuindo com apenas 51% do total de animais atropelados (quadro 21).

Quadro 21 – 10 espécies mais atropeladas na BR-040

Nome científico	Nome vulgar	Nº de atropelamentos	% em relação ao total de animais atropelados
Didelphis aurita	Gambá	44	10,6
Hidrochaeris hydrochaeris	Capivara	42	10,1
Sphiggurus villosus	Ouriço-cacheiro	27	6,5
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato	22	5,3
Tamandua tetradactyla	Tamanduá-mirim	19	4,6
Tyto alba	Coruja - Suindara	15	3,6
Rhinoptynx clamator	coruja-orelhuda	14	3,4
Callithrix jacchus	Mico	12	2,9
Sylvilagus brasiliensis	Tapiti	10	2,4
Galictis cuja	Furão	9	2,2
Total		**214**	**51,4**

Mais uma vez, quando os resultados são apresentados por pista, o padrão geral não difere muito, com as três espécies mais atropeladas sendo as mesmas nas duas pistas e havendo apenas uma diferença entre as cinco espécies mais atropeladas de vertebrados silvestres (quadros 22 e 23).

Quadro 22 – 5 espécies mais atropeladas na BR-040 - Pista sentido Juiz de Fora

Nome científico	Nome Vulgar	Nº de atropelamentos	% animais atropelados
Didelphis aurita	Gambá	23	11,44
Hidrochaeris hydrochaeris	Capivara	18	8,96
Sphiggurus villosus	Ouriço-cacheiro	15	7,46
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato	10	4,98
Rhinoptynx clamator	coruja-orelhuda	9	4,48
Total		**75**	**37,3**

Quadro 23 – 5 espécies mais atropeladas na BR-040 - Pista sentido Rio de Janeiro

Nome científico	Nome Vulgar	Nº de atropelamentos	% animais atropelados
Hidrochaeris hydrochaeris	Capivara	24	11,16
Didelphis aurita	Gambá	21	9,77
Tamandua tetradactyla	tamanduá-mirim	14	6,51
Sphiggurus villosus	ouriço-cacheiro	12	5,58
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato	12	5,58
Total		**83**	**38,6**

Isto indica que a variação de atropelamentos entre as pistas, no que concerne às espécies animais, é pouco relevante, uma vez que ambas estão situadas lado a lado na maior parte do trecho monitorado e que, mesmo quando correm separadas, cruzam ambientes semelhantes.

7.3 Espécies Prioritárias à Conservação

Há diversas espécies com poucos indivíduos vitimados, algumas delas de grande relevância para a conservação, como a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), as duas primeiras incluídas na lista oficial de animais ameaçados de extinção (MMA, 2003) e a última incluída na lista vermelha da IUCN (www.iucnredlist.org) como uma espécie sob baixo risco / pouco conhecimento.

Uma vez que as duas espécies ameaçadas de extinção são carnívoras de topo de cadeia alimentar, importantes para a conservação dos ecossistemas, por exercer o controle das populações das espécies por elas predadas, o trecho entre os kms 803 e 826 (onde ocorreram todos os atropelamentos dessas duas espécies), inserido na paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos** (ver capítulo 5), é considerado de grande importância para a aplicação de medidas de mitigação de atropelamentos de fauna silvestre, independentemente de sua relevância como trecho de concentração de atropelamentos para o conjunto da fauna silvestre.

Ademais, a inclusão dos principais fragmentos florestais situados no entorno desse trecho da BR-040 em Unidades de Conservação, especialmente em UCs de Proteção

Integral, é uma medida importante para a conservação dessas populações. Porém, tendo em vista que a conservação das mesmas não depende apenas da conservação desses fragmentos (tanto que os indivíduos dessas espécies cruzam a estrada ao se deslocarem na paisagem), é importante também a realização de estratégias de conservação na escala da paisagem, como a implantação de corredores ecológicos, a adequação de propriedades rurais, o incentivo a projetos com viés conservacionistas, etc.

8 VARIAÇÃO TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040

A variação temporal nos atropelamentos da fauna silvestre na BR-040 é perceptível em diferentes escalas de tempo. Este fenômeno é observável ao separar os atropelamentos por dia de ocorrência (figuras 51 a 53), permitindo notar que há dias onde acontecem mais atropelamentos e também sequências de dias nas quais há atropelamentos e sequências nas quais não há ou são raros.

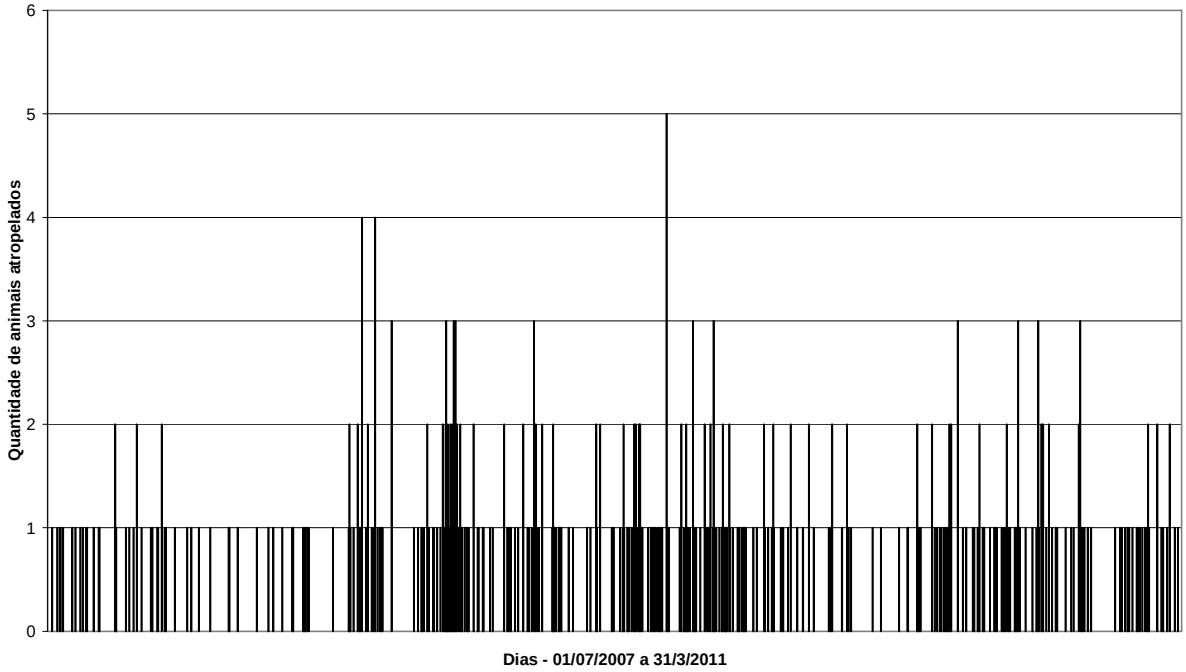

Figura 51 – Quantidade de atropelamentos de animais silvestres por dia – BR-040 – 01/07/2007 a 31/03/2011.
A altura das barras indica os atropelamentos em um dia, enquanto a espessura indica junção de barras, que ocorre quando há sequências de dias com atropelamentos.

Do total de 1370 dias de observação, em 75,84% não houve nenhum registro, em 19,27% houve um registro, em 3,82% ocorreram dois atropelamentos, em 0,80% foram registrados três atropelamentos de animais silvestres, em 0,15% dos dias houve quatro atropelamentos e em 0,07% houve cinco atropelamentos (quadro 24).

No que se refere à seqüência de dias, tanto para a BR-040, quanto para as pistas sentido Juiz de Fora e sentido Rio de Janeiro, observaram-se dias seguidos ou próximos com a ocorrência de um ou mais atropelamentos e seqüências de dias sem nenhum registro. Para a BR-040 observaram-se nove períodos de mais de quinze dias sem atropelamentos, com destaque para o intervalo de tempo entre maio e agosto de 2008, quando ocorreram três desses períodos.

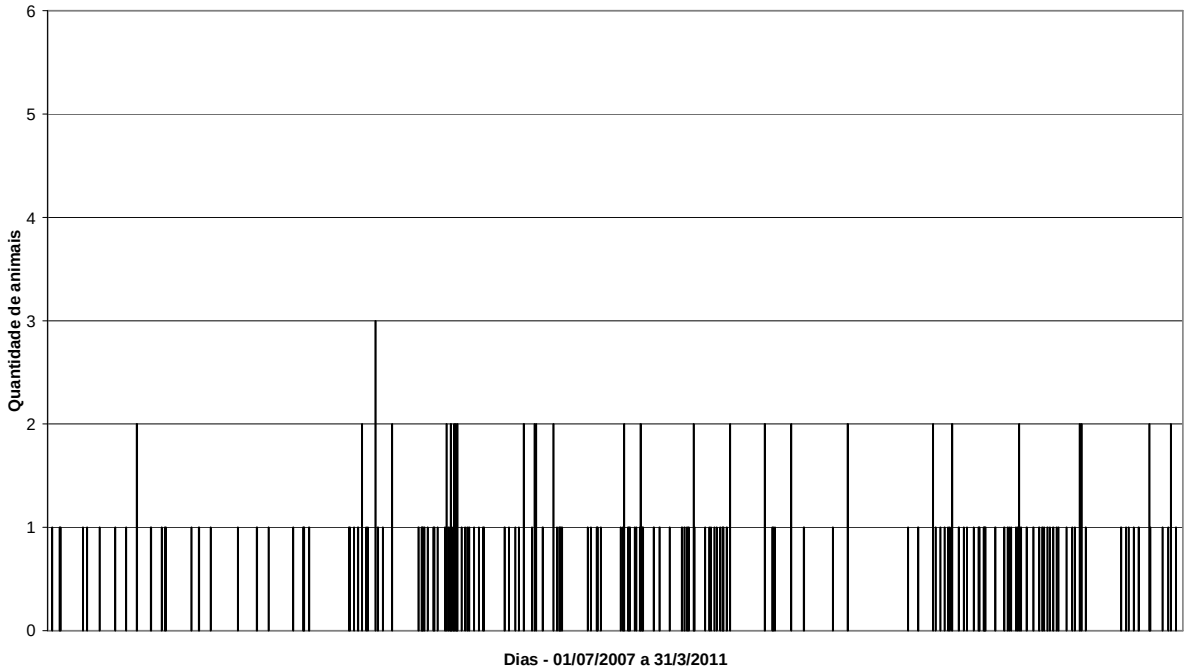

Figura 52 – Quantidade de atropelamentos de animais silvestres por dia na BR-040 - Pista sentido Juiz de Fora – 01/07/2007 a 31/03/2011

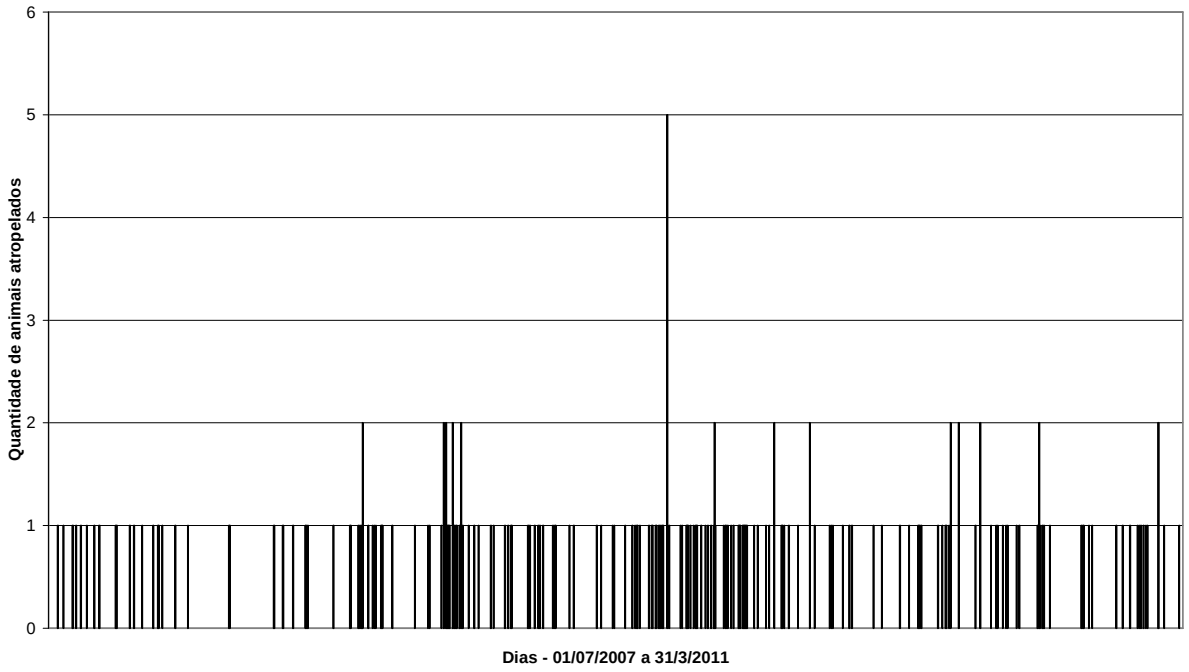

Figura 53 – Quantidade de atropelamentos de animais silvestres por dia na BR-040 - Pista sentido Rio de Janeiro – 01/07/2007 a 31/03/2011

Na decomposição por pistas, a pista sentido Juiz de Fora apresentou onze períodos com mais de vinte e cinco dias sem atropelamentos, contra oito da pista sentido Rio de Janeiro. Além disso, a pista sentido Juiz de Fora apresentou quatro sequências com mais de quarenta dias sem atropelamentos, sendo uma delas com setenta e dois dias, entre

fevereiro e maio de 2010. A pista sentido Rio de Janeiro teve apenas dois períodos de mais de quarenta dias sem atropelamentos, com o maior deles possuindo cinqüenta e dois dias, entre fevereiro e março de 2008 (quadro 25).

Quadro 24 – Quantidade e proporção de dias, pela quantidade de atropelamentos de animais silvestres, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011

Qtde. atropelamentos	BR-040		BR-040 Pista sentido Juiz de Fora		BR-040 Pista sentido Rio de Janeiro	
	Qtde. de dias	%	Qtde. de dias	%	Qtde. de dias	%
0	1039	75,84	1197	87,37	1172	85,55
1	264	19,27	146	10,66	184	13,43
2	53	3,87	26	1,90	13	0,95
3	11	0,80	1	0,07	0	0,00
4	2	0,15	0	0,00	0	0,00
5	1	0,07	0	0,00	1	0,07
Total	**1370**	**100**	**1370**	**100**	**1370**	**100**

Quadro 25 –Períodos sem ocorrência de atropelamentos de animais silvestres por 15 dias ou mais (BR-040), e 25 dias ou mais (pista sentido Juiz de Fora e pista sentido Rio de Janeiro), no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011

	BR-040		BR-040 Pista sentido Juiz de Fora		BR-040 Pista sentido Rio de Janeiro	
	Período	QD*	Período	QD	Período	QD
2007	02 a 19/09	18	19/07 a 11/08	26	-	-
	-	-	21/11 a 19/12	29	-	-
2007/ 2008	-	-	-	-	17/12 a 03/02	49
2008	16/02 a 08/03	22	14/01 a 14/02	32	6/02 a 28/03	52
	12/05 a 08/06	28	24/03 a 21/04	29	10/05 a 08/06	30
	10 a 27/06	18	12/05 a 27/06	47	20/08 a 14/09	26
	20/08 a 14/09	26	20/08 a 19/09	31	27/03 a 22/04	27
2010	12 a 28/01	17	13/03 a 11/04	30	26/02 a 22/03	25
	26/02 a 22/03	25	02/10 a 11/11	41	23/10 a 28/11	37
	3 a 23/04	21	30/12 a 01/02	34	-	-
	-	-	21/02 a 03/05	72	-	-
2010/ 2011	13/12 a 9/01	28	05/12 a 15/01	42	13/12 a 09/01	29

*QD – Quantidade de Dias

Do ponto de vista das seqüências de atropelamentos, foram observadas oito sequências de quatro ou mais dias com registros na BR-040, com destaque para uma sequência de doze dias entre 22 outubro e 2 de novembro de 2008. Esta sequência é muito maior que as demais, incluindo dias com a ocorrência de um, dois ou três eventos e totalizando vinte animais atropelados. Esta concentração de atropelamentos no tempo ocorre nas duas pistas (com alterações dos dias, mas dentro deste período), indicando que foi um evento significativo. Além disso, no dia 03 de novembro não houve registro, mas nos três dias

seguintes ocorreram mais sete atropelamentos, reforçando a hipótese desta concentração não ter sido casual, mas ter sido influenciada por parâmetros ambientais (quadro 26).

Quadro 26 –Períodos com ocorrência de atropelamentos de animais silvestres por 4 dias ou mais (BR-040) e 3 dias ou mais (Pistas sentidos JF e RJ). BR-040 no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de junho de 2011

	BR-040		Pista Sentido Juiz de Fora		Pista Sentido Rio de Janeiro	
	Período	QD	Período	QD	Período	QD
2008	04 a 07/05	4	28 a 30/10	3	05 a 07/08	3
	05 a 08/08	4	24/10 a 06/11	3	24 a 27/10	4
	22/10 a 02/11	12	31/05 a 02/06	3	09 a 11/08	3
	-	-	-	-	20 a 22/08	3
2009	01 a 04/03	4	03 a 05/08	3	11 a 13/09 de 2009	3
	09 a 12/08	4	-	-	11 a 13/10 de 2009	3
	18 a 22/08	5	-	-	16 a 21/10 de 2009	6
	25 a 29/09	4	-	-	-	-
	16 a 21/10	6	-	-	-	-
	21 a 24/11	4	-	-	-	-
2010	22 a 24/06	4	-	-	16 a 18/05	3
2011	-	-	-	-	-	=

Vale destacar ainda a diferença entre as pistas sentido Juiz de Fora e Rio de Janeiro. Enquanto a última apresentou oito períodos com três ou mais dias seguidos com registros de atropelamento (há uma seqüência de seis dias seguidos com ocorrências), na primeira ocorreram apenas quatro sequências, sendo uma de quatro dias e as demais de três dias.

Para compreender melhor a variação temporal dos atropelamentos e poder relacionar esta variação com efeitos causais, especialmente relacionados ao clima, as taxas de atropelamento são apresentadas por mês, com seus respectivos desvios padrões (quadro 27 e figura 54).

Essas taxas mensais de atropelamento por quilômetro correspondem a médias pouco representativas do comportamento dos atropelamentos, uma vez que os desvios padrões são muito elevados. Assim, esses resultados mostram, conforme relatado acima, que há variação importante entre os dias de cada mês de análise.

Há uma taxa maior de atropelamentos entre junho e novembro em 2008, 2009 e 2010, com destaque para julho, outubro e novembro de 2008, e junho e setembro de 2009, meses com maiores taxas. São meses de pouca precipitação, especialmente junho a setembro, além de outubro de 2008 e 2010, indicando as maiores taxas de atropelamento na época seca, corroborando com os dados apresentados por BUENO & ALMEIDA (2010). Porém, os meses de novembro de 2007 a 2010 apresentaram precipitações elevadas em toda a região no entorno da rodovia, e mesmo assim as taxas de atropelamento são elevadas, especialmente em 2008. Maio apresenta taxas intermediárias. Já os meses de dezembro a abril, que se caracterizam por maiores umidades, apresentam taxas menores de

atropelamento, especialmente em 2008 e 2010, mas também nos outros anos. Janeiro de 2008 e março de 2010 apresentaram as taxas mais reduzidas: 0,006 animais/km.

Quadro 27 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km) na BR-040 no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de junho de 2011

	Mês	Taxa de atropelamento	Desvio Padrão
2007	jul	0,039	0,225
	ago	0,045	0,238
	set	0,026	0,160
	out	0,039	0,194
	nov	0,052	0,250
	dez	0,026	0,160
2008	jan	0,006	0,081
	fev	0,019	0,139
	mar	0,019	0,139
	abr	0,019	0,139
	mai	0,039	0,225
	jun	0,026	0,160
	jul	0,117	0,361
	ago	0,052	0,223
	set	0,039	0,225
	out	0,162	0,404
	nov	0,143	0,477
	dez	0,039	0,194
2009	jan	0,071	0,258
	fev	0,071	0,326
	mar	0,071	0,258
	abr	0,045	0,209
	mai	0,052	0,250
	jun	0,110	0,335
	jul	0,097	0,319
	ago	0,117	0,342
	set	0,130	0,374
	out	0,091	0,331
	nov	0,065	0,247
	dez	0,052	0,250
2010	jan	0,032	0,178
	fev	0,045	0,209
	mar	0,006	0,081
	abr	0,013	0,114
	mai	0,045	0,238
	jun	0,104	0,327
	jul	0,071	0,258
	ago	0,065	0,247
	set	0,078	0,314
	out	0,097	0,297
	nov	0,058	0,235
	dez	0,032	0,178
2011	jan	0,045	0,209
	fev	0,065	0,247
	mar	0,058	0,235

Fevereiro apresentou uma taxa de atropelamentos de animais silvestres abaixo da média, mas superior a dos demais meses úmidos, especialmente em 2009 e 2010.

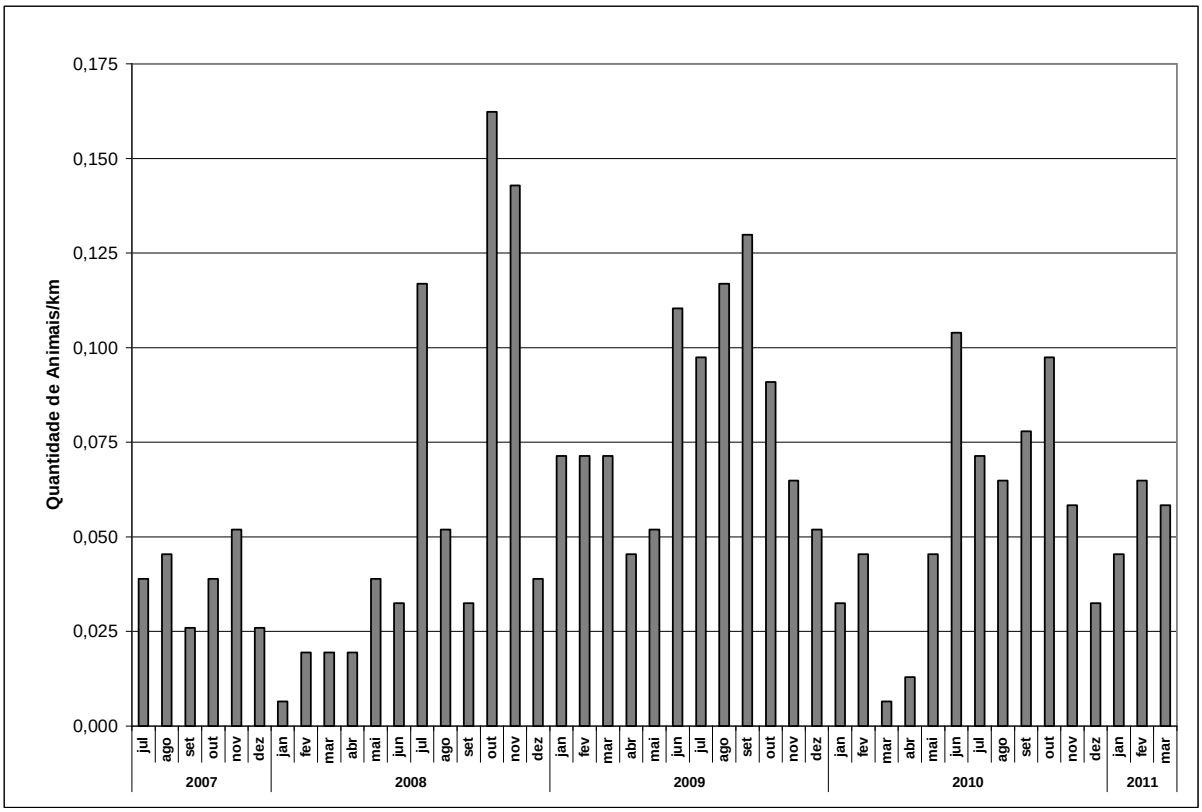

Figura 54 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês na BR-040 – 01/07/2007 a 31/03/2011

É importante ressaltar mais uma vez que essas taxas médias têm pouca representatividade, pois os valores de desvio padrão são muito altos, indicando uma elevada variabilidade interna em cada mês.

O mês de outubro de 2008 apresentou uma precipitação acima dos meses de outubro dos outros anos, após uma sequência de meses de pouquíssima precipitação, e mesmo assim os resultados indicam elevado número de atropelamentos em novembro. Parece indicar um efeito maior do acúmulo de precipitação sobre a distribuição temporal dos atropelamentos do que da precipitação diretamente.

A relação entre atropelamentos de fauna silvestre e época seca, que está sendo inferida a partir dos resultados, foi identificada para a BR-040 por BUENO & ALMEIDA (2010), ao discutir a relação de atropelamentos na BR-040, em 2007 e 2008 (utilizando parcialmente os dados empregados nessa pesquisa, porém incluindo os dados coletados pelos pesquisadores), com as épocas seca e úmida do ano. Estes autores obtiveram uma relação significativamente menor entre os atropelamentos e os meses considerados chuvosos (novembro a março) do que entre atropelamentos e meses secos (maio a setembro). Porém, uma análise da relação dos atropelamentos de fauna silvestre com os acumulados de precipitação pode identificar de forma mais precisa o papel da precipitação, nesse fenômeno.

Esse mesmo padrão de distribuição temporal é observado ao se decompor os resultados pelas duas pistas, a despeito de diferenças entre elas (quadros 28 e 29 e figuras 55 e 56).

Quadro 28 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km) na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de abril de 2011

	Mês	Taxa de atropelamento	Desvio Padrão
2007	jul	0,019	0,139
	ago	0,013	0,114
	set	0,013	0,114
	out	0,019	0,139
	nov	0,026	0,196
	dez	0,013	0,114
2008	jan	0,006	0,081
	fev	0,006	0,081
	mar	0,013	0,114
	abr	0,006	0,081
	mai	0,019	0,139
	jun	0,013	0,114
	jul	0,058	0,235
	ago	0,026	0,160
	set	0,026	0,160
	out	0,078	0,269
	nov	0,084	0,395
	dez	0,019	0,139
2009	jan	0,039	0,194
	fev	0,039	0,277
	mar	0,039	0,194
	abr	0,032	0,178
	mai	0,032	0,211
	jun	0,058	0,262
	jul	0,019	0,139
	ago	0,045	0,209
	set	0,058	0,235
	out	0,013	0,114
	nov	0,032	0,178
	dez	0,019	0,139
2010	jan	0,000	0,000
	fev	0,019	0,139
	mar	0,000	0,000
	abr	0,000	0,000
	mai	0,013	0,114
	jun	0,058	0,235
	jul	0,039	0,194
	ago	0,032	0,178
	set	0,058	0,262
	out	0,052	0,223
	nov	0,052	0,223
	dez	0,006	0,081
2011	jan	0,026	0,160
	fev	0,026	0,160
	mar	0,032	0,178

Quadro 29 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km) na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de abril de 2011

Ano	Mês	Taxa de atropelamento	Desvio Padrão
2007	jul	0,019	0,139
	ago	0,032	0,211
	set	0,013	0,114
	out	0,019	0,139
	nov	0,026	0,160
	dez	0,013	0,114
2008	jan	0,000	0,000
	fev	0,013	0,114
	mar	0,006	0,081
	abr	0,013	0,114
	mai	0,019	0,139
	jun	0,013	0,114
	jul	0,058	0,262
	ago	0,026	0,160
	set	0,013	0,161
	out	0,084	0,322
	nov	0,058	0,262
	dez	0,019	0,139
2009	jan	0,032	0,178
	fev	0,032	0,178
	mar	0,032	0,178
	abr	0,013	0,114
	mai	0,019	0,139
	jun	0,052	0,223
	jul	0,078	0,292
	ago	0,071	0,258
	set	0,071	0,283
	out	0,078	0,314
	nov	0,032	0,178
	dez	0,032	0,211
2010	jan	0,032	0,178
	fev	0,026	0,160
	mar	0,006	0,081
	abr	0,013	0,114
	mai	0,032	0,178
	jun	0,045	0,238
	jul	0,032	0,178
	ago	0,032	0,178
	set	0,019	0,139
	out	0,045	0,209
	nov	0,006	0,081
	dez	0,026	0,160
2011	jan	0,019	0,139
	fev	0,039	0,194
	mar	0,026	0,160

De forma geral, há maiores taxas de atropelamento nos meses secos, com destaque para os meses de outubro e novembro de 2008, para as duas pistas. Novamente, há que se destacar que para todos os meses nas duas pistas o desvio padrão é muito alto, mostrando que essas taxas têm uma elevada variabilidade dentro de cada mês.

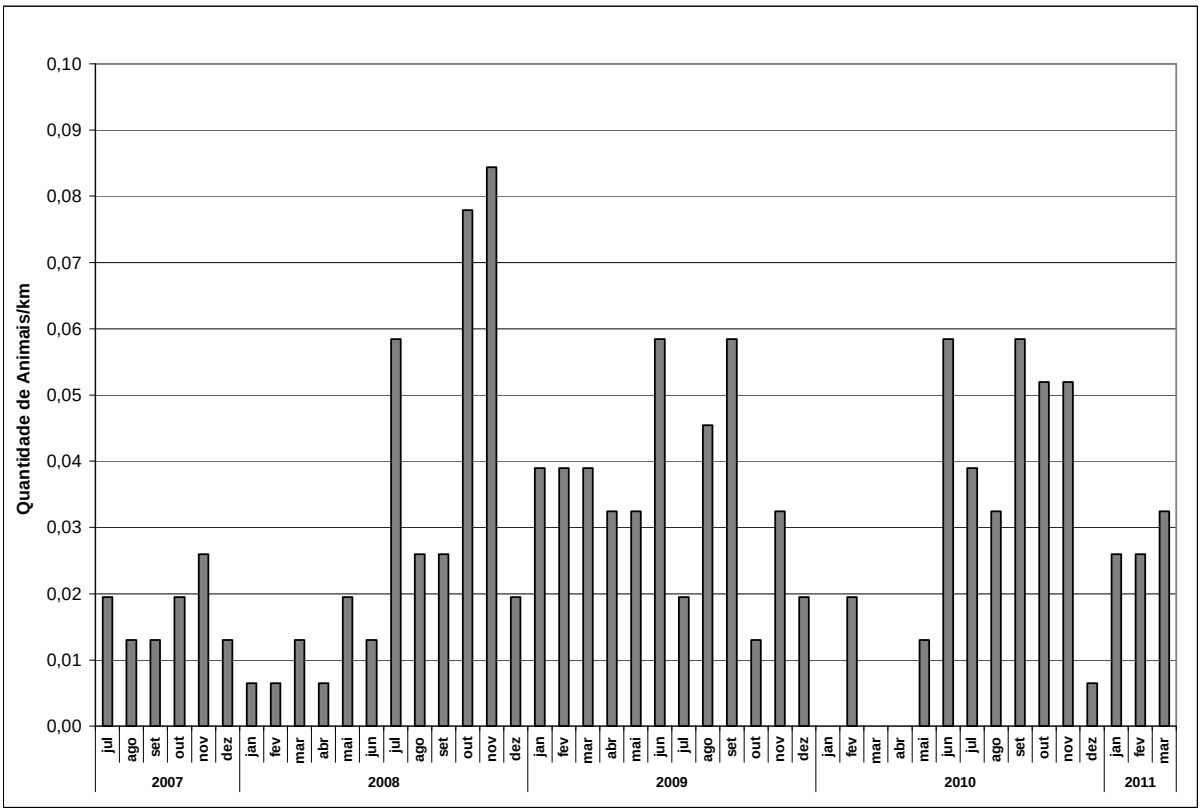

Figura 55 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG – 01/07/2007 a 31/03/2011

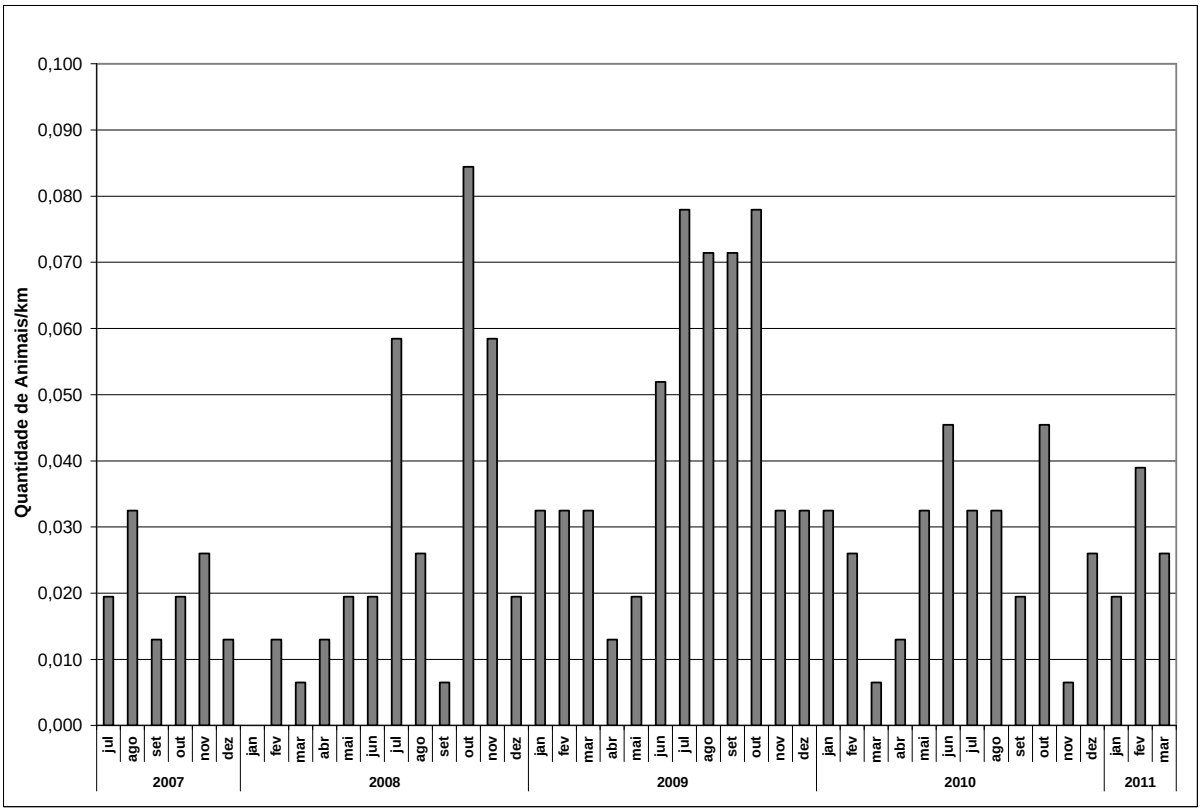

Figura 56 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ – 01/07/2007 a 31/03/2011

Ao se calcular a taxa de atropelamentos/km/mês, no período de monitoramento do projeto, agregando os dados dos anos de monitoramento para cada mês, nota-se uma menor variabilidade dos dados (os valores de desvio padrão são inferiores), que parece associada ao aumento da amostra para cada mês. Mas ainda assim, os desvios continuam muito elevados, mostrando pouca representatividade das taxas médias.

Apesar dessa grande variabilidade interna em cada mês, nota-se uma taxa de atropelamento maior para os meses de junho a novembro (inverno e primavera), cuja taxa média é sempre superior à média da rodovia durante os quatro anos de monitoramento (0,061animais/km/mês), em comparação ao período de dezembro a maio (verão e outono), cujos resultados são inferiores à taxa média. No acumulado, outubro foi o mês que apresentou maior taxa de atropelamentos, enquanto abril foi o de taxa inferior. Destaque para as diferenças entre os meses de novembro e dezembro, quando houve uma queda relevante na taxa de atropelamentos, e entre maio e junho, quando há uma elevação da mesma (quadro 30 e figura 57).

Quadro 30 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km/mês), agregados para os quatro anos, na BR-040, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 30 de abril de 2011

	Tx atropelamento	Desv Pad. média de atropelamento
Janeiro	0,039	0,194
Fevereiro	0,050	0,240
Março	0,039	0,194
Abril	0,026	0,159
Maio	0,045	0,238
Junho	0,082	0,290
Julho	0,081	0,296
Agosto	0,070	0,267
Setembro	0,067	0,274
Outubro	0,097	0,318
novembro	0,080	0,320
Dezembro	0,037	0,198

Mas esses resultados não se adequam de forma precisa à distribuição da precipitação pelos meses, no mesmo período do levantamento dos atropelamentos. Especialmente pelo mês de novembro, que se apresentou chuvoso e foi um dos meses com as taxas mais elevadas, e pelo mês de maio, que apresentou pouca precipitação e concentração de atropelamentos relativamente baixa.

Porém, pensando em termos de acúmulo de precipitação, novembro é um mês subseqüente a, pelo menos, cinco meses pouco chuvosos, indicando um papel maior do acumulado de precipitação na concentração temporal de atropelamentos. O inverso ocorreu com maio, que apresentou pouca precipitação e menor concentração de atropelamentos,

pois mesmo apresentando pouca precipitação, segue-se a um período de maior acumulação de precipitação.

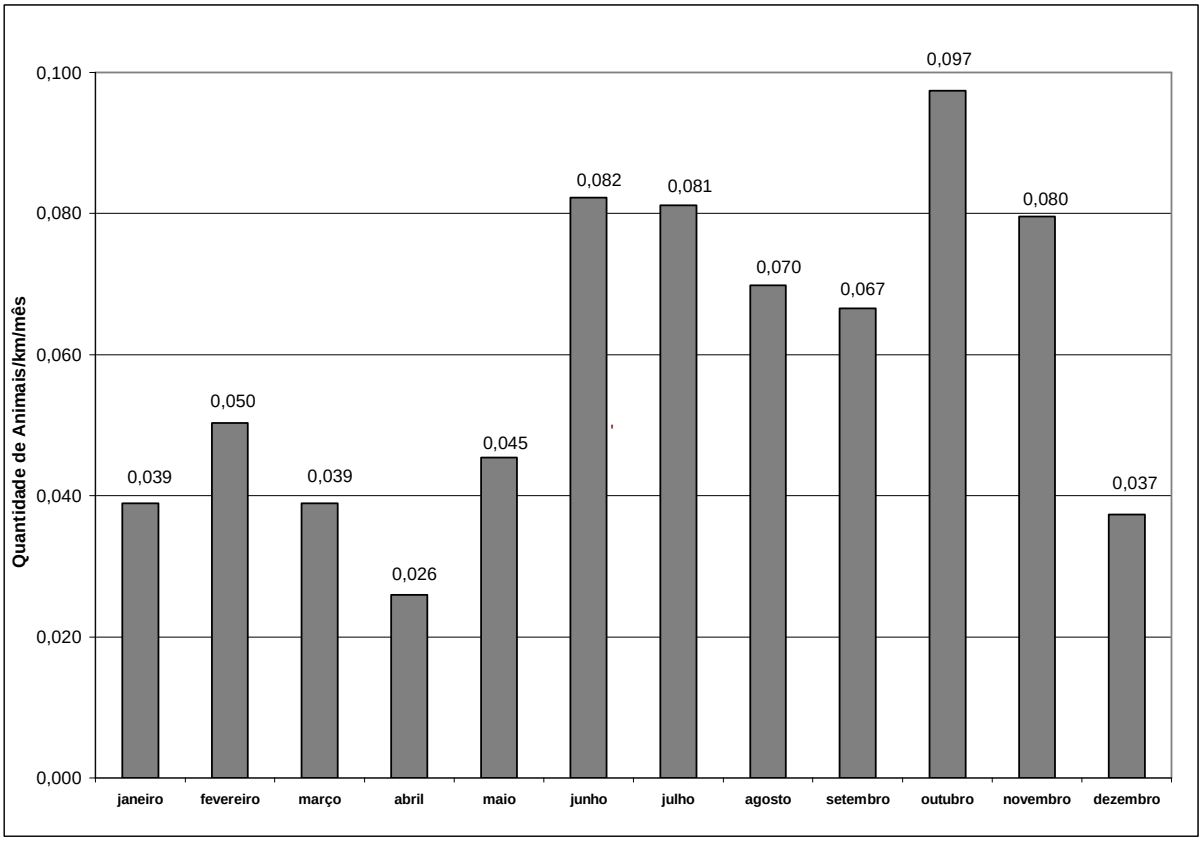

Figura 57 – Taxa de atropelamento de animais silvestres na BR-040 – 01/07/2007 a 31/03/2011 (agregados por mês).

Apesar dessa diferença na taxa média entre os meses, a mesma não foi considerada estatisticamente significativa pelo teste de Tukey. Isto ocorreu tanto para os dados das duas pistas, como para cada pista individualmente (anexo 3).

Este resultado parece estar associado a uma variação muito elevada entre os meses de cada ano de análise, de forma que a média é pouco signivicativa. Mas pode estar associado também a uma amostra ainda pouco relevante de dados de atropelamentos para cada mês. Assim, com o tempo de monitoramento e o aumento de registro de atropelamentos, pode haver alterações na significância estatística das diferenças entre taxas.

Apesar de não terem sido significativas, as maiores taxas de atropelamento nos meses secos, de forma geral, são distintas do que vem sendo mostrado por muitos outros autores, uma vez que a maior parte dos trabalhos indicam maiores taxas de atropelamento nos meses de verão, quando a maior parte dos animais está mais ativa. McCLURE (1951), por exemplo, achou maior mortalidade de vertebrados no mês de julho, auge do verão, e atribuiu isto há grande movimentação de pequenos animais gerados na primavera e início do verão. Como esse trabalho ocorreu em ecossistema temperado, onde a sazonalidade

climática é muito marcada, os resultados refletem essa realidade. No ambiente de Mata Atlântica há uma sazonalidade, porém muito menos marcante para o desenvolvimento dos ciclos de vida dos animais.

De modo semelhante, mas para o bioma do Cerrado (com sazonalidade mais marcada do que a da Mata Atlântica) IBRAM (2012) encontrou uma concentração de atropelamentos na época úmida, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro, e associou este fato ao aumento da atividade de grande parte das espécies animais neste período do ano.

Porém, a associação de atropelamentos com os meses mais úmidos também foi encontrada em áreas de menor sazonalidade na Venezuela (PINOWSKI, 2005). Este autor mostra concentração mais elevada de atropelamentos de animais silvestres durante o trabalho de campo realizado no fim do período úmido e após tempestades de verão, quando comparado a seis outros trabalhos de campo ocorridos ao longo do ano de 1978.

Um resultado interessante foi obtido por GUMIER-COSTA & SPERBER (2009) para a floresta de Carajás, na Amazônia, ambiente de pouca sazonalidade, apresentando-se úmido praticamente o ano inteiro. Esses autores não detectaram relações significativas entre atropelamentos e totais pluviométricos mensais em seus estudos. Provavelmente, a menor sazonalidade explica esse resultado, uma vez que a elevada umidade constante gera poucas distinções ambientais entre os períodos.

No caso da BR-040, o período seco deve gerar maior necessidade de movimentação dos animais silvestres em busca de recursos como água e alimentos, elevando os atropelamentos, conforme mostrado por ALMEIDA (2007). Esta explicação foi dada por BUENO & ALMEIDA (2010) para as maiores taxas de atropelamento que esses autores identificaram no período seco na BR-040.

Na divisão por pistas há diferenças relevantes. A pista sentido Juiz de Fora apresenta padrão semelhante ao das duas pistas em conjunto, com taxas de atropelamento entre junho e dezembro superiores à média da pista durante todo o monitoramento (0,029 animais/km/mês), com exceção de agosto, que possui taxa igual à média da pista. Já a pista sentido Rio de Janeiro apresenta taxas mais elevadas que a média do período de monitoramento (0,032 animais/km/mês) em junho, julho, agosto e outubro, com destaque para esse último mês, que possui uma taxa superior a dos demais meses, além de julho, cuja taxa também é bastante superior a dos meses de verão e outono. Porém, para a pista sentido Rio de Janeiro, os meses de setembro e novembro possuem taxas próximas àquela encontrada para os meses entre dezembro e maio e abaixo da média da pista (quadros 31 e 32 e figuras 58 e 59).

Essas diferenças não são explicáveis pela variação sazonal entre os meses, devendo estar associadas a distinções nas características da paisagem no entorno das rodovias, como a presença de floresta e corpos d’água, que serão discutidas em tópicos posteriores.

Vale destacar que, para ambas as pistas, os meses de dezembro a maio permaneceram com taxas menores que a média de cada uma das pistas.

Quadro 31 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km/mês), agregados por mês, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011

	Tx atropelamento	Desv Pad. média de atropelamento
Janeiro	**0,018**	**0,133**
Fevereiro	**0,023**	**0,179**
Março	**0,021**	**0,144**
Abril	**0,013**	**0,113**
Maio	**0,022**	**0,160**
Junho	**0,043**	**0,214**
Julho	**0,034**	**0,182**
Agosto	**0,029**	**0,169**
Setembro	**0,039**	**0,202**
Outubro	**0,041**	**0,197**
novembro	**0,049**	**0,263**
Dezembro	**0,015**	**0,120**

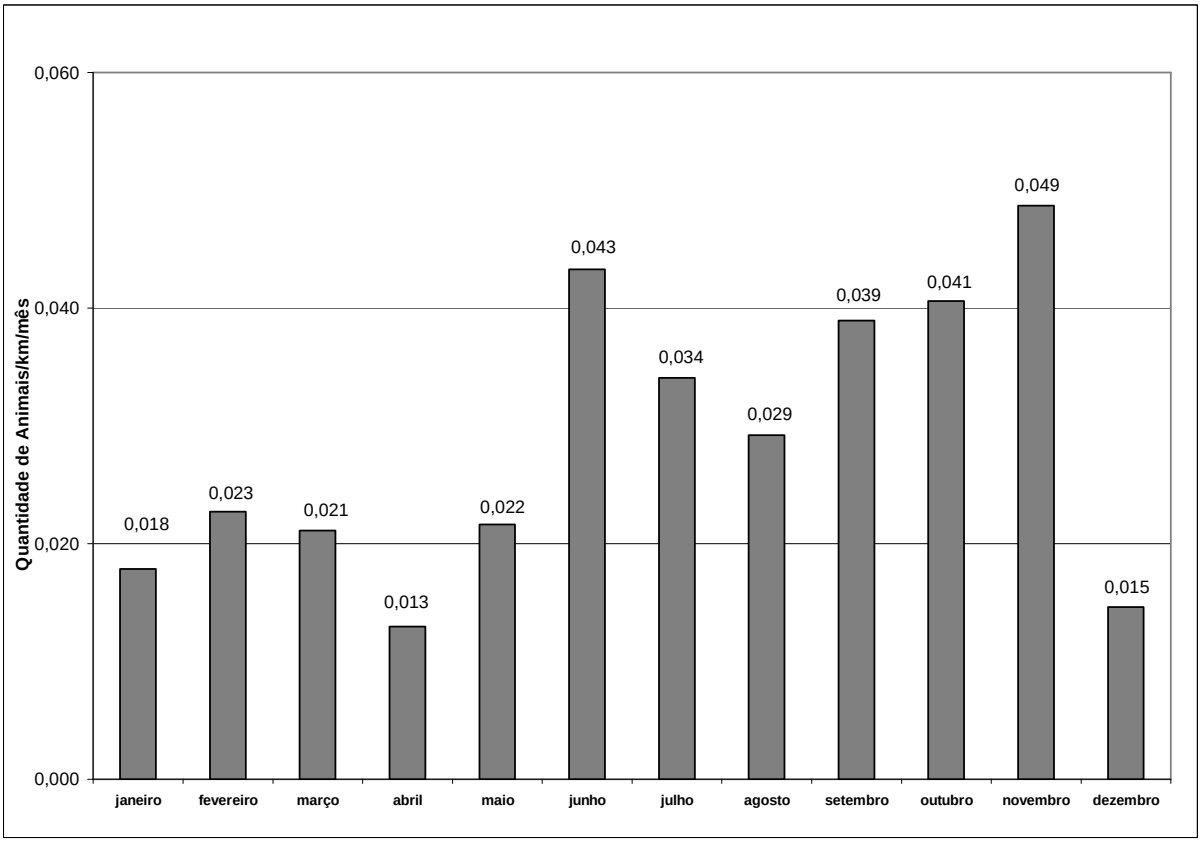

Figura 58 – Taxa de atropelamento de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG – 01/07/2007 a 31/03/2011 (agregados por mês).

Quadro 32 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por mês (animais/km/mês), agregados por mês, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, no trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, no período entre 01 de julho de 2007 e 31 de março de 2011

	Tx atropelamento	Desv Pad. média de atropelamento
Janeiro	**0,039**	**0,194**
Fevereiro	**0,050**	**0,240**
Março	**0,039**	**0,194**
Abril	**0,026**	**0,159**
Maio	**0,045**	**0,238**
Junho	**0,082**	**0,290**
Julho	**0,081**	**0,296**
Agosto	**0,070**	**0,267**
Setembro	**0,067**	**0,274**
Outubro	**0,097**	**0,318**
novembro	**0,080**	**0,320**
Dezembro	**0,037**	**0,198**

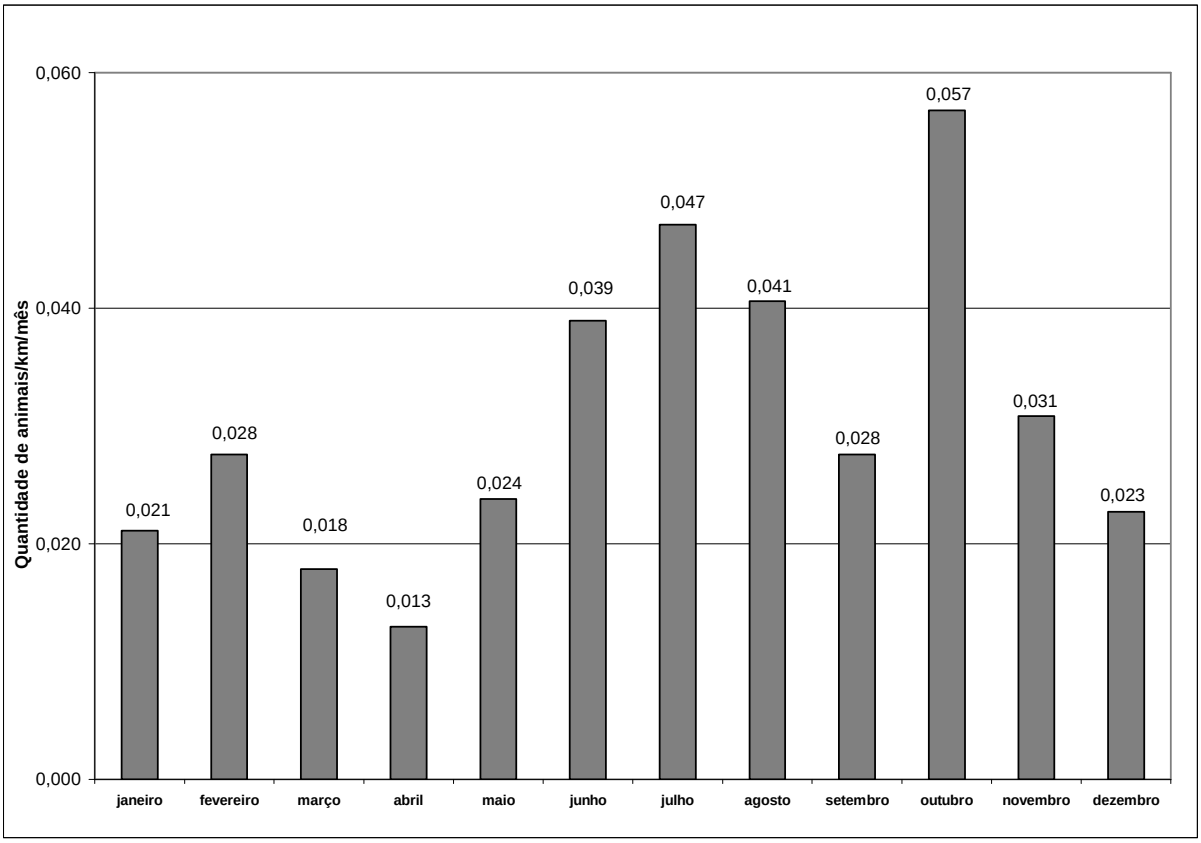

Figura 59 – Taxa de atropelamento de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ – 01/07/2007 a 31/03/2011 (agregados por mês).

Ao agregar os meses e separar as taxas de atropelamento por estação do ano (quadro 33 e figura 60), percebe-se que o inverno e a primavera é a estação com a maior taxa em todos os anos. Verão e outono apresentaram as menores taxas, especialmente esta última estação.

Quadro 33 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês) por estação do ano, BR-040, trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação do ano	Taxa de atropelamento	Desvio Padrão
Inverno 2007 (exceto junho)	0,042	0,231
Primavera 2007	0,039	0,205
Verão 2007/2008	0,017	0,131
Outono 2008	0,026	0,172
Inverno 2008	0,067	0,562
Primavera 2008	0,113	0,838
Verão 2008/2009	0,061	0,485
Outono 2009	0,056	0,435
Inverno 2009	0,108	0,822
Primavera 2009	0,095	0,702
Verão 2009/2010	0,043	0,368
Outono 2010	0,022	0,251
Inverno 2010	0,080	0,588
Primavera 2010	0,078	0,588
Verão 2010/2011	0,048	0,412

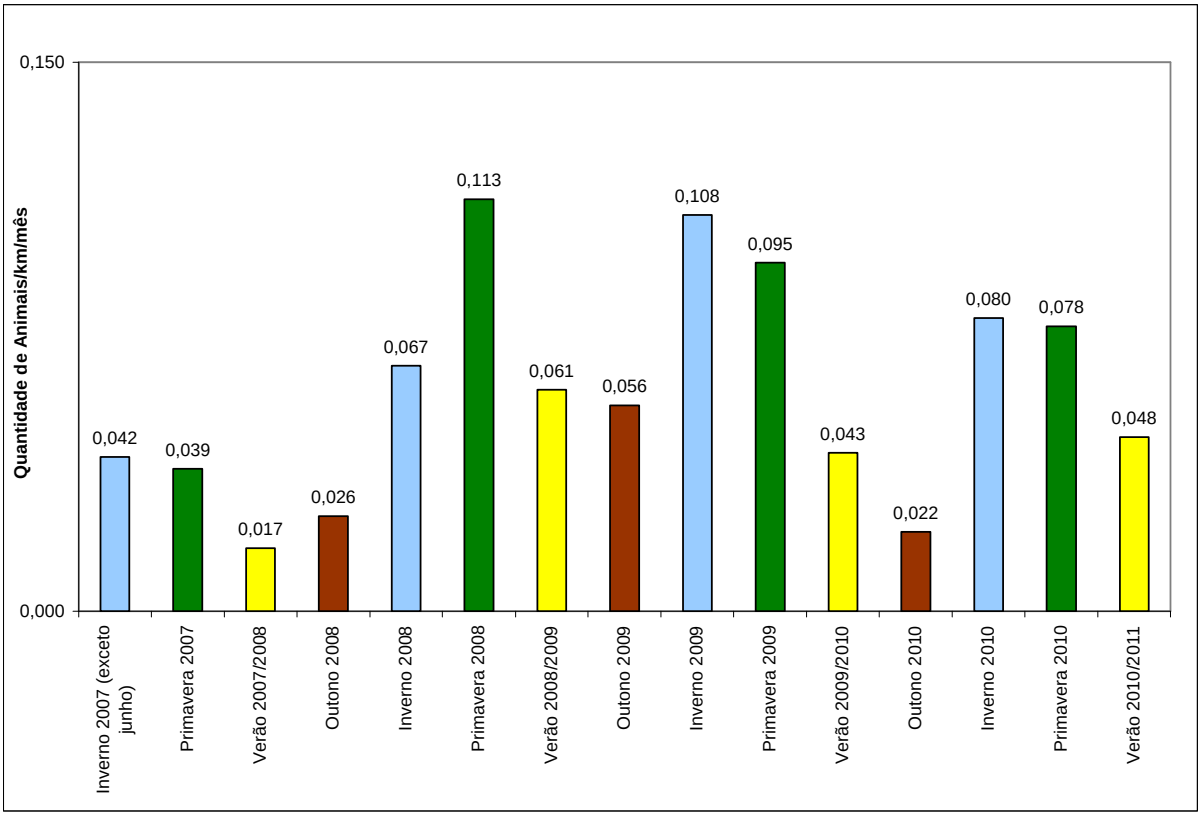

Figura 60 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por estação do ano, BR-040– 01/07/2007 a 31/03/2011.

Mais uma vez, a separação dos dados pelas pistas mostra algumas divergências entre ambas, apesar do padrão geral ser semelhante (quadros 34 e 35 e figuras 61 e 62).

Quadro 34 –Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês) por estação do ano, BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a a 31 de março de 2011

Estação do ano	Taxa de atropelamento	Desvio Padrão
Inverno 2007*	0,016	0,127
Primavera 2007	0,019	0,153
Verão 2007/2008	0,009	0,093
Outono 2008	0,013	0,113
Inverno 2008	0,032	0,299
Primavera 2008	0,063	0,553
Verão 2008/2009	0,032	0,349
Outono 2009	0,035	0,332
Inverno 2009	0,041	0,404
Primavera 2009	0,035	0,348
Verão 2009/2010	0,013	0,159
Outono 2010	0,004	0,093
Inverno 2010	0,043	0,362
Primavera 2010	0,054	0,398
Verão 2010/2011	0,019	0,200

*As taxas para esta estação foram calculadas a partr dos dados de julho e agosto apenas.

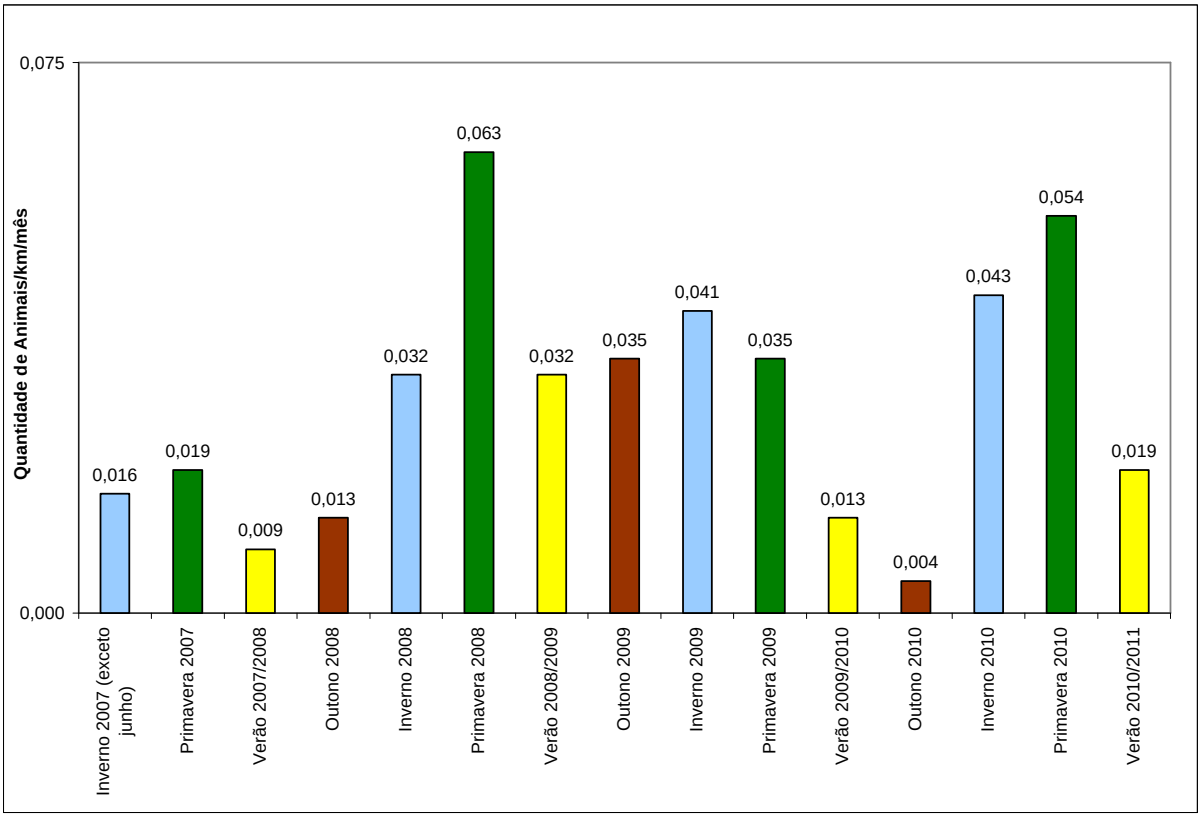

Figura 61 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por estação do ano, BR-040 , pista sentido Juiz de Fora/MG - 01/07/2007 a 31/03/2011

Quadro 35 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês) por estação do ano, BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ, trecho entre os kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação do ano	Taxa de atropelamento	Desvio Padrão
Inverno 2007*	0,026	0,179
Primavera 2007	0,019	0,138
Verão 2007/2008	0,009	0,093
Outono 2008	0,013	0,113
Inverno 2008	0,032	0,337
Primavera 2008	0,052	0,482
Verão 2008/2009	0,028	0,270
Outono 2009	0,022	0,214
Inverno 2009	0,067	0,558
Primavera 2009	0,061	0,500
Verão 2009/2010	0,030	0,303
Outono 2010	0,017	0,195
Inverno 2010	0,037	0,351
Primavera 2010	0,024	0,283
Verão 2010/2011	0,028	0,301

*As taxas para estas estações foram calculadas a partr dos dados de dois meses apenas.

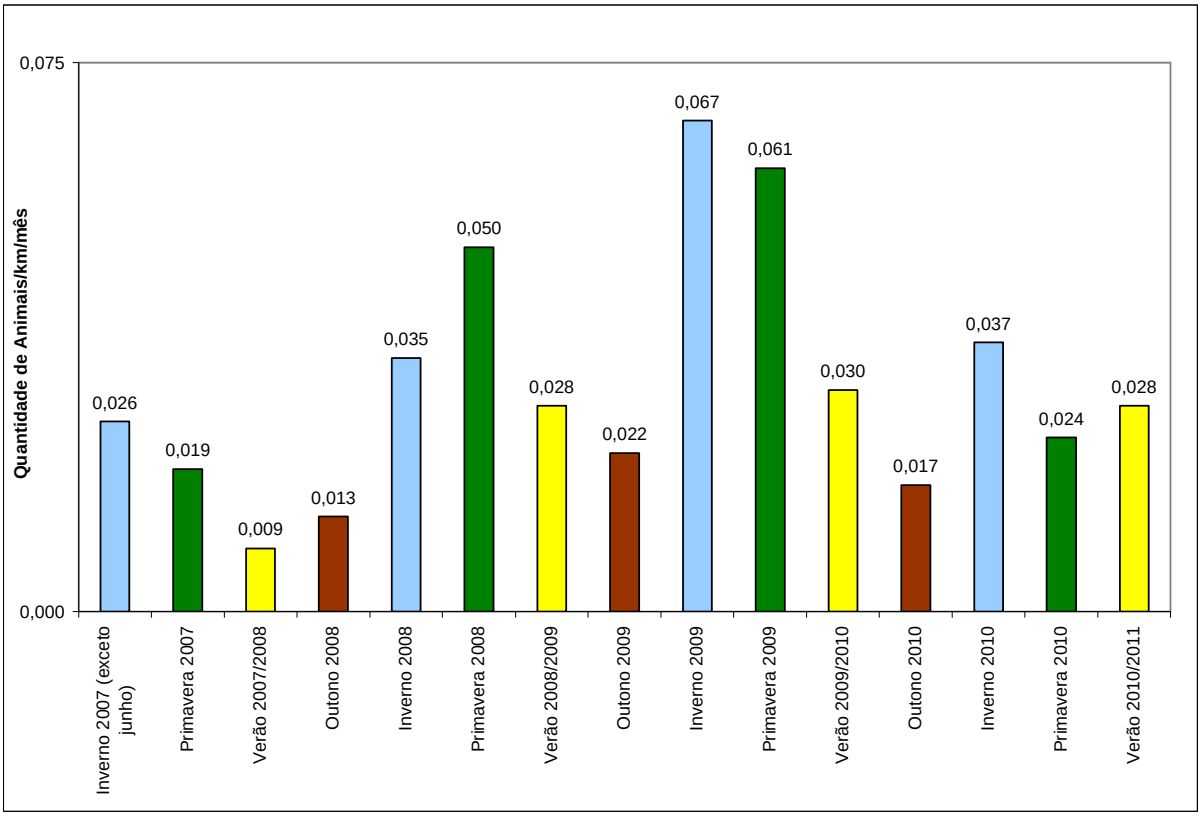

Figura 62 – Taxa de atropelamento de animais silvestres por estação do ano, BR-040 , pista sentido Rio de Janeiro/RJ - 01/07/2007 a 31/03/2011

Na pista sentido Juiz de Fora a primaveras é a estações com as maiores taxas de atropelamento, com exceção de 2009, quando todas as estações apresentaram resultados próximos e o inverno foi responsável pela taxa mais elevada. Já para a pista sentido Rio de Janeiro, as estações de inverno são àquelas com as maiores taxas de atropelamento, com

exceção de 2008 quando a primavera apresentou a maior taxa. Outono e verão foram as estações de menor ocorrência de atropelamentos nas duas pistas.

Ao agregar as estações do ano para todo o período de monitoramento essa diferença na distribuição temporal dos atropelamentos fica ainda mais nítida, com o verão e o outono tendo taxas médias inferiores àquelas observadas para o inverno e a primavera (quadro 36 e figura 63).

Quadro 36 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Mês	Taxa de atropelamento	Desvio padrão
Inverno (exceto junho de 2007)	0,077	0,28
Primavera	0,083	0,31
Verão	0,042	0,21
Outono (exceto maio de 2011)	0,035	0,19

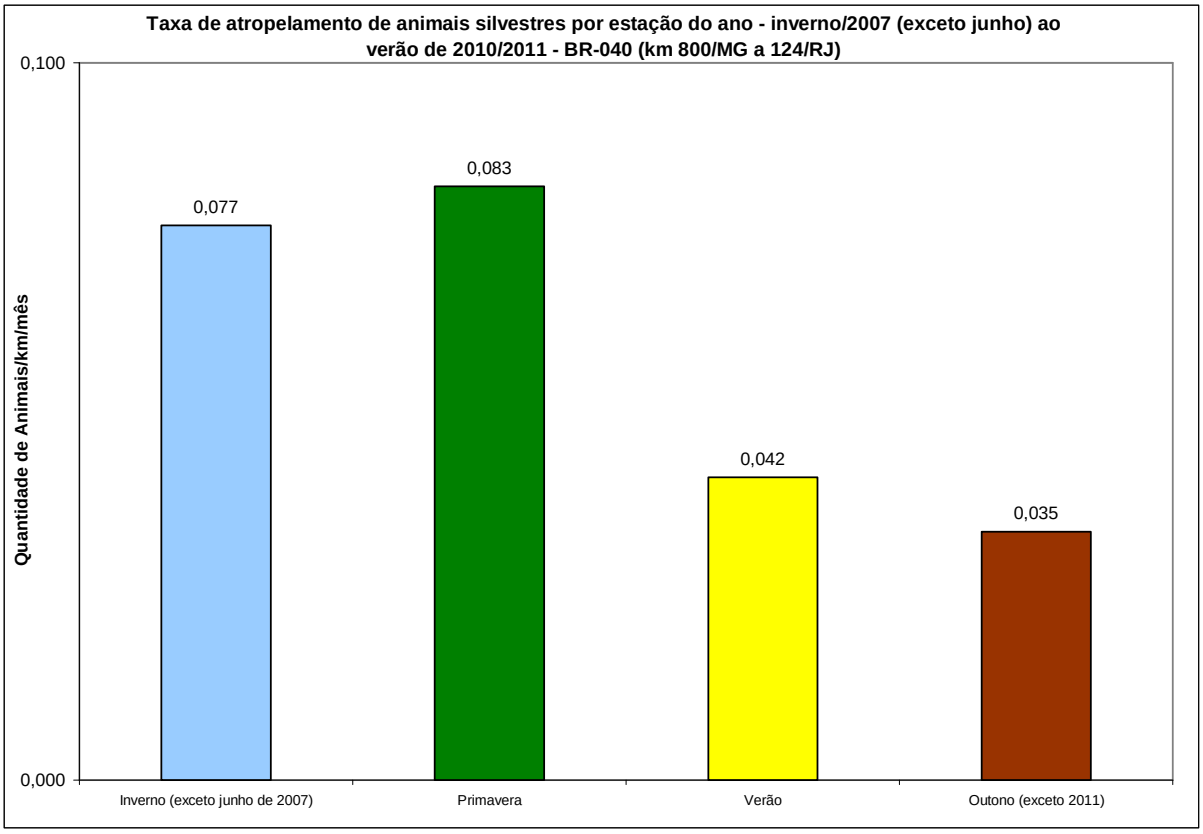

Figura 63 - Taxa de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040 – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011

Porém, mesmo com o aumento das amostras de animais atropelados com o processo de agregação, o desvio padrão permanece elevado (cerca de quatro vezes o valor da média), confirmando que o comportamento dos atropelamentos no tempo tem uma variabilidade interna muito elevada, que dificulta a conexão direta entre sazonalidade e esses eventos.

Por força dessa elevada variabilidade temporal interna a cada estação, os dados do conjunto de animais não mostraram diferenças significativas entre as estações do ano, em nenhum caso, segundo o teste de Tukey (anexo 14.6.1).

Isto é, nenhuma estação do ano, comparando com as demais, mostrou uma diferença estatisticamente significativa entre as taxas de atropelamento para o conjunto de animais silvestres registrados pelos inspetores de tráfego. Este resultado é distinto daquele apresentado por BUENO & ALMEIDA (2010), pois estes autores, além de encontrarem taxas médias de atropelamentos com diferenças relevantes (conforme ocorrido no presente estudo), mostraram que as diferenças foram significativas entre o período seco e o úmido.

O mesmo padrão é visto quando os dados são divididos entre as duas pistas, mostrando que essa concentração de atropelamentos no inverno e primavera, a despeito de diferenças quanto aos meses e às estações em cada ano de análise, são muito semelhantes para as estações no conjunto dos quatro anos de monitoramento (quadros 37 e 38 e figuras 64 e 65).

Quadro 37 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Mês	Nº absoluto	Taxa atropelamento	Desvio padrão
Inverno (exceto junho de 2007)	59	0,035	0,19
Primavera	79	0,043	0,22
Verão	34	0,018	0,15
Outono (exceto 2011)	34	0,020	0,14

Quadro 38 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) BR-040, pista sentido Rio de Janeiro /RJ, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Mês	Nº absoluto	Taxa atropelamento	Desvio padrão
Inverno (exceto junho de 2007)	71	0,042	0,21
Primavera	72	0,039	0,21
Verão	44	0,024	0,16
Outono (exceto 2011)	40	0,024	0,15
Total	**227**		

A despeito de não terem sido consideradas significativas, as diferenças entre as taxas de atropelamento são elevadas e indicam que nas épocas secas há maior ocorrência, sendo importante avaliar o papel da precipitação sobre esses eventos.

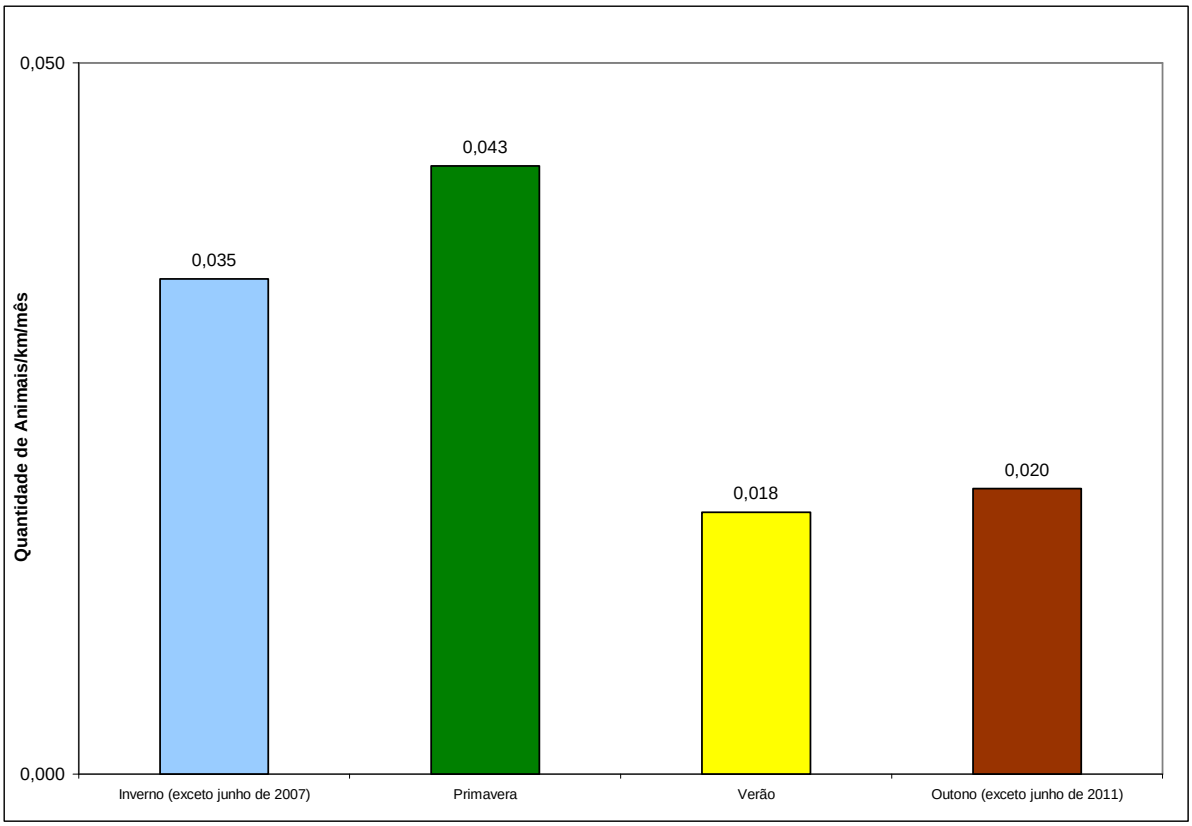

Figura 64 - Taxa de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011

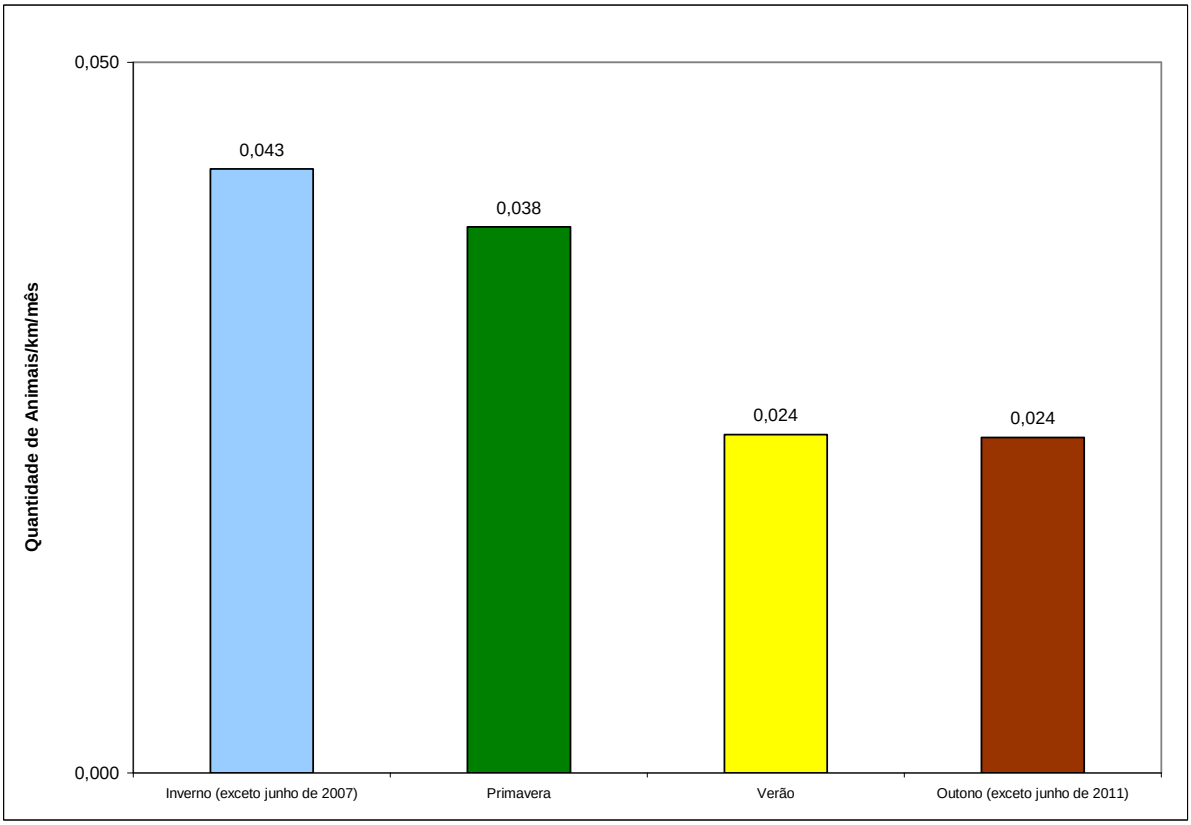

Figura 65 - Taxa de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011

A concentração de atropelamentos na época seca parece estar restrita, basicamente, à BR-040. Este resultado é o inverso do observado para os ecossitemas temperados, para os quais diversos estudos mostram a predominância de atropelamentos de animais silvestres nas épocas úmidas e quentes (verão e primavera) (FELDHAMER *et. al.*, 1986; RUINDERINK & HAZEBROOK, 1996; SEIBERT & CONOVER, 1991; CLEVENGER *et. al.*, 2003; SMITH-PATTEN & PATTEN, 2008). Mas o raciocínio dos autores é o mesmo aqui realizado, associando as maiores taxas de atropelamento a maior atividade dos seres vivos. Porém, nos ecossistemas temperados essa maior atividade ocorre na época úmida, enquanto na Mata Atlântica parece ocorrer na época seca, especialmente entre os fragmentos florestais e, portanto, através da matriz da paisagem e atravessando rodovias.

Para áreas no cerrado ocorre um padrão semelhante ao observado para áreas temperadas, com os atropelamentos também se concentrando no período úmido e estando associados a maior atividade dos animais nesse período (RODRIGUES, 2002; PRADA, 2004; BAGATINI, 2006; IBRAM, 2012). Resultados distintos foram encontrados por CUNHA *et. al*. (2010) e MELO & SANTOS-FILHO (2007), que apresentam taxas maiores de atropelamentos no cerrado para as épocas mais secas. Porém, os resultados encontrados por esses autores não foram considerados significativos, indicando uma distribuição mais homogênea.

Para área de transição entre o Cerrado, a Mata Atlântica e campos rupestres, no sul de Minas Gerais, SANTOS *et. al*. (2012) também mostram maior concentração de atropelamentos no verão, seguido de outono, primavera e inverno, especialmente pelo aumento nos atropelamentos de répteis durante o verão e, em menor proporção, de anfíbios. Estes resultados são distintos daqueles aqui encontrados, indicando maior atividade dos animais no período úmido. Todavia, trata-se de uma área de transição para o Cerrado e, portanto, possui sazonalidade mais marcante que as áreas típicas de Mata Atlântica, o que ajuda a explicar esses resultados.

Em ambiente de florestas tropicais na Tasmânia, HOBDAY & MINSTRELL (2008) mostram resultados semelhantes, com maiores taxas de atropelamento nas épocas úmidas.

Em áreas de Mata Atlântica no Paraná e em Santa Catarina, COELHO *et. al.* (2008) também apresentam dados divergentes daqueles aqui obtidos, com as taxas médias de atropelamento sendo mais homogêneas durante o ano, não mostrando diferenças estatisticamente significativas entre as estações do ano.

Em semelhança aos dados aqui apresentados, FISHER (1997) encontrou mais atropelamentos no pantanal na época seca. Mas o autor não associa esse fato diretamente às chuvas, mas sim ao tráfego de automóveis, que é bastante reduzido na época de cheias, pois as estradas ficam intransitáveis. Situação parecida é descrita para a Amazônia, onde

TURCI & BERNARDE (2009) relacionaram a elevação significativa de atropelamentos na época seca ao aumento no volume de tráfego.

Assim, para o conjunto de vertebrados, mesmo em Mata Atlântica, os demais estudos indicam maior ocorrência de atropelamentos nas épocas úmidas, diferentemente do observado na BR-040 pelo presente trabalho e pelos estudos anteriores realizados nessa rodovia, associando esses dados a maior necessidade de locomoção dos animais na paisagem nas épocas secas para conseguir os recursos ambientais necessários (BUENO *et. al*., 2009; BUENO & ALMEIDA, 2010).

Porém, tendo em vista a não significância estatística dos resultados aqui apresentados, torna-se importante fazer análises específicas com diferentes características climáticas, de cobertura vegetal e uso do solo e com a diferenciação de grupos de animais para entender as diferenciações temporais nos atropelamentos de fauna silvestre.

Além disso, esta diferença na taxa média, associada à elevada variabilidade interna de cada estação, pode indicar uma relação dos atropelamentos com apenas um dos fatores ambientais que alteram com a sazonalidade e não com o conjunto de fatores (umidade, precipitação, temperatura, insolação, etc.). Tendo em vista a relação estreita entre disponibilidade de água e produtividade primária dos sistemas ecológicos e a grande variação dessa condicionante ambiental dentro de uma mesma estação (a temperatura e a insolação são parâmetros que apresentam uma amplitude menor de variação dentro de uma estação, em comparação com a pluviosidade e, consequentemente, a umidade), é possível que esta variação esteja mais relacionada à disponibilidade de água.

Além disso, pode haver um mascaramento do comportamento das taxas dos diferentes grupos animais, uma vez que a análise foi realizada com o conjunto de animais atropelados (incluindo todas as espécies) e a literatura mostra variações importantes entre os grupos no que concerne à distribuição de atropelamentos no tempo (RODRIGUES, 2002; PRADA, 2004; BAGATINI, 2006; SMITH-PATTEN & PATTEN, 2008).

8.1 Variação Temporal do Atropelamentos Segundo as Classes de Vertebrados

Muitos autores mostram maior predominância de atropelamentos em épocas secas ou úmidas para espécies ou grupos específicos de vertebrados, indicando que a variação sazonal dos atropelamentos é largamente mediada pelo taxa do animas (LEE *et. al*., 2004; KLOCKER, 2006; KOENEMAN, 2009; FREITAS, 2009).

Assim, optou-se por separar os animais pelas classes à qual pertencem, para entender como se dá a variação de cada classe pelas estações do ano[12]. Os quadros 39 a 41 e as figuras 66 a 68 apresentam as taxas mensais de animais atropelados e o desvio padrão, por estação do ano e por classe de vertebrados, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro, respectivamente.

Percebe-se, com a divisão por classes, que há um comportamento semelhante entre aves e mamíferos, com maior concentração de atropelamentos no inverno e na primavera, assim como observado para o conjunto de animais. Já para os répteis, a primavera, especialmente as de 2009 e 2010, e verão, particularmente 2009/2010 e 2010/2011, apresentaram-se como as estações de maiores taxas de atropelamento.

Este padrão é visto tanto na pista sentido Rio de Janeiro, quanto na pista sentido Juiz de Fora, e, obviamente, também para o conjunto das duas pistas.

Quadro 39 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano, na BR-040, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
Inverno 2007 (exceto junho)	0,026	0,000	0,013	0,009	0,003	0,005
Primavera 2007	0,032	0,011	0,004	0,007	0,002	0,004
Verão 2007/2008	0,011	0,010	0,004	0,004	0,002	0,004
Outono 2008	0,024	0,007	0,002	0,004	0,000	0,000
Inverno 2008	0,041	0,021	0,028	0,023	0,000	0,000
Primavera 2008	0,054	0,031	0,043	0,026	0,011	0,010
Verão 2008/2009	0,032	0,017	0,022	0,021	0,004	0,007
Outono 2009	0,030	0,010	0,022	0,014	0,004	0,004
Inverno 2009	0,067	0,019	0,041	0,023	0,000	0,000
Primavera 2009	0,052	0,023	0,028	0,015	0,015	0,010
Verão 2009/2010	0,032	0,000	0,002	0,004	0,009	0,007
Outono 2010	0,006	0,006	0,013	0,017	0,000	0,000
Inverno 2010	0,065	0,017	0,015	0,007	0,000	0,000
Primavera 2010	0,052	0,011	0,013	0,011	0,009	0,004
Verão 2010/2011	0,024	0,020	0,015	0,010	0,013	0,017

[12] Análises focadas em espécies, famílias ou grupos funcionais (carnívoros, herbívoros e onívoros) também podem ser realizadas, revelando questões importantes sobre os atropelamentos

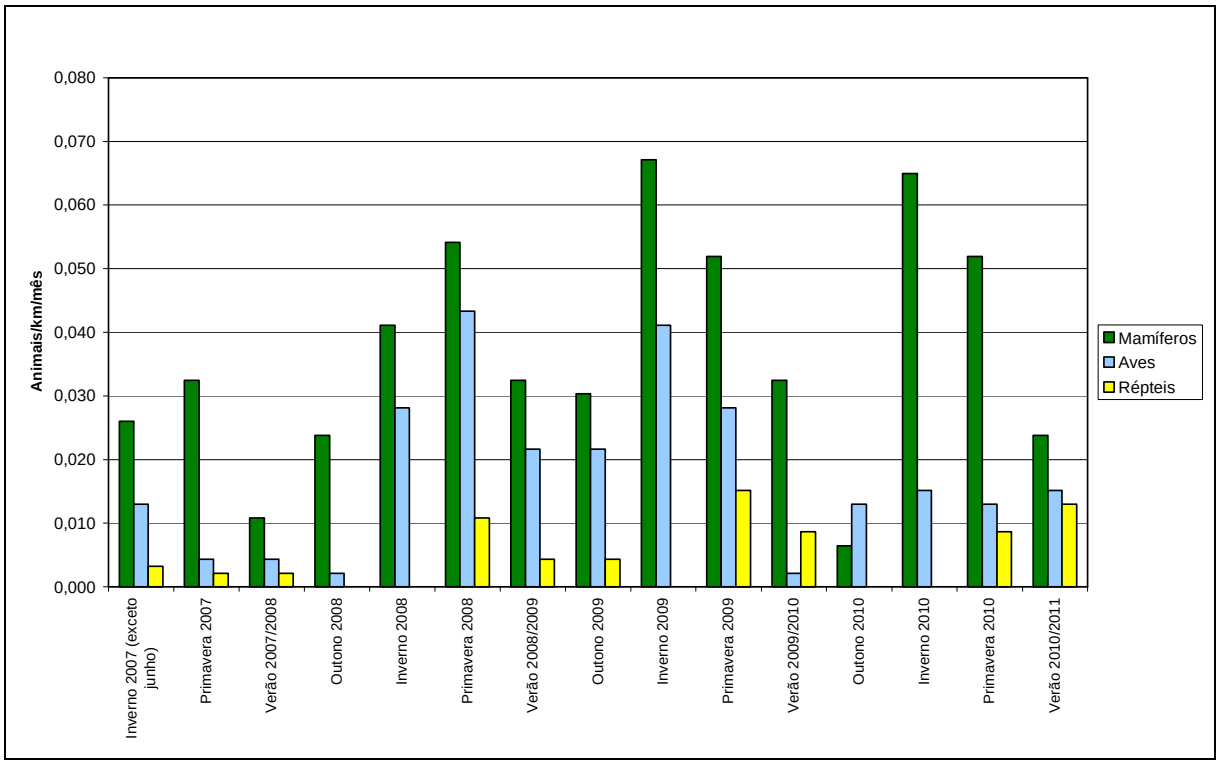

Figura 66 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe de vertebrados, por estação do ano, BR-040.

Quadro 40 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
Inverno 2007 (exceto junho)	0,010	0,005	0,003	0,005	0,003	0,005
Primavera 2007	0,015	0,010	0,004	0,007	0,000	0,000
Verão 2007/2008	0,004	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004
Outono 2008	0,011	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
Inverno 2008	0,019	0,011	0,013	0,013	0,000	0,000
Primavera 2008	0,030	0,015	0,026	0,011	0,002	0,004
Verão 2008/2009	0,013	0,011	0,015	0,016	0,004	0,007
Outono 2009	0,019	0,006	0,013	0,006	0,002	0,004
Inverno 2009	0,017	0,007	0,024	0,020	0,000	0,000
Primavera 2009	0,024	0,014	0,004	0,007	0,006	0,006
Verão 2009/2010	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006
Outono 2010	0,000	0,000	0,004	0,007	0,000	0,000
Inverno 2010	0,041	0,016	0,002	0,004	0,000	0,000
Primavera 2010	0,035	0,014	0,013	0,011	0,006	0,006
Verão 2010/2011	0,022	0,021	0,004	0,004	0,002	0,004

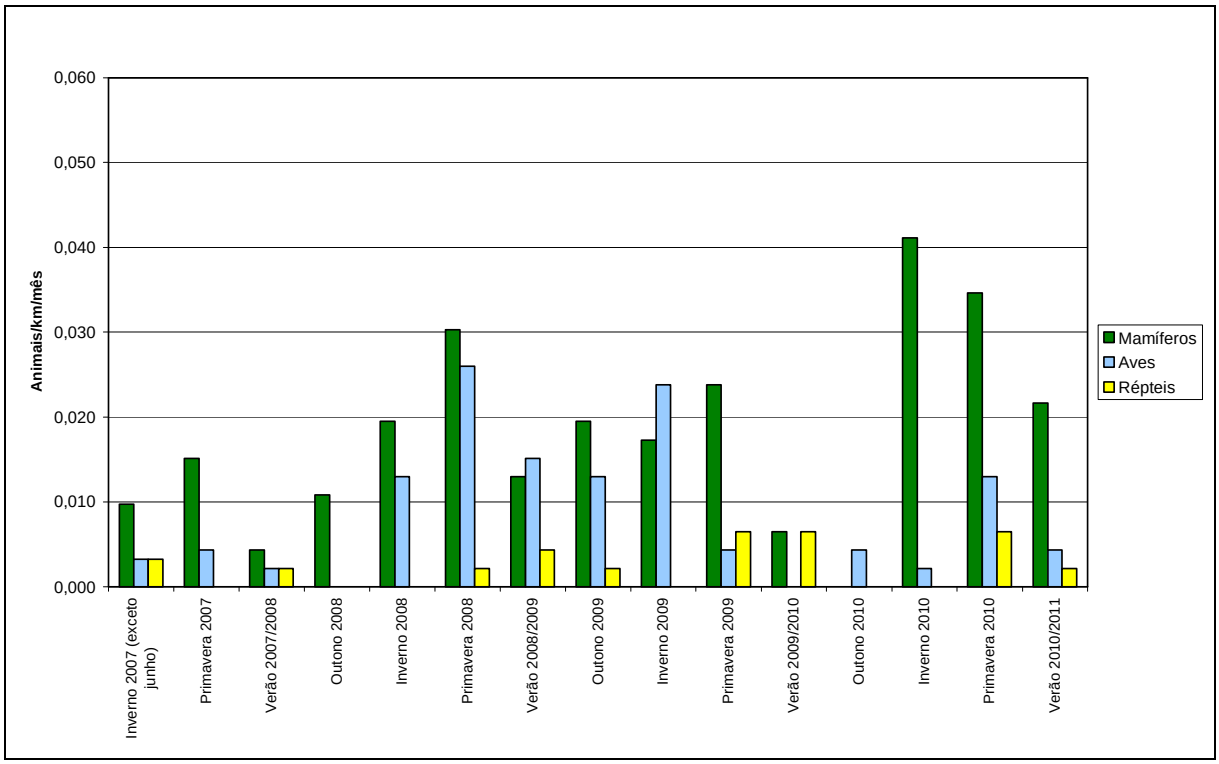

Figura 67 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe de vertebrados, por estação do ano, BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG.

Quadro 41 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano, na BR-040, pista senido Rio de Janeiro, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
Inverno 2007 (exceto junho)	0,016	0,005	0,010	0,005	0,000	0,000
Primavera 2007	0,017	0,004	0,000	0,000	0,002	0,004
Verão 2007/2008	0,006	0,006	0,002	0,004	0,000	0,000
Outono 2008	0,013	0,006	0,002	0,004	0,000	0,000
Inverno 2008	0,022	0,010	0,015	0,010	0,000	0,000
Primavera 2008	0,024	0,016	0,017	0,015	0,009	0,010
Verão 2008/2009	0,019	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000
Outono 2009	0,011	0,010	0,009	0,007	0,002	0,004
Inverno 2009	0,050	0,016	0,017	0,004	0,000	0,000
Primavera 2009	0,028	0,010	0,024	0,020	0,009	0,004
Verão 2009/2010	0,026	0,006	0,002	0,004	0,002	0,004
Outono 2010	0,006	0,006	0,009	0,010	0,000	0,000
Inverno 2010	0,024	0,010	0,013	0,011	0,000	0,000
Primavera 2010	0,017	0,025	0,000	0,000	0,002	0,004
Verão 2010/2011	0,002	0,004	0,011	0,014	0,011	0,014

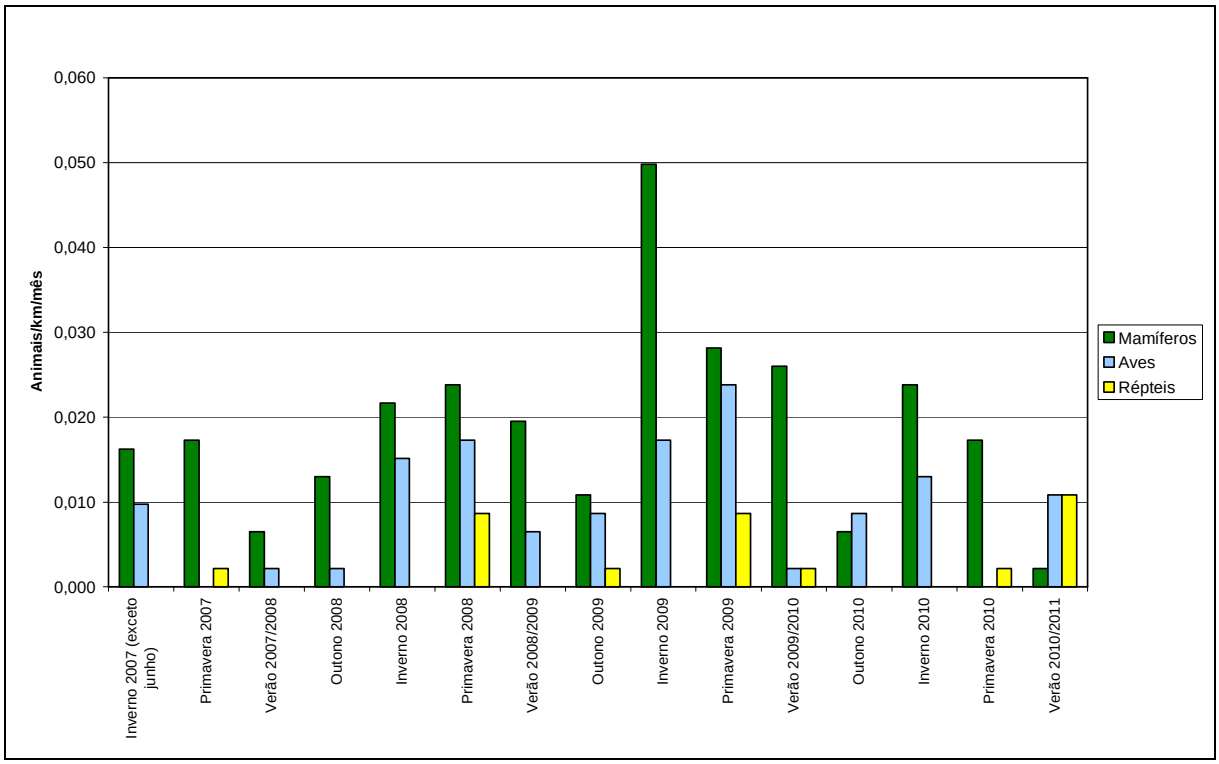

Figura 68 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe de vertebrados, por estação do ano, BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ

Quando se agregam os dados por estação, para os quatro anos de monitoramento, estes resultados ficam mais nítidos para todas as classes de vertebrados e para ambas as pistas (quadros 42 a 44 e figuras 69 a 71).

Quadro 42 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) na BR-040, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
Inverno (exceto junho de 2007)	0,052	0,022	0,025	0,019	0,001	0,002
Primavera	0,048	0,020	0,022	0,021	0,009	0,008
Verão	0,024	0,014	0,011	0,013	0,006	0,010
Outono (exceto 2011)	0,020	0,013	0,012	0,014	0,001	0,003

Quadro 43 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
Inverno (exceto junho de 2007)	0,052	0,022	0,025	0,019	0,001	0,002
Primavera	0,048	0,020	0,022	0,021	0,009	0,008
Verão	0,024	0,014	0,011	0,013	0,006	0,010
Outono (exceto 2011)	0,020	0,013	0,012	0,014	0,001	0,003

Quadro 44 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão (animais/km/mês), por estação do ano (agregado de quatro anos) na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, por classe de vertebrados, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

Estação	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
Inverno (exceto junho de 2007)	0,052	0,022	0,025	0,019	0,001	0,002
Primavera	0,048	0,020	0,022	0,021	0,009	0,008
Verão	0,024	0,014	0,011	0,013	0,006	0,010
Outono (exceto 2011)	0,020	0,013	0,012	0,014	0,001	0,003

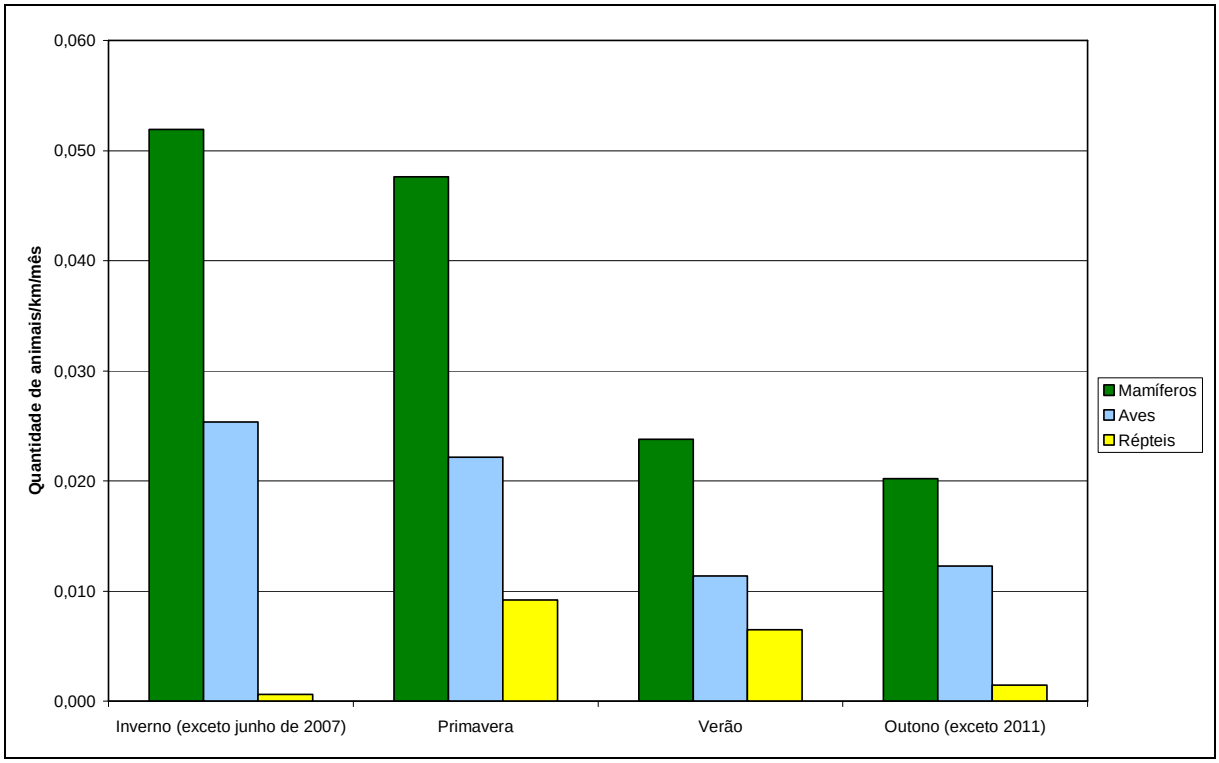

Figura 69 –Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe e por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040 – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011

Mamíferos e aves possuem maiores taxas de atropelamento no inverno e na primavera, enquanto os répteis possuem maiores taxas na primavera e verão. Uma vez que a resposta dos répteis está relacionada à temperatura, pois um dos principais motivo para buscarem a rodovia é a termoregulação (SULLIVAN, 1981), é possível que a temperatura da rodovia nessas estações seja mais atraente para esses animais, com maior aquecimento da pista, quando comparado ao inverno e outono, quando as temperaturas ficam mais baixas. Esse resultado é corroborado por SANTOS *et. al*. (2012), que encontraram aumento do atropelamento de répteis no verão, o que associaram ao aumento da temperatura da pista.

Assim como observado para o conjunto de animais, há uma variação muito grande dos dados de atropelamento dentro de cada estação, de forma que os desvios padrões também são bastante elevados. Exceção para os répteis, que apresentaram desvios padrões relativamente menores que aqueles observados para aves e mamíferos.

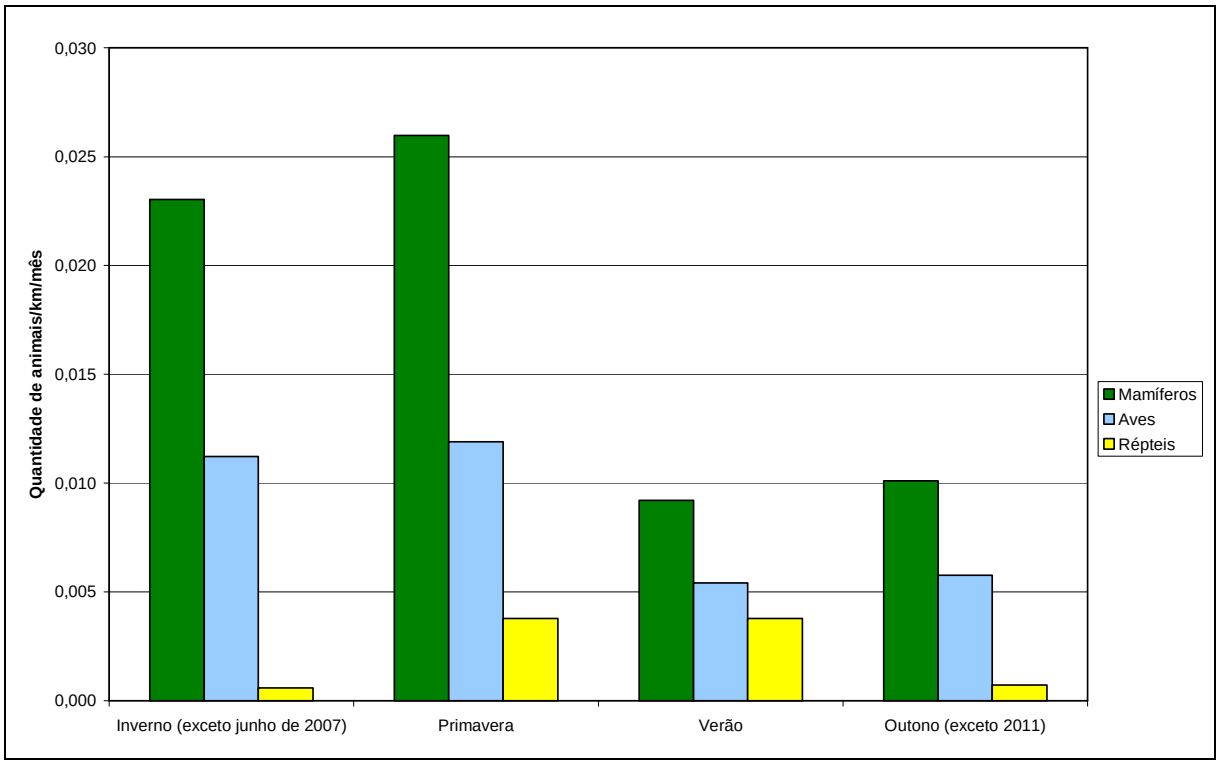

Figura 70 – Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe e por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Juiz de Fora – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011

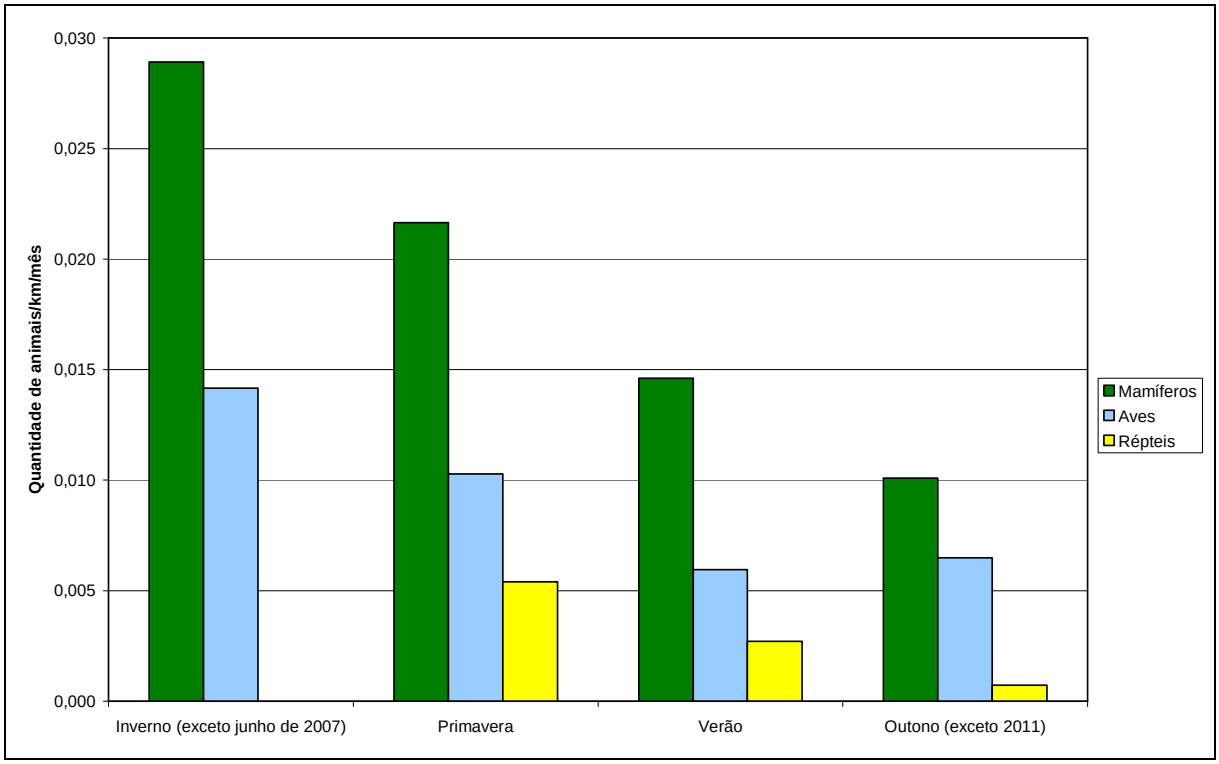

Figura 71 –Taxa de atropelamento de animais silvestres, por classe e por estação do ano (agregado de quatro anos), BR-040, pista sentido Rio de Janeiro – Inverno de 2007 (exceto junho) a verão de 2010/2011

Em função dessa elevada variabilidade, para o conjunto das pistas e para cada uma das pistas separadamente, as diferenças nas taxas de atropelamento de aves e de mamíferos entre as estações não foram consideradas significativas (anexos 14.6.2 e 14.6.3).

Já a variação da taxa de atropelamento de répteis foi considerada significativa entre o inverno e a primavera, por esse mesmo teste, mas também não apresentou significância entre as demais estações (quadro 45).

Quadro 45 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis, por estação do ano (agregado de quatro anos), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Inverno		0,035829	0,186820	0,994012
Primavera	0,035829		0,739184	0,080760
Verão	0,186820	0,739184		0,336464
Outono	0,994012	0,080760	0,336464	

Essa diferença maior entre as taxas de atropelamento dos répteis entre o inverno e primavera pode estar relacionada às variações de temperatura entre essas estações, com o inverno apresentando temperaturas bem menores, enquanto na primavera as mesmas são mais elevadas. Como um dos principais motivos da ida de répteis às rodovias é a regulação térmica, esses animais podem estar sendo pouco atraídos no inverno (não houve nenhum registro de atropelamento de répteis nessa estação), quando as rodovias não aquecem muito, pois o sol não alcança a pista na maior parte do tempo, em comparação com a primavera, quando há um aquecimento da pista, atraindo os répteis, que por estarem mais presentes na rodovia, são mais atropelados. Isto é corroborado pela maior taxa de atropelamento de répteis no verão quando comparado com o inverno e outono (mesmo que a diferença para essas estações não tenha sido significativa, segundo o Teste de Tukey).

Estes resultados indicam um papel da temperatura sobre os répteis (o que deve ser investigado diretamente, a partir dos dados disponíveis sobre a temperatura de cada uma das estações utilizadas no presente estudo), que não ocorre sobre aves e mamíferos, que são homeotérmicos[13].

Nesse sentido, a elevada média dos atropelamentos de aves e mamíferos no inverno e na primavera, em comparação com outono e verão, deve estar mais associada à precipitação do que à temperatura, pois a redução na umidade gera uma diminuição na disponibilidade de recursos para forrageamento e a necessidade de aumento na área de vida dos animais (ALMEIDA, 2007). Portanto, além da questão temporal, as diferenças sazonais nas taxas de atropelamento de mamíferos e aves envolvem uma variação espacial, pois a precipitação varia temporal e espacialmente.

[13] São animais que possuem a capacidade de regular a temperatura interna do corpo

Portanto, para comparar a variação temporal dos atropelamentos com a precipitação é necessário entender também a variação espacial desses atropelamentos.

Buscando sintetizar os resultados discutidos nesse capítulo, o quadro 46 traz os principais resultados apresentados na presente pesquisa e uma comparação com os dados obtidos por outros autores.

Quadro 46 – Síntese da variação temporal dos atropelamentos de animais silvestres e comparação com outros estudos

Autor	Bioma	Período	Taxa de atropelamento			
			Animais silvestres	Mamíferos	Aves	Répteis
Este estudo	Mata Atlântica	Inverno (3 meses secos)	0,077	0,052	0,025	0,001
		Primavera (2 meses secos e 3º mês chuvoso)	0,083	0,048	0,022	0,009
		Verão (3 meses chuvosos)	0,042	0,024	0,011	0,006
		Outono (2 meses chuvosos e 3º mês seco	0,035	0,020	0,012	0,001
Bueno & Almeida (2010)	Mata Atlântica	Seco	Elevada	-	-	-
		Úmido	Reduzida	-	-	-
Rodrigues (2002)	Cerrado	Seco	Reduzida	-	-	-
		Úmido	Elevada	-	-	-
Prada (2004)	Cerrado	Seco	-	Reduzida	Sem variação	Reduzida
		Úmido	-	Elevada	Sem variação	Elevada
Ibram (2012)	Cerrado	Seco	Reduzida	-	-	-
		Úmido	Elevada	-	-	-
Cunha *et. al*. (2010)	Cerrado	Seco	Sem variação	-	-	-
		Úmido	Sem variação	-	-	-
Melo & Santos-Filho (2007)	Cerrado	Seco	Elevada, mas sem diferença significativa	-	-	-
		Úmido	Reduzida, mas sem diferença significativa	-	-	-
Santos *et. al*. (2012)	Transição Cerrado – Mata Atlântica	Inverno	Reduzida	Pouca variação, ligeira concentração nas épocas secas	Pouca variação, ligeira concentração nas épocas secas	Reduzida
		Primavera	Reduzida			Reduzida
		Verão	Elevada			Elevada
		Outono	Elevada			Elevada
Rosa & Bager (2011)	Alagados do Suldo Brasil	Inverno	-	-	Reduzida	-
		Primavera	-	-	Reduzida	-
		Verão	-	-	Elevada	-
		Outono	-	-	Elevada	-
Feldhamer *et. al.* (1986)*	Temperado	Seco	-	Elevada	-	-
		Úmido	-	Reduzida	-	-
Ruinderink & Hazebrook (1996)**	Temperado	Seco	-	Elevada	-	-
		Úmido	-	Reduzida	-	-
McClure (1951)	Temperado	Verão	Elevada	-	-	-
		Demais estações	Reduzida	-	-	-

Autor	Bioma	Período	Taxa de atropelamento			
			Animais silvestres	Mamíferos	Aves	Répteis
Seibert & Conover (1991)	Temperado	Seco		Elevada		
		Úmido		Reduzida		
Smith-Patten & Patten (2008)	Temperado	Inverno	Reduzida			
		Primavera	Elevada			
		Verão	Reduzida			
		Outono	Reduzida			
Pinowski (2005)	Savana Floresta	Seco	Elevada	-	-	-
		Úmido	Reduzida	-	-	-

* Trabalho com cervos. ** Trabalho com mamíferos ungulados

9 VARIAÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES

Ao se separar os atropelamentos de fauna silvestre por trechos de 1 quilômetro, nota-se uma heterogeneidade marcante, com concentrações de eventos, especialmente entre os quilômetros 813 e 820, em Minas Gerais e entre os quilômetros 80 e 100, no estado do Rio de Janeiro. Por outro lado, no extremo sul do trecho monitorado (kms 105 a 124) e na porção central (kms 45 a 52) a incidência de atropelamentos é muito menor que a média dos demais quilômetros, sendo que após o km 118 não há registros, mesmo quando são incluídos os dados de monitoramento até 30 de junho de 2011 (figura 72).

O caso do extremo sul da BR-040, especialmente a partir do km 118, parece estar associado tanto às características essencialmente urbanas do trecho, quanto às características da rodovia. Neste trecho, o entorno da estrada é acentuadamente urbanizado (ver capítulo 5) e a BR-040 é composta por três ou quatro pistas de rolamento em cada pista (sentido Juiz de Fora e sentido Rio de Janeiro), totalizando de seis a oito pistas de rolamento, com tráfego bastante intenso. Há muito barulho e as margens da estrada são distantes uma da outra, características que tendem a inibir as tentativas dos animais de atravessar a BR-040, gerando um efeito de fragmentação quase total para muitas espécies animais (JAEGER & FAHRIG, 2004).

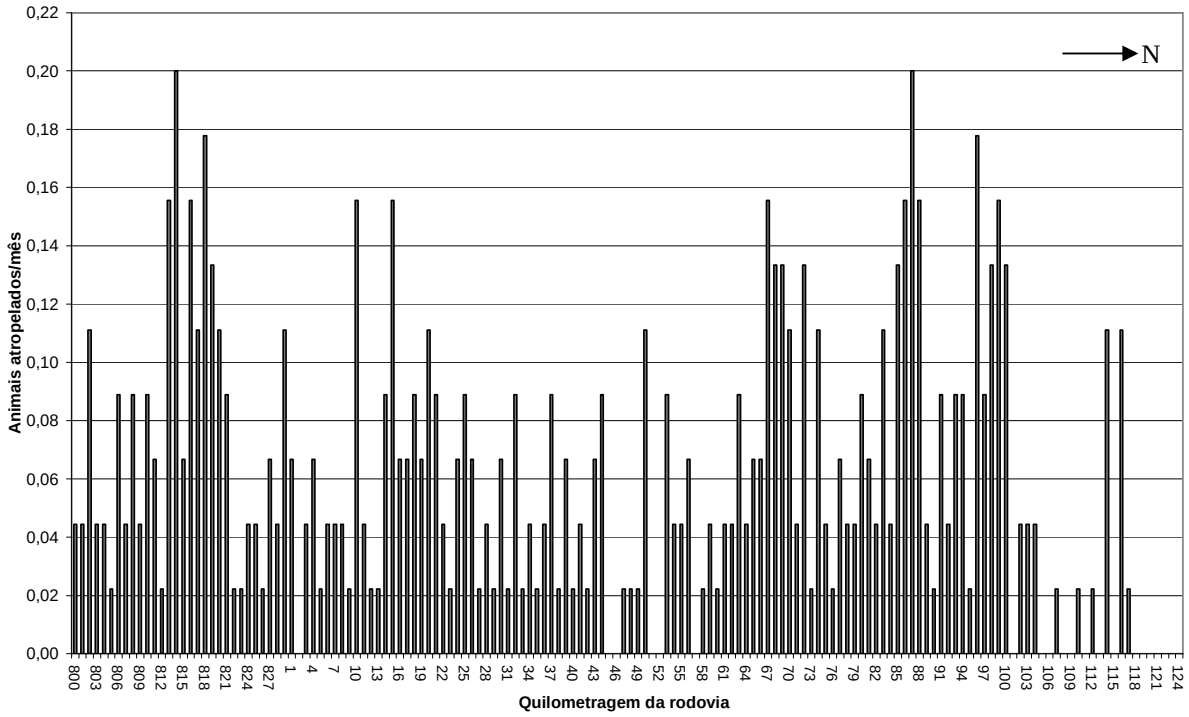

Figura 72 – Taxa mensal de atropelamento por trecho de 1 km – BR-040 - 01/07/2007 a 30/06/2011

Ao decompor esses resultados pelas duas pistas que formam a BR-040, nota-se que elas apresentam distinções. A pista sentido Juiz de Fora possui concentrações de atropelamentos entre os quilômetros 813 e 818 e entre os kms 63 e 87, enquanto a pista sentido Rio de Janeiro apresenta uma concentração maior entre os kms 815 e 821 e entre os kms 85 e 101 (figuras 73 e 74). Enquanto no trecho de Minas Gerais (kms 813 a 821) as duas pistas mostram uma concentração próxima de atropelamentos no que se refere aos kms, pois as pistas correm juntas, no trecho entre os kms 63 e 101 os pontos de concentração são distintos, uma vez que na maior parte desse trecho (kms 69 a 101) as pistas seguem trajetos distintos.

Esses dados que indicam uma variação espacial dos atropelamentos de fauna silvestre corroboram com as observações de diversos autores, que encontraram concentrações de atropelamentos em locais específicos em rodovias que cruzam os mais diferentes biomas do Brasil e do mundo, associando essas concentrações a características da paisagem, da estrada e das espécies atropeladas (FORMAN & ALEXANDER, 1998; FORMAN *et. al.*, 2003; COELHO *et. al.*, 2008; FREITAS, 2009; BUENO *et. al.*. 2011; DORNELLES & SCHLICKMAN, 2011; CARVALHO & MIRA, 2011).

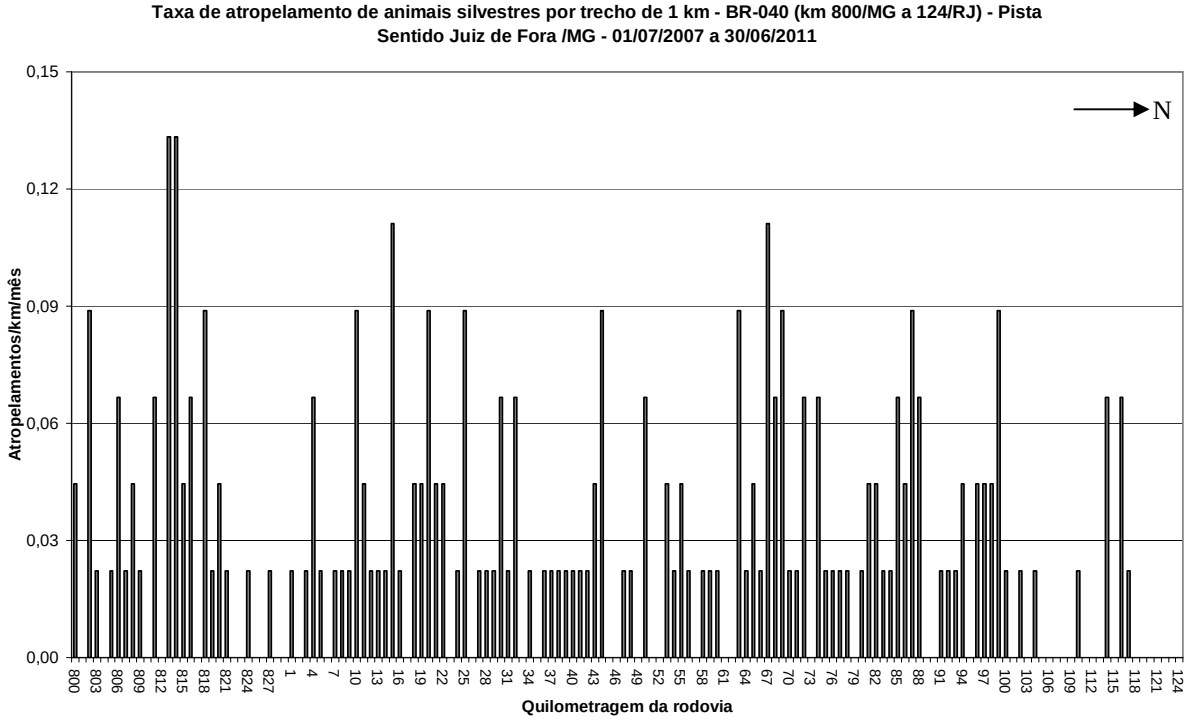

Figura 73 – Taxa mensal de atropelamento por trecho de 1 km – BR-040, pista sentido Juiz de Fora - 01/07/2007 a 30/06/2011

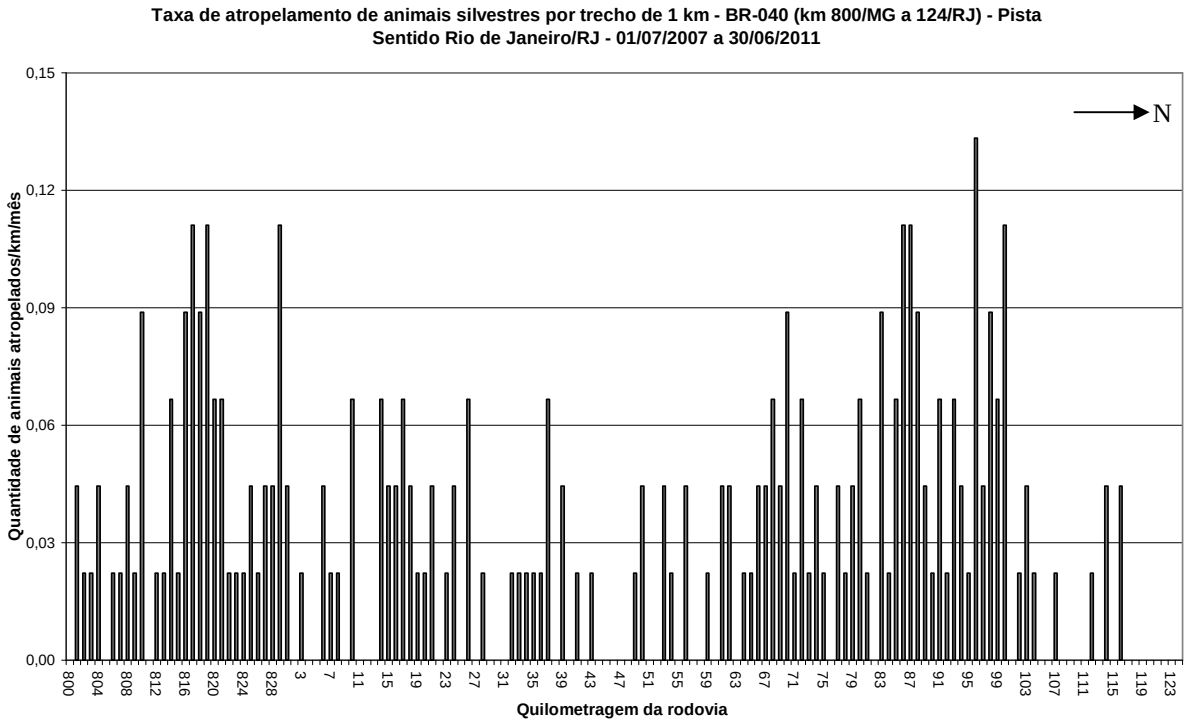

Figura 74 – Taxa mensal de atropelamento por trecho de 1 km – BR-040, pista sentido Rio de Janeiro - 01/07/2007 a 30/06/2011

A despeito de ilustrarem a variação espacial dos atropelamentos, estes dados são de difícil relação com as características diferenciadas da paisagem ao longo da BR-040, já que variações de apenas 1 km não refletem alterações significativas na paisagem (salvo exceções), que requerem uma alteração na dominância de ecossistemas e de distúrbios sobre esses ecossistemas (FORMAN & GORDON, 1986). Especialmente quando se pensa em geoecossistemas conforme definido por HUGGET (1995), com uma expressão espacial como elemento definidor do conceito, requerendo elementos de homogeneidade espacial que são observados, frequentemente, em trechos superiores a um quilômetro, mesmo em um bioma fragmentado como a Mata Atlântica. Assim, é frequente a existência de geoecossistemas com dimensões superiores a um quilômetro de comprimento individualizáveis na paisagem. Portanto, não é possível relacionar os atropelamentos em um trecho de um quilômetro com um determinado geoecossistema.

Tendo em vista que a variação espacial na dominância de geoecossistemas reflete-se, em uma escala mais ampla, na variação da paisagem, torna-se possível relacionar a variação dos atropelamentos dos animais silvestres e das diferentes classes de animais (aves, mamíferos e répteis) com a variação da paisagem, pois é possível relacionar conjuntos contínuos de quilômetros a tipos de paisagem, conforme descrito no capítulo 4.

9.1 Variações dos Atropelamentos de Fauna Silvestre nos Trechos que Cruzam os Seis Recortes de Paisagem

As diferenças no padrão espacial de distribuição da vegetação e das áreas urbanas explicam, em parte, as variações encontradas nas taxas de atropelamento nos trechos de paisagens distintas atravessados pela BR-040.

O quadro 47 apresenta a taxa de atropelamento de animais silvestres e o desvio padrão associado à essa taxa para os seis tipos de paisagem cruzados pela BR-040. Percebe-se uma redução gradativa dos resultados do trecho da rodovia que cruza a paisagem com a maior proporção de ecossistemas mais conservados e que apresenta maior conectividade florestal para o trecho que cruza a paisagem com maior alteração humana e maior proporção de áreas urbanas.

Quadro 47 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 março de 2011

Paisagens	Area (km^2)	Taxa de atropelamento/km/mês	Desvio Padrão
B	561,06	0,025	0,161
S	486,75	0,125	0,456
R	215,11	0,057	0,248
G	464,23	0,049	0,350
GU	508,97	0,063	0,270
GF	463,75	0,079	0,298

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; **GU** - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

A taxa de atropelamento é mais elevada no trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, onde a BR-040 atravessa a paisagem com maior ICF para as duas escalas e faixas de análise. Isto indica uma relação direta entre a conservação florestal e os atropelamentos.

A segunda maior taxa de atropelamento é encontrada no trecho denominado **Gramíneas e Fragmentos**, onde também há uma massa de floresta maior que nos demais tipos de paisagem na faixa de 10 km no entorno de cada lado da rodovia, especialmente no que concerne à florestas em bom estado de conservação (exceto o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**). Nessa área, inclusive, foram registrados atropelamentos de jaguatiricas (*Leopardus pardalis*) e lobos-guarás (*Chrysocyon brachyurus*) espécies relevantes para a conservação.

A taxa de atropelamentos nas áreas denominadas **Gramíneas e Áreas Urbanas**, **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e **Gramíneas** são intermediárias entre as taxas encontradas nos tipos de paisagens acima citadas e a taxa encontrada na **Baixada**. O nível de degradação dos ecossistemas naturais nesses trechos também é menor que o àquele observado na **Baixada** (que possui uma proporção de Áreas Ocupadas com

Edificações muito elevada nas duas faixas de análise), sendo que a taxa é menor no trecho com menor presença de ecossistemas naturais entre os três intermediários m(para a faixa de 10 km), que é a paisagem de **Gramíneas.**

Nesse caso, vale ressaltar a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, pois este recorte espacial mostrou um ICF elevado para a faixa de 10 km, fruto de uma proporção elevada de floresta e da presença de fragmentos relativamente grandes. Porém, a taxa de atropelamentos nesse recorte de paisagem não está entre as mais elevadas. Tendo em vista que esse recorte de paisagem apresentou um ICF proporcionalmente menor para a área de 0,5 km de cada lado da rodovia, há uma indicação clara que as respostas aos atropelamentos, ao menos nesse trecho da estrada, estão relacionadas, sobremaneira, à porção da paisagem mais próxima à rodovia.

Tendo em vista que na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, além de maior fragmentação florestal na faixa de 0,5 km em comparação com a de 10 km, há uma proporção muito mais elevada de Áreas Ocupadas com Edificações (classe que abrange quase 20% da área total do recorte de 0,5 km, enquanto na faixa de 10 km ocupa 2,3% da área), é provável que essa faixa urbana no entorno mais próximo da rodovia esteja gerando um evitamento por parte dos animais, que por chegarem em menor número na BR-040, são menos atropelados.

Nesse sentido, a redução da conectividade no entorno mais próximo da estrada, associada à abundância de áreas urbanas, está elevando a fragmentação da paisagem e reduzindo a possibilidade de fluxo gênico entre as populações de animais silvestres situadas em distintos fragmentos da paisagem denominada a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, mesmo que essa área do entorno do corredor principal de vegetação ainda possua uma massa significativa de florestas em bom estado de conservação.

Na **Baixada,** onde a rodovia cruza a paisagem com ICF muito baixo em ambas as faixas e escalas de análise são encontrados os valores inferiores nas taxas de atropelamento. Porém, nesse último caso, vale ressaltar novamente as diferenças nas características da rodovia na **Baixada** (mais larga e com fluxo mais intenso em grande parte desse trecho) em relação aos demais trechos da BR-040, pois são características que tendem a reduzir os atropelamentos de fauna silvestre.

No caso da divisão das pistas o padrão geral permanece o mesmo, com taxas de atropelamento maiores no trecho do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e menores no trecho de **Baixada** em ambas as pistas. Contudo, a diferença na taxa de atropelamento entre as paisagens com maior presença de geoecossistemas naturais e as paisagens de maior influência humana são maiores na pista sentido Rio de Janeiro (quadros 48 e 49).

Nesta pista, a taxa de atropelamentos no trecho do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** é muito mais elevado que os demais, chegando a ser quase o dobro da taxa da

pista sentido Juiz de Fora no mesmo trecho (mesmo com a taxa desta última pista também sendo a mais elevada entre os trechos de paisagem) e nove vezes maior que a taxa do trecho de **Baixada na pista sentido Tio de Janeiro**. Já no trecho de **Baixada**, cuja paisagem é mais urbanizada, a taxa da pista sentido Rio de Janeiro é menor que na outra pista e, proporcionalmente, muito menor que as demais taxas, enquanto na pista sentido Juiz de Fora essa diferença é inferior.

Na pista sentido Rio de Janeiro, o segundo trecho com maior taxa de atropelamento de animais silvestres é também o que apresenta a terceira maior massa de floresta e a menor quantidade e proporção de Áreas Ocupadas com Edificações: o trecho **Gramíneas e Fragmentos**, cuja taxa de atropelamento é, inclusive, ligeiramente superior à taxa observada no trecho do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** para a pista sentido Juiz de Fora.

Quadro 48 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 março de 2011

Paisagens	Taxa de atropelamento/km/mês	Desvio Padrão
B	0,015	0,130
S	0,044	0,224
R	0,035	0,189
G	0,026	0,257
GU	0,036	0,203
GF	0,032	0,205

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; **GU** - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Quadro 49 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 março de 2011

Paisagens	Taxa de atropelamento/km/mês	Desvio Padrão
B	0,009	0,097
S	0,081	0,401
R	0,022	0,151
G	0,023	0,207
GU	0,027	0,170
GF	0,046	0,220

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; **GU** - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Para a pista sentido Rio de Janeiro, nos demais trechos as taxas de atropelamento são semelhantes, com exceção da **Baixada,** onde é menor.

Para a pista sentido Juiz de Fora, as taxas de atropelamento são menos variáveis, apresentando um padrão mais homogêneo dos atropelamentos no que concerne à distribuição espacial. Nessa pista, o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** é o trecho

com maior taxa, mas esta é apenas três vezes maior que a taxa da **Baixada**, que é a inferior. As demais taxas são intermediárias e relativamente próximas.

As diferenças entre as taxas de atropelamento dos distintos tipos de paisagem são mais elevadas nas duas pistas em conjunto e na pista sentido Rio de Janeiro isoladamente, assim como há diferenças relevantes entre as taxas de atropelamento dos distintos tipos de paisagem nas quatro estações. Porém, em todos os casos, os desvios padrões associados á média são muito grandes, indicando uma elevada variação interna em cada trecho e em cada estação.

Assim, a maior parte dessas diferenças não foi considerada significativa pelo Teste de Tukey, quando realizado para identificar a significância entre os resultados de cada paisagem. Apenas a taxa de atropelamentos de animais silvestres no trecho do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** foi considerada significativamente mais elevada que a taxa de atropelamento encontrada no trecho da BR-040 que corta a **Baixada** (quadro 50). São, justamente, os dois trechos que apresentam as maiores diferenças nas características espaciais, com a **Baixada** sendo o trecho de menor conservação dos geoecossistemas e de ICF mais reduzido em ambas as escalas (juntamente com a paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**, mas apresentando maior concentração de áreas edificadas e maior largura das pistas que este recorte de paisagem) e o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** sendo a paisagem de maior ICF.

Quadro 50 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,038687	0,529454	0,635474	0,324833	0,070494
S	0,038687		0,623680	0,517835	0,833004	0,999598
R	0,529454	0,623680		0,999973	0,998834	0,796962
G	0,635474	0,517835	0,999973		0,992767	0,699821
GU	0,324833	0,833004	0,998834	0,992767		0,943913
GF	0,070494	0,999598	0,796962	0,699821	0,943913	

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; **GU** - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Os resultados obtidos para o conjunto das pistas é mais influenciado pela pista sentido Rio de Janeiro do que pela pista sentido Juiz de Fora, pois as diferenças nos atropelamentos entre os trechos de paisagem para a pista sentido Juiz de Fora não foram significativos em nenhum dos casos (anexo 14.6.4), enquanto para a pista sentido Rio de Janeiro a diferença entre os trechos de **Baixada** e do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** foram considerados significativos (quadro 51).

Quadro 51 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por trecho de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,025475	0,924000	0,916898	0,743435	0,072139
S	0,025475		0,160989	0,167401	0,309918	0,994521
R	0,924000	0,160989		1,000000	0,998335	0,365509
G	0,916898	0,167401	1,000000		0,998743	0,377058
GU	0,743435	0,309918	0,998335	0,998743		0,596582
GF	0,072139	0,994521	0,365509	0,377058	0,596582	

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Reverso da Serra sob Influência do Rios da Cidade e Piabanha; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Isto ocorre, pois como descrito acima, na pista sentido Rio de Janeiro a taxa de atropelamento do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** é nove vezes maior que na baixada, enquanto na pista sentido Juiz de Fora é apenas três vezes.

Portanto, a pista sentido Rio de Janeiro apresenta uma variação maior na taxa de atropelamento entre os trechos de paisagem do que a pista sentido Juiz de Fora, especialmente no que concerne ao trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**.

O fato da pista sentido Rio de Janeiro nesse trecho se afastar da pista sentido Juiz de Fora e cruzar uma parte central e conservada de um grande fragmento florestal, que faz conexão com a REBIO Tinguá, enquanto a pista sentido Juiz de Fora passa na periferia desse fragmento, junto ao Centro de Petrópolis, parece ser uma explicação para uma taxa maior nesse trecho na pista sentido Rio de Janeiro. Ou seja, os dados indicam que quanto maior o ICF maior a taxa de atropelamento e isso é ainda mais reforçado pela taxa de atropelamentos ser maior na pista que perpassa os fragmentos maiores e mais conservados.

Essa explicação é corroborada pela maior proporção de áreas urbanas e menor proporção de florestas no entorno da pista sentido Juiz de Fora no trecho de **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, em comparação à pista sentido Rio de Janeiro.

Esses resultados são semelhantes a resultados encontrados por alguns outros autores, que também mostraram maiores taxas de atropelamento de animais silvestres em rodovias que cruzam paisagens dominadas por ecossistemas conservados (SEILER, 2005; PINOWSKI, 2005; FREITAS, 2009; ABRA *et. al.*, 2011; CARVALHO & MIRA, 2011; PEREIRA & CARVALHO, 2011). Há ainda o estudo de JUNIOR *et. al*. (2011), que associou a concentração de atropelamentos de animais em uma ferrovia à maior presença de ecossistemas conservados no entorno da mesma.

Porém, ao contrário do observado no presente estudo, especialmente no que concerne às paisagens da **Baixada** e do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, alguns autores não identificaram associações claras entre as taxas de atropelamentos de animais silvestres, ou de algumas espécies de animais silvestres, e as características da paisagem relacionadas à presença de ecossistemas remanescentes (KANDA *et. al.*, 2006; SMITH-PATTEN & PATTEN, 2008; CUNHA *et. al*., 2010; COLINO-RABANAL *et. al*., 2011).

Há ainda alguns autores que encontraram relações inversas entre a presença de florestas e os atropelamentos de animais silvetres, como REZINI (2010). Mas este autor associa esses resultados às características da rodovia estudada, que no trecho que cruza a floresta não permite um deslocamento rápido dos automóveis, quando comparado com outros trechos não florestados, e às características generalistas das 3 espécies mais atropeladas, que respondiam por mais de ¾ dos eventos.

No caso da BR-040, o arranjo espacial dos ecossistemas remanescentes, especialmente o seu isolamento na paisagem da **Baixada** e uma conectividade significativa no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, tende a tornar a diferença entre essas duas paisagens bastante significativa, o que se reflete nos atropelamentos. Mas esses arranjo parece ser responsável por diferenças mais sutis, como aquelas entre o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e os demais tipos de paisagem, e que se refletem em médias maiores na área de maior concentração de remanescentes em melhor estado de conservação.

É importante destacar que as características inerentes à rodovia também são relevantes nessa diferença, uma vez que grande parte do trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** na pista sentido Juiz de Fora não permite velocidades acentuadas, por ser estreito e muito sinuoso; já para a pista sentido Rio de Janeiro, praticamente todo o trecho que cruza esse recorte de paisagem permite altas velocidades, o que tende a aumentar o número de atropelamentos (SMITH-PATTEN & PATTEN, 2008; REZINI, 2010).

Além disso, na pista sentido Rio de Janeiro o trecho denominado **Gramíneas e Fragmentos** também apresentou uma taxa maior de atropelamento que a pista sentido Juiz de Fora. Porém, nesse último caso, essa diferença não foi considerada significativa em relação aos demais trechos de paisagem.

9.2 Variações dos Atropelamentos de Fauna Silvestre na BR-040 nos Trechos que Cruzam Paisagens Distintas, em Função das Classes

Ao apresentar os resultados para cada trecho de paisagem, por classe de vertebrado, são percebidas diferenças importantes entre os atropelamentos de mamíferos, aves e répteis para o conjunto das duas pistas (quadro 52 e figura 75).

Quadro 52 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e por classe, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
B	0,011	0,022	0,004	0,013	0,009	0,030
S	0,058	0,050	0,012	0,020	0,009	0,018
R	0,032	0,038	0,021	0,032	0,002	0,008
G	0,032	0,056	0,007	0,022	0,002	0,011
GU	0,028	0,039	0,029	0,051	0,001	0,005
GF	0,047	0,042	0,024	0,042	0,004	0,016

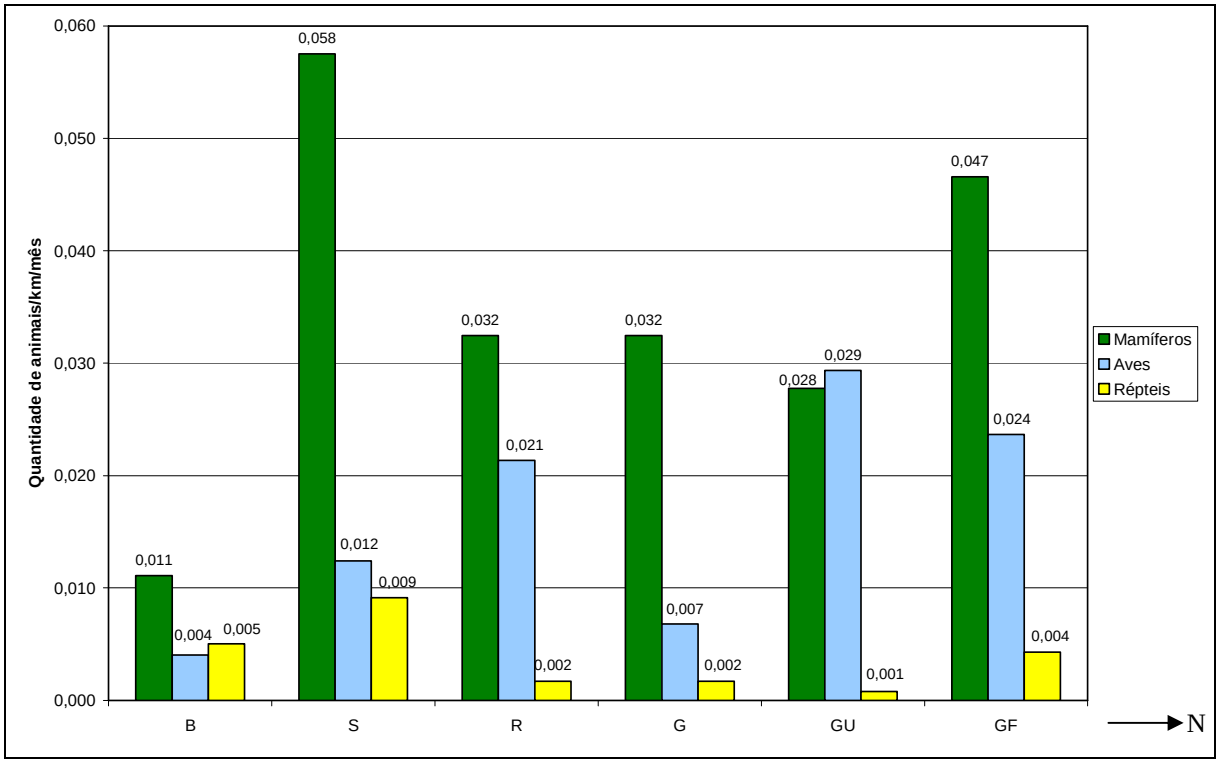

Figura 75 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, por classe e por recorte de paisagem. B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Há maior ocorrência de atropelamento de mamíferos em todos os tipos de paisagem, exceto na área denominada **Gramíneas e Áreas Urbanas**, onde a taxa de atropelamento de aves é ligeiramente mais elevada que a de mamíferos.

A despeito de ser preponderante em quase todos os tipos de paisagem, a taxa de atropelamento de mamíferos é maior no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e, em seguida, na paisagem de **Gramíneas e Fragmentos**. E são menos freqüentes no trecho que cruza a **Baixada**. Nos demais trechos, as taxas de atropelamento de mamíferos são intermediárias e de valor semelhante, sendo que **Gramíneas e Áreas Urbanas** apresenta uma taxa menor.

Esses resultados indicam uma associação do atropelamento de mamíferos com a conectividade florestal, uma vez que o recorte de paisagem com maior taxa é aquele que apresenta maior ICF nas duas escalas e áreas analisadas. Esta paisagem, conforme demonstrado no capítulo 5, possui todos os parâmetros de análise que compõe o ICF indicando maior estado de conservação das florestas, o que é nítido também com a observação dos mapas nas escalas de 1:250.000 e 1:2.000 e os dados de área e proporção das classes desse mapa.

Uma questão que parece muito relevante é que a presença de áreas urbanas no entorno mais próximo da rodovia, pois essa forma de uso do solo é um limitador da presença de mamíferos no entorno da rodovia, reduzindo as taxas de atropelamento. Como **Gramíneas e Fragmentos**, assim como o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, possuem uma proporção pequena de Áreas Ocupadas com Edificações nos 0,5 kms no entorno da BR-040, o atropelamento de mamíferos nessas paisagens apresenta taxas mais elevadas.

Uma outra questão importante que parece elevar a taxa de atropelamentos refere-se ao total de florestas em bom estado de conservação e a distribuição espacial dessa mata. Na paisagem **Gramíneas e Fragmentos** há uma massa grande de fragmentos de Floresta em Estágio Médio/Avançado de Sucessão, o que permite a existência de populações de uma grande variedade de mamíferos, o que também tende a aumentar os atropelamentos. Há fragmentos de grande porte, mas essa massa de floresta é formada, na maior parte, por muitos fragmentos de pequeno porte. Assim, as populações de animais silvestres tendem a viver no conjunto de fragmentos em bom estado de conservação existentes na paisagem, pois cada fragmento tem um tamanho pequeno e não possui capacidade de suporte para a sobrevivência dessas populações, obrigando-as a um movimento intenso entre fragmentos. Esse aumento no movimento de mamíferos entre fragmentos gera um aumento nos atropelamentos, de modo que mesmo tendo ICFs muito inferiores àqueles obtidos **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (onde as populações de mamíferos tendem a ser muito maiores, pois a massa florestal conservada e a conectividade são muito mais elevadas), as taxas de atropelamento de mamíferos são apenas um pouco inferiores.

O resultado obtido na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** foi bastante semelhante ao resultado das paisagens denominadas **Gramíneas** e **Gramíneas e Áreas Urbanas**, mesmo com **e**sse recorte espacial tendo mostrado ICF elevado para a faixa de 10 km. Mais uma vez, o ICF menor na faixa de 0,5 km na **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e as elevadas proporções de Áreas Ocupadas com Edificação nessa faixa de análise parecem estar reduzindo de forma mais relevante o atropelamento dos mamíferos. Os mamíferos são uma classe cujo comportamento mais comum é o de evitar as áreas ocupadas pelo homem, o que explica estes resultados .

Esta hipótese é reforçada quando se dividem os dados de atropelamento das três classes de vertebrados pelas duas pistas que compõem a BR-040 (quadros 53 e 54 e figuras 76 e 77). A pista sentido Juiz de Fora apresenta uma distribuição espacial da taxa de atropelamento de mamíferos mais homogênea, com concentrações espaciais menores. As taxas nessa pista são semelhantes para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** e para a paisagem **Gramíneas.** Já a pista sentido Rio de Janeiro apresenta uma taxa maior de atropelamento no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e na paisagem **Gramíneas e Fragmentos**.

Quadro 53 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e por classe, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
B	0,005	0,017	0,002	0,009	0,004	0,013
S	0,023	0,027	0,003	0,008	0,005	0,011
R	0,022	0,034	0,011	0,025	0,002	0,008
G	0,022	0,051	0,002	0,011	0,000	0,000
GU	0,016	0,031	0,017	0,033	0,001	0,005
GF	0,016	0,026	0,012	0,029	0,001	0,007

Quadro 54 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e por classe, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Mamíferos		Aves		Répteis	
	TA	s	TA	s	TA	s
B	0,006	0,016	0,002	0,009	0,005	0,028
S	0,035	0,035	0,010	0,018	0,004	0,012
R	0,010	0,017	0,010	0,021	0,000	0,000
G	0,010	0,026	0,005	0,019	0,002	0,011
GU	0,012	0,019	0,012	0,030	0,000	0,000
GF	0,030	0,033	0,011	0,021	0,003	0,015

Conforme já dito, a pista sentido Rio de Janeiro, no trecho que atravessa a paisagem **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, cruza a porção central de um fragmento florestal em bom estado de conservação que faz conexão com a REBIO Tinguá, enquanto a pista sentido Juiz de Fora cruza uma porção periférica desse mesmo fragmento de mata (já separado do fragmento principal que conecta a REBIO Tinguá pela pista sentido Rio de Janeiro), com maior presença de áreas urbanas.

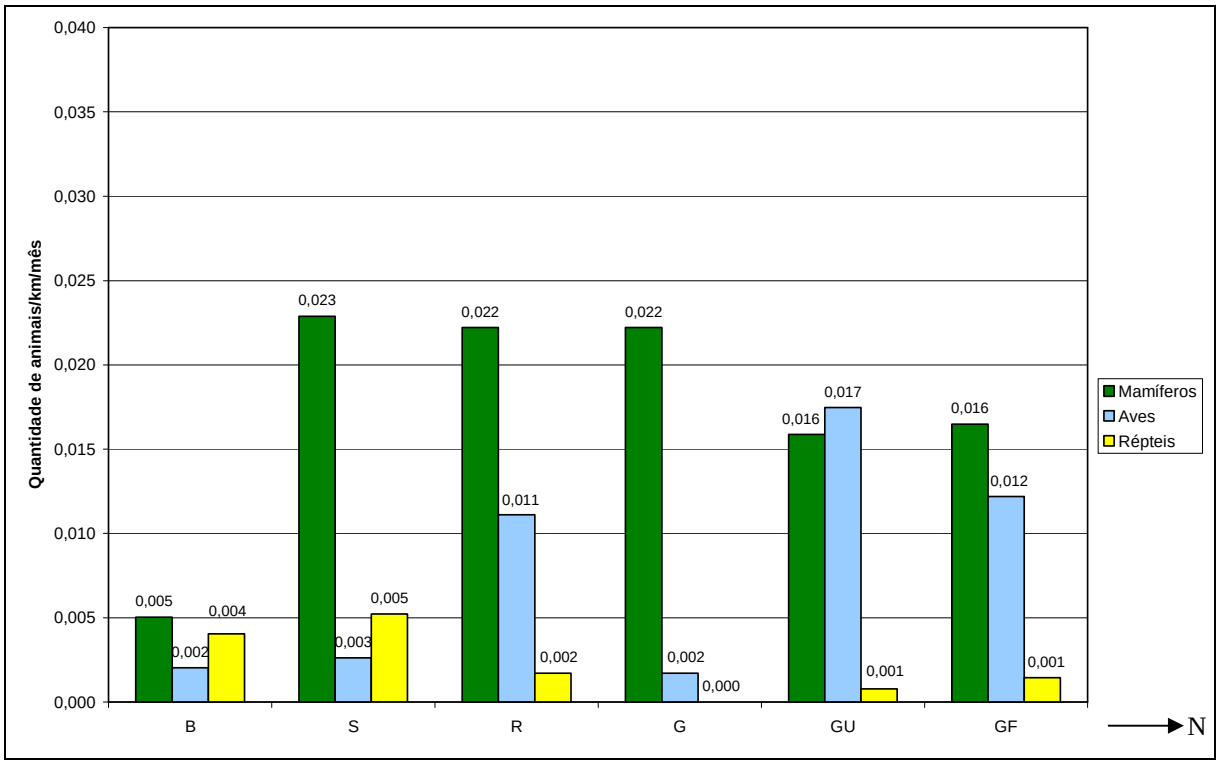

Figura 76 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, por classe e por recorte de paisagem na BR-040. B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

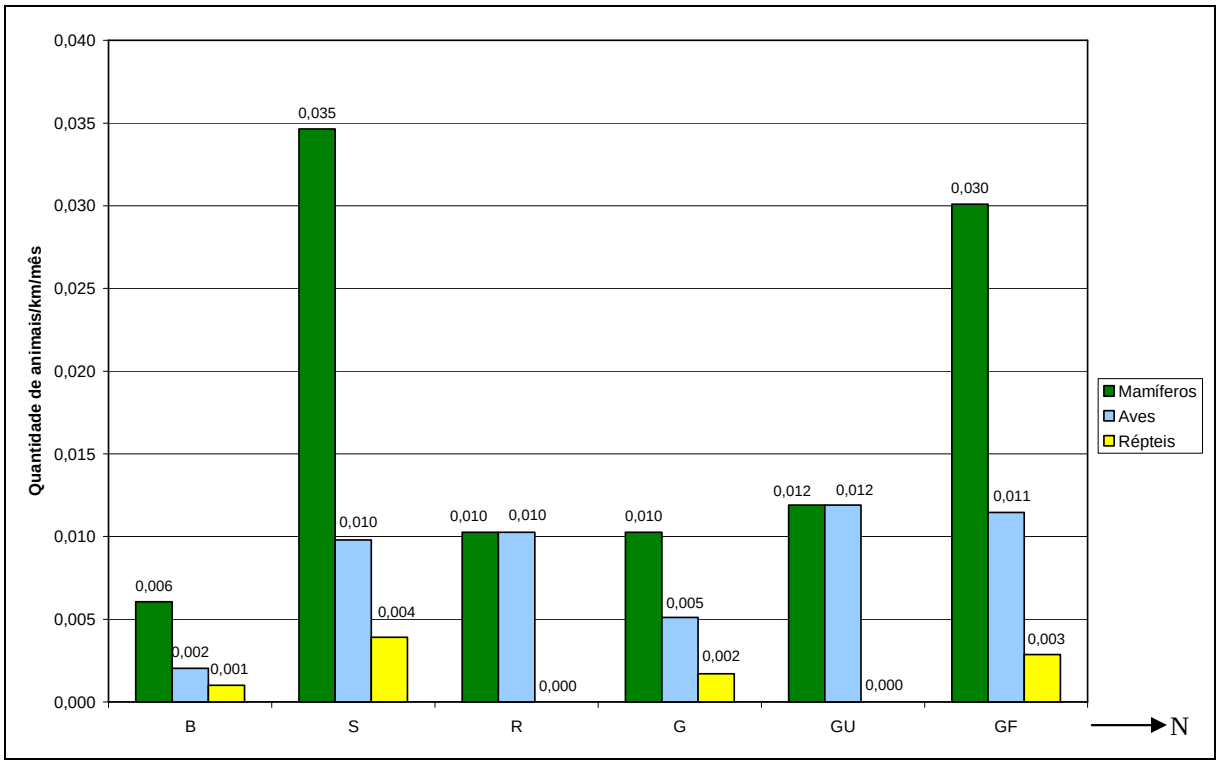

Figura 77 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, por classe e por recorte de paisagem. B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

Assim, esses resultados reforçam ainda mais a interpretação de que, para os mamíferos, de modo geral, a presença de ecossistemas mais conservados e de maior conectividade florestal aumenta as taxa de atropelamento, enquanto a maior proporção de áreas urbanas reduz essas taxas, mas amplia a fragmentação da paisagem, no que concerne ao fluxo de animais silvestres entre fragmentos.

Porém, nenhuma das diferenças nas taxas de atropelamento de mamíferos entre tipos de paisagem mostrou-se estatisticamente significativa, segundo o Teste de Tukey (anexo 14.6.5, utilizando os valores de cada pista como repetição), nem mesmo entre os trechos que cruzam o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e a **Baixada**.

Isto não anula as diferenças entre as taxas de atropelamento de mamíferos dos trechos que cruzam diferentes tipos de paisagem, pois esta não significância pode ser derivada da amostra relativamente pequena de atropelamentos. Mas indica que as diferenças nas taxas são sutis, havendo a necessidade de análises que conjuguem as diferenças nas taxas de atropelamento entre as classes, com as diferenças espaço-temporais.

Já as aves apresentam uma distribuição espacial bastante distinta, com maior concentração de atropelamentos nos trechos mais a norte: **Gramíneas e Áreas Urbanas** e **Gramíneas e Fragmentos**, seguido do trecho que cruza a paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**. Nos outros três trechos as taxas de atropelamento são bastante inferiores. Isto inclui o trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, isto é, o recorte de paisagem com maior presença de ecossistemas conservados, além da **Baixada** que apresenta uma das menores conectividades florestais, além de forte presença de áreas urbanas, e **Gramíneas**, que apresenta uma situação de ICF baixo na faixa de 10 km e ICF mediano na faixa de 0,5 km.

Estes resultados indicam que o atropelamento das aves não está associado diretamente à presença de ecossistemas conservados, uma vez que o trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** apresenta a terceira menor taxa entre os seis recortes de paisagem, a despeito de ser o que apresenta maior conservação florestal, segundo todos os parâmetros analisados no capítulo 5.

Além disso, o recorte de paisagem denominado **Gramíneas e Fragmentos** apresenta um grau de conservação bem mais elevado que a paisagem denominada **Gramínea e Áreas Urbanas** para as duas faixas analisadas. E estes foram os dois tipos de paisagem com maiores taxas de atropelamento de aves.

Porém, como o trecho da BR-040 que cruza este último recorte de paisagem é contíguo ao trecho que cruza a paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos**, sofrendo influência dos fragmentos de grande porte que caracterizam este último tipo de paisagem (sobretudo quando se considera o deslocamento de uma ave), é possível que os resultados para a classe das aves esteja associado a uma paisagem caracterizada pela presença de

muitos fragmentos florestais, exigindo um deslocamento maior das aves entre fragmentos (conforme explicado para os mamíferos), mas também com uma forte presença gramíneas formando a matriz da paisagem, como é típico do trecho **Gramíneas e Fragmentos**.

A presença de muitos fragmentos de mata em estágio médio e avançado de sucessão ecológica garante as condições de manutenção das populações de aves nessas áreas, mesmo sem a presença de fragmentos individuais de porte muito elevado. Os fragmentos formam um conjunto de ecossistemas capaz de sustentar diversas populações, mesmo que cada um deles não tenha essa capacidade, criando, em nível de paisagem, uma propriedade emergente que não está presente no nível inferior (que no caso é o nível dos ecossistemas) (BERTALANFLY, 1950; CRISTOFOLETTI, 1979; O'NEILL, 1988; RODRIGUEZ et. al., 2007). Simultaneamente, a presença elevada de gramíneas, inclusive na escala mais próxima da estrada, representa um atrativo maior às aves, pois são áreas abertas que aumentam a facilidade na busca pelo alimentos típicos da beira de rodovias (insetos e outros pequenos animais, grãos que caem de caminhões, etc), que são o principal atrativo às aves no que concerne às rodovias (DHINDSA et. al, 1988; NOVELLI, 1988; CLEVENGER et. al., 2003; PRADA, 2004; HENGEMÜHLE & CADEMARTORI, 2008).

Assim, na paisagem **Gramíneas e Fragmentos** há mais atropelamentos de aves. O mesmo ocorre na paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**, por ser vizinha à paisagem anterior (sendo mais próxima à porção dessa paisagem que possui maior área de cobertura florestal) e possuir vasta área de gramíneas no entorno da BR-040. Desse modo, as populações de aves que habitam os fragmentos florestais situados, em grande parte, no primeiro recorte de paisagem, forrageiam também no trecho que cruza este último tipo de paisagem.

Essa explicação vai ao encontro do trabalho realizado por GOMES *et. al*. (2009), que mostra que o atropelamento de corujas apresenta relação com habitats do entorno da estrada e com a presença de condições de forrageamento. Uma vez que entre as aves atropeladas na BR-040 há uma parcela significativa de corujas e outras espécies com comportamento de caça, esse mesmo raciocínio é aplicado para os trechos com concentração de atropelamentos de aves nessa rodovia.

Além disso, tendo em vista a capacidade de vôo das aves, especialmente das espécies frequentemente atropeladas na BR-040, as áreas urbanas no entorno da rodovia, comuns na paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas** em ambas as faixas e escalas analisadas, não representam barreiras relevantes, permitindo que esses animais se aproximem da BR-040 e sejam atropelados. Ao contrário do que ocorre com os mamíferos.

Estas conclusões são reforçadas quando se analisa as taxas de atropelamento de aves divididas pelas duas pistas que compõem a BR-040, uma vez que em ambas há maior concentração de atropelamento de aves nas paisagens do extremo norte da rodovia.

Também corroboram com essa interpretação os resultados do teste de Tukey para as aves, comparando as diferenças entre as taxas de atropelamento dessa classe de animal encontradas para os seis tipos de paisagem, para a BR-040 (utilizando os dados das duas pistas como repetição - quadro 55).

Este teste mostrou que a diferença entre a taxa encontrada na **Baixada** (menor taxa de atropelamentos) e a taxa encontrada no trecho que cruza a paisagem **Gramínea e Áreas Urbanas** (maior taxa) são estatisticamente significativas. Tendo em vista que são as duas paisagens que possuem ICF baixo nas duas escalas, há uma clara indicação que o atropelamento de aves não responde diretamente à presença de ecossistemas conservados ou de maior conectividade florestal para nenhuma das duas escalas.

Quadro 55 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas significativas.

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,833869	0,210862	0,998414	0,033704	0,128124
S	0,833869		0,794978	0,963643	0,228233	0,616297
R	0,210862	0,794978		0,365606	0,857727	0,999404
G	0,998414	0,963643	0,365606		0,065496	0,234358
GU	0,033704	0,228233	0,857727	0,065496		0,960081
GF	0,128124	0,616297	0,999404	0,234358	0,960081	

A teoria aqui defendida é que as aves são mais atropeladas onde há fragmentos capazes de manter populações desses animais, mesmo que esses fragmentos estejam concentrados a uma distância relativamente grande, mas também onde o entorno da rodovia é caracterizado pela elevada presença de gramíneas, sendo área de forrageamento para as espécies carnívoras. Esta situação não ocorre na **Baixada**, pois mesmo que esta paisagem esteja relativamente próxima ao **Corredor de vegetação da Serra do Mar**, o que permitiria o acesso de aves a esse trecho, a mesma não apresenta relevância de gramíneas no seu entorno como ocorre com **Gramíneas e Áreas Urbanas**. Mas ocorre em **Gramíneas e Fragmentos** e, aceitando a idéia que as aves se concentram na massa de fragmentos dessa paisagem, mas utilizem a paisagem vizinha para forrageamento, ocorre também com **Gramíneas e Áreas Urbanas**. Para reforçar essa teoria, quando se analisa os atropelamentos de ave no trecho que cruza a paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**, percebe-se que 18 eventos ocorreram nos 10 kms mais próximos da paisagem **Gramíneas e Fragmentos**, 14 eventos ocorreram nos 10 kms intermediários e 10 atropelamentos de aves ocorreram nos 9 kms mais distantes dessa paisagem. Além disso, alguns dos maiores fragmentos de floresta situados na paisagem **Gramíneas e Fragmentos** estão localizados

próximos ao limite com a paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas**, facilitando o deslocamentos das aves até este último recorte espacial.

A variação espacial na taxa de atropelamento dos répteis é distinta da variação observada para aves e mamíferos, uma vez que os atropelamentos de répteis estão concentrados na **Baixada** e no trecho que cruza a paisagem **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**. Isto é, as maiores taxas ocorrem nos dois trechos que apresentam características opostas no que concerne à conservação e à conectividade florestal. Estes resultados parecem indicar que os parâmetros relacionados à presença de ecossistemas conservados são menos importantes para o atropelamento de répteis, uma vez que na **Baixada** ocorrem muitos atropelamentos. Porém, esse resultado deve ser analisado com detalhe, uma vez que dos seis atropelamentos de répteis ocorridos na baixada, cinco aconteceram junto a grandes rios, inclusive os três atropelamentos de jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), que foram atropelados ao lado da ponte pela qual a BR-040 passa por cima do Rio Saracuruna.

Assim, é possível que as duas maiores taxas de atropelamento de répteis tenham explicações distintas, uma vez que as paisagens onde foram encontradas essas taxas são muito diferentes. Enquanto para a **Baixada** a presença dos grandes rios e de brejos responde pela elevada taxa de atropelamento dos répteis, para o trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** a presença de ecossistemas conservados explica essa taxa mais elevada que para as demais paisagens.

Esta explicação referente à presença de ecossistemas conservados é reforçada quando se percebe que todos os demais recortes de paisagem apresentam taxas inferiores ao **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**. As menores taxas de atropelamento dos répteis são encontradas nos trechos centrais da BR-040: **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**; **Gramíneas**; e **Gramíneas e Áreas Urbanas**. Trechos onde a presença de ecossistemas urbanos ou gramíneas no entorno mais próximo à estrada é mais elevada.

Já o trecho **Gramíneas e Fragmentos** apresenta uma taxa intermediária, ligeiramente inferior a da **Baixada**. Nesse recorte de paisagem a presença de ecossistemas conservados é maior que em **Gramíneas** na faixa de 10 km e em **Gramíneas e Áreas Urbanas** em ambas as faixas de análise. Além disso, **Gramíneas e Fragmentos** possui uma proporção muito menor de áreas urbanas nos 0,5 kms no entorno da rodovia que a paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**. Assim, é possível que essa taxa maior de atropelamento de répteis em **Gramíneas e Fragmentos** seja fruto da presença de répteis nos fragmentos florestais situados nessa paisagem com a reduzida ocorrência de áreas urbanas no entorno da estrada, possibilitando que esses animais acessem a rodovia. Assim, ocorre o mesmo fenômeno observado para os mamíferos.

O Teste de Tukey (utilizando os dados de cada pista como repetição) foi realizado para averiguar a significância desses resultados, tendo mostrado que a taxa de atropelamento de répteis na **Baixada** e no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** é significativamente superior à taxa encontrada nos trechos que cruzam a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**; a paisagem **Gramíneas**; e a paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas,** mas não são significativamente maiores que o trecho que cruza a paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos** (quadro 56). Estes resultados corroboram as análises feitas acima, uma vez que mostram que a paisagem com maior presença de ecossistemas conservados possui uma taxa de atropelamentos significativamente maior que as áreas onde preponderam ecossistemas degradados ou áreas urbanas no entorno mais próximo à rodovia. Também mostra o papel de brejos e grandes rios no atropelamento de répteis.

Quadro 56 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de répteis, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011. Em vermelho as diferenças consideradas significativas.

	B	S	R	G	GU	GF
B		1,000000	0,046112	0,046112	0,022615	0,300122
S	1,000000		0,044020	0,044020	0,021591	0,289050
R	0,046112	0,044020		1,000000	0,997851	0,830423
G	0,046112	0,044020	1,000000		0,997851	0,830423
GU	0,022615	0,021591	0,997851	0,997851		0,602262
GF	0,300122	0,289050	0,830423	0,830423	0,602262	

O quadro 57 traz uma síntese dos resultados apresentados nesse capítulo e uma comparação desses resultados com os resultados obtidos por outros autores.

Quadro 57 – Síntese da variação espacial dos atropelamentos de animais silvestres. Em vermelho os resultados de maior destaque

Paisagem	Características principais	Taxa de atropelamento											
		Animais silvestres			Mamíferos			Aves			Répteis		
		BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ
B	ICF baixo para duas faixas e elevada proporção de áreas ocupadas com edificações	0,025	0,015	0,009	0,011	0,005	0,006	0,004	0,002	0,002	0,009	0,004	0,005
S	ICF muito elevado para as duas faixas, com predominância de florestas conservadas e proproção elevada de áreas urbanas no entorno da pista sentido JF	0,125	0,044	0,081	0,058	0,023	0,035	0,012	0,003	0,010	0,009	0,005	0,004
R	ICF elevado para a faixa de 10 km, com predominância de florestas conservadas, e intermediário para a faixa de 0,5 km, com proproção elevada de áreas urbanas	0,057	0,035	0,022	0,032	0,022	0,010	0,021	0,011	0,010	0,002	0,002	0,000
G	ICF baixo para a faixa de 10 km, com predomínio de gramíneas, e intermediário para a faixa de 0,5 km, com proporção razoável de florestas e de áreas urbanas	0,049	0,026	0,023	0,032	0,022	0,010	0,007	0,002	0,005	0,002	0,000	0,002
GU	ICF baixo para duas faixas e proporção elevada de áreas ocupadas com edificações (mas muito mnor que a da Baixada) e de gramíneas.	0,063	0,036	0,027	0,028	0,016	0,012	0,029	0,017	0,012	0,001	0,001	0,000
GF	ICF intermediário para as duas faixas, com massa de floresta em bom estado de conservação relevante em ambas, especialmente na faixa de 10 km. Mas fragmentação elevada nessa faixa	0,079	0,032	0,046	0,047	0,016	0,030	0,024	0,012	0,011	0,004	0,001	0,003

10 VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040

A combinação das variações espaciais e temporais permite entender que há uma variação das taxas de atropelamento de animais silvestres em cada recorte de paisagem para as distintas estações. O quadro 5 traz as taxas médias e desvios padrões para o conjunto de animais silvestres atropelados, por estação do ano, agregando os quatro anos de análise (três para o outono) e a figura 78 apresenta apenas as taxas médias.

Quadro 58 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,008	0,091	0,030	0,172	0,015	0,122	0,015	0,100
S	0,112	0,356	0,113	0,332	0,069	0,253	0,029	0,169
R	0,052	0,223	0,077	0,290	0,038	0,209	0,034	0,204
G	0,056	0,231	0,045	0,208	0,019	0,138	0,068	0,285
GU	0,071	0,293	0,083	0,307	0,045	0,246	0,032	0,176
GF	0,111	0,326	0,102	0,389	0,043	0,203	0,043	0,220

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos
TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

Para todos os tipos de paisagem há uma taxa mais elevada de atropelamentos no inverno e na primavera, as estações mais secas do ano, com destaque para os trechos que cruzam a paisagens denominadas **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e **Gramíneas e Fragmentos**, os tipos de paisagem com a presença de fragmentos florestais em melhor estado de conservação e sem domínio de áreas urbanas na faixa mais próxima à rodovia, onde essas taxas são mais elevadas. Exceção para a **Baixada**, que apresenta uma taxa pouco elevada para todas as estações (a menor taxa em todas as estações), mas que tem a menor taxa no inverno e a maior na primavera; e o trecho que cruza a paisagem de **Gramíneas**, que apresenta uma taxa muito elevada no outono, a maior entre todos os trechos nesta estação e a maior entre as quatro estações no trecho de **Gramíneas**. Para as demais estações esse recorte de paisagem apresenta um padrão semelhante aos demais, com proporções intermediárias.

O outono foi a estação que apresentou as menores taxas e o verão foi a segunda estação com as menores taxas para todos os tipos de paisagem, com exceção daquele denominado **Gramíneas**, conforme citado acima. Em função da taxa mais elevada no outono nesse recorte de paisagem, o verão apresenta a menor taxa de atropelamento.

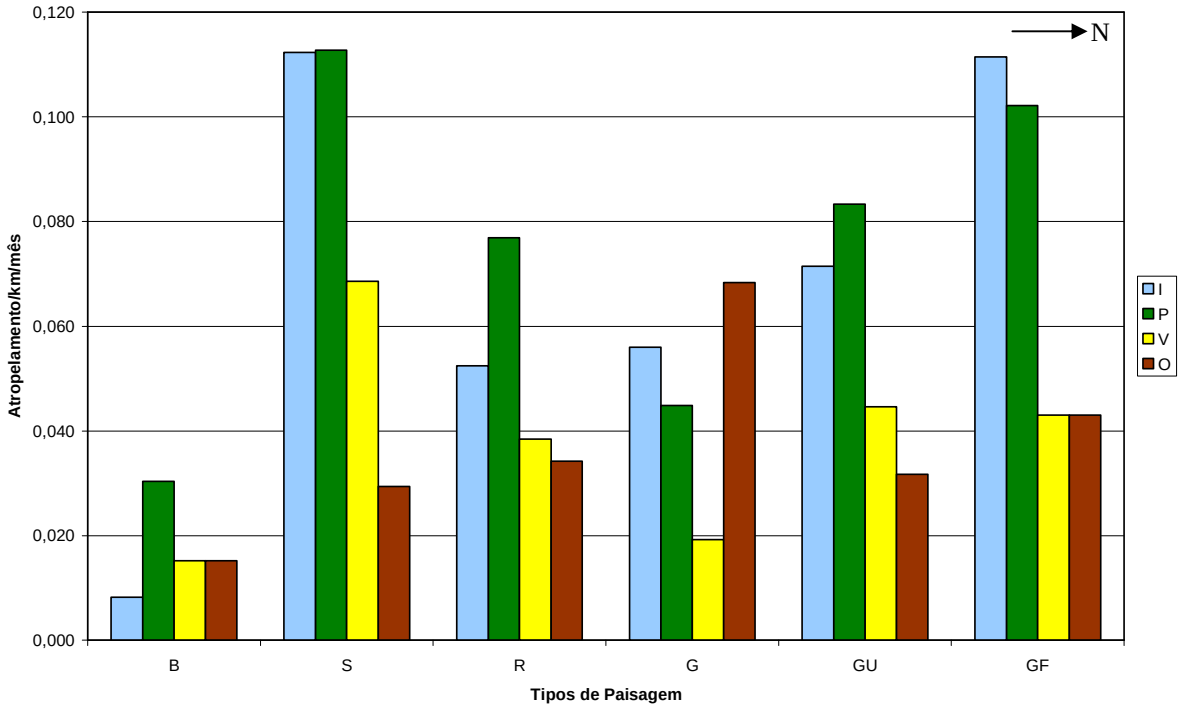

Figura 78 – Taxa de atropelamentos de animamis silvestres na BR-040, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).
I – Inverno; P – Primavera; V – Verão; O - Outono B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

O teste de Tukey utilizando as médias de cada estação como repetição (quadro 59), mostrou que as diferenças entre a **Baixada** e o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** são significativas para o conjunto de animais silvestres, corroborando o que havia sido indicado quando as médias de cada pista foram utilizadas como repetição. Isto indica que as diferenças entre essas duas paisagens são significativas também ao longo das estações.

Quadro 59 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por recorte de paisagem, na BR-040 kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,038687	0,529454	0,635474	0,324833	0,070494
S	0,038687		0,623680	0,517835	0,833004	0,999598
R	0,529454	0,623680		0,999973	0,998834	0,796962
G	0,635474	0,517835	0,999973		0,992767	0,699821
GU	0,324833	0,833004	0,998834	0,992767		0,943913
GF	0,070494	0,999598	0,796962	0,699821	0,943913	

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Reverso da Serra sob Influência do Rios da Cidade e Piabanha; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Quando os resultados são divididos por pista, são encontradas algumas distinções, com um comportamento mais homogêneo dos resultados na pista sentido Juiz de Fora. Nessa

pista, os resultados são menos concentrados espacialmente e temporalmente, com as taxas mais elevadas ocorrendo na primavera, nos trechos do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e **Gramíneas e Áreas Urbanas**, mas com valores pouco mais elevados em relação aos demais tipos de paisagem, com exceção da **Baixada** (quadros 60 e 61 e figuras 79 e 80).

Quadro 60 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,004	0,064	0,023	0,149	0,008	0,087	0,000	0,000
S	0,037	0,190	0,056	0,231	0,020	0,139	0,010	0,099
R	0,031	0,175	0,048	0,229	0,026	0,158	0,017	0,130
G	0,035	0,184	0,026	0,159	0,013	0,113	0,034	0,182
GU	0,039	0,210	0,054	0,226	0,024	0,203	0,016	0,125
GF	0,041	0,224	0,035	0,267	0,016	0,126	0,032	0,196

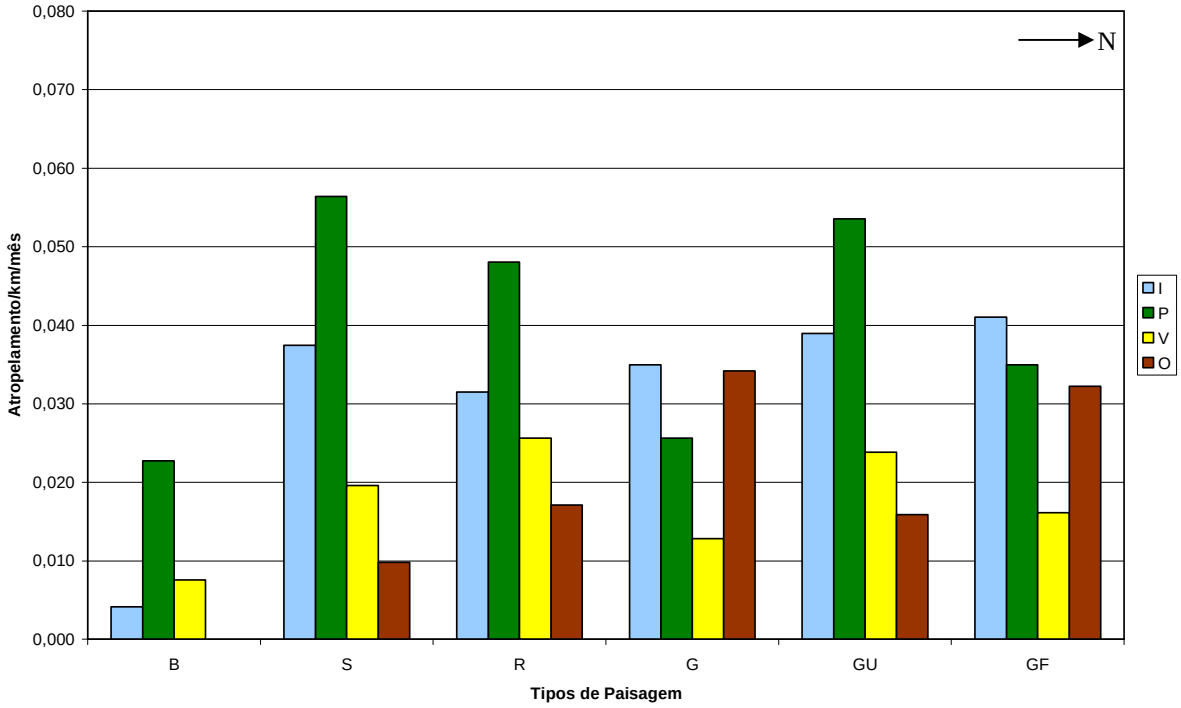

Figura 79 – Taxa de atropelamentos de animamis silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

Quadro 61 – Taxa de atropelamento de animais silvestres e desvio padrão, por recorte de paisagem e estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro/RJ, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,004	0,064	0,008	0,087	0,008	0,087	0,015	0,100
S	0,075	0,301	0,056	0,251	0,049	0,216	0,020	0,139
R	0,021	0,144	0,029	0,168	0,013	0,138	0,017	0,130
G	0,021	0,144	0,019	0,138	0,006	0,080	0,034	0,182
GU	0,032	0,178	0,030	0,202	0,021	0,143	0,016	0,125
GF	0,070	0,251	0,067	0,281	0,027	0,162	0,011	0,103

Já para a pista sentido Rio de Janeiro, são observadas concentrações maiores de atropelamento no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e em **Gramíneas e Fragmentos**, especialmente no inverno e primavera (para as duas paisagens) e, menos acentuadamente, no verão, para o primeiro recorte de paisagem.

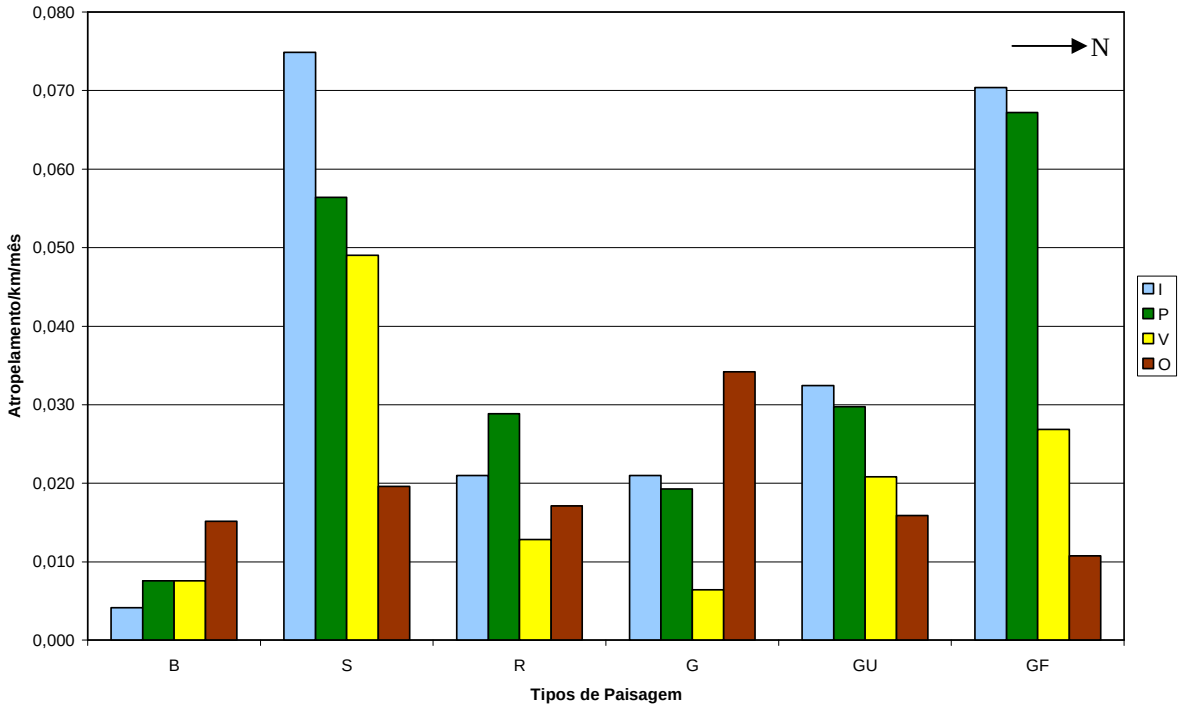

Figura 80 – Taxa de atropelamentos de animamis silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora/MG, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

O teste de Tukey mostrou que essas diferenças entre pistas são relevantes, com a pista sentido Juiz de Fora não apresentando nenhuma diferença significativa entre as paisagens (utilizando-se as taxas médias, por estação, como repetição – anexo 14.6.6) e a pista sentido Rio de Janeiro registrando uma diferença significativa entre a **Baixada** e o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, as duas paisagens mais distantes no que concerne à conservação (quadro 62).

Quadro 62 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,038687	0,529454	0,635474	0,324833	0,070494
S	0,038687		0,623680	0,517835	0,833004	0,999598
R	0,529454	0,623680		0,999973	0,998834	0,796962
G	0,635474	0,517835	0,999973		0,992767	0,699821
GU	0,324833	0,833004	0,998834	0,992767		0,943913
GF	0,070494	0,999598	0,796962	0,699821	0,943913	

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Reverso da Serra sob Influência do Rios da Cidade e Piabanha; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Ao se refinar a análise, dividindo os atropelamentos por classe de vertebrado e por estação do ano, para cada um dos trechos que cruzam diferentes tipos de paisagem (quadro 63 e figura 81), notam-se algumas questões interessantes.

Quadro 63 – Taxa de atropelamento de mamíferos e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
B	0,004	0,014	0,015	0,022	0,004	0,013	0,020	0,033
S	0,088	0,062	0,071	0,041	0,042	0,029	0,013	0,016
R	0,035	0,032	0,061	0,048	0,016	0,020	0,017	0,028
G	0,049	0,079	0,019	0,035	0,019	0,035	0,051	0,067
GU	0,026	0,039	0,042	0,052	0,024	0,032	0,016	0,026
GF	0,085	0,022	0,051	0,020	0,000	0,014	0,022	0,013

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos
TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

Os mamíferos apresentam uma taxa mais elevada de atropelamentos no trecho da estrada que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** para todas as estações, exceto outono, quando a taxa é a menor entre todos os tipos de paisagem. Mas a taxa nesta última estação é relativamente uniforme ao longo de todo o trecho de análise, com variações menores entre os tipos de paisagem, exceto para a paisagem **Gramíneas**, onde as taxas de atropelamento de mamíferos são elevadas.

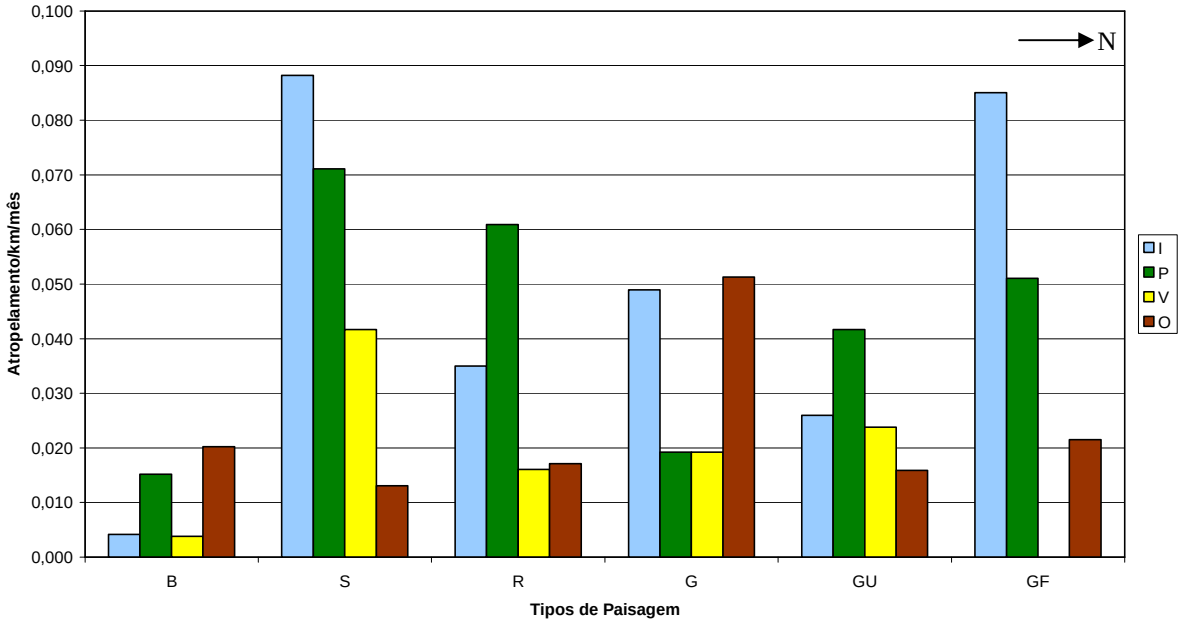

Figura 81 – Taxa de atropelamentos de mamíferos por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

No inverno, a taxa de atropelamentos de mamíferos silvestres no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (0,088) é a maior entre todos os trechos e estações, sendo ligeiramente mais elevada que a taxa do trecho que cruza a paisagem denominada **Gramíneas e Fragmentos**, que atinge 0,085 mamíferos/km/mês. Em relação às taxas dos trechos que cruzam os demais tipos de paisagem nesta mesma estação, essas duas são maiores, com a taxa desse último recorte de paisagem sendo 73,5% maior que a taxa do trecho que cruza a paisagem denominada **Gramíneas**, que é o terceiro com a taxa mais elevada (0,049). Porém, apesar dessas diferenças nas taxas, em função da elevada variação entre os meses, a taxa média tem pouco significado, pois o desvio padrão é alto.

De qualquer modo, merece destaque o fato do trecho da BR-040 que corta o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, paisagem com maior presença de ecossistemas conservados e maior conectividade florestal, ser o trecho que apresenta maiores taxas de atropelamento de mamíferos no período seco do ano; seguido do trecho **Gramíneas e Fragmentos**, que apresenta uma quantidade significativa de floresta em Estágio Avançado de Sucessão, muitos fragmentos florestais e pouca presença urbana. Isto é reforçado ao se observar os dados da primavera, quando a taxa de atropelamentos de mamíferos é mais elevada no trecho do **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (0,071), seguida pelo trecho que cruza a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** (0,061) e pelo trecho que cruza a paisagem **Gramíneas e Fragmentos** (0,051). Mais uma vez, em um período seco, a taxa de atropelamento de mamíferos na área de maior conservação dos remanescentes florestais foi mais elevada que as demais.

Mas nesse caso, vale destacar o trecho que cruza a paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, que apresenta uma taxa de atropelamento de mamíferos silvestres mais elevada na primavera que nas demais estações, inclusive o inverno. E mais elevada que a taxa para a primavera de todos os demais trechos, com exceção daquele que cruza a Serra do Mar. Além de ter sido a quarta maior taxa por estação e por paisagem, entre as 24 analisadas (4 estações, por 6 tipos de paisagem). Esse resultado, que também deve ter influência do fato dessa área apresentar uma elevada proporção de florestas na faixa de 10 km, tem também uma explicação particular relacionada à influencia dos rios nessa região. Do total de mamíferos atropelados na primavera nesse tipo de paisagem (16 animais), as capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) respondem por 37,5% (6 animais, 35% das 17 capivaras atropeladas na primavera em todo o trecho de estudo). Assim, a maior taxa de atropelamento dessa espécie nesse trecho da rodovia na primavera influenciou os resultados para o conjunto de mamíferos, de modo que a taxa foi elevada. Tendo em vista a estreita relação dessa espécie com a água e o fato de que seus atropelamentos estão relacionados à presença de corpos hídricos, como já foi demonstrado para a própria BR-040 (BUENO *et. al*, 2011), a maior taxa de atropelamentos de mamíferos na paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, parece estar associada mais à presença dos rios da Cidade e Piabanha no entorno da rodovia, facilitando o acesso à BR-40 por parte dos animais que não precisam atravessar áreas com edificações, pois há vários pontos de acesso direto do rio à rodovia.

Assim, enquanto a presença de ecossistemas mais conservados e formadores de corredores ecológicos explicam a maior concentração de atropelamento de mamíferos nos trechos da BR-040 que cruzam as paisagens denominadas **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e **Gramíneas e Fragmentos**, a presença desses ecossistemas explica apenas em parte essa maior concentração de atropelamento de mamíferos no trecho que cruza a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra.** A presença de rios muito próximos à estrada ajuda a explicar essa elevação. Porém, como essa taxa só é mais elevada que a taxa dos demais trechos de forma consistente na primavera, torna-se difícil associar diretamente esses resultados a um aumento da procura por água pelas capivaras nos períodos secos. O inverno, que também é seco, mostra menor diferença entre a taxa de atropelamento de mamíferos neste trecho em relação aos demais, dificultando essa associação direta. Estudos com maior tempo de levantamento de dados poderão auxiliar para a comprovação desta hipótese de forma mais clara.

Apesar de consistentes em termos médios, essas diferenças entre as taxas de atropelamento de mamíferos nos distintos trechos de paisagem apresentaram variações elevadas entre as mesmas estações em diferentes anos, gerando desvios padrões altos. Dessa forma, essas diferenças não se mostraram significativas, segundo o teste de Tukey

(utilizando as taxas de cada estação como repetição), nem mesmo entre a **Baixada** e o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, tipos de paisagem que apresentaram as maiores diferenças no teste (anexo 14.6.7) e nas análises de métricas da paisagem. Isto não invalida, necessariamente, as diferenças nas taxas, pois são resultados que podem mudar com o aumento da amostra de animais atropelados (já que a divisão dos atropelamentos por trechos de paisagem e estações do ano fatia os dados gerando amostras pequenas), mas exige que os estudos continuem e sejam refinados, incorporando mais registros, informações mais detalhadas sobre a localização dos eventos de atropelamento (utilização de dados do registro de animais coletados pelos pesquisadores, cujos pontos de coleta foram marcados com GPS e que já possuem, em agosto de 2012, uma amostra bastante relevante) e incorporando informações sobre as pistas da BR-040, como divisão, velocidade média dos automóveis, sinuosidade, etc., uma vez que esses elementos também influenciam a localização de atropelamentos (CLEVENGER *et. al.*, 2003; BARNUM, 2004; JAEGER & FAHRIG, 2004; KLOCKER *et. al*., 2006).

Quando estes dados são apresentados por pista, percebem-se distinções entre a pista sentido Juiz de Fora e a pista sentido Rio de Janeiro, semelhantes àquelas observadas para o conjunto de dados (quadros 64 e 65 e figuras 82 e 83).

Quadro 64 – Taxa de atropelamento de mamíferos e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,000	0,000	0,011	0,052	0,000	0,032	0,013	0,026
S	0,029	0,029	0,034	0,028	0,015	0,015	0,004	0,011
R	0,021	0,026	0,048	0,047	0,010	0,017	0,011	0,029
G	0,035	0,080	0,013	0,030	0,013	0,030	0,044	0,061
GU	0,016	0,033	0,030	0,043	0,009	0,022	0,005	0,013
GF	0,035	0,030	0,011	0,029	0,000	0,015	0,018	0,025

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos
TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

Quadro 65 – Taxa de atropelamento de mamíferos e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,004	0,014	0,004	0,013	0,004	0,013	0,010	0,020
S	0,065	0,041	0,037	0,028	0,032	0,029	0,010	0,015
R	0,014	0,019	0,013	0,019	0,008	0,016	0,009	0,017
G	0,014	0,031	0,006	0,022	0,009	0,026	0,017	0,034
GU	0,010	0,017	0,012	0,023	0,018	0,019	0,012	0,018
GF	0,050	0,039	0,040	0,037	0,019	0,022	0,007	0,014

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

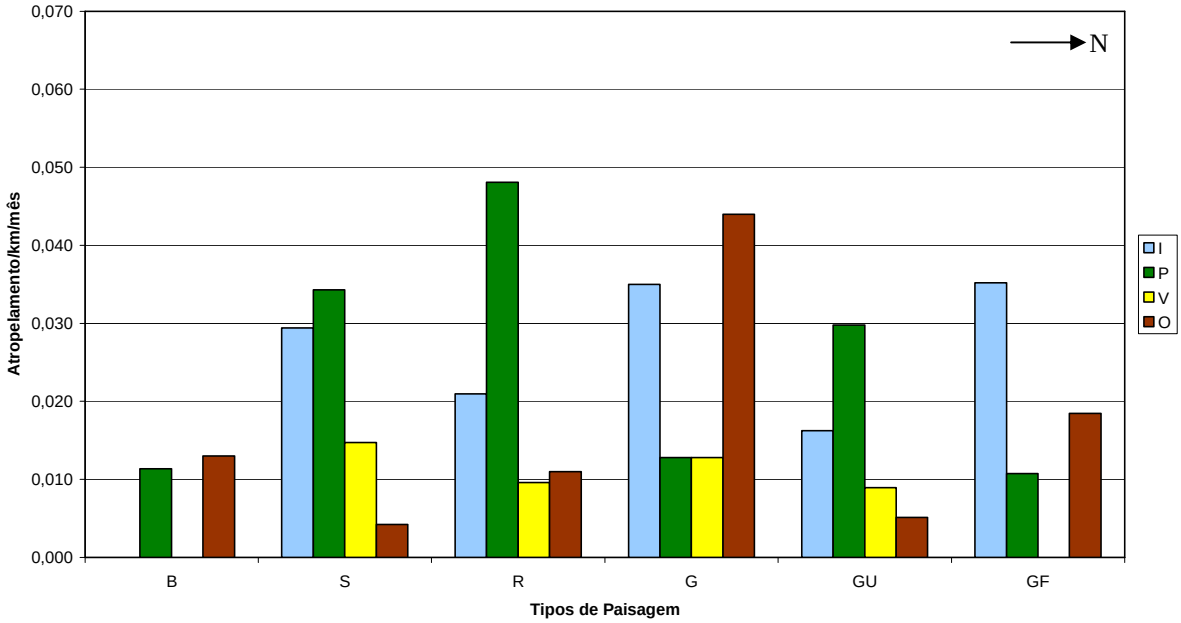

Figura 82 – Taxa de atropelamentos de mamíferos por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Juiz de Fora.

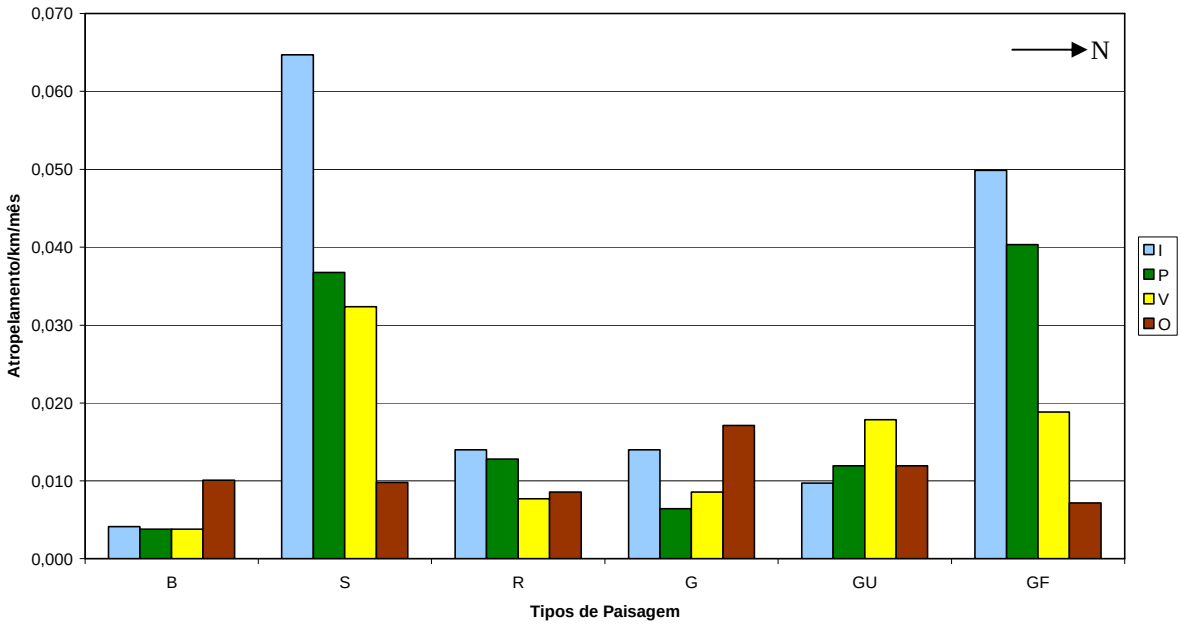

Figura 83 – Taxa de atropelamentos de mamíferos por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011), na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro.

A pista sentido Juiz de Fora apresenta uma distribuição espacial da taxa de atropelamento de mamíferos mais homogênea, com concentrações espaciais menores.

Já a pista sentido Rio de Janeiro apresenta uma concentração desses eventos nos trechos que cruzam as paisagens com maior presença de florestas em bom estado de

conservação e sem a presença de áreas urbanas: **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e **Gramíneas e Fragmentos**, especialmente nos períodos secos.

Este resultado se refletiu no Teste de Tukey, que mostrou uma significância entre as diferenças de atropelamento de mamíferos na pista sentido Rio de Janeiro (quadro 66) na **Baixada** e no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (os trechos com as maiores diferenças no que concerne à conservação de ecossistemas), enquanto para a pista sentido Juiz de Fora (anexo 14.6.8) não foram consideradas significativas nenhuma das diferenças entre taxas de atropelamento por paisagem.

Quadro 66 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0.030096	0.989855	0.981729	0.957089	0.133468
S	0.030096		0.096924	0.113249	0.148401	0.968593
R	0.989855	0.096924		0.999999	0.999887	0.349566
G	0.981729	0.113249	0.999999		0.999987	0.392414
GU	0.957089	0.148401	0.999887	0.999987		0.475788
GF	0.133468	0.968593	0.349566	0.392414	0.475788	

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Reverso da Serra sob Influência do Rios da Cidade e Piabanha; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Este resultado reforça a relação que vem sendo observada entre o aumento da taxa de atropelamento de mamíferos e a presença de ecossistemas conservados e de maior conectividade florestal, uma vez que a pista sentido Rio de Janeiro é aquela que cruza a porção central do fragmento florestal em bom estado de conservação que faz conexão com a REBIO Tinguá e a pista sentido Juiz de Fora cruza a porção periférica desse mesmo fragmento. Além disso, reforça a idéia que esta relação é ainda mais forte nos períodos secos, quando as taxas de atropelamento nas áreas de maior domínio de ecossistemas conservados aumenta consideravelmente.

Uma hipótese para explicar estes resultados está relacionada à fragmentação da paisagem na área de estudo, mesmo na paisagem denominada **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, onde os fragmentos de geoecossistemas remanescentes ocupam a maior parte da paisagem e são maiores e melhor conservados. Essa fragmentação gera diferenças significativas nas paisagens no que concerne à capacidade de sustentar populações de mamíferos silvestres, com as maiores populações da maior parte das espécies tendendo a se concentrar nas áreas com maior dominância de ecossistemas conservados, enquanto poucas espécies silvestres mantêm populações maiores em paisagens dominadas por ecossistemas fortemente antropizados (as espécies oportunistas, muitas das quais com elevadas populações e sofrendo uma quantidade significativa de

atropelamentos). Assim, a ocorrência de mais atropelamentos de mamíferos nas áreas que concentram geoecossistemas mais conservados (do ponto de vista das florestas) é fruto da maior abundância desses animais. Sendo que nas áreas onde há concentrações urbanas nas proximidades da BR-040 essas taxas tendem a cair, pelo isolamento entre a rodovia e os animais provocados pelas áreas ocupadas por edificações.

Associado a isso está a maior necessidade desses animais se locomoverem em busca de água e alimentos nos períodos secos, estando mais sujeitos aos atropelamentos nesses períodos (BUENO ET. AL., 2009; BUENO & ALMEIDA, 2010).

A partir da combinação dessas explicações, surge a hipótese de que, nos períodos úmidos, os fragmentos florestais existentes nas paisagens denominadas **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e **Gramíneas e Fragmentos** apresentam maior capacidade de suporte, com uma produtividade primária mais elevada, além de maior abundância de água, gerando menor necessidade dos mamíferos cruzarem a BR-040 para acessar outros fragmentos de floresta para suprir suas necessidades de forrageamento e de consumo de água, entre outros recursos. Já no período seco, a produtividade primária cai, havendo uma ampliação na área de vida das espécies de mamíferos, que passam a cruzar de modo mais frequente a rodovia, mesmo em áreas dominadas por grandes fragmentos de mata.

Esses dados são corroborados pela menor alteração na taxa de atropelamentos dos mamíferos entre as estações nos demais tipos de paisagem, onde a menor presença de fragmentos florestais conservados força às populações a manter um deslocamento constante entre fragmentos (mesmo na época úmida) e, portanto, taxas de atropelamento de mamíferos mais homogêneas durante o ano.

Além disso, as populações que utilizam preferencialmente a matriz da paisagem ou que buscam recursos que não são florestais estão menos sujeitas à redução na disponibilidade de recursos nos períodos secos, pois estão, frequentemente, em ambientes de uso humano, onde o acumulado de precipitação não influencia de forma tão importante na disponibilidade de recursos.

Corrobora com essa idéia os resultados obtidos para a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, que possui uma massa relevante de ecossistemas conservados e um ICF alto na faixa de 10 km, mas não apresenta maior taxa de atropelamento de mamíferos nas épocas secas. Uma vez que esse recorte de paisagem apresenta elevada proporção de áreas edificadas no entorno da rodovia, conforme discutido no Capítulo 8, os atropelamentos devem ser preferencialmente de animais que possuem maior relação com as áreas de ocupação humana. Além disso, como esse recorte apresenta elevada proporção de corpos d'água nessa faixa mais próxima à rodovia, o atropelamento de mamíferos de hábitos aquáticos também eleva a taxa nesse recorte de paisagem.

Vale ressaltar ainda a elevada taxa de atropelamento de mamíferos na pista sentido Juiz de Fora, no trecho que cruza a paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**. Essa taxa é a maior para esta pista entre todas as estações e tipos de paisagem. Esse resultado também é fruto do atropelamento de capivaras, uma vez que quatro das seis capivaras atropeladas nesses trecho na primavera foram atropeladas na pista sentido Juiz de Fora. Mais uma vez esses dados parecem associados à presença de rios, tendo em vista que na maior parte do trecho o rio Piabanha corre ao lado da pista sentido Juiz de Fora, praticamente na mesma altitude e distante apenas alguns metros, indo ao encontro dos resultados apresentados por BUENO *et. al.* (2011).

Os resultados obtidos para as aves são distintos daqueles apresentados para os mamíferos no que concerne à distribuição espacial dos atropelamentos, conforme descrito acima, mas são semelhantes no padrão de distribuição temporal (quadro 67 e figura 84).

Assim como para os mamíferos, há concentração de atropelamentos no inverno e na primavera, porém para as aves estas concentrações no período seco ocorrem nas paisagens denominadas **Gramíneas e Áreas Urbanas** e **Gramíneas e Fragmentos**.

Quadro 67 – Taxa de atropelamento de aves e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,004	0,014	0,004	0,013	0,004	0,013	0,005	0,015
S	0,019	0,015	0,012	0,020	0,010	0,019	0,010	0,029
R	0,024	0,031	0,029	0,037	0,016	0,026	0,017	0,039
G	0,007	0,023	0,013	0,030	0,000	0,000	0,009	0,026
GU	0,045	0,075	0,039	0,047	0,018	0,042	0,016	0,026
GF	0,038	0,040	0,030	0,065	0,000	0,022	0,014	0,023

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos
TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

Essas taxas de atropelamento de aves encontradas nos trechos que cruzam esses dois tipos de paisagem são significativamente maiores que as taxas encontradas na **Baixada** e no trecho que cruza a paisagem denominada **Gramíneas**, quando as diferentes estações do ano são consideradas como repetição (quadro 68).

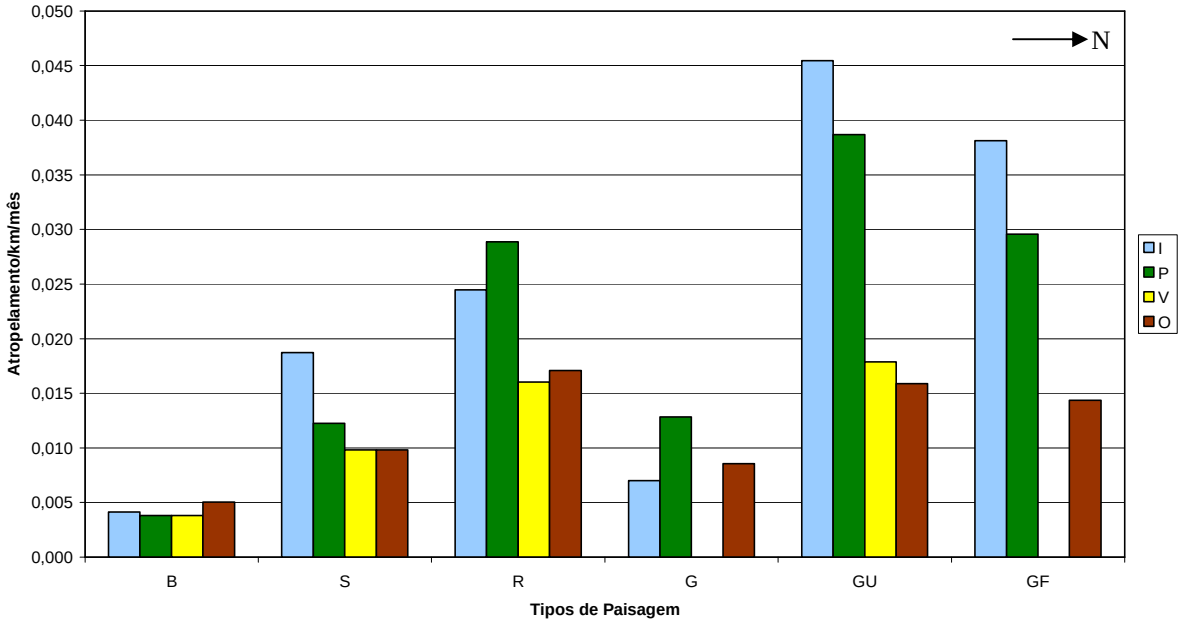

Figura 84 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

Quadro 68 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas sinificativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,447142	0,146013	1,000000	0,008054	0,013339
S	0,447142		0,975152	0,447142	0,287609	0,404892
R	0,146013	0,975152		0,146013	0,691215	0,821838
G	1,000000	0,447142	0,146013		0,008054	0,013339
GU	0,008054	0,287609	0,691215	0,008054		0,999872
GF	0,013339	0,404892	0,821838	0,013339	0,999872	

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Reverso da Serra sob Influência do Rios da Cidade e Piabanha; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos

Esses dados indicam que as aves, assim como os mamíferos, também apresentam maior movimentação em busca de alimentos nos períodos secos, freqüentando de forma mais assídua o entorno da BR-040. Isso ocorre mais acentuadamente nas paisagens do extremo norte da área de estudo, onde as aves possuem populações maiores e o entorno da rodovia é formado por ecossistemas abertos, favorecendo o forrageamento das aves.

Estas conclusões são reforçadas quando os dados são divididos pelas duas pistas, pois em ambas há maior concentração de atropelamento de aves nas paisagens do extremo norte da rodovia, especialmente no período seco (quadros 69 e 70 e figuras 85 e 86).

Quadro 69 – Taxa de atropelamento de aves e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,004	0,014	0,004	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000
S	0,009	0,005	0,005	0,011	0,000	0,000	0,004	0,011
R	0,014	0,026	0,013	0,034	0,010	0,024	0,010	0,018
G	0,000	0,000	0,006	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000
GU	0,023	0,037	0,021	0,028	0,015	0,042	0,015	0,028
GF	0,018	0,039	0,019	0,040	0,000	0,013	0,008	0,015

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos
TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

Quadro 70 – Taxa de atropelamento de aves e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,013	0,005	0,015
S	0,016	0,015	0,007	0,018	0,012	0,021	0,007	0,020
R	0,010	0,018	0,016	0,026	0,008	0,016	0,009	0,026
G	0,007	0,023	0,006	0,022	0,000	0,000	0,010	0,027
GU	0,023	0,040	0,018	0,042	0,004	0,011	0,004	0,012
GF	0,021	0,022	0,011	0,029	0,008	0,015	0,007	0,014

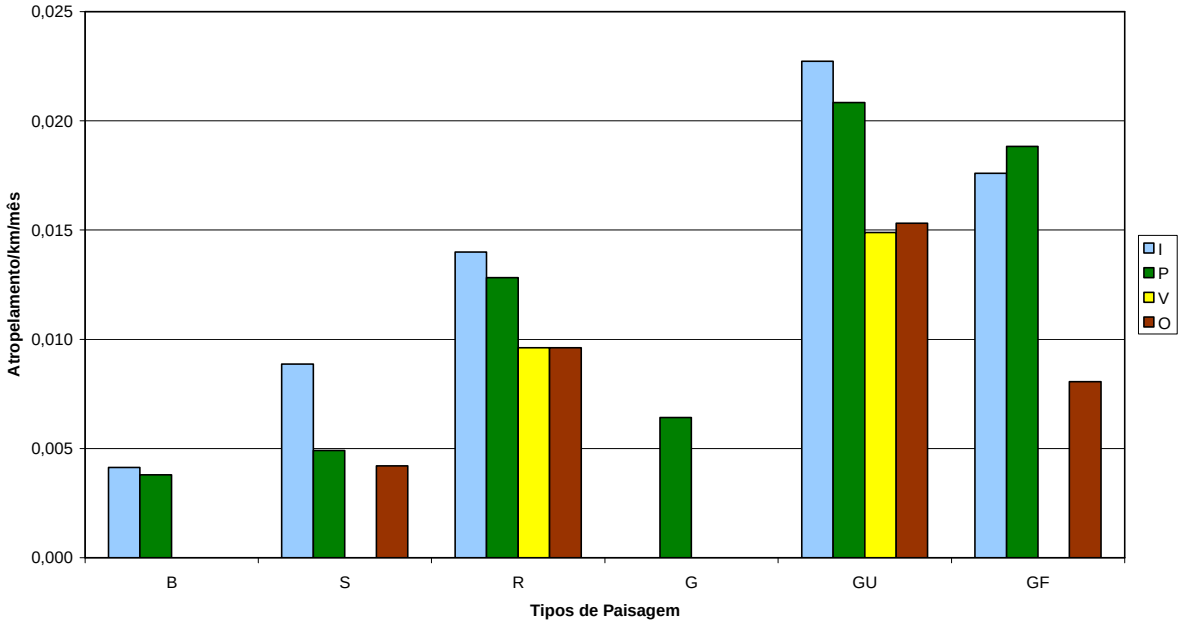

Figura 85 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

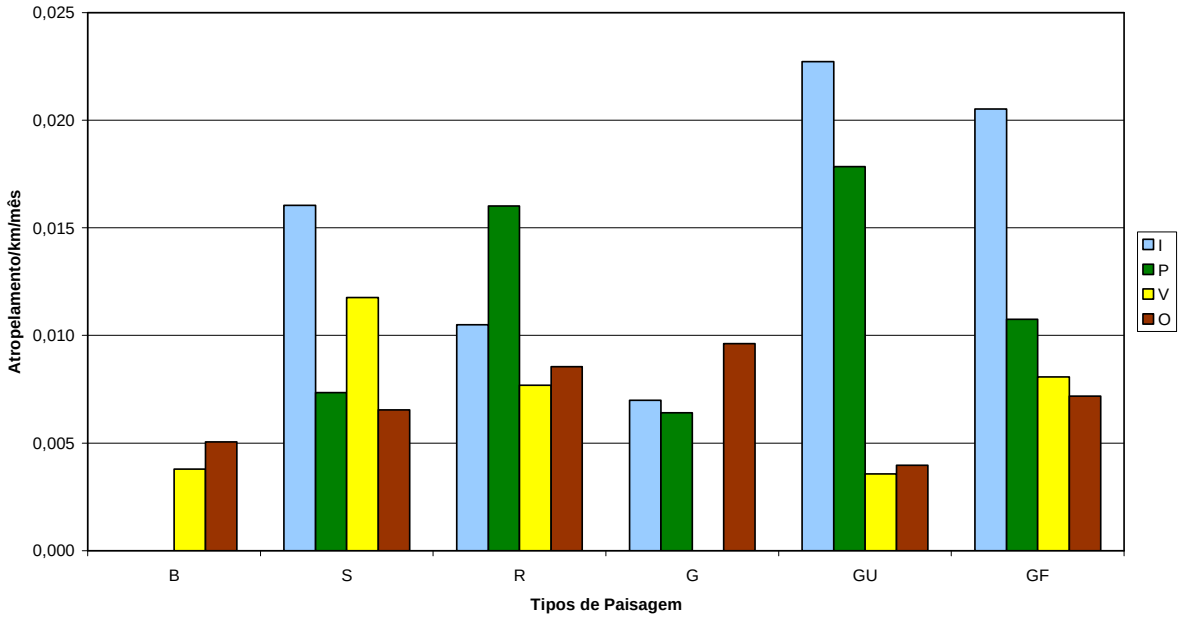

Figura 86 – Taxa de atropelamentos de aves por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011) na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro.

Portanto, as características da paisagem que interferem nos atropelamentos de mamíferos e aves apresentam semelhanças e distinções, relacionadas às características específicas desses grupos animais: os primeiros utilizam as rodovias para alimentação, mas também para locomoção e cruzam as rodovias para se deslocar pela paisagem; as aves utilizam a rodovia especialmente para forrageamento, pois seu deslocamento é feito pelo ar.

Nesse sentido, espera-se maior incidência de atropelamentos de mamíferos na BR-040 onde as rodovias cruzam fragmentos de floresta, pois esses animais se mantêm preferencialmente na mata, e são atropelados ao buscarem passar de um fragmento a outro. Especialmente no período seco, quando os mamíferos são obrigados a maior movimentação entre fragmentos florestais.

Este mesmo raciocínio vale para as aves, que estão mais presentes na rodovia nos períodos secos, pois necessitam maior movimentação em busca de alimentos, que se tornam menos abundantes nas áreas de mata. Porém, as aves tendem a ter maior taxa de atropelamento nos ambientes onde elas estão presentes em maior número (áreas com mata), mas onde a beira da rodovia seja um atrativo ao forrageamento, o que ocorre em maior proporção em áreas abertas do que em áreas florestadas. Assim, as maiores taxas de atropelamento de aves ocorrem no trecho que combina presença de mata com áreas abertas no entorno mais próximo à rodovia e nos períodos secos.

No que concerne aos répteis, a distribuição temporal é típica, com uma ocorrência de atropelamentos concentrada na primavera e, menos acentuadamente, no verão, conforme descrito acima. Já quanto à distribuição espacial, os atropelamentos estão mais concentrados no trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**,

especialmente na primavera, mas também na **Baixada** e no recorte de paisagem denominado **Gramíneas e Fragmentos**, nessa mesma estação. Já no verão, a principal ocorrência é na **Baixada** e no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** (quadro 71 e figuras 87 a 89).

Quadro 71 – Taxa de atropelamento de répteis e desvio padrão, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 30 junho de 2011

	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
Paisagens	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**	**TA**	**s**
B	0,000	0,000	0,011	0,021	0,008	0,018	0,000	0,000
S	0,003	0,009	0,020	0,026	0,007	0,013	0,003	0,010
R	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,015	0,000	0,000
G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,026
GU	0,000	0,000	0,003	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
GF	0,000	0,000	0,013	0,029	0,000	0,009	0,000	0,000

B - Baixada; **S** - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; **R** - Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra; **G** - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; **GF** - Gramíneas e Fragmentos
TA – Taxa de atropelamentos (atropelamentos/km/mês) ; **s** – Desvio padrão

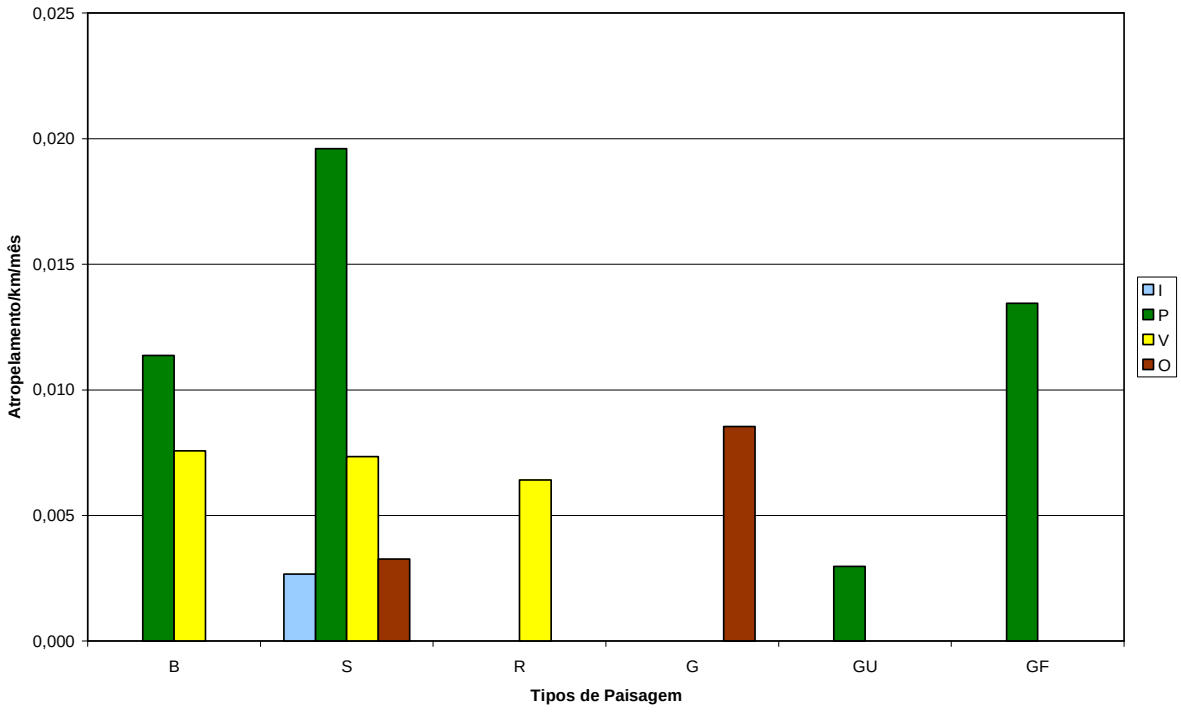

Figura 87 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

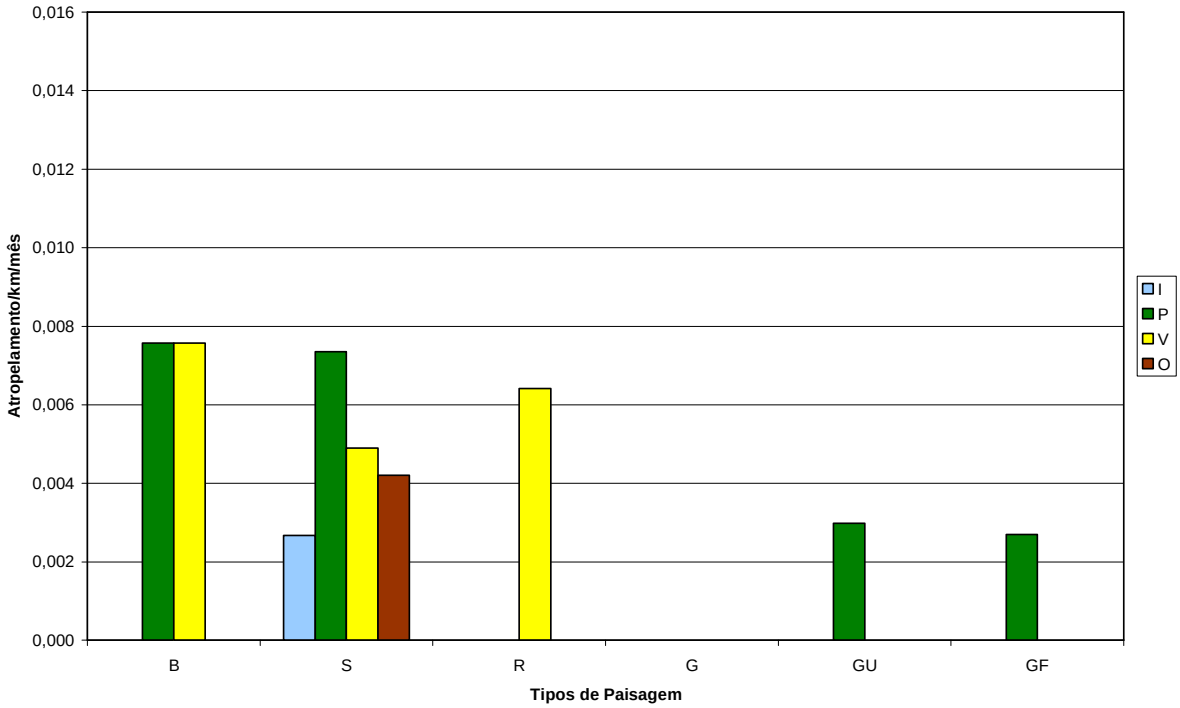

Figura 88 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, pista sentido Juiz de Fora. por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

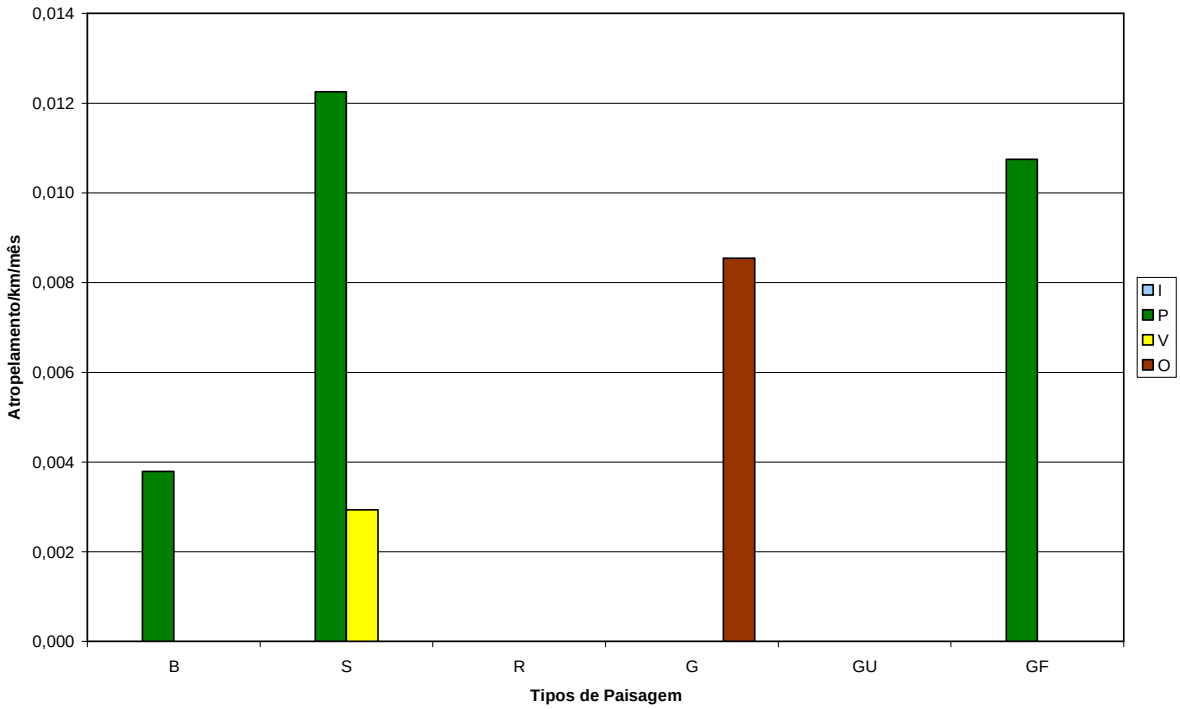

Figura 89 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, por recorte de paisagem e por estação do ano (inverno de 2007 a verão 2010/2011).

Porém, no caso dos répteis, essas diferenças não foram consideradas significativas pelo Teste de Tukey em nenhum caso, indicando que as diferenças espaciais são menos

relevantes que as diferenças entre as estações do ano, no que concerne a este grupo de animais (anexo 14.6.9).

A divisão dos dados de atropelamento de répteis, por estação do ano e trecho de paisagem, pelas duas pistas gera uma amostra muito pequena de animais para cada trecho e estação. Porém, é percebida uma taxa mais elevada no verão na pista sentido Juiz de Fora, especialmente na **Baixada**, onde ocorreram três atropelamentos de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), mas também no recorte de paisagem denominada **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**.

No caso da pista sentido Rio de Janeiro, os atropelamentos de répteis estão quase que restritos à primavera e concentrados nos trechos que cruzam as paisagens mais bem conservadas: **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e **Gramíneas e Fragmentos**. Exceção para o trecho denominado **Gramíneas**, que apresentou apenas atropelamentos de répteis no outono.

Mas como as amostras são muito pequenas, essas análises são pouco consistentes, necessitando de mais tempo de monitoramento para uma análise de atropelamento de rapteis por estação do ano e recorte de paisagem, dividida pelas duas pistas da BR-040.

O quadro 72 traz uma síntese dos resultados apresentados nesse capítulo.

Quadro 72 – Síntese da variação espaço-temporal dos atropelamentos de animais silvestres. Em vermelho os resultados de maior destaque

Paisagem	Características principais	Estação	Taxa de atropelamento									
			Animais silvestres			Mamíferos			Aves			Répteis
			BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040
B	ICF baixo para duas faixas e elevada proporção de áreas ocupadas com edificações	I	0,008	0,004	0,004	0,004	0,000	0,004	0,004	0,004	0,000	0,000
		P	0,030	0,023	0,008	0,015	0,011	0,004	0,004	0,004	0,000	0,011
		V	0,015	0,008	0,008	0,004	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004	0,008
		O	0,015	0,000	0,015	0,020	0,013	0,010	0,005	0,000	0,005	0,000
S	ICF muito elevado para as duas faixas, com predominância de florestas conservadas e proproção elevada de áreas urbanas no entorno da pista sentido JF	I	0,112	0,037	0,075	0,088	0,029	0,065	0,019	0,009	0,016	0,003
		P	0,113	0,056	0,056	0,071	0,034	0,037	0,012	0,005	0,007	0,020
		V	0,069	0,020	0,049	0,042	0,015	0,032	0,010	0,000	0,012	0,007
		O	0,029	0,010	0,020	0,013	0,004	0,010	0,010	0,004	0,007	0,003
R	ICF elevado para a faixa de 10 km, com predominância de florestas conservadas, e intermediário para a faixa de 0,5 km, com proproção elevada de áreas urbanas	I	0,052	0,031	0,021	0,035	0,021	0,014	0,024	0,014	0,010	0,000
		P	0,077	0,048	0,029	0,061	0,048	0,013	0,029	0,013	0,016	0,000
		V	0,038	0,026	0,013	0,016	0,010	0,008	0,016	0,010	0,008	0,006
		O	0,034	0,017	0,017	0,017	0,011	0,009	0,017	0,010	0,009	0,000
G	ICF baixo para a faixa de 10 km, com predomínio de gramíneas, e intermediário para a faixa de 0,5 km, com proporção razoável de florestas e de áreas urbanas	I	0,056	0,035	0,021	0,049	0,035	0,014	0,007	0,000	0,007	0,000
		P	0,045	0,026	0,019	0,019	0,013	0,006	0,013	0,006	0,006	0,000
		V	0,019	0,013	0,006	0,019	0,013	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000
		O	0,068	0,034	0,034	0,051	0,044	0,017	0,009	0,000	0,010	0,009
GU	ICF baixo para duas faixas e proporção elevada de áreas ocupadas com	I	0,071	0,039	0,032	0,026	0,016	0,010	0,045	0,023	0,023	0,000
		P	0,083	0,054	0,030	0,042	0,033	0,012	0,039	0,021	0,018	0,003
		V	0,045	0,024	0,021	0,024	0,043	0,018	0,018	0,015	0,004	0,000

Paisagem	Características principais	Estação	Taxa de atropelamento									
			Animais silvestres			Mamíferos			Aves			Répteis
			BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040
	edificações (mas muito mnor que a da Baixada) e de gramíneas.	O	0,032	0,016	0,016	0,016	0,005	0,012	0,016	0,015	0,004	0,000
GF	ICF intermediário para as duas faixas, com massa de floresta em bom estado de conservação relevante em ambas, especialmente na faixa de 10 km. Mas fragmentação elevada nessa faixa	I	0,111	0,041	0,070	0,085	0,035	0,050	0,038	0,018	0,021	0,000
		P	0,102	0,035	0,067	0,051	0,011	0,040	0,030	0,019	0,011	0,013
		V	0,043	0,016	0,027	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,008	0,000
		O	0,043	0,032	0,011	0,022	0,018	0,007	0,014	0,008	0,007	0,000

11 RELAÇÃO DOS ATROPELAMENTOS DE FAUNA SILVESTRE NA BR-040 COM A PRECIPITAÇÃO ACUMULADA

O aumento dos atropelamentos de mamíferos e aves no inverno e na primavera indica que a variação climática influencia de forma importante no impacto da BR-040 sobre a fauna local.

A hipótese aqui pesquisada é que esta influência está relacionada à variação da precipitação, havendo aumento de atropelamentos com a redução da precipitação no período imediatamente anterior. Isto ocorreria, pois a redução na precipitação tende a reduzir a capacidade de suporte de cada fragmento de mata e aumentar a necessidade dos animais se movimentarem em busca de recursos como água (quanto menor a disponibilidade, maior a necessidade de busca) e alimentos (uma vez que, teoricamente, os períodos úmidos favorecem a produção primária).

Para testar essa hipótese foi feita uma série de análises buscando relacionar a precipitação acumulada com os atropelamentos.

A primeira análise focou nos dias e períodos distintos: precipitação acumulada nos 30 dias e precipitação acumulada nos 60 dias anteriores a cada dia do período de monitoramento.

Uma vez que a precipitação apresenta acentuada variação espacial, esta análise foi feita para cada um dos trechos da rodovia associado a um recorte de paisagem, cruzando-se os dados de atropelamento de animais silvestres nesse trecho com os dados de precipitação acumulada de uma estação pluviométrica.

Vale ressaltar que todos os valores de pluviometria estão em milímetros.

11.1 Baixada

As taxas de atropelamento de animais silvestres na **Baixada** foram comparadas com os dados de precipitação obtidos na estação de Bomba de Imunana, situada em área de baixada distante cerca de 28 kms da BR-040.

Ao se agrupar os dados de atropelamento por classes de precipitação acumulada em 30 dias (o quadro 73 apresenta as taxas médias de atropelamento de animais silvestres, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e os respectivos desvios padrões para as classes de precipitação analisadas) nota-se que não há relação perceptível entre a quantidade de precipitação acumulada e os atropelamentos de animais silvestres, tanto para o conjunto das pistas, como para cada pista separadamente (figuras 90 a 92).

Quadro 73 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestres no trecho que cruza a Baixada, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,000	0,000	0,010	0,114	0,010	0,114
20-40	0,029	0,199	0,010	0,116	0,039	0,282
40-60	0,008	0,102	0,000	0,000	0,008	0,102
60-100	0,000	0,000	0,010	0,117	0,010	0,117
100-140	0,023	0,175	0,023	0,175	0,045	0,245
140-160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
160-180	0,016	0,147	0,000	0,000	0,016	0,147
180-220	0,000	0,000	0,013	0,134	0,013	0,134
220-260	0,016	0,000	0,016	0,000	0,032	0,000
260-300	0,000	0,000	0,014	0,138	0,014	0,138
300-406,9	0,000	0,000	0,019	0,161	0,019	0,161

As variações nas taxas de atropelamento independem do aumento ou redução no acumulado de precipitação, havendo taxas mais elevadas de atropelamento em classes com pouco acumulado de precipitação, em classes intermediárias e em classes elevadas, além de uma distribuição homogênea entre várias classes.

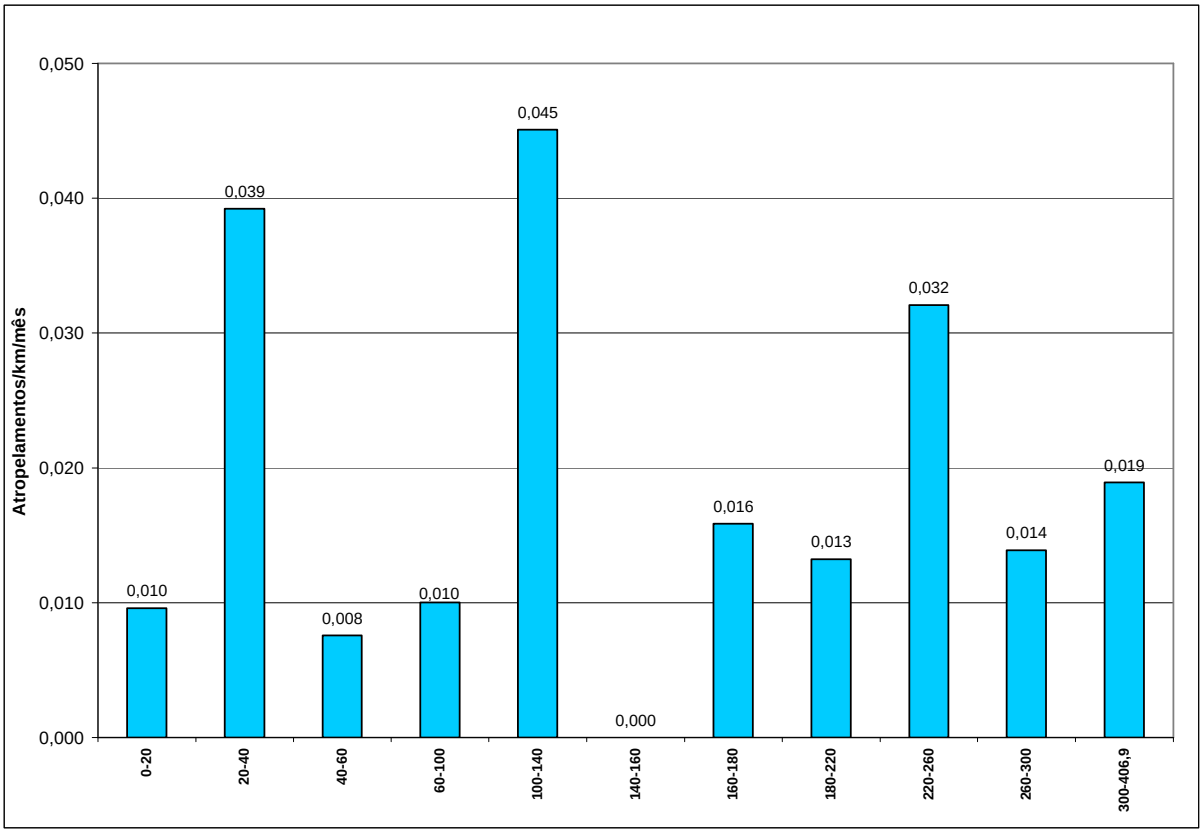

Figura 90 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

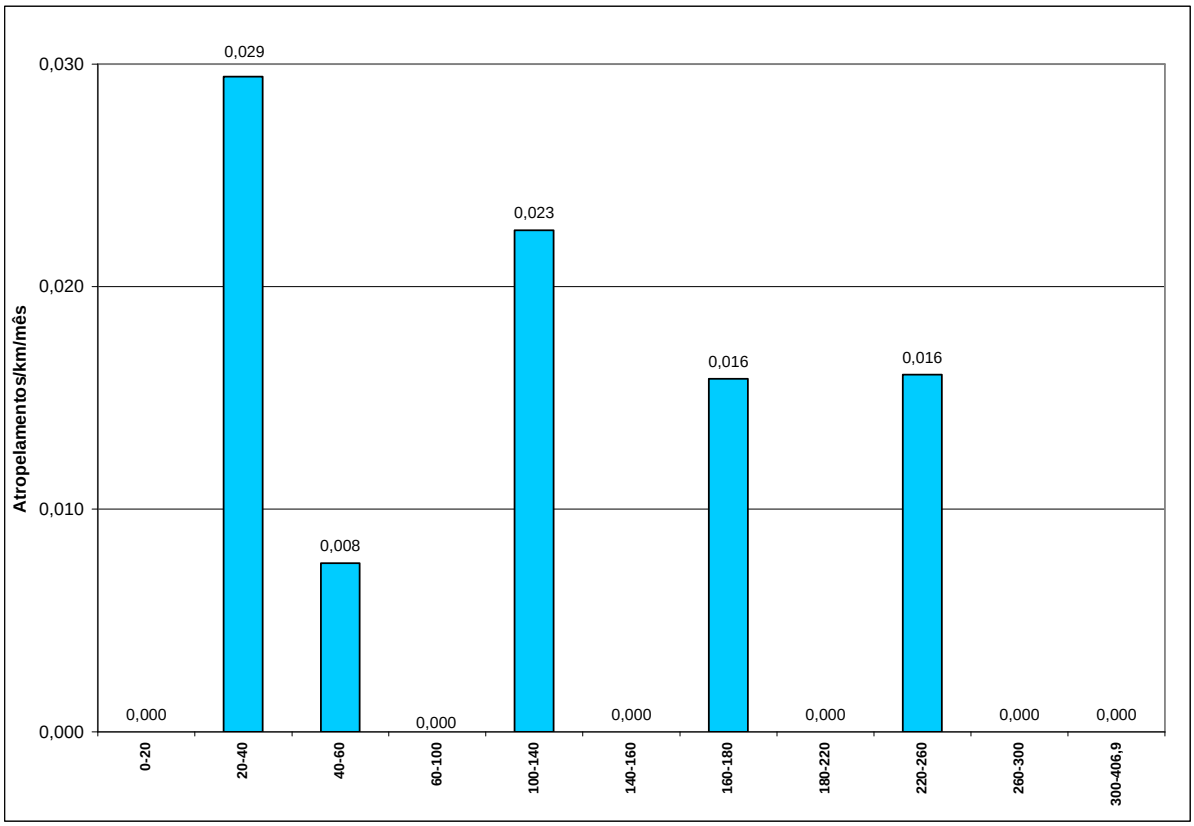

Figura 91 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, no trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

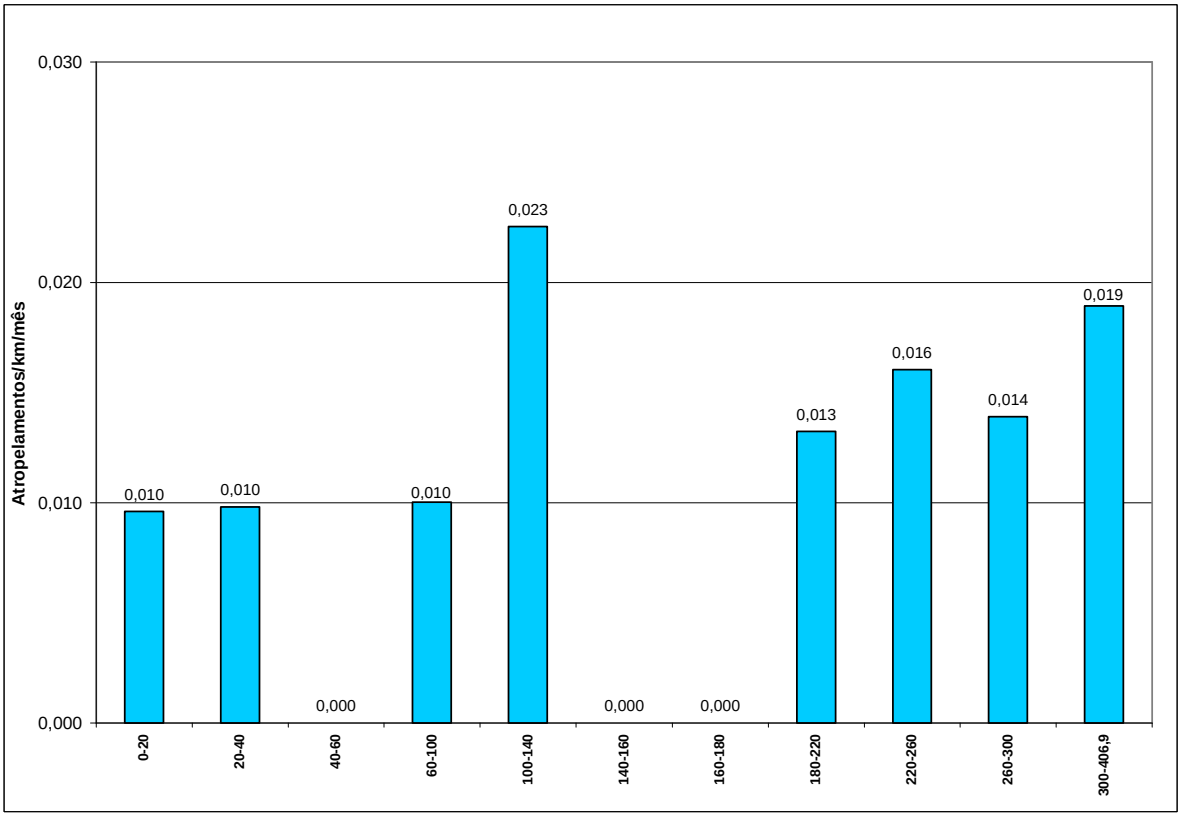

Figura 92 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, na Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Estes dados indicam que não há relação entre a precipitação acumulada e o atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a **Baixada**, sendo corroborados pelos resultados do Teste de Tukey para a BR-040 e para suas duas pistas (anexos 14.6.10 a 14.6.12).

O mesmo ocorre para os acumulados de precipitação nos 60 dias anteriores (quadro 44 e figuras 93 a 95). Não há relação entre esses acumulados e a distribuição dos atropelamentos de animais silvestres, de forma que também para esses resultados o teste de Tukey não mostrou diferenças significativas (anexos 14.6.13 a 14.6.15).

Estes resultados (tanto no que concerne ao acúmulo de 30, quanto de 60 dias) têm importante influência da pequena amostra que resulta para cada uma das classes de acumulado de precipitação quando de dividem os atropelamentos na Baixada por classe, pois há poucos atropelamentos registrados na Baixada. Assim, pequenas alterações casuais em eventos de atropelamento têm grande influência sobre os resultados, dificultando o conhecimento dos padrões espaço-temporais dos atropelamentos na Baixada.

Quadro 74 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestres no trecho que cruza a Baixada, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-40	0,000	0,000	0,014	0,136	0,014	0,136
40-80	0,017	0,150	0,000	0,000	0,017	0,150
80-120	0,014	0,136	0,014	0,136	0,027	0,235
120-160	0,017	0,152	0,000	0,000	0,017	0,152
160-200	0,000	0,000	0,027	0,192	0,027	0,192
200-280	0,016	0,150	0,000	0,000	0,016	0,150
280-320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
320-340	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
340-380	0,000	0,000	0,026	0,189	0,026	0,189
380-420	0,017	0,152	0,017	0,152	0,034	0,214
420-500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
500-644	0,016	0,150	0,016	0,150	0,033	0,210

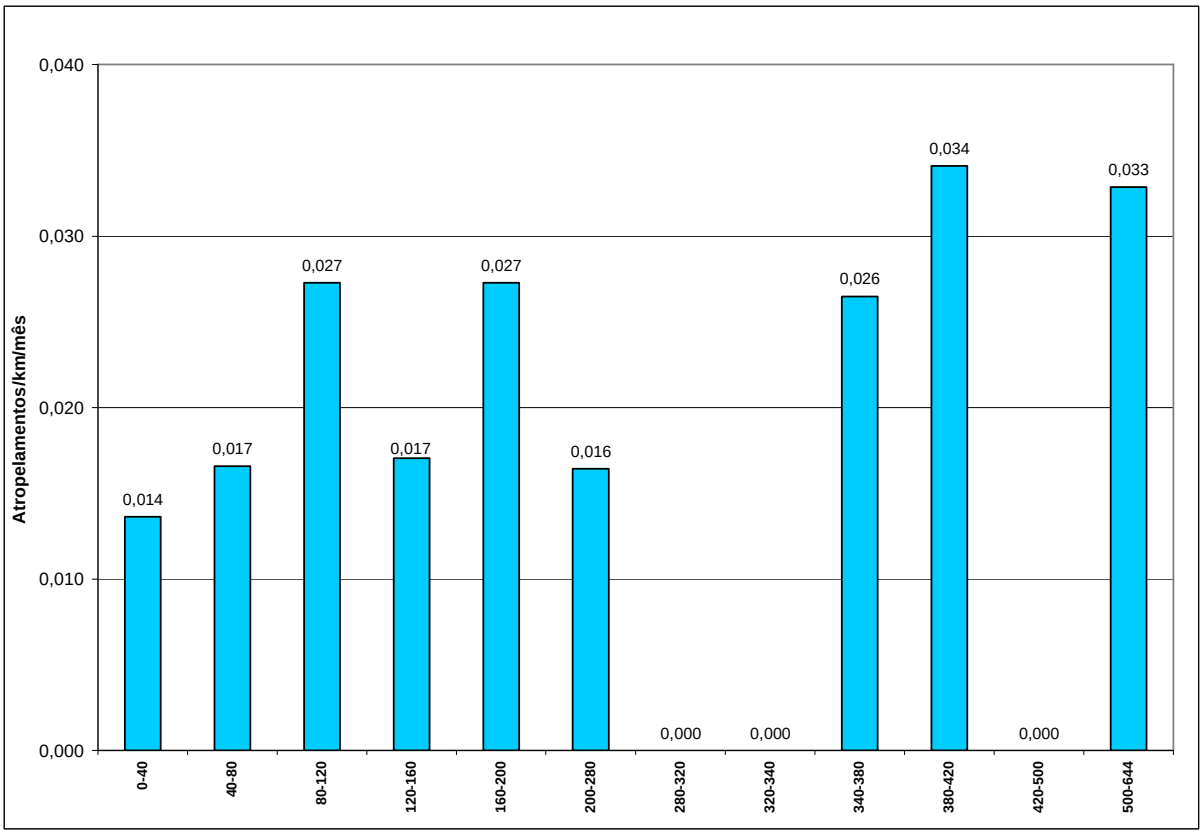

Figura 93 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

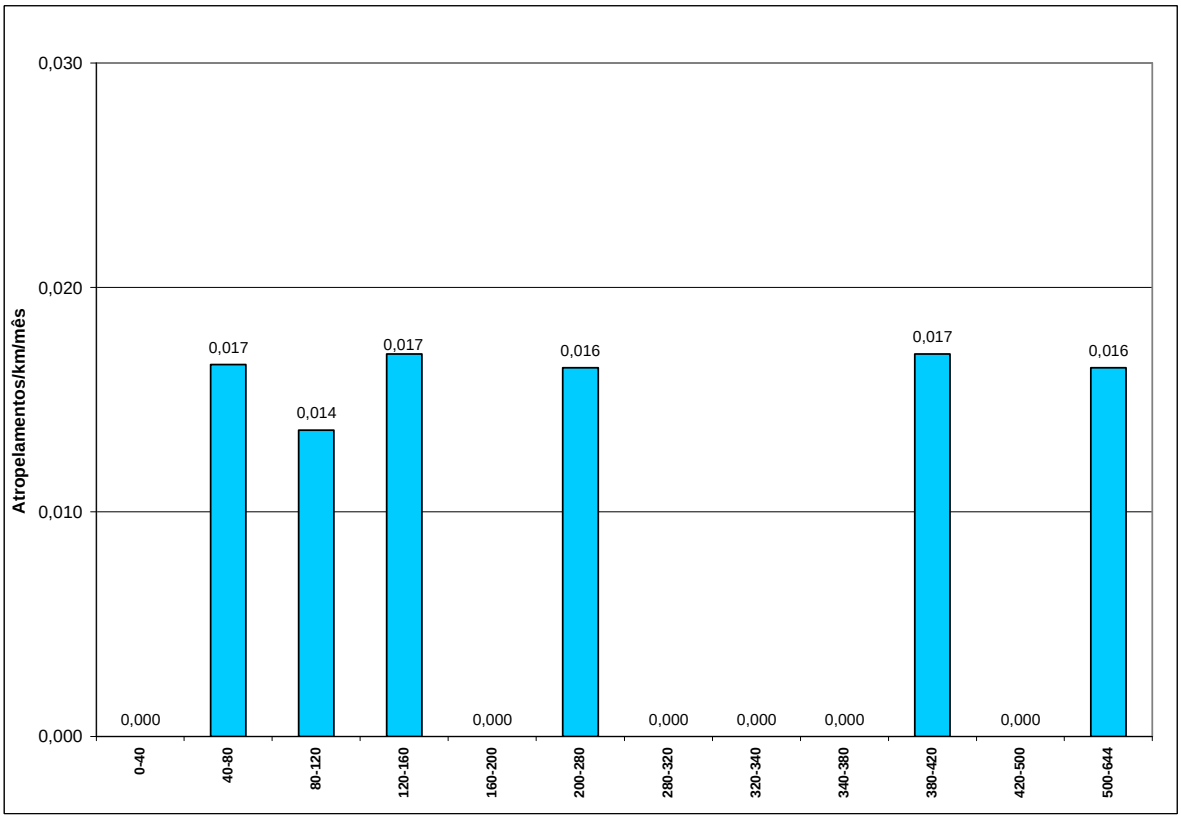

Figura 94 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

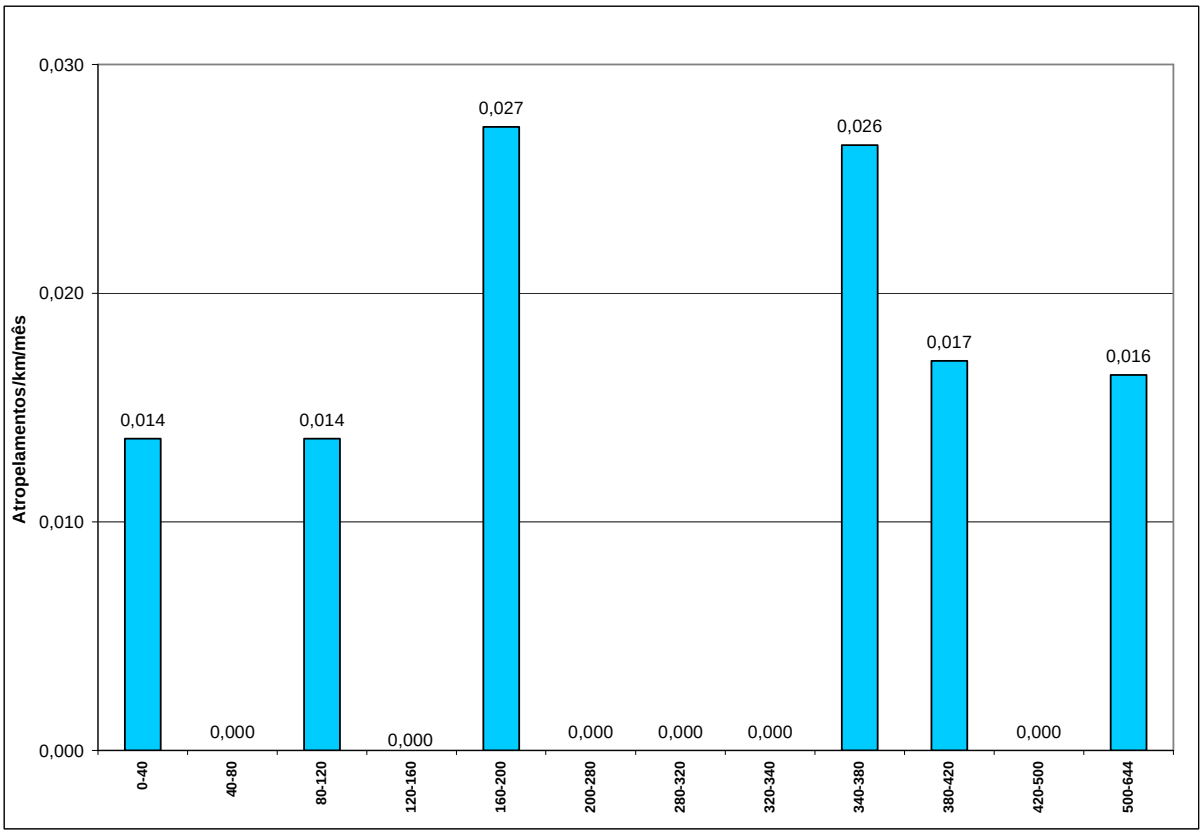

Figura 95 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, trecho que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Porém, os resultados indicam que os atropelamentos neste trecho da estrada têm realmente pouca relação com a precipitação acumulada, uma vez que não há nenhum tipo de concentração observável, mesmo que não tenha representação significativa. Isto pode estar relacionado à paisagem da Baixada, que possui baixo ICF e grande concentração de áreas urbanas no entorno da estrada, de forma que a maior parte dos animais encontrados atropelados nesse trecho pertence a espécies oportunistas, que não se mantém no interior de fragmentos, mas em constante deslocamento entre fragmentos e matriz da paisagem. Ou são animais que se movimentam pelos rios. Assim, na Baixada, os animais silvestres não aumentam seu deslocamento entre fragmentos na época seca, como ocorre nos trechos onde há matas, mantendo um deslocamento mais constante pela paisagem nos diferentes períodos, independente da disponibilidade de água.

A continuação da presente pesquisa permitirá avaliar essa questão, uma vez que o acúmulo de dados para todos os trechos vem aumentando.

Ao se separar esses dados pelas classes dos animais a situação das amostras torna-se ainda pior. Os répteis e aves são pontuais, dificultando qualquer análise, especialmente na **Baixada**, onde o total de atropelamentos é baixo. Mas também para os mamíferos há poucos atropelamentos nesse recorte de paisagem, especialmente na pista sentido Juiz de

Fora, inviabilizando essa análise. Assim, para esse recorte de paisagem, não foram feitas análises por classes de vertebrado.

11.2 Corredor de Vegetação da Serra do Mar

As taxas de atropelamento de animais silvestres na Serra foram comparadas com os dados de precipitação obtidos na estação de Bomba de Imunana, situada em área de baixada distante cerca de 28 kms da BR-040. Esta estação foi a que apresentou maiores semelhanças com dados de estações situadas na escarpa da Serra do Mar nas proximidades da BR-040, como as estações Xerém e Tinguá (comparando períodos de registro iguais, mas não os períodos aqui analisados, pois estas duas últimas estações não possuem dados para esses períodos). Além disso, por estar na Baixada, mas relativamente próximas à Serra, o regime pluviométrico é semelhante ao observado na serra, apesar dos totais pluviométricos serem muito menos elevados. A opção de se utilizar dados de estações existentes no planalto serrano, em Petrópolis, poderia aproximar os dados de precipitação em relação aos totais pluviométricos existentes na serra, porém, o regime de chuvas seria diferente, pois parte das massas de ar que atingem a escarpa da serra não cruzam a vertente.

Ao se agrupar os dados de atropelamento nos trechos da BR-040 que cruzam o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação de Bomba de Imunana nota-se uma relação inversa entre o acúmulo de precipitação e as taxas de atropelamento, com uma concentração nas classes de menor acúmulo, especialmente nas duas classes inferiores (quadro 75 e figura 96).

Quadro 75 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,077	0,316	0,096	0,350	0,173	0,483
20-40	0,059	0,278	0,167	0,477	0,226	0,605
40-60	0,045	0,245	0,068	0,298	0,114	0,453
60-100	0,065	0,231	0,058	0,220	0,123	0,325
100-140	0,058	0,273	0,029	0,158	0,088	0,310
140-160	0,011	0,099	0,056	0,258	0,067	0,274
160-180	0,041	0,187	0,010	0,095	0,051	0,208
180-220	0,009	0,087	0,051	0,208	0,060	0,223
220-260	0,010	0,000	0,031	0,000	0,042	0,000
260-300	0,036	0,175	0,027	0,153	0,063	0,228
300-406,9	0,000	0,000	0,012	0,104	0,012	0,104

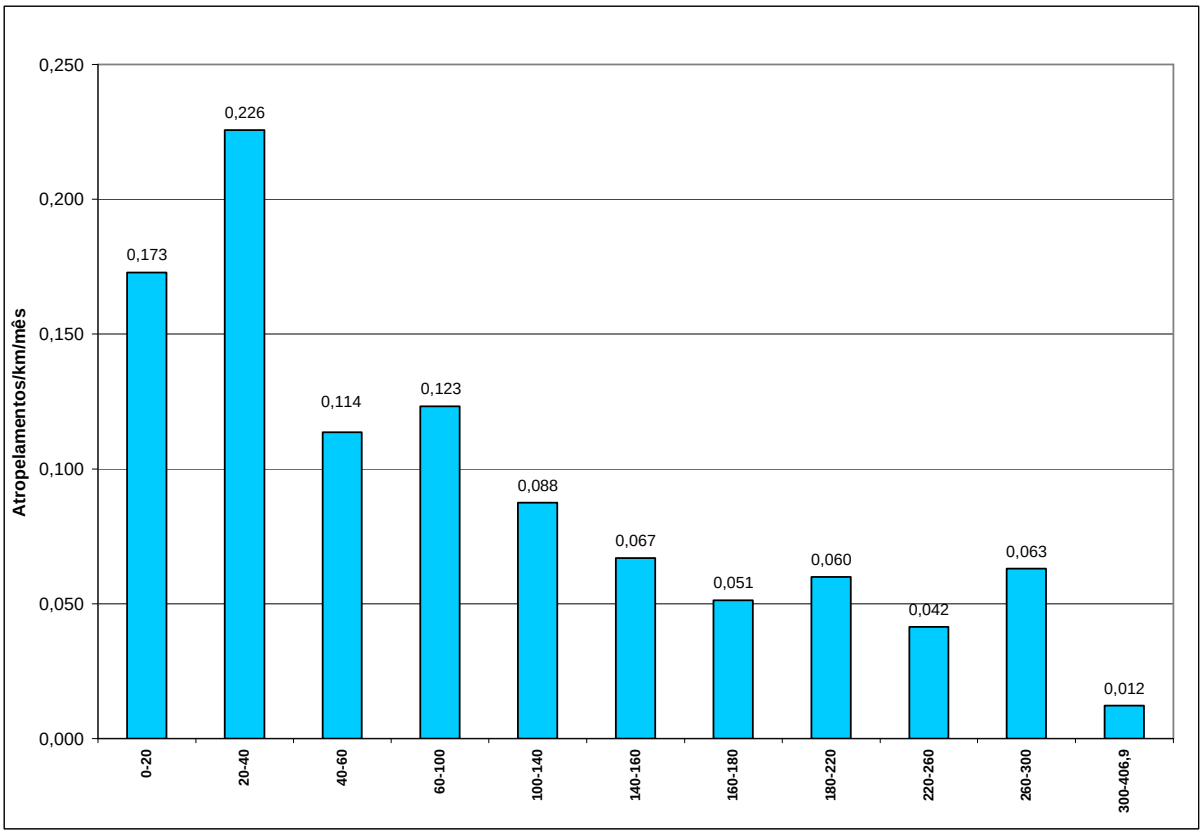

Figura 96 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Esses dados, quando analisados através do Teste de Tukey (quadro 76) apresentam diferenças significativas entre as classes extremas, mostrando que a taxa de atropelamentos encontrada na classe de menor acúmulo de precipitação nos 30 dias anteriores ao dia analisado (0 a 40 mm) é significativamente maior que as taxas das três classes de maior precipitação (acima de 220 mm); e que a taxa de atropelamentos de animais silvestres da segunda classe de menor quantidade de precipitação (40 a 100 mm) também é significativamente maior que a taxa de atropelamentos da classe de maior acúmulo de precipitação (220 a 406 mm)

Quadro 76 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.057786	0.009018	0.003999	0.001464
40-100	0.057786		0.429177	0.144872	0.042377
100-160	0.009018	0.429177		0.859799	0.413791
160-220	0.003999	0.144872	0.859799		0.915199
220-406	0.001464	0.042377	0.413791	0.915199	

Ao se analisar esses dados para cada uma das pistas percebe-se que há diferenças no que concerne às taxas de atropelamento de animais silvestres e sua relação com a precipitação. Tendo em vista que nesse trecho as pistas cruzam áreas distintas e paisagens com diferenças importantes no que concerne à fragmentação florestal e à presença urbana no entorno imediato à rodovia, as diferenças entre as taxas são esperadas.

As duas pistas apresentam taxas maiores nos dias com menor acúmulo de precipitação. Porém, enquanto a pista sentido Rio de Janeiro apresenta uma relação nítida entre essa taxa e as classes de acumulado de precipitação, com padrão semelhante ao observado para a BR-040, incluindo uma concentração mais elevada nas duas classes de menor acúmulo, a pista sentido Juiz de Fora apresenta uma relação mais tênue (figuras 97 e 98).

Este comportamento se refletiu no Teste de Tukey, com as diferenças entre a classe de menor precipitação acumulada (0-40 mm) e as de maior (160 a 220 e 220 a 406 mm) sendo significativas estatisticamente apenas para a pista sentido Rio de Janeiro (quadro 77 e anexo 14.6.16).

Mais uma vez, há a confirmação de que a menor fragmentação florestal tem influência na relação dos atropelamentos com a precipitação. Isto é, nas áreas com maior presença de fragmentos em bom estado de conservação e maior conectividade florestal (como a área cruzada pela pista sentido Rio de Janeiro) as diferenças entre as taxas de atropelamento em épocas secas e úmidas são maiores que em áreas de maior fragmentação florestal. Isto é fruto da redução significativa de recursos florestais que ocorre com a redução da umidade. Já nos ambientes não florestais, sob influencia humana, as taxas de umidade não regulam a produtividade de pastos (que são queimados na época seca e rebrotam, aumentando, muitas vezes, a disponibilidade de recursos para pastoreio), áreas agrícolas (adubos e irrigação garantem a produtividade mesmo em épocas secas) ou áreas urbanas (produção de lixo, por exemplo, não depende da precipitação), de forma que a alteração na umidade do ambiente tende a ter menor influência sobre o movimento das populações de animais silvestres que vivem nas matrizes da paisagem, em comparação com aquelas que vivem na floresta. Um estudo das espécies predominantes em cada uma das paisagens pode ajudar a comprovar essa teoria.

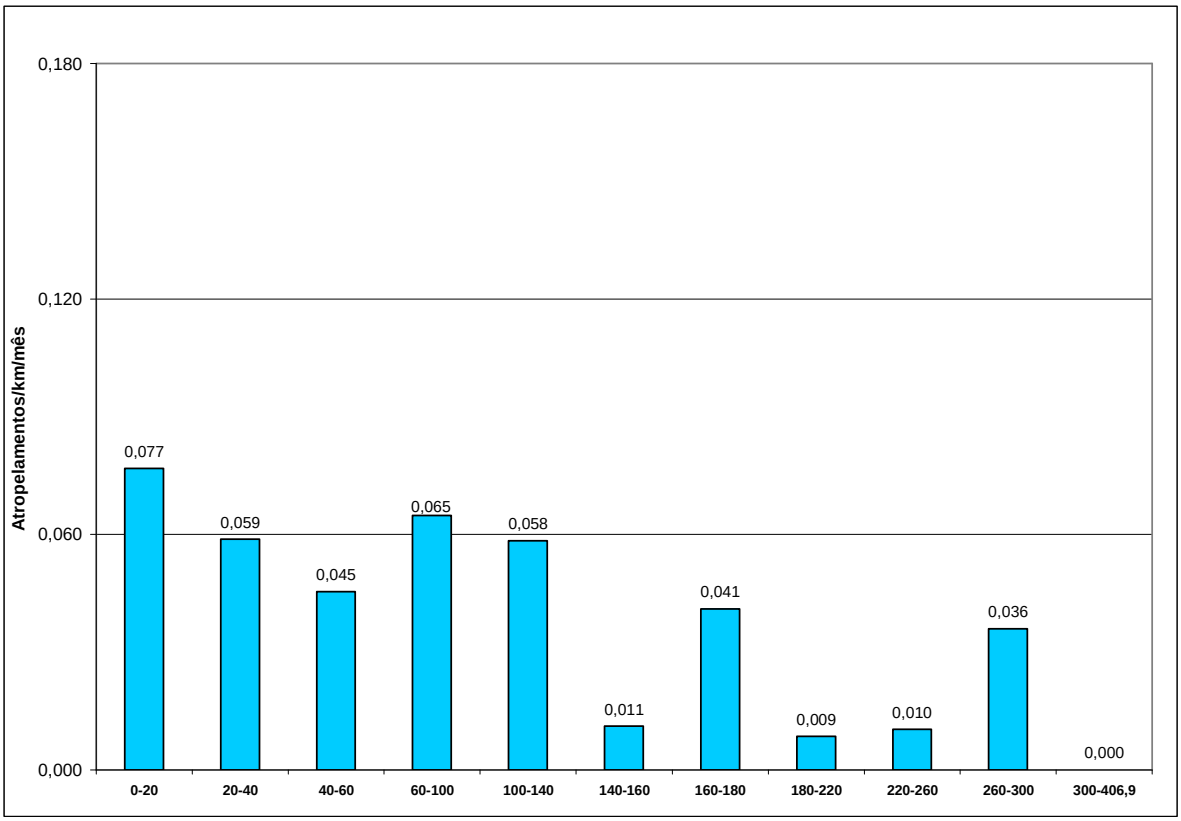

Figura 97 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

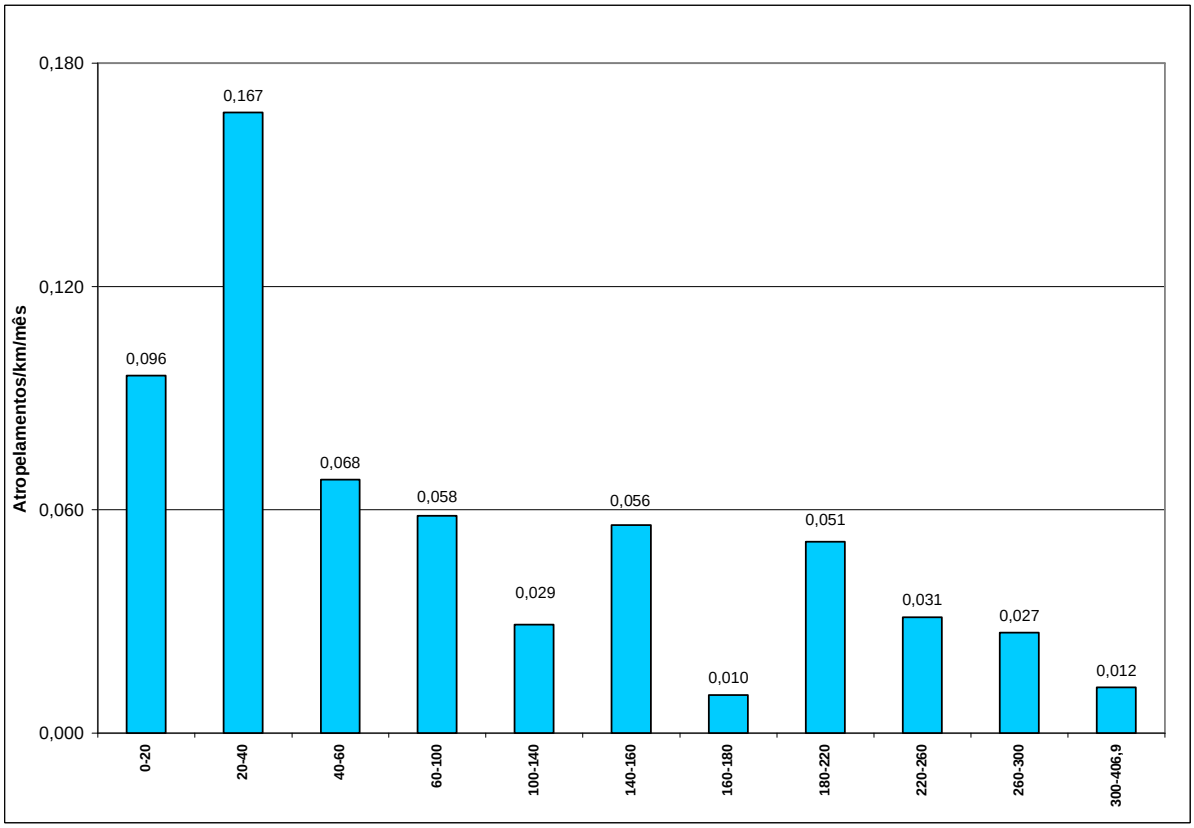

Figura 98 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Quadro 77 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040, pista sentido Rio de Janeiro, que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.174618	0.068879	0.041693	0.020382
40-100	0.174618		0.918438	0.719630	0.496669
100-160	0.068879	0.918438		0.988956	0.917500
160-220	0.041693	0.719630	0.988956		0.997307
220-406	0.020382	0.496669	0.917500	0.997307	

Este resultado fortalece a hipótese de que os animais encontrados nos fragmentos precisam se deslocar mais pela matriz da paisagem, entre fragmentos de floresta, durante a época seca, atravessando mais frequentemente a rodovia. Já os animais que habitam a matriz ou que possuem maior relação com a matriz continuam cruzando as áreas entre fragmentos de floresta (e as rodovias aí situadas) de forma semelhante, independentemente da concentração de umidade no ambiente.

Quando as taxas de atropelamento de animais silvestres são cruzadas com as classes de acumulado de precipitação em 60 dias (quadro 78) os resultados são parecidos, mas menos nítidos.

Há maior concentração de atropelamentos nas classes de menor acúmulo de precipitação nos 60 dias antes do dia analisado, mas a distribuição é mais uniforme que aquela observada para o acúmulo em 30 dias. Isto vale tanto para a pista sentido Rio de Janeiro, quanto para a pista sentido Juiz de Fora e, consequentemente, para a BR-040 (figuras 99 a 101).

Isto ocorre especialmente pela elevada taxa de atropelamentos encontrada na classe de acumulado de precipitação entre 420 e 500mm (para o conjunto da BR-040 e para as duas pistas separadamente) alterando o padrão geral.

Mas a relação inversa entre acumulado de precipitação e taxa de atropelamentos no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** também é perceptível a partir dos acumulados de 60 dias. especialmente na pista sentido Juiz de Fora. Todavia, os dados para o acumulado de 60 dias não foram considerados diferentes estatisticamente pelo Teste de Tukey para nenhuma das classes de acumulado de precipitação para nenhuma das pistas (anexos 14.6.17 a 14.6.19).

Quadro 78 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-40	0,044	0,193	0,044	0,193	0,088	0,294
40-80	0,046	0,197	0,064	0,243	0,111	0,352
80-120	0,057	0,218	0,079	0,268	0,137	0,366
120-160	0,044	0,239	0,055	0,215	0,099	0,314
160-200	0,071	0,271	0,026	0,151	0,097	0,304
200-280	0,011	0,097	0,064	0,230	0,074	0,247
280-320	0,012	0,105	0,062	0,227	0,075	0,247
320-340	0,019	0,129	0,019	0,129	0,038	0,181
340-380	0,009	0,087	0,026	0,149	0,034	0,171
380-420	0,011	0,099	0,033	0,169	0,044	0,194
420-500	0,028	0,154	0,062	0,252	0,090	0,290
500-644	0,011	0,097	0,000	0,000	0,011	0,097

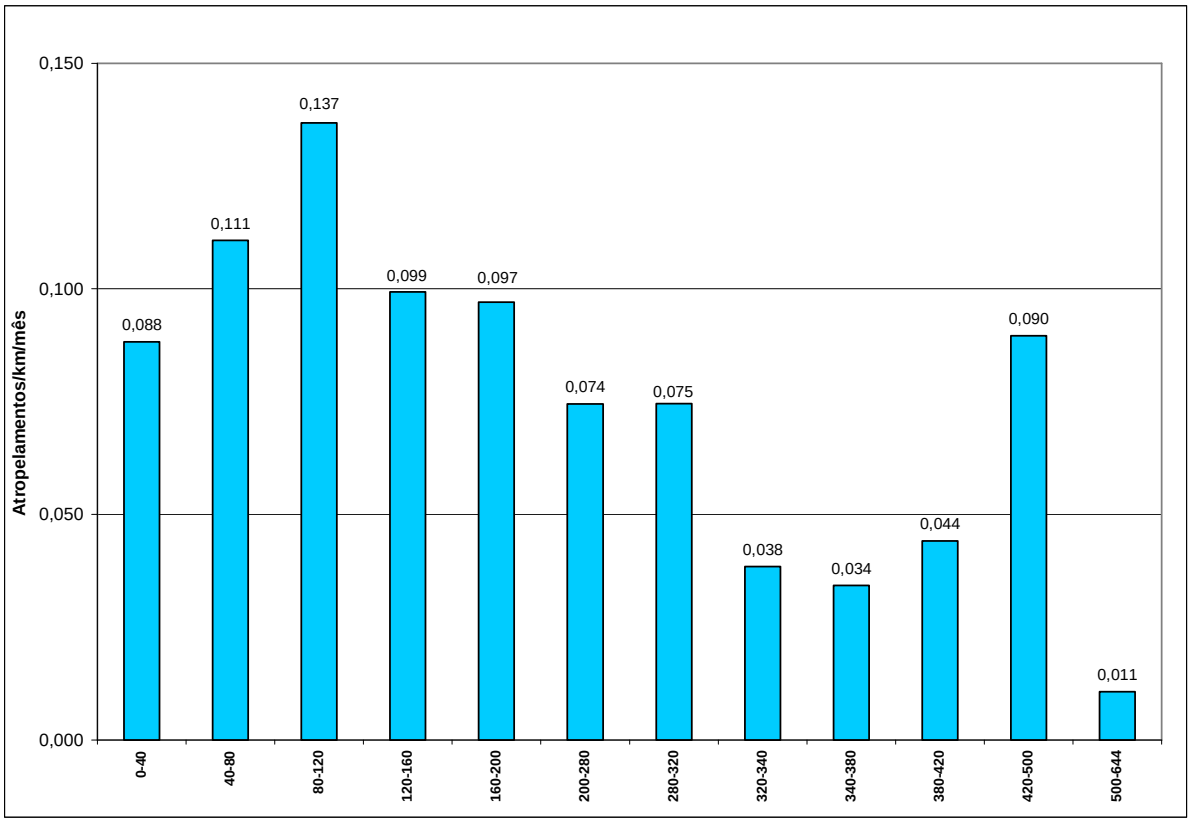

Figura 99 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

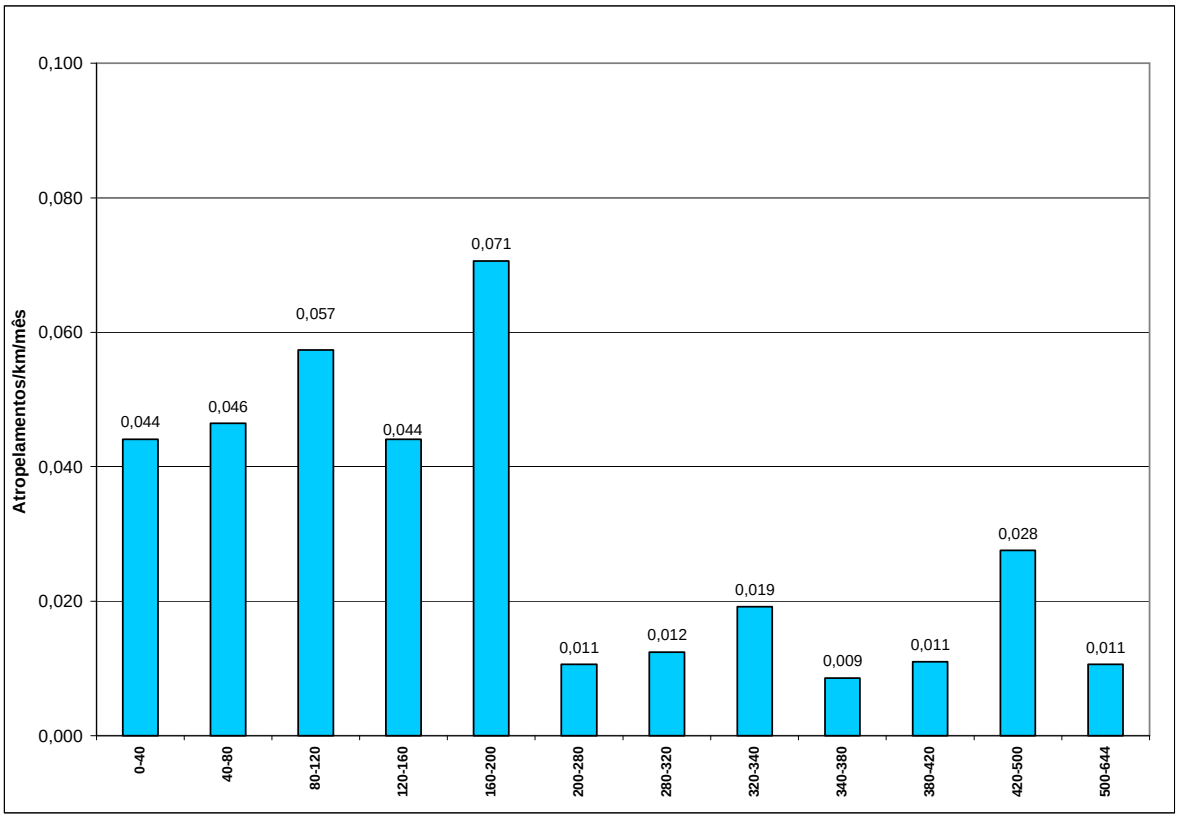

Figura 100 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

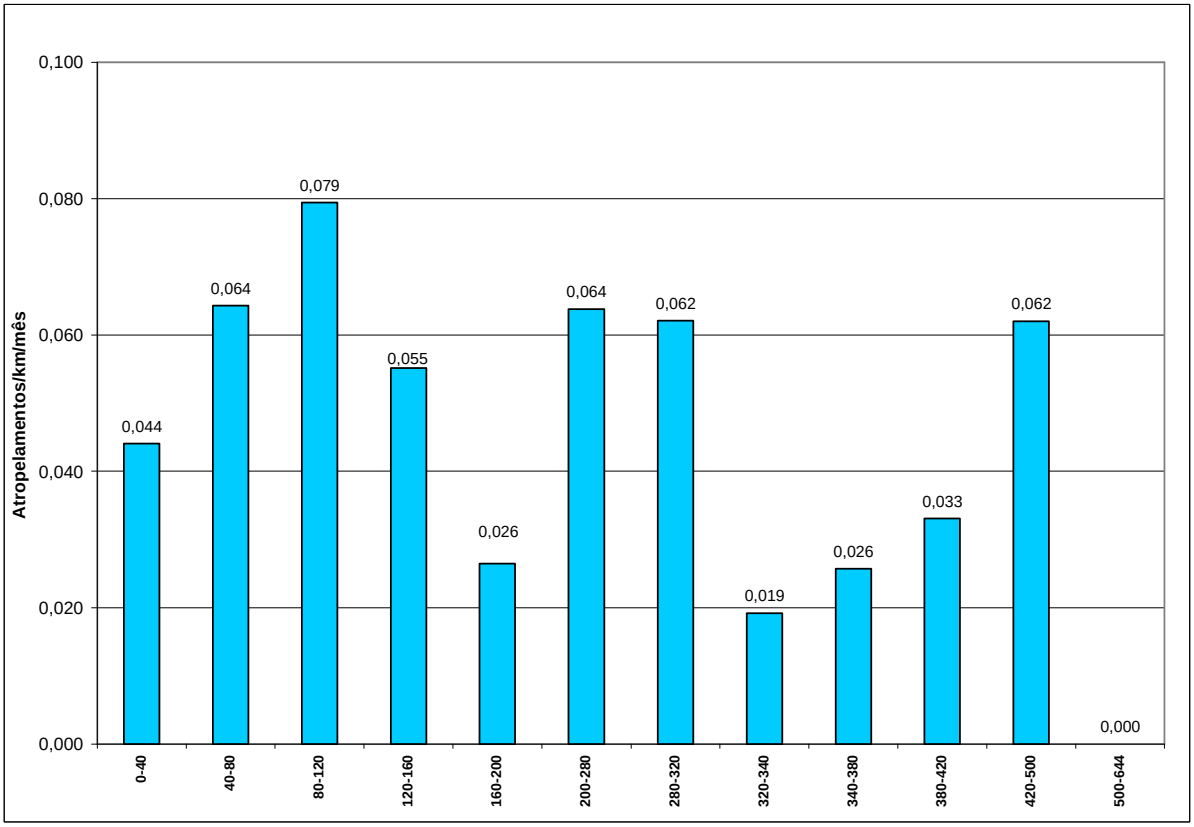

Figura 101 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Isto indica que o atropelamento de animais no trecho da rodovia que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Ma**r está mais relacionado à precipitação acumulada nos 30 dias anteriores aos eventos do que nos 60 dias anteriores e que, provavelmente, a relação que se observa nos gráficos dos acumulados de 60 dias está associada aos 30 dias mais próximos ao evento, cuja variação é observável nos gráficos de acumulados de 30 dias.

Quando se decompõem os resultados encontrados no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** pelas classes dos animais nota-se que os resultados dos animais silvestres refletem, sobretudo, os resultados encontrados para os mamíferos, que são predominantes nesse trecho (quadro 79).

Assim, para os mamíferos percebe-se uma variação na taxa de atropelamento inversamente relacionada ao acúmulo de precipitação, especialmente para a BR-040 e para a pista sentido Rio de Janeiro. Para a pista sentido Juiz de Fora essa relação é perceptível, mas novamente é menos nítida (figuras 102 a 104).

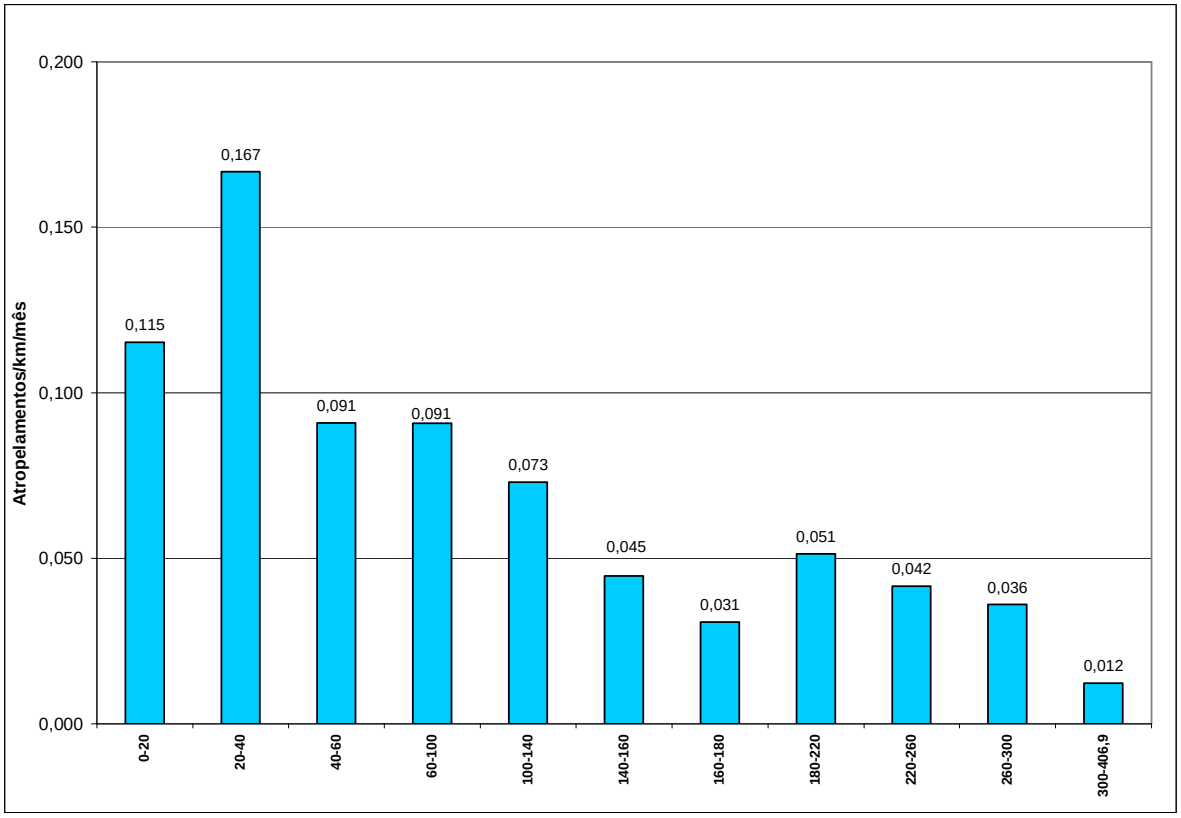

Figura 102 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Quadro 79 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos aves e répteis no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves						Répteis					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,038	0,226	0,077	0,316	0,115	0,414	0,010	0,114	0,019	0,161	0,029	0,197	0,029	0,197	0,000	0,000	0,029	0,197
20-40	0,049	0,255	0,118	0,418	0,167	0,556	0,000	0,000	0,039	0,229	0,039	0,229	0,010	0,116	0,010	0,116	0,020	0,163
40-60	0,045	0,245	0,045	0,245	0,091	0,397	0,000	0,000	0,008	0,102	0,008	0,102	0,000	0,000	0,015	0,143	0,015	0,143
60-100	0,052	0,208	0,039	0,182	0,091	0,290	0,013	0,107	0,019	0,130	0,032	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
100-140	0,051	0,262	0,022	0,138	0,073	0,292	0,000	0,000	0,007	0,080	0,007	0,080	0,007	0,080	0,000	0,000	0,007	0,080
140-160	0,011	0,099	0,034	0,221	0,045	0,241	0,000	0,000	0,011	0,099	0,011	0,099	0,000	0,000	0,011	0,099	0,011	0,099
160-180	0,031	0,163	0,000	0,000	0,031	0,163	0,000	0,000	0,010	0,095	0,010	0,095	0,010	0,095	0,000	0,000	0,010	0,095
180-220	0,009	0,087	0,043	0,191	0,051	0,208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,087	0,009	0,087
220-260	0,010	0,000	0,031	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
260-300	0,018	0,125	0,018	0,125	0,036	0,175	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,125	0,009	0,089	0,027	0,153
300-406,9	0,000	0,000	0,012	0,104	0,012	0,104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

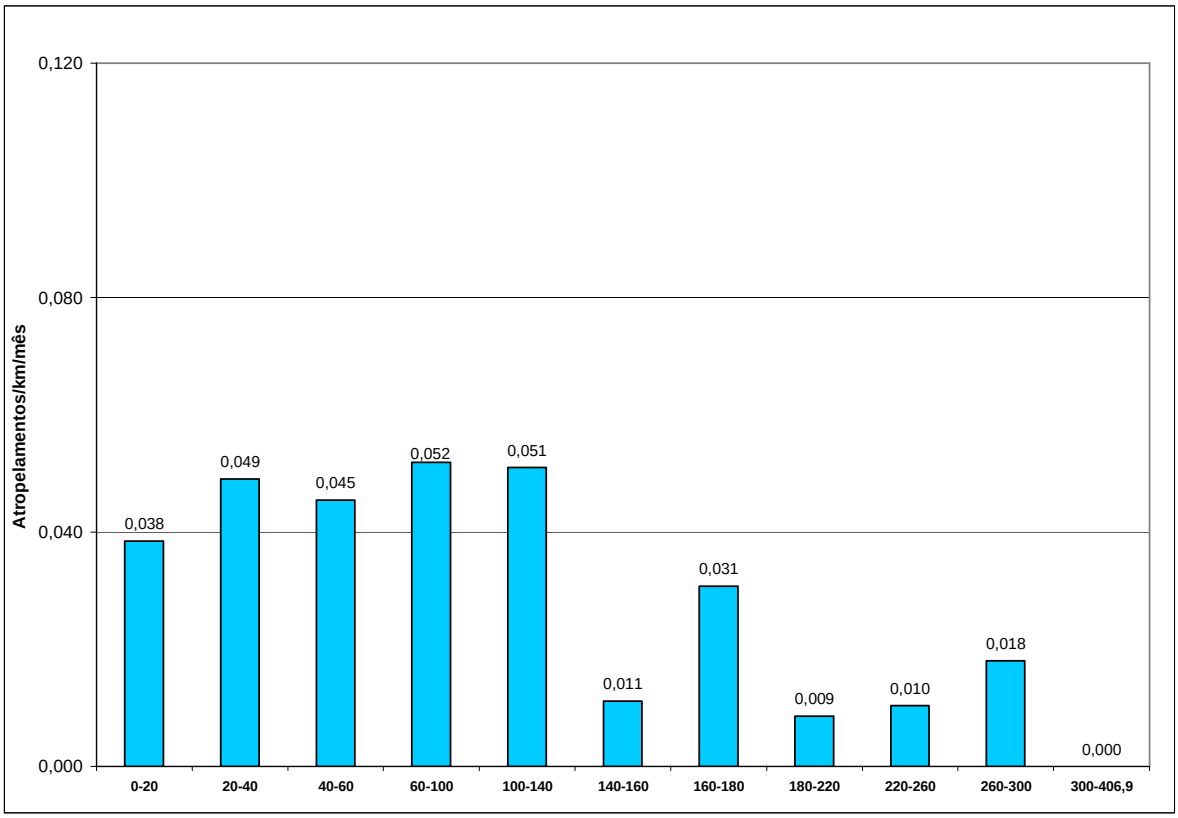

Figura 103 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

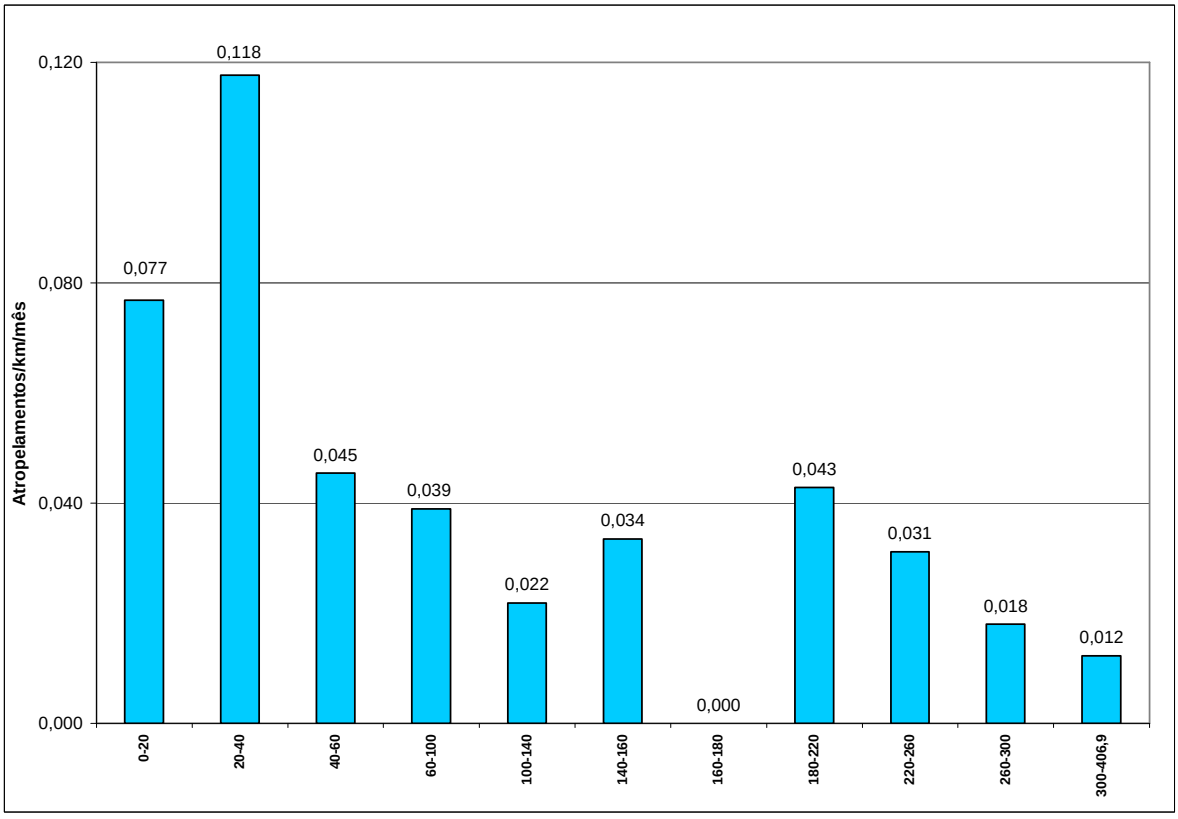

Figura 104 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Essa diferença entre as pistas se refletiu nos resultados do Teste de Tukey, que mostrou que a taxa de atropelamento de mamíferos obtida para a classe de menor precipitação acumulada nos 30 dias anteriores ao dia analisado (0 a 40 mm) é significativamente maior que as taxas obtidas para as três classes de maior precipitação acumulada para a BR-040 e para a pista sentido Rio de Janeiro (quadros 80 e 81). Mas para a pista sentido Juiz de Fora essas diferenças não foram consideradas significativas (anexo 14.6.20).

Quadro 80 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.210142	0.034753	0.014290	0.005445
40-100	0.210142		0.548110	0.214462	0.080981
100-160	0.034753	0.548110		0.894167	0.559346
160-220	0.014290	0.214462	0.894167		0.968570
220-406	0.005445	0.080981	0.559346	0.968570	

Quadro 81 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.117829	0.048391	0.033542	0.021092
40-100	0.117829		0.925165	0.787648	0.704809
100-160	0.048391	0.925165		0.996301	0.991052
160-220	0.033542	0.787648	0.996301		0.999997
220-406	0.021092	0.704809	0.991052	0.999997	

Assim como para os acumulados de 30 dias, os resultados do cruzamento das taxas de atropelamento de mamíferos e os acumulados de 60 dias de precipitação (quadro 82) são muito semelhantes aos resultados apresentados para o conjunto se animais silvestres, uma vez que no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** o atropelamento de mamíferos é muito elevado (figuras 105 a 107). Portanto, as análises feitas para os animais silvestres é repetida para os mamíferos, pois na realidade, os resultados encontrados para os animais silvestres são, praticamente, os mesmos resultado encontrados para os mamíferos.

Quadro 82 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos aves e répteis no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves						Répteis					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-40	0,035	0,174	0,026	0,151	0,062	0,226	0,000	0,000	0,009	0,088	0,009	0,088	0,009	0,088	0,009	0,088	0,018	0,124
40-80	0,032	0,166	0,054	0,226	0,086	0,326	0,011	0,097	0,007	0,079	0,018	0,125	0,004	0,056	0,004	0,056	0,007	0,079
80-120	0,049	0,202	0,049	0,220	0,097	0,316	0,009	0,088	0,022	0,138	0,031	0,163	0,000	0,000	0,009	0,088	0,009	0,088
120-160	0,022	0,197	0,033	0,169	0,055	0,257	0,000	0,000	0,022	0,139	0,022	0,139	0,022	0,139	0,000	0,000	0,022	0,139
160-200	0,062	0,259	0,018	0,124	0,079	0,283	0,000	0,000	0,009	0,088	0,009	0,088	0,009	0,088	0,000	0,000	0,009	0,088
200-280	0,011	0,097	0,043	0,190	0,053	0,211	0,000	0,000	0,021	0,136	0,021	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
280-320	0,012	0,105	0,062	0,227	0,075	0,247	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
320-340	0,019	0,129	0,000	0,000	0,019	0,129	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,129	0,019	0,129
340-380	0,009	0,087	0,017	0,122	0,026	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,087	0,009	0,087
380-420	0,011	0,099	0,022	0,139	0,033	0,169	0,000	0,000	0,011	0,099	0,011	0,099	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
420-500	0,007	0,078	0,055	0,241	0,062	0,252	0,000	0,000	0,007	0,078	0,007	0,078	0,021	0,134	0,000	0,000	0,021	0,134
500-644	0,011	0,097	0,000	0,000	0,011	0,097	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

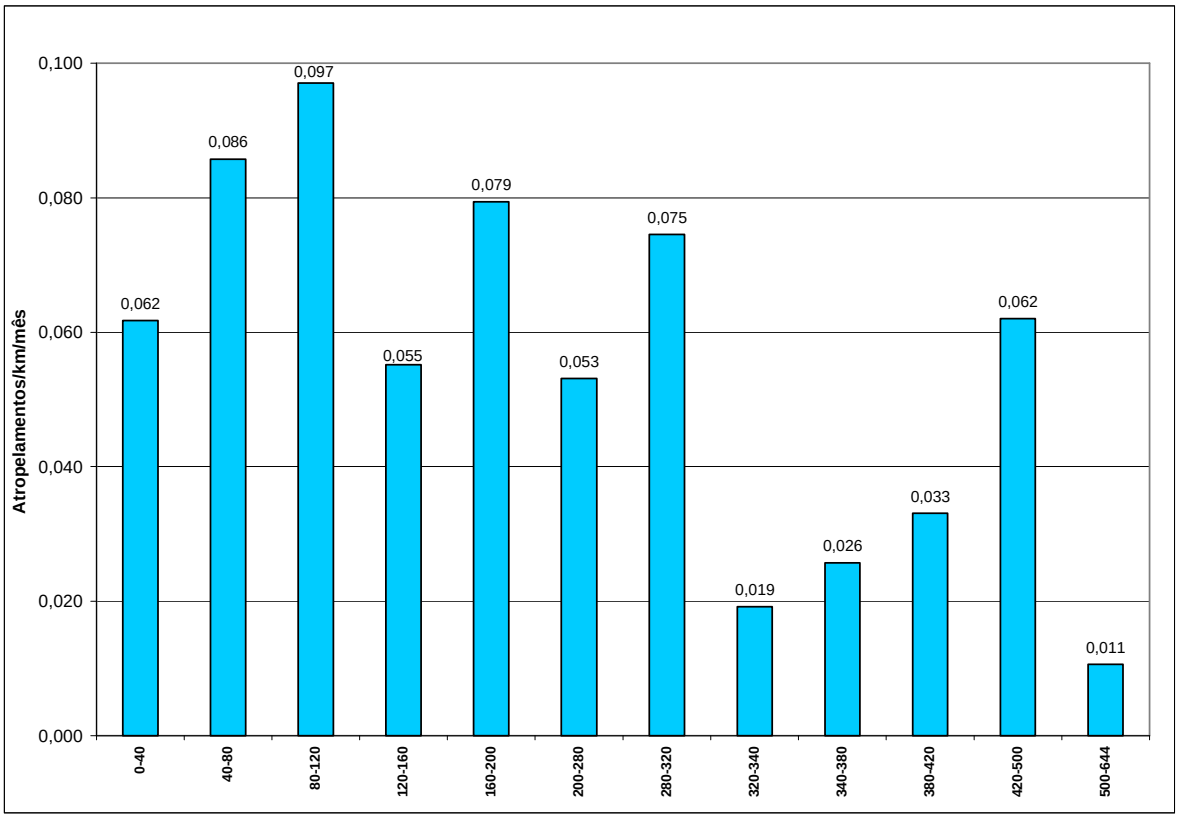

Figura 105 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

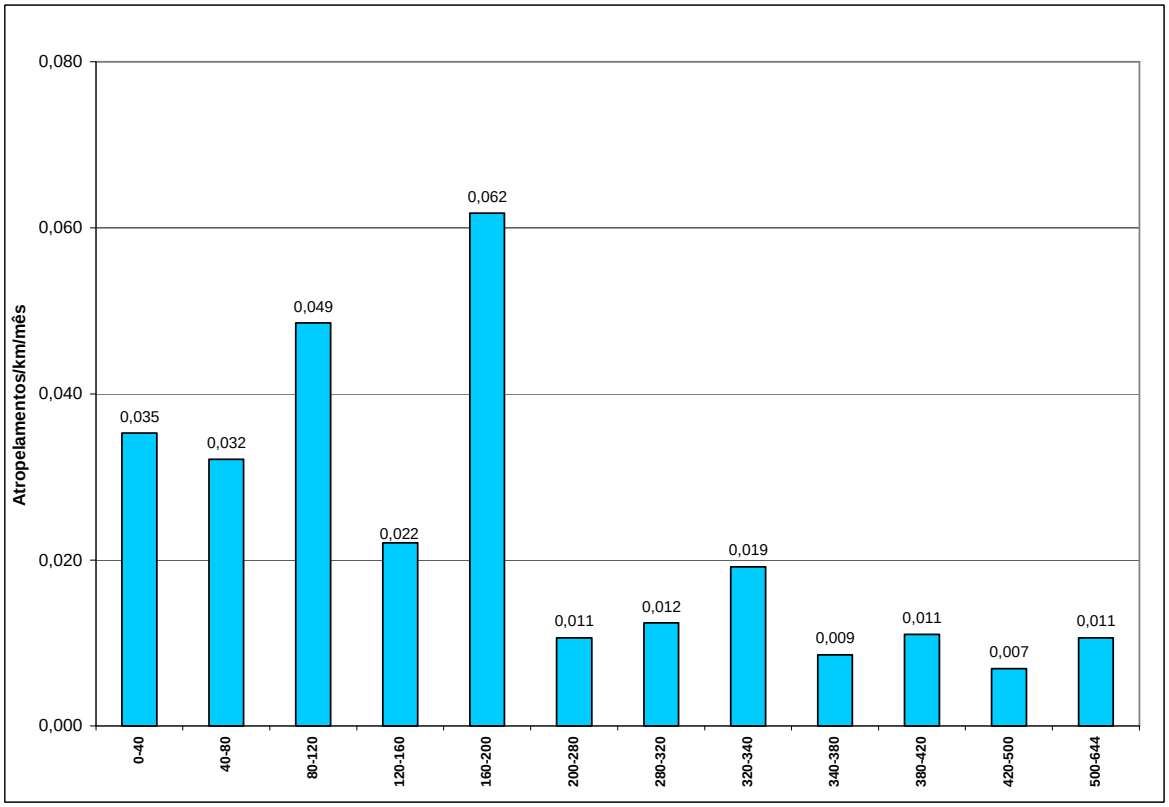

Figura 106 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

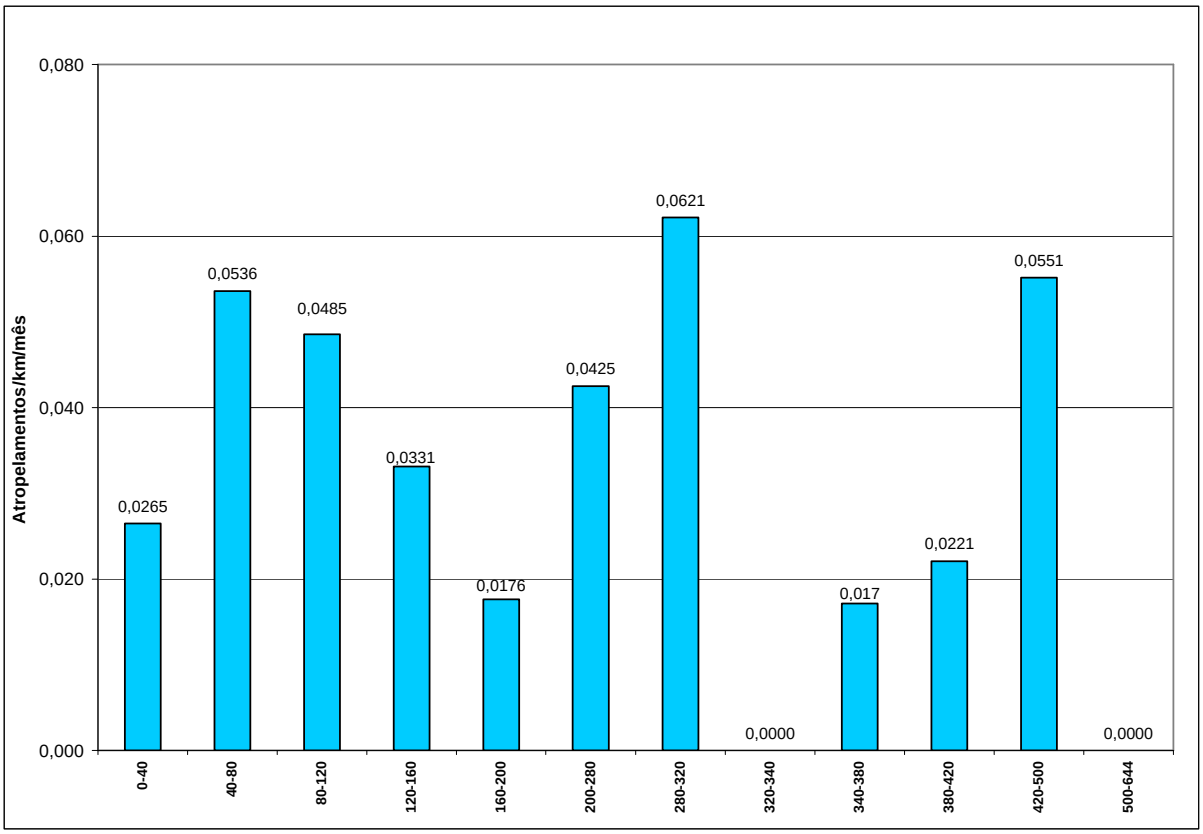

Figura 107 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Desta forma, também para o acumulado de 60 dias é possível perceber uma redução no atropelamento de mamíferos com o aumento da precipitação acumulada, mas esta relação é menos clara do que com o acumulado de 30 dias. Sendo que para a pista sentido Rio de Janeiro essa relação não é perceptível. Portanto, também para os mamíferos as diferenças entre as taxas de atropelamentos obtidas para as diferentes classes de acumulado de precipitação nos 60 dias anteriores ao dia analisado não foram consideradas significativas em nenhum dos casos e para nenhuma das pistas (anexos 14.6.21 a 14.6.23).

Tendo em vista que o comportamento para os mamíferos é muito semelhante àquele observado para o conjunto de animais, vale ressaltar que a mediação exercida pela presença de fragmentos florestais na relação entre a redução da umidade no ambiente e aumento dos atropelamentos está especialmente associada aos mamíferos. Isto é, a maior necessidade de deslocamento dos animais entre áreas de mata nas épocas secas e a consequente elevação de atropelamentos nas áreas onde há maior presença de florestas em bom estado de conservação e fragmentos de maior porte parece estar associada, sobretudo, aos mamíferos.

Estes resultados estão em acordo com o estudo de KLOCKER (2006), que mostrou uma relação inversa e significativa entre a ocorrência de atropelamentos de cangurus na Austrália e o volume de precipitação acumulada nos 30 dias anteriores à coleta de dados.

Para as aves, os resultados para o trecho que cruza o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** são muito semelhantes àqueles encontrados para os mamíferos, a despeito da quantidade de atropelamentos de aves nesse trecho ser muito inferior, gerando amostras pouco relevantes para cada classe de acumulado de precipitação em 30 dias e dificultando a análise.

De qualquer forma, é possível percebe uma concentração de atropelamento de aves nos dias de menor acumulado de precipitação, para a BR-040 e para ambas as pistas que compõem a rodovia, especialmente para a pista sentido Rio de Janeiro, pois para a outra pista os atropelamentos de aves foram muito poucos (figuras 108 a 110).

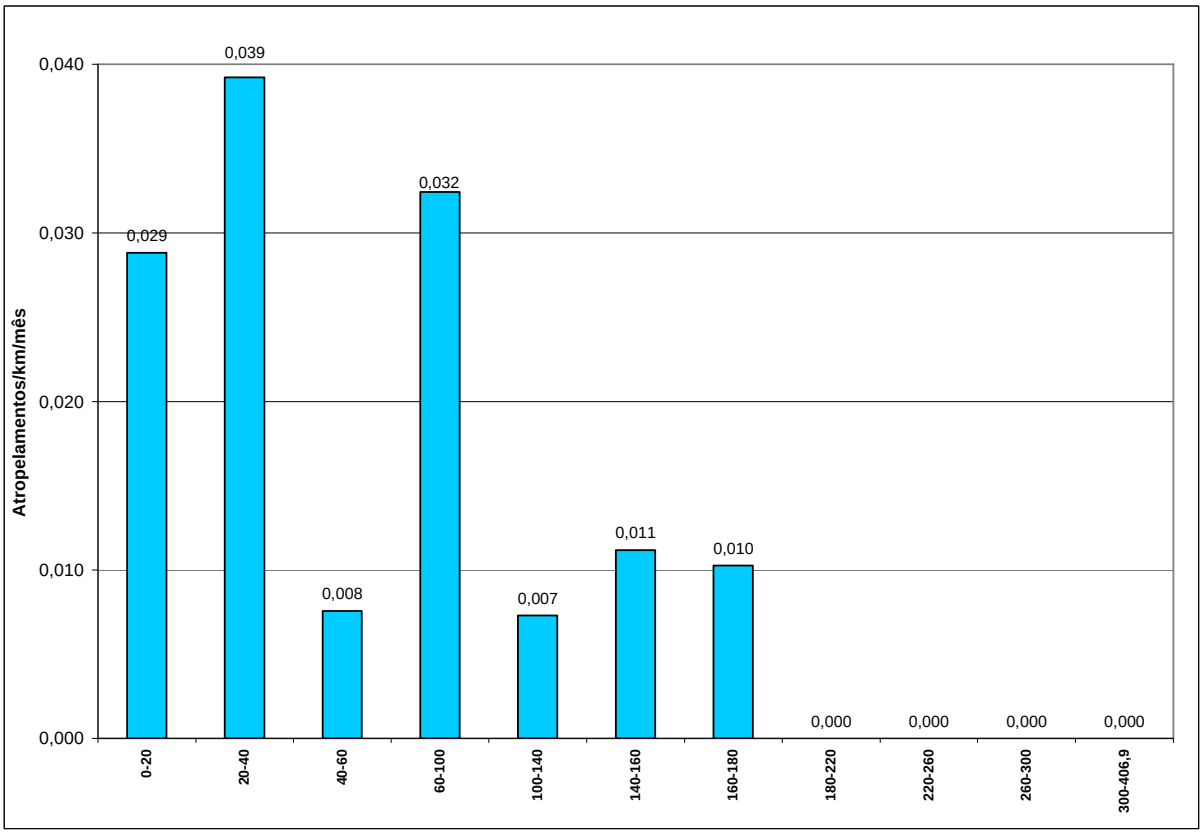

Figura 108 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

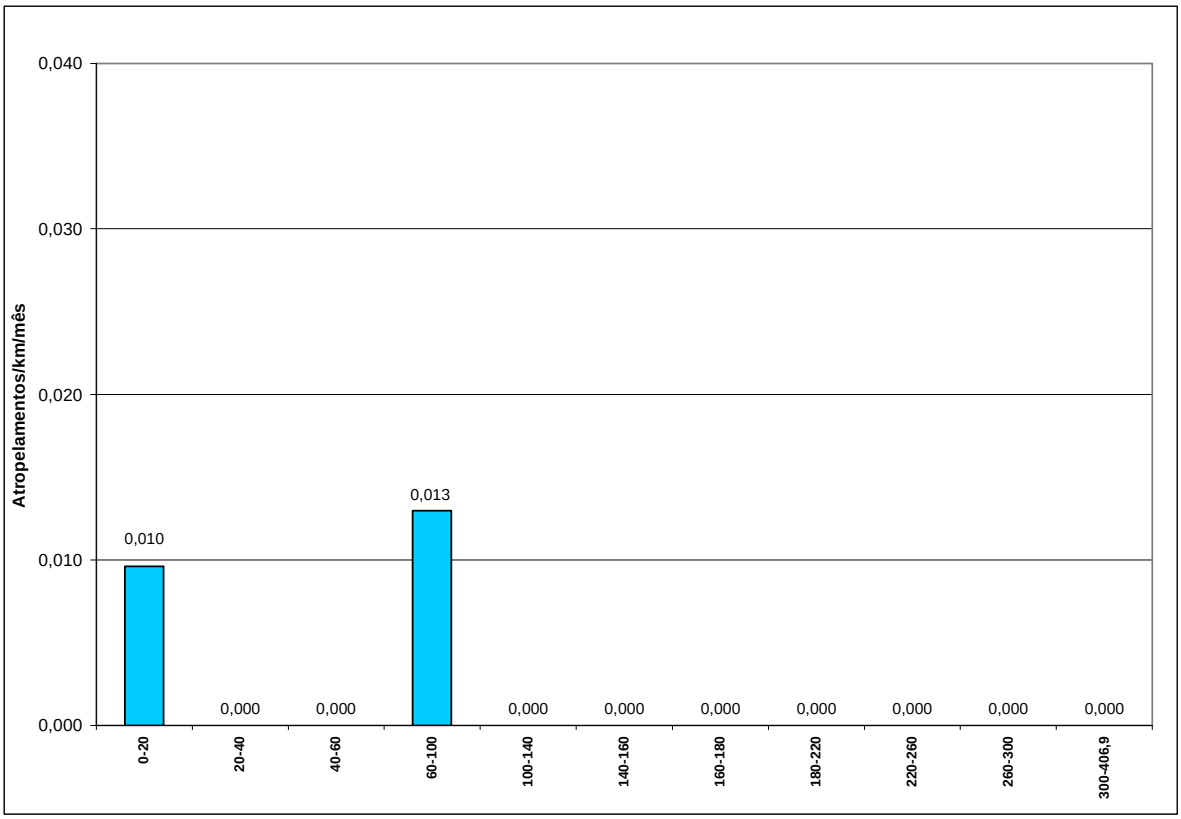

Figura 109 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

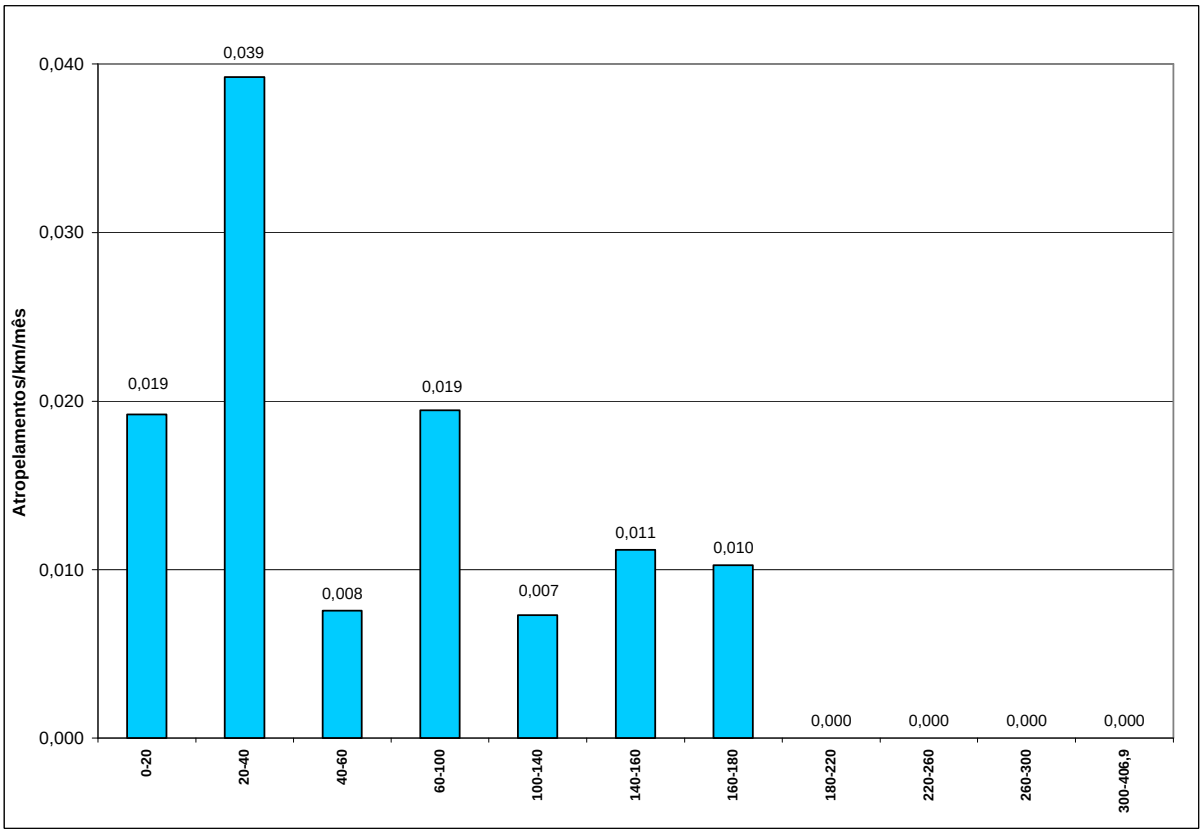

Figura 110 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

Da mesma forma que observado para os mamíferos, para as aves também houve diferenças significativas entre as taxas de atropelamento nos 30 dias anteriores a análise (quadro 83), com a taxa encontrada para a classe de menor acúmulo de precipitação (0 a 40 mm) sendo maior que a taxa encontrada para a classe de maior acúmulo (220 a 406 mm), indicando um processo de influência da umidade antecedente sobre a distribuição do atropelamento de aves no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**.

Quadro 83 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.512231	0.123970	0.070936	0.024264
40-100	0.512231		0.710606	0.463474	0.184310
100-160	0.123970	0.710606		0.985720	0.751107
160-220	0.070936	0.463474	0.985720		0.956443
220-406	0.024264	0.184310	0.751107	0.956443	

Uma vez que dos 16 atropelamentos de aves ocorridos neste trecho, 13 foram na pista sentido Rio de Janeiro, os resultados apresentados para a BR-040 refletem os resultados desta última pista. Assim, o Teste de Tukey mostra diferenças significativas entre as taxas de atropelamento de aves para as distintas classes de precipitação acumulada para a pista sentido Rio de Janeiro, mas não para a pista sentido Juiz de Fora (quadro 84 e anexo 14.6.24)

Quadro 84 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.323300	0.167729	0.088729	0.027699
40-100	0.323300		0.973876	0.787997	0.368388
100-160	0.167729	0.973876		0.977726	0.670010
160-220	0.088729	0.787997	0.977726		0.934567
220-406	0.027699	0.368388	0.670010	0.934567	

Resultados semelhantes são observados quando se cruzam as taxas de atropelamento de aves com a precipitação acumulada em 60 dias. Porém, mesmo sendo possível perceber relação inversa entre a taxa de atropelamento e o acumulado de precipitação, há concentrações de atropelamento em classes de acumulados elevados, especialmente para

a pista sentido Rio de Janeiro, mostrando novamente que os atropelamentos parecem ter uma relação mais direta com a precipitação acumulada em 30 dias (figuras 111 a 113).

Em função desses resultados menos nítidos nas diferenças entre períodos secos e úmidos, o Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de aves em função das classes de acumulado de precipitação em 60 dias indicaram diferenças significativas não entre extremos de acumulado, mas entre classes intermediárias, com as diferenças entre a segunda classe de menor acumulado (80 a 160 mm, que engloba a terceira e quarta classe no gráfico) sendo significativamente mais elevada que a quarta classe do Teste (280 a 340 mm) para a BR-040 e para a pista sentido Rio de Janeiro (quadros 85 e 86). A pouca quantidade de atropelamentos de aves na pista sentido Juiz de Fora não permite uma avaliação estatística adequada de modo que o Teste de Tukey não revelou diferenças significativas, já que para grande parte das classes o valor médio de precipitação era 0 (anexo 14.6.25).

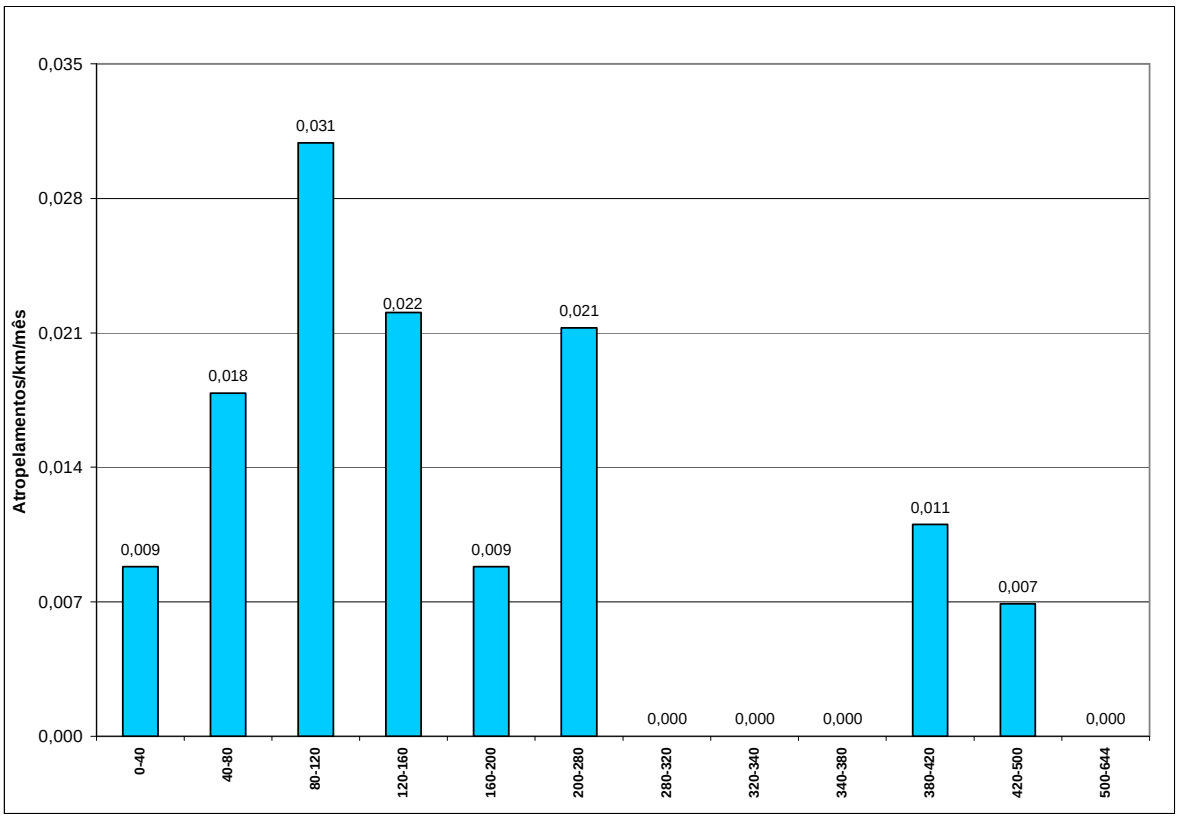

Figura 111 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

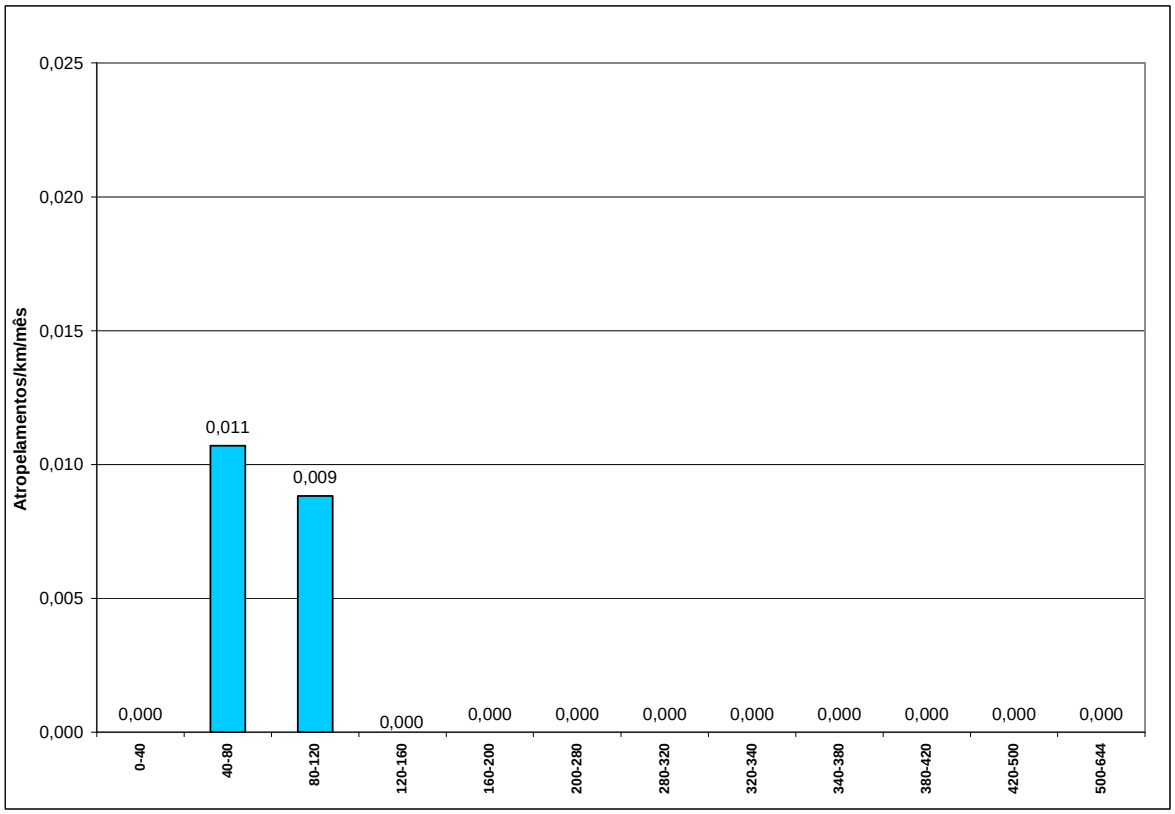

Figura 112 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

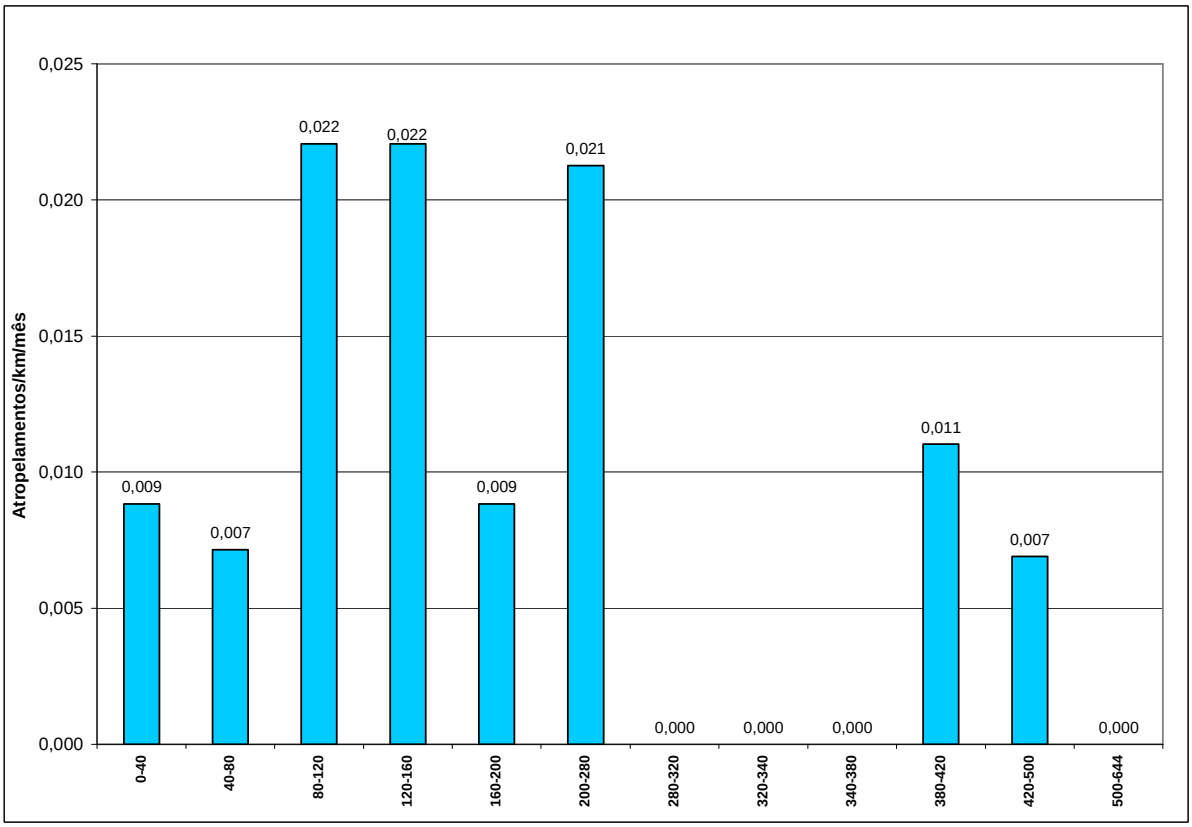

Figura 113 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

Quadro 85 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.405588	0.999704	0.391861	0.808516	0.647066
80-160	0.405588		0.525910	0.041002	0.104644	0.073094
160-280	0.999704	0.525910		0.295216	0.676775	0.513226
280-340	0.391861	0.041002	0.295216		0.941396	0.991690
340-420	0.808516	0.104644	0.676775	0.941396		0.999237
420-644	0.647066	0.073094	0.513226	0.991690	0.999237	

Quadro 86 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana. Em vermelho os valores que correspondem à diferenças consideradas significativas.

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.205749	0.751622	0.661899	0.995555	0.941208
80-160	0.205749		0.755596	0.038651	0.121100	0.078080
160-280	0.751622	0.755596		0.167182	0.513666	0.345682
280-340	0.661899	0.038651	0.167182		0.882185	0.980501
340-420	0.995555	0.121100	0.513666	0.882185		0.998060
420-644	0.941208	0.078080	0.345682	0.980501	0.998060	

Essa diferença maior entre classes intermediárias para a análise de acúmulo de precipitação por 60 dias, associada às maiores diferenças encontradas entre as classes extremas na análise para o acúmulo de precipitação em 30 dias, parecem indicar que acúmulos por tempos maiores têm menor significância sobre o atropelamento de aves, assim como de mamíferos, no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**.

Os períodos de 60 dias podem englobar períodos secos e úmidos, mascarando os dados, enquanto que períodos menores de acúmulo de precipitação refletem de forma mais fiel a realidade ao qual os animais respondem. Ou seja, pelos acumulados de precipitação em menor quantidade de dias terem mais capacidade de demarcar períodos individuais de estiagem ou de umidade ambiental, as respostas no que concerne ao aumento no movimento dos animais na matriz da paisagem (e consequente aumento nas taxas de atropelamento) é mais fácil de observar em períodos menores de análise, ao menos para esse recorte de paisagem.

No que concerne ao atropelamento de répteis, os dados indicam uma situação bem distinta. Mais uma vez, é importante ressaltar a pequena quantidade de atropelamentos desses animais neste estudo (apenas 18 no trecho de **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, sendo 8 na pista sentido Juiz de fora e 10 na pista sentido Rio de Janeiro), de modo que a divisão por classes de acumulado de precipitação geram resultados com pouca representatividade.

Mesmo assim, nota-se que a distribuição das taxas de atropelamento de répteis na BR-040 e em ambas as pistas não parecem apresentar relação com os acumulados de precipitação em 30 dias, havendo atropelamentos nas classes de menor acumulado, mas também em classes de maior acumulado e em classes intermediárias (figuras 114 a 116). No caso da pista sentido Rio de Janeiro a distribuição entre as classes de acumulado de precipitação é quase homogênea.

Em função dessas pequenas diferenças entre as taxas de atropelamento de répteis, em função das classes de acumulado de precipitação, o Teste de Tukey não apontou qualquer diferença significativa para as duas pistas e para a BR-040 (anexos 14.6.26 a 14.6.28).

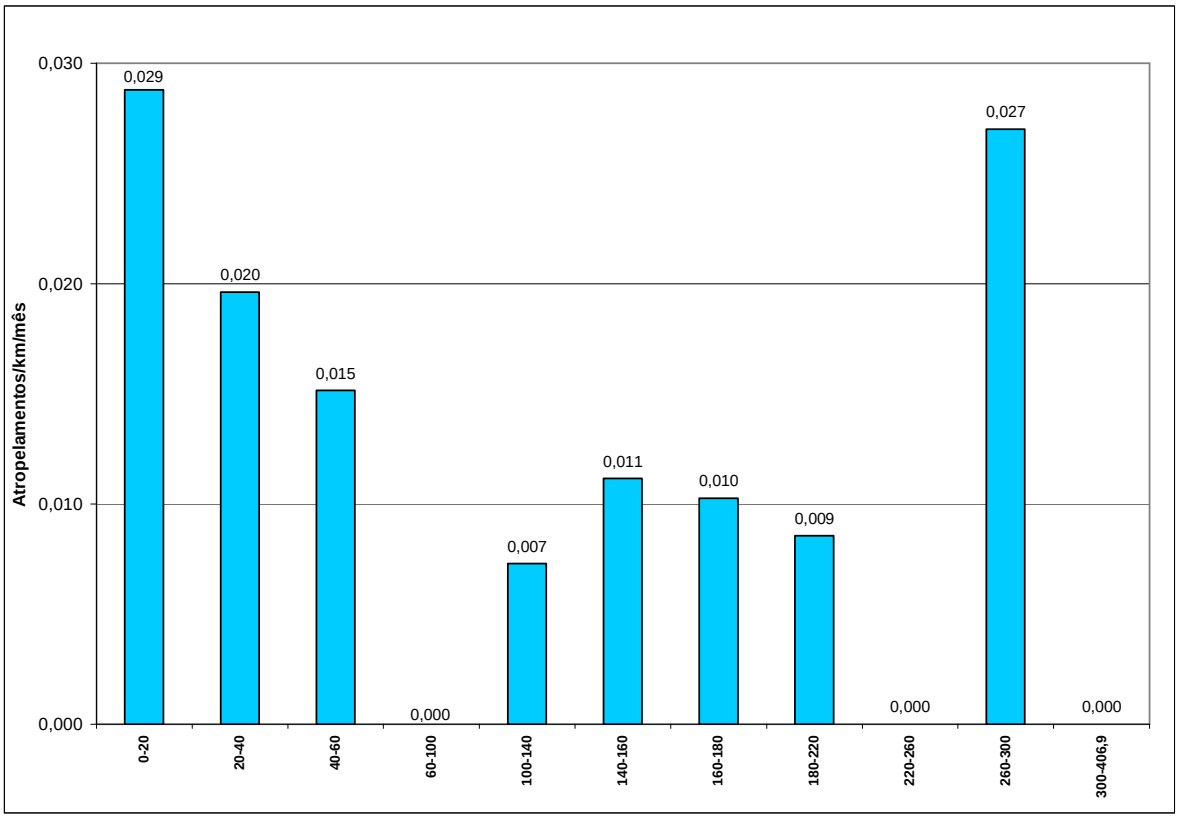

Figura 114 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

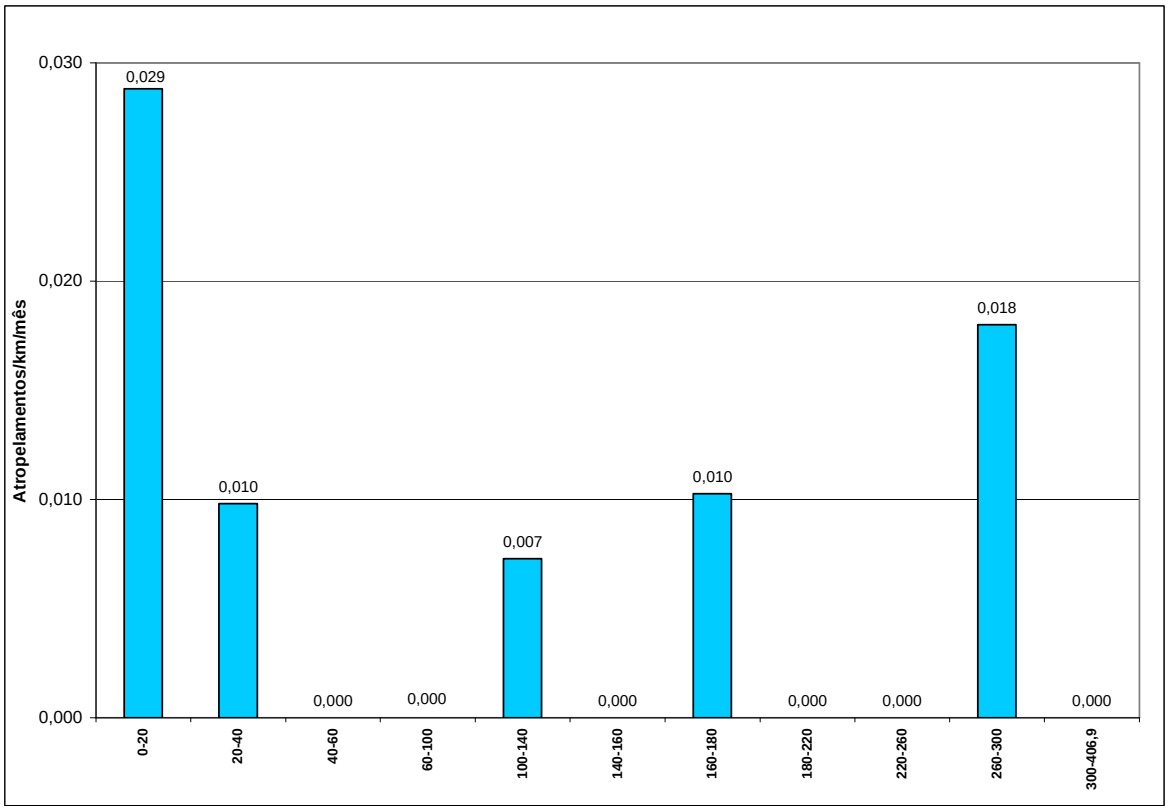

Figura 115 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

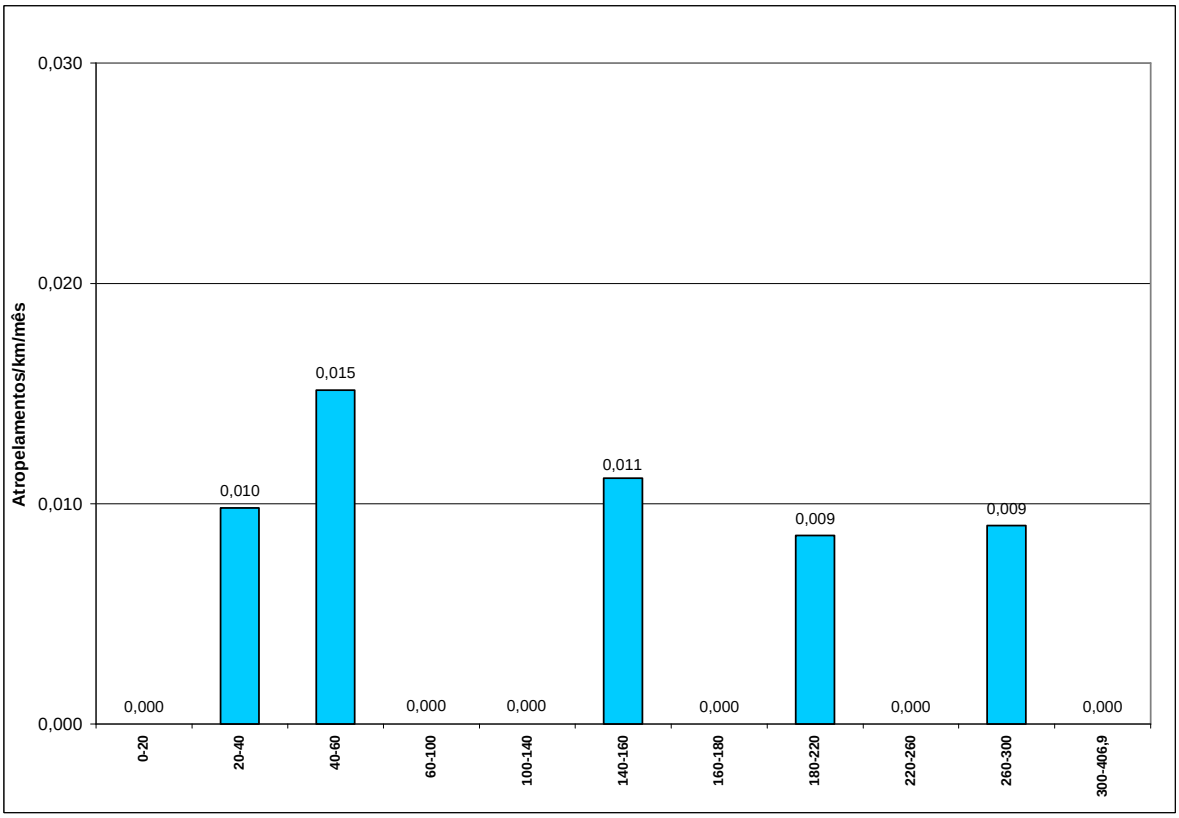

Figura 116 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

No caso dos acumulados de 60 dias (figuras 117 a 119), também não há relação perceptível com o atropelamento dos répteis, sendo e para a BR-040 a distribuição entre as classes é, aparentemente, aleatória, sem nenhuma concentração perceptível.

Assim, os resultados do Teste de Tukey para taxas de atropelamento de répteis na **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** em função dos acumulados de 60 dias de precipitação também não mostraram diferenças significativas (anexos 14.6.29 a 14.6.31).

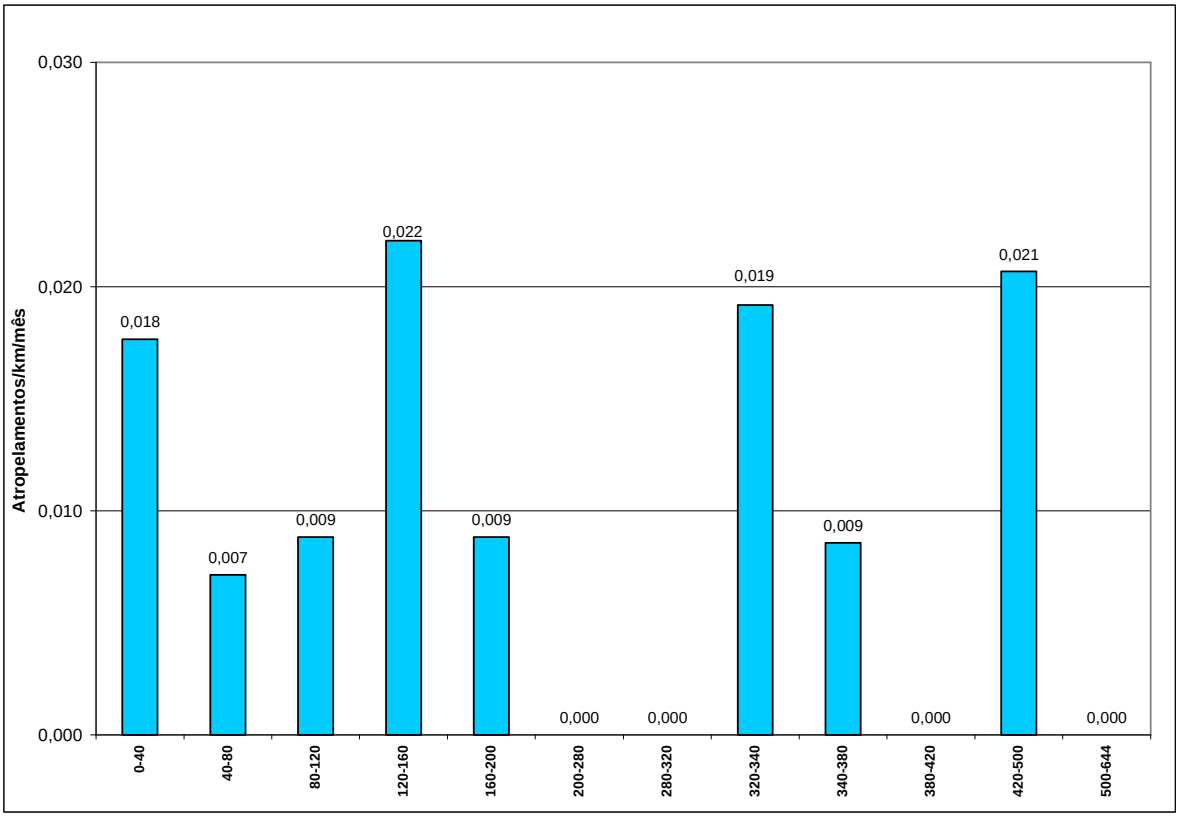

Figura 117 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040, no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

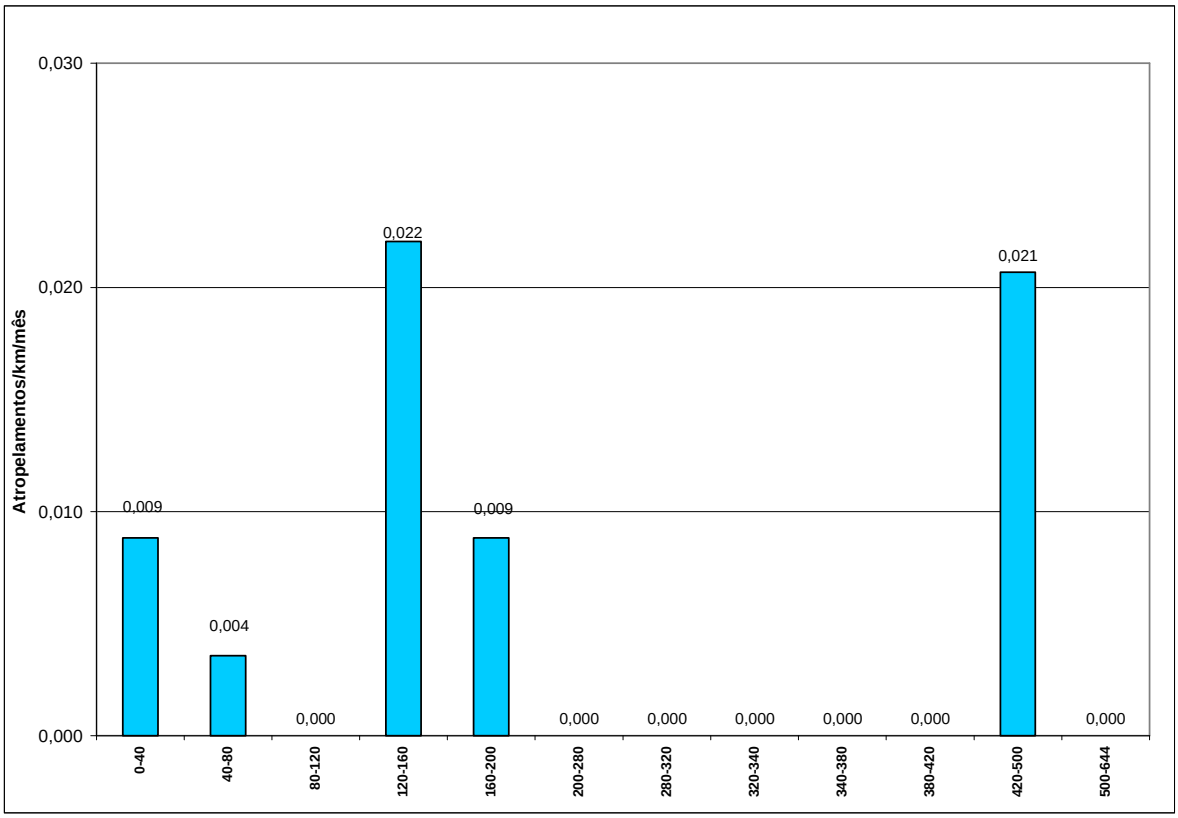

Figura 118 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

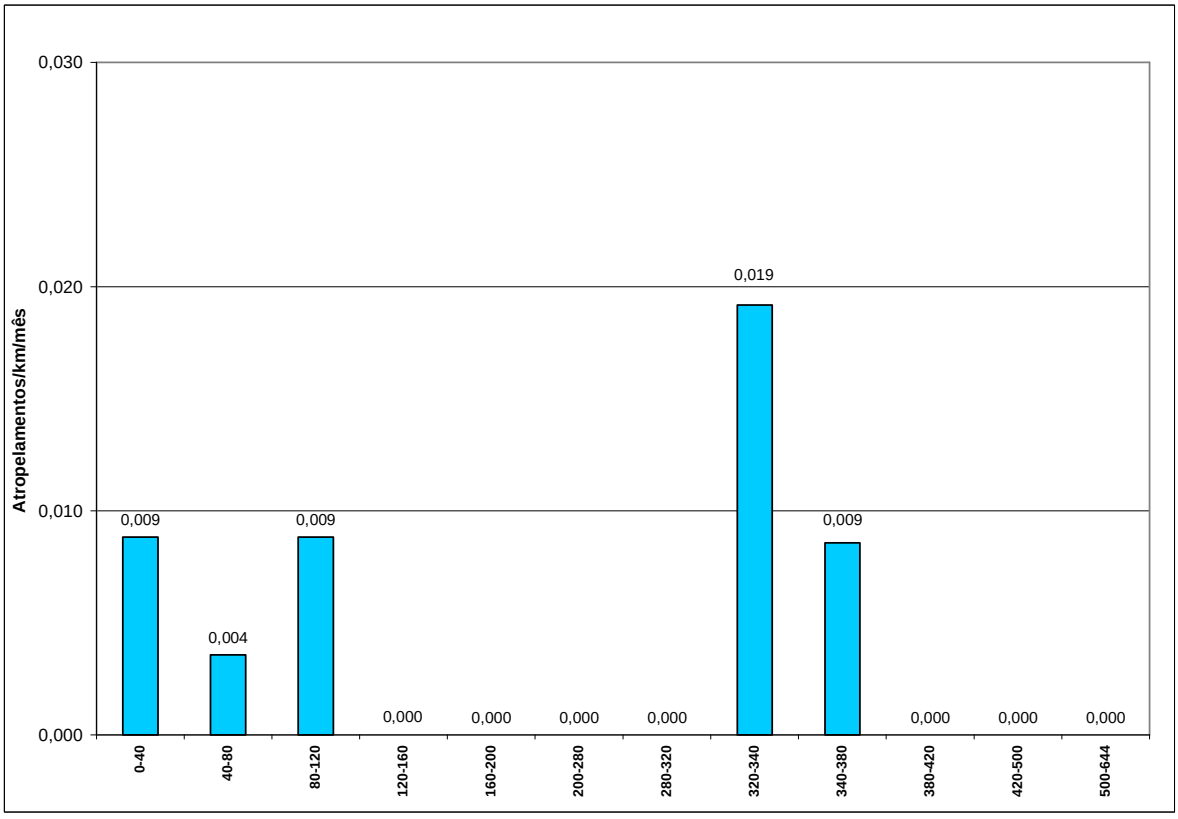

Figura 119 – Taxa de atropelamentos de répteis na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Bomba de Imunana.

11.3 Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra

Para este recorte de paisagem as comparações foram realizadas com os totais pluviométricos obtidos na estação Rio da Cidade, situada dentro desse recorte de paisagem, junto a BR-040. Portanto, os dados refletem de forma bastante adequada o regime de precipitação ao qual os animais estavam sujeitos nessa paisagem.

Vale ressaltar que não serão realizadas análises comparativas entre as classes de precipitação acumulada e o atropelamento de répteis nesse trecho de paisagem, pois a divisão dos répteis atropelados nessa paisagem por classes de precipitação acumulada gera um número muito pequeno de dados para cada classe, inviabilizando as discussões.

A comparação dos acumulados de precipitação com o atropelamento do conjunto de animais silvestres não mostra relação perceptível entre esses fenômenos nesse recorte de paisagem nem para a BR-040 e nem para nenhuma das duas pistas que compõem essa rodovia, ocorrendo picos de atropelamento em classes de maior e em classes de menor acumulado (quadro 87 e figuras 120 a 122)

Quadro 87 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Rio da Cidade.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-15	0,039	0,286	0,014	0,129	0,053	0,242
15-30	0,084	0,634	0,044	0,286	0,127	0,863
30-45	0,000	0,000	0,033	0,195	0,033	0,195
45-75	0,012	0,115	0,000	0,000	0,012	0,115
75-105	0,052	0,239	0,031	0,187	0,082	0,298
105-150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150-180	0,025	0,168	0,037	0,205	0,062	0,262
180-210	0,029	0,181	0,010	0,105	0,038	0,208
210-240	0,033	0,250	0,011	0,112	0,044	0,272
240-270	0,032	0,191	0,016	0,136	0,048	0,232
270-315	0,032	0,191	0,048	0,232	0,080	0,295
315-511,8	0,020	0,152	0,040	0,212	0,060	0,258

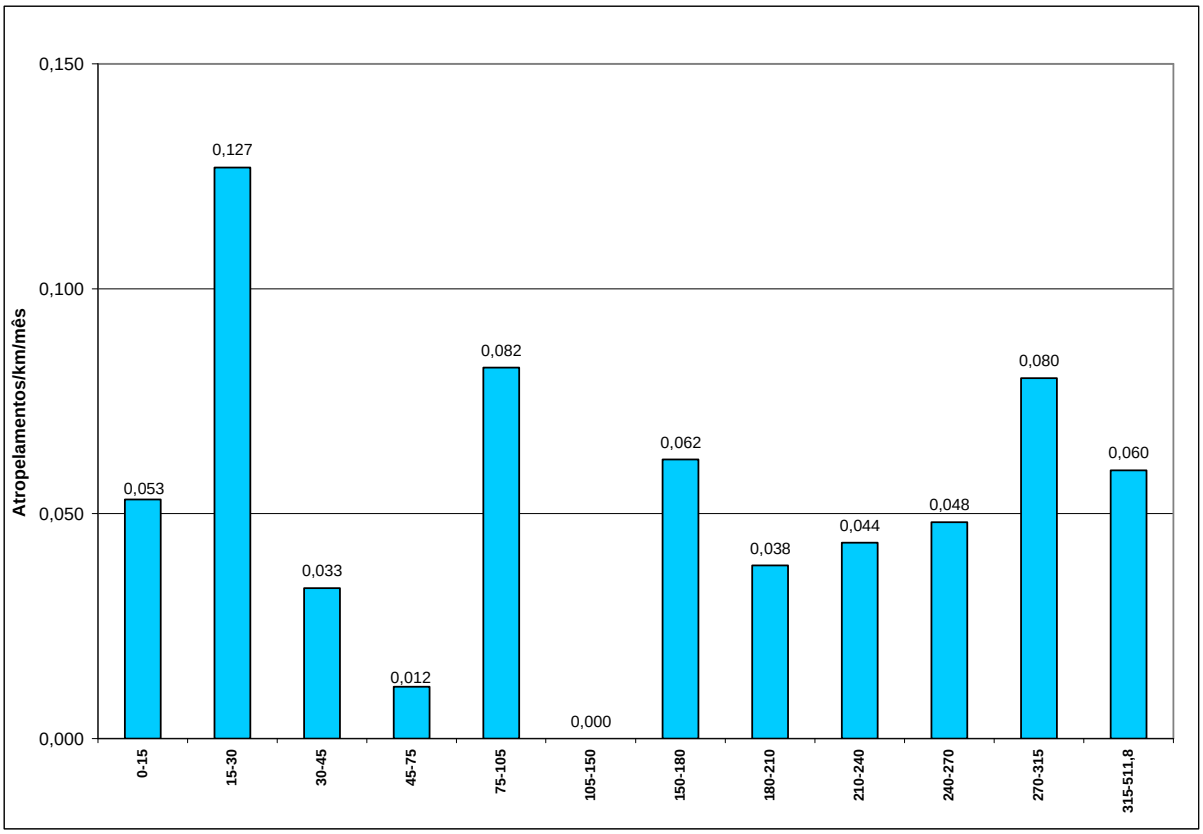

Figura 120 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

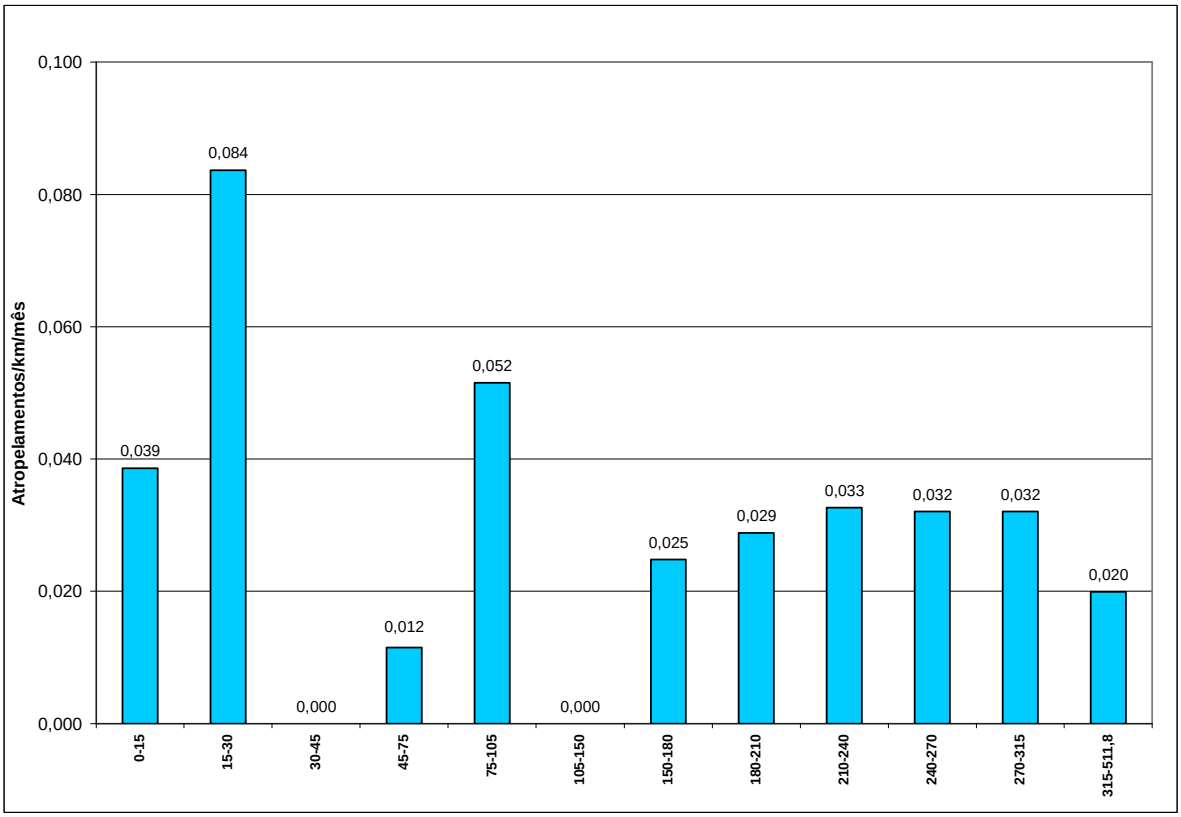

Figura 121 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

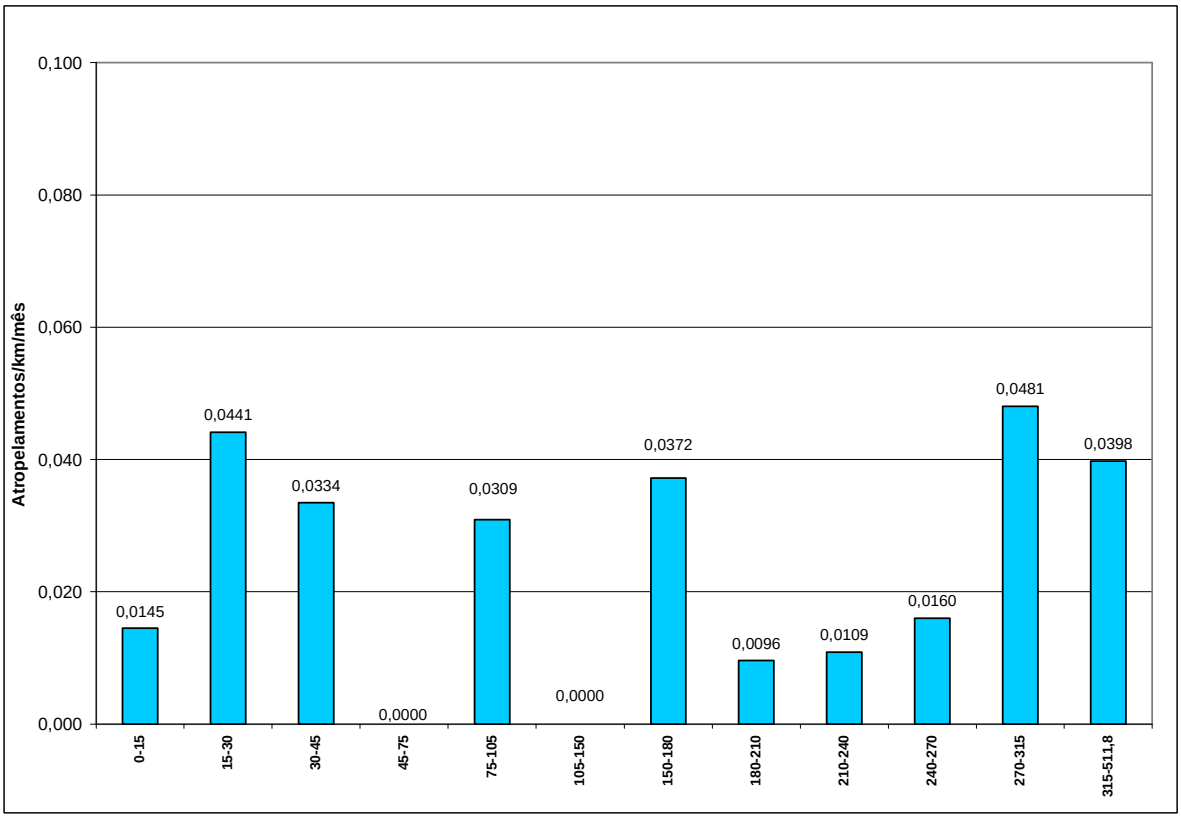

Figura 122 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

Essa ausência de relação entre atropelamentos e acumulados de 30 dias de precipitação foi corroborada pelo Teste de Tukey, que não mostrou significância estatística nas diferenças entre as taxas de atropelamento de animais silvestres por classe de precipitação na BR-040 e em nenhuma de suas pistas (anexos 14.6.32 a 14.6.34).

Situação semelhante é observada quando se cruzam os dados de atropelamento com a precipitação acumulada em 60 dias (quadro 88). Não é possível identificar relação entre os atropelamentos e acumulados na BR-040 e na pista sentido Rio de Janeiro. Já para a pista sentido Juiz de Fora há uma ligeira concentração de atropelamentos nas classes de menor acumulado. Porém, uma taxa elevada para a classe de maior acumulado impede o estabelecimento dessa relação (figuras 123 a 125).

Essa análise dos dados foi corroborada pelo Teste de Tukey, que não identificou diferenças estatisticamente significativas entre nenhuma das taxas obtidas na BR-040 e nas duas pistas que formam essa rodovia (anexos 14.6.35 a 14.6.37).

Quadro 88 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Rio da Cidade.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-15	**0,034**	**0,196**	**0,009**	**0,099**	**0,043**	**0,219**
15-30	**0,044**	**0,221**	**0,039**	**0,208**	**0,082**	**0,298**
30-45	**0,074**	**0,738**	**0,074**	**0,664**	**0,147**	**1,380**
45-75	**0,035**	**0,200**	**0,012**	**0,117**	**0,047**	**0,229**
75-105	**0,033**	**0,194**	**0,016**	**0,138**	**0,049**	**0,235**
105-150	**0,000**	**0,000**	**0,061**	**0,265**	**0,061**	**0,265**
150-180	**0,029**	**0,182**	**0,029**	**0,182**	**0,058**	**0,255**
180-210	**0,024**	**0,167**	**0,036**	**0,203**	**0,061**	**0,259**
210-240	**0,012**	**0,120**	**0,012**	**0,120**	**0,025**	**0,168**
240-270	**0,000**	**0,000**	**0,032**	**0,192**	**0,032**	**0,192**
270-315	**0,000**	**0,000**	**0,043**	**0,222**	**0,043**	**0,222**
315-511,8	**0,044**	**0,275**	**0,033**	**0,194**	**0,078**	**0,332**

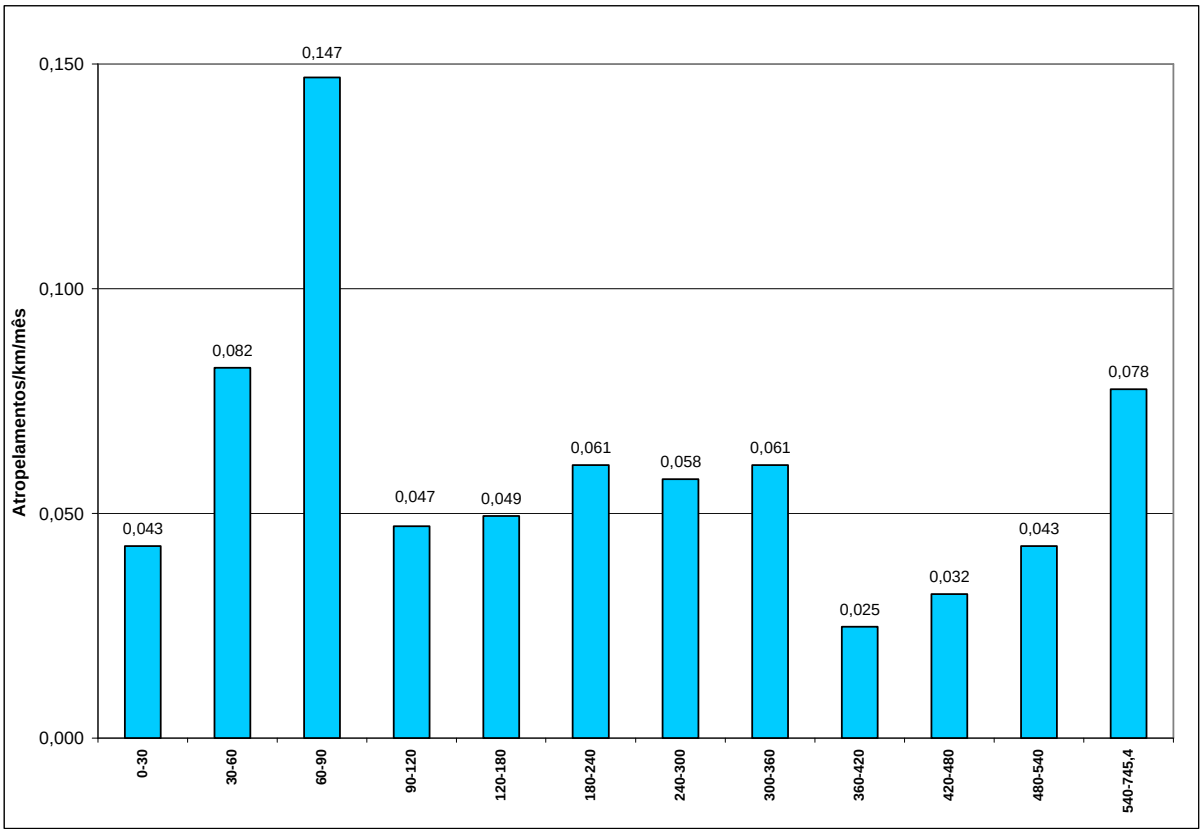

Figura 123 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

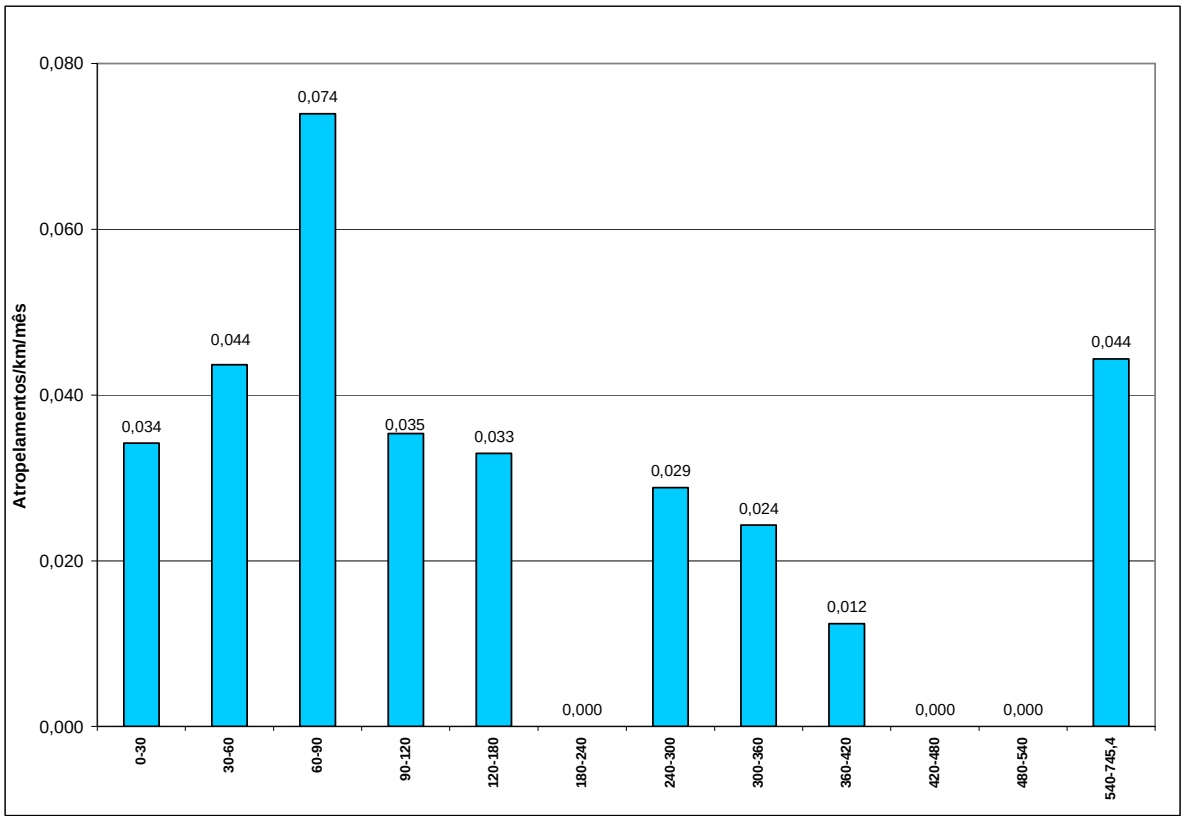

Figura 124 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

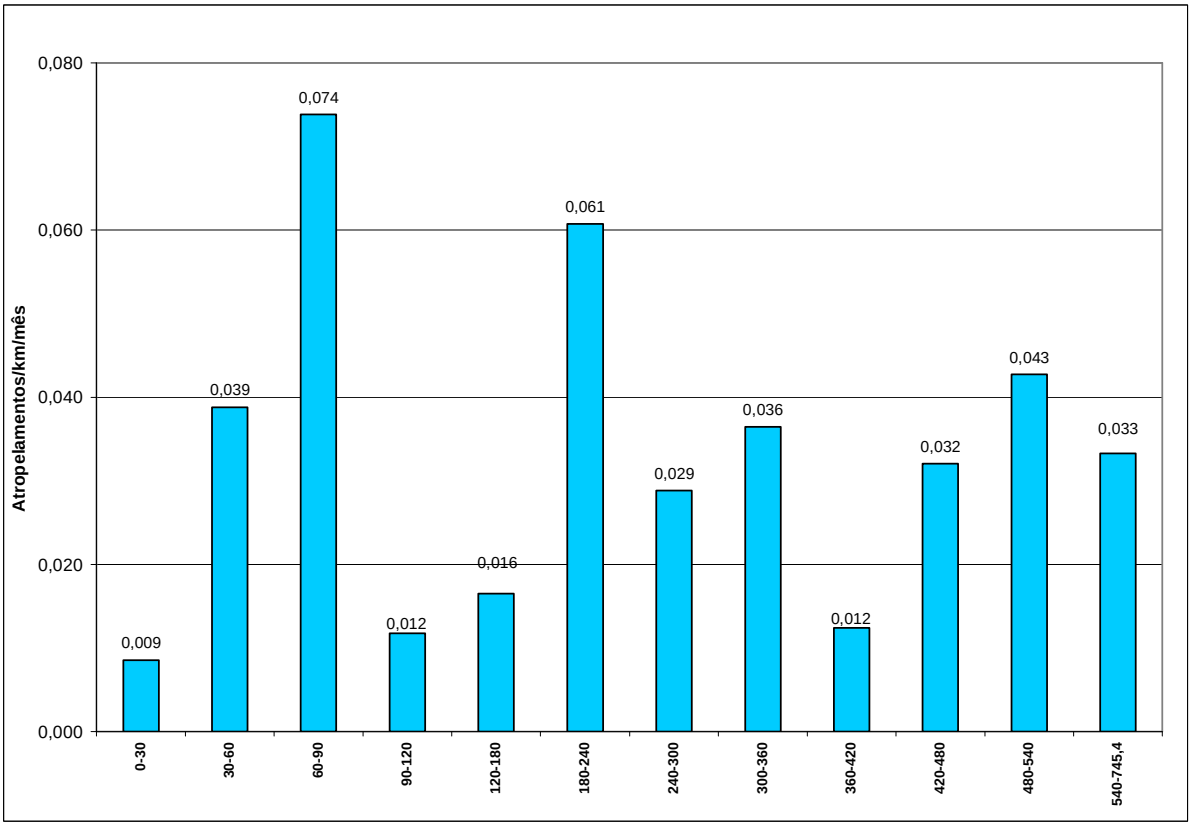

Figura 125 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

Tendo em vista que a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra** apresenta um ICF alto e uma condição relativamente boa de conservação na faixa de 10 km, mas apresenta um ICF intermediário na faixa de 0,5 km, além de uma proporção muito elevada de áreas urbanas nessa última faixa, estes resultados reforçam a hipótese de que o aumento no atropelamento de animais com a redução da precipitação acumulada está associado às populações inseridas nos fragmentos florestais das paisagens conservadas, que tendem a ser pouco frequentes junto a rodovia nesse trecho. Uma análise das espécies atropeladas nessa paisagem reforça ainda mais essa tese, já que há um claro predomínio de espécies oportunistas, com grande capacidade de adaptação ao meio urbano, como *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato), *Didelphis aurita (*gambá), *Galictis cuja* (furão), *Callithrix jacchus* (mico), entre outros, além de um grande número de indivíduos da espécie *Hidrochoerus hidrochoeris* (capivaras). Todas essas espécies possuem populações parcialmente inseridas nas florestas e parcialmente na matriz, utilizando-se de ambientes de uso humano, onde o acumulado de precipitação não influencia de forma tão importante na busca de recursos.

A comparação dessas mesmas taxas de atropelamento de animais silvestres com os totais pluviométricos acumulados em 60 dias mostra resultados semelhantes

Ao se analisar a relação da precipitação acumulada na estação Rio da Cidade com as taxas de atropelamento de mamíferos e aves percebe-se que também não há uma relação aparente. Isto ocorre para ambas as pistas, tanto para os acumulados em 30 dias (quadro 89; figuras 126 a 128 – mamíferos; figuras 129 a 131 - aves), como para os acumulados em 60 dias (quadro 90; figuras 132 a 134 – mamíferos; figuras 135 a 137 - aves).

Quadro 89 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Rio da Cidade.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamífero						ave					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-15	0,029	0,181	0,000	0,000	0,029	0,181	0,010	0,105	0,010	0,105	0,019	0,148
15-30	0,059	0,481	0,010	0,105	0,069	0,492	0,025	0,196	0,030	0,210	0,054	0,355
30-45	0,000	0,000	0,033	0,195	0,033	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45-75	0,012	0,115	0,000	0,000	0,012	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
75-105	0,021	0,153	0,031	0,187	0,052	0,239	0,031	0,187	0,000	0,000	0,031	0,187
105-150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150-180	0,000	0,000	0,012	0,120	0,012	0,120	0,012	0,120	0,025	0,168	0,037	0,205
180-210	0,029	0,181	0,000	0,000	0,029	0,181	0,000	0,000	0,010	0,105	0,010	0,105
210-240	0,033	0,250	0,000	0,000	0,033	0,250	0,000	0,000	0,011	0,112	0,011	0,112
240-270	0,000	0,000	0,016	0,136	0,016	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
270-315	0,016	0,136	0,016	0,136	0,032	0,191	0,016	0,136	0,032	0,191	0,048	0,232
315-511,8	0,020	0,152	0,020	0,152	0,040	0,212	0,000	0,000	0,020	0,152	0,020	0,152

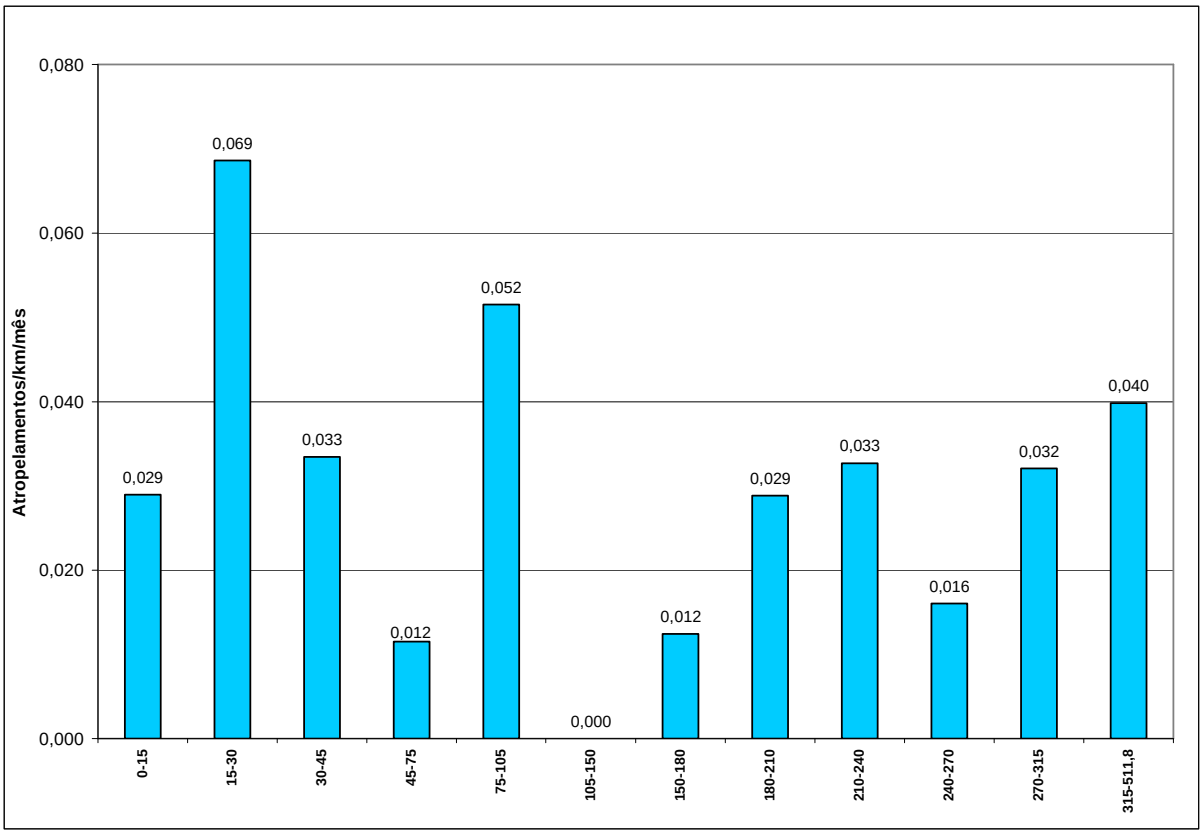

Figura 126 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

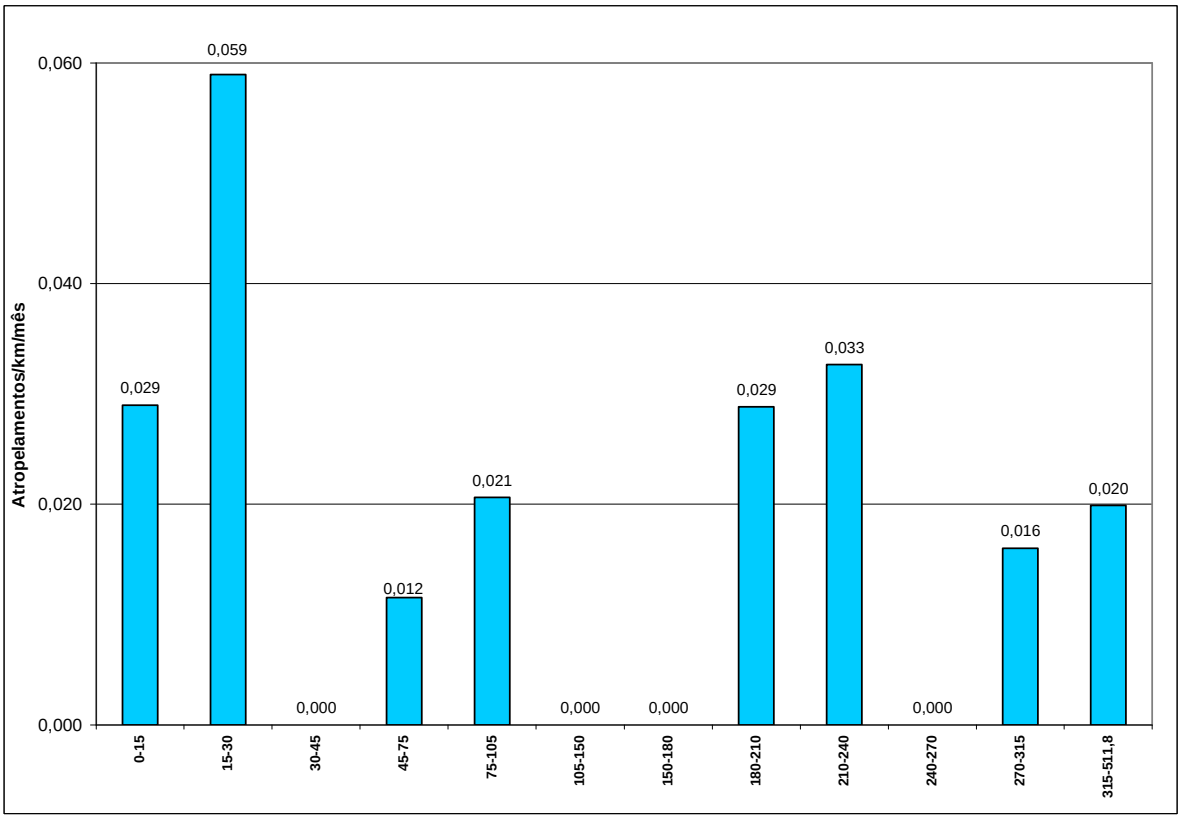

Figura 127 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

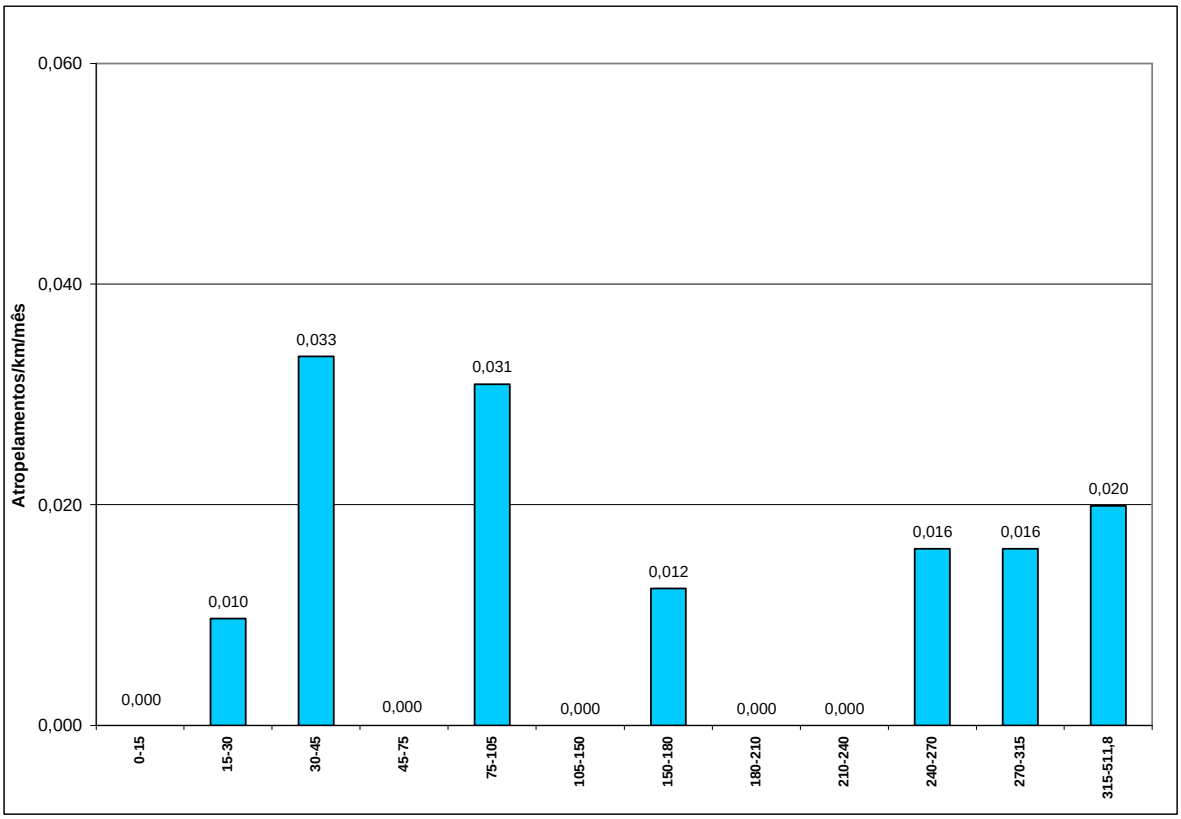

Figura 128 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

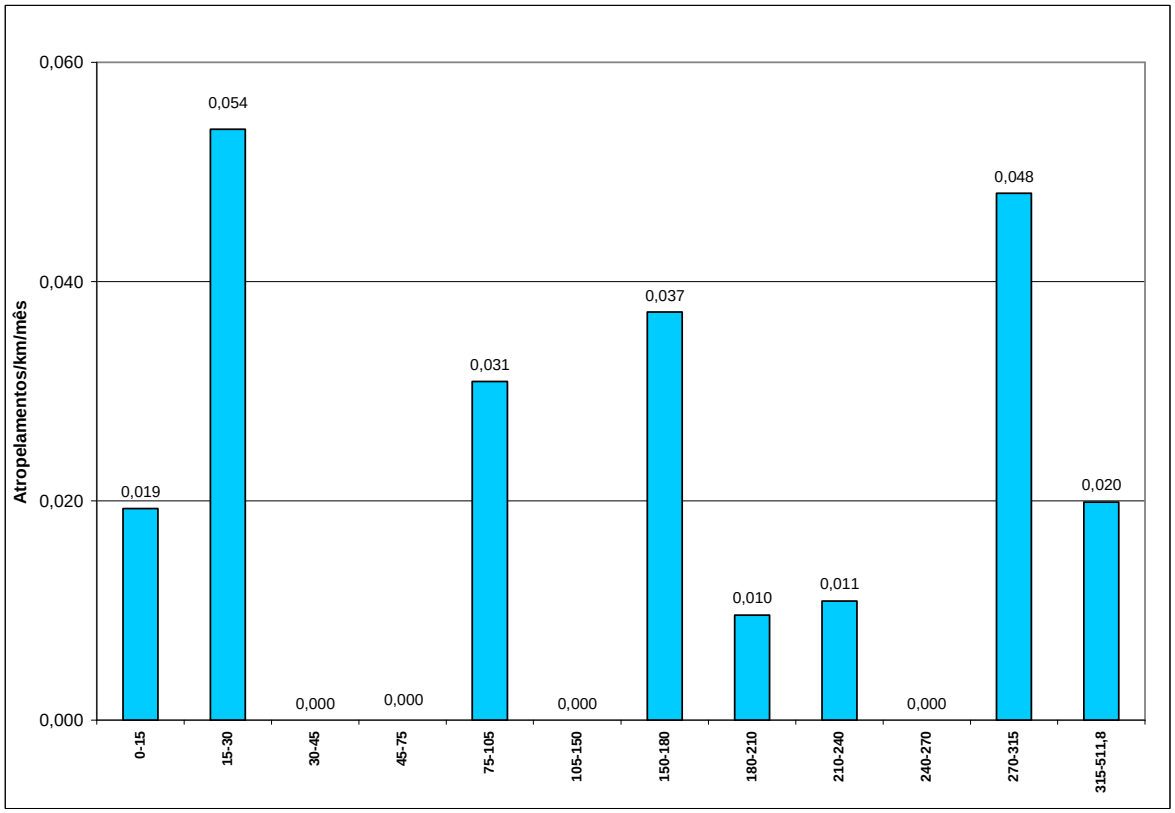

Figura 129 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

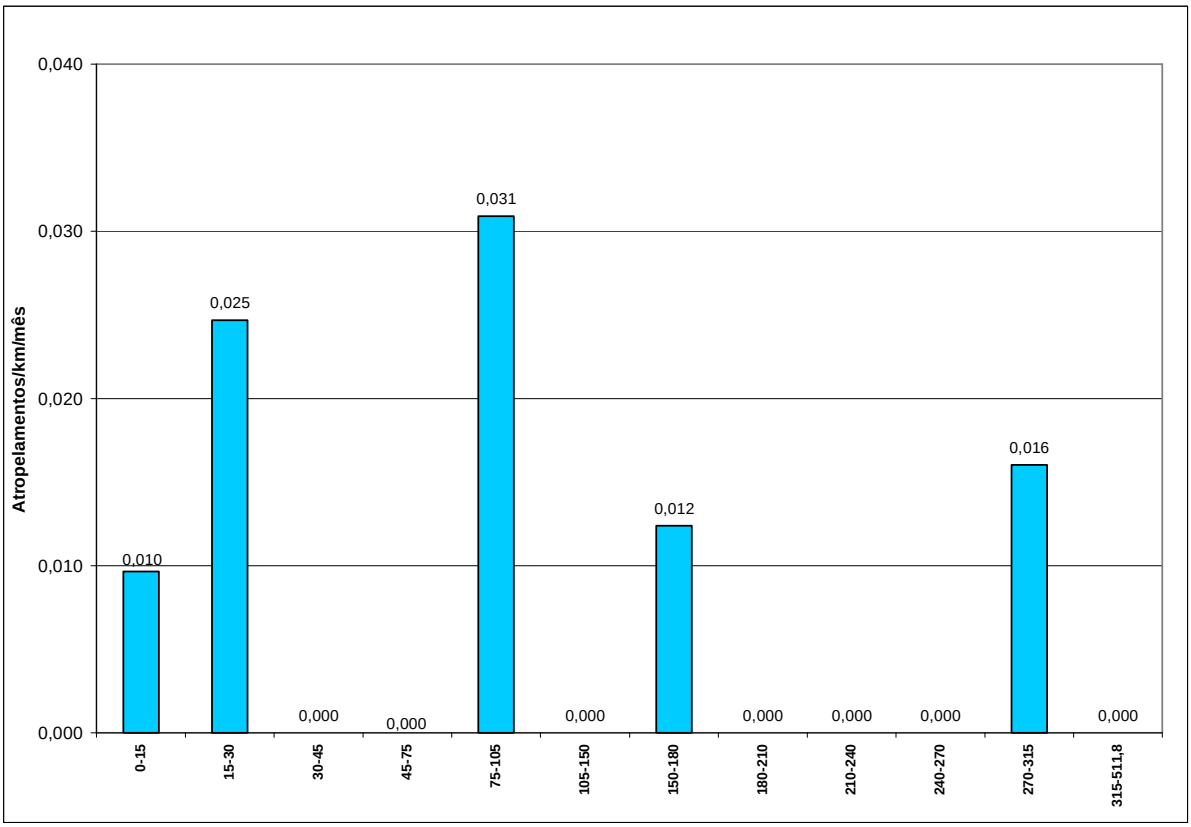

Figura 130 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

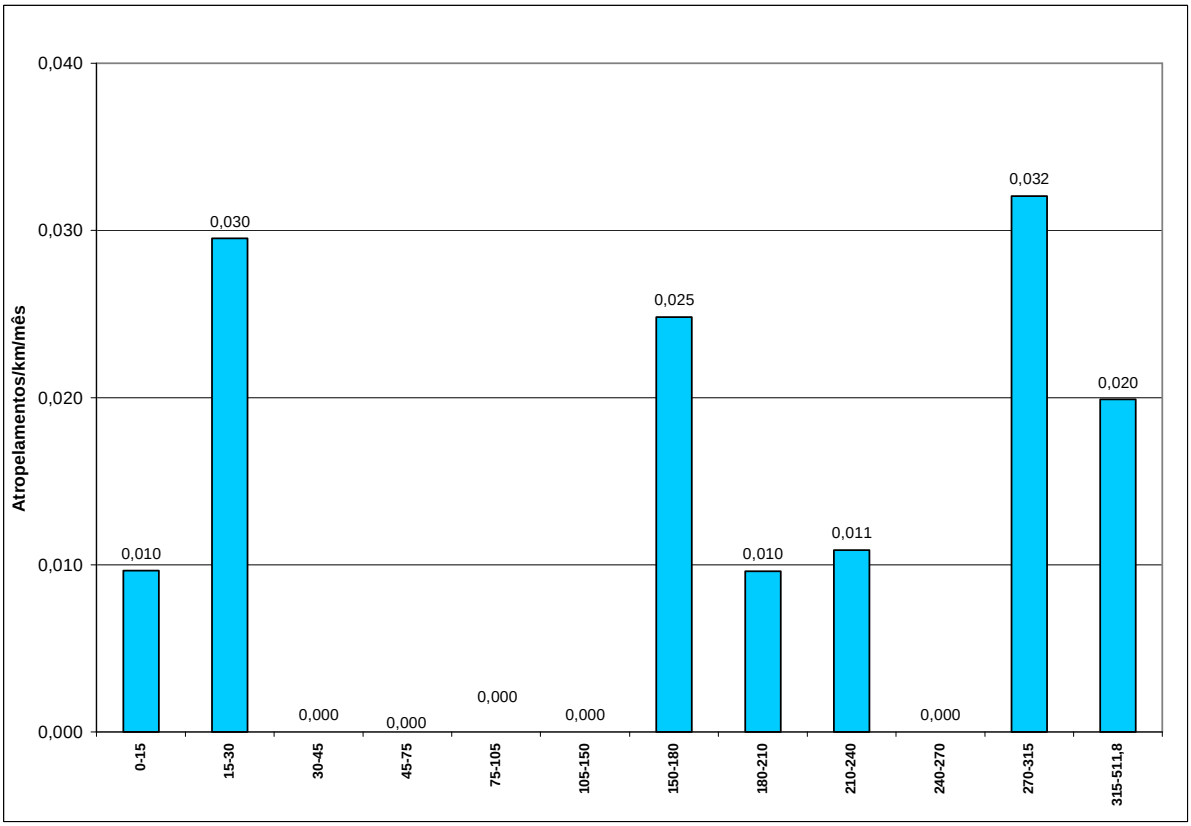

Figura 131 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

Quadro 90 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Rio da Cidade.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamífero						ave					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-15	0,029	0,181	0,000	0,000	0,029	0,181	0,010	0,105	0,010	0,105	0,019	0,148
15-30	0,059	0,481	0,010	0,105	0,069	0,492	0,025	0,196	0,030	0,210	0,054	0,355
30-45	0,000	0,000	0,033	0,195	0,033	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45-75	0,012	0,115	0,000	0,000	0,012	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
75-105	0,021	0,153	0,031	0,187	0,052	0,239	0,031	0,187	0,000	0,000	0,031	0,187
105-150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150-180	0,000	0,000	0,012	0,120	0,012	0,120	0,012	0,120	0,025	0,168	0,037	0,205
180-210	0,029	0,181	0,000	0,000	0,029	0,181	0,000	0,000	0,010	0,105	0,010	0,105
210-240	0,033	0,250	0,000	0,000	0,033	0,250	0,000	0,000	0,011	0,112	0,011	0,112
240-270	0,000	0,000	0,016	0,136	0,016	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
270-315	0,016	0,136	0,016	0,136	0,032	0,191	0,016	0,136	0,032	0,191	0,048	0,232
315-511,8	0,020	0,152	0,020	0,152	0,040	0,212	0,000	0,000	0,020	0,152	0,020	0,152

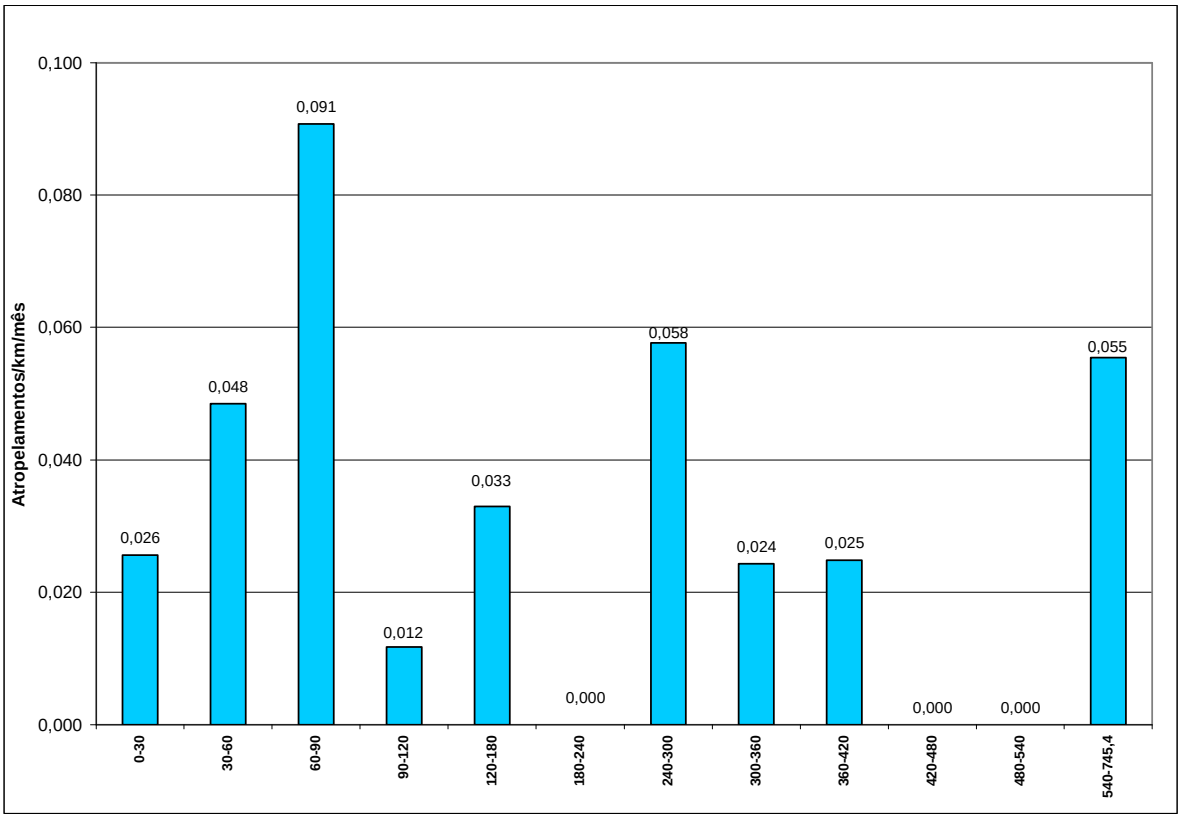

Figura 132 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

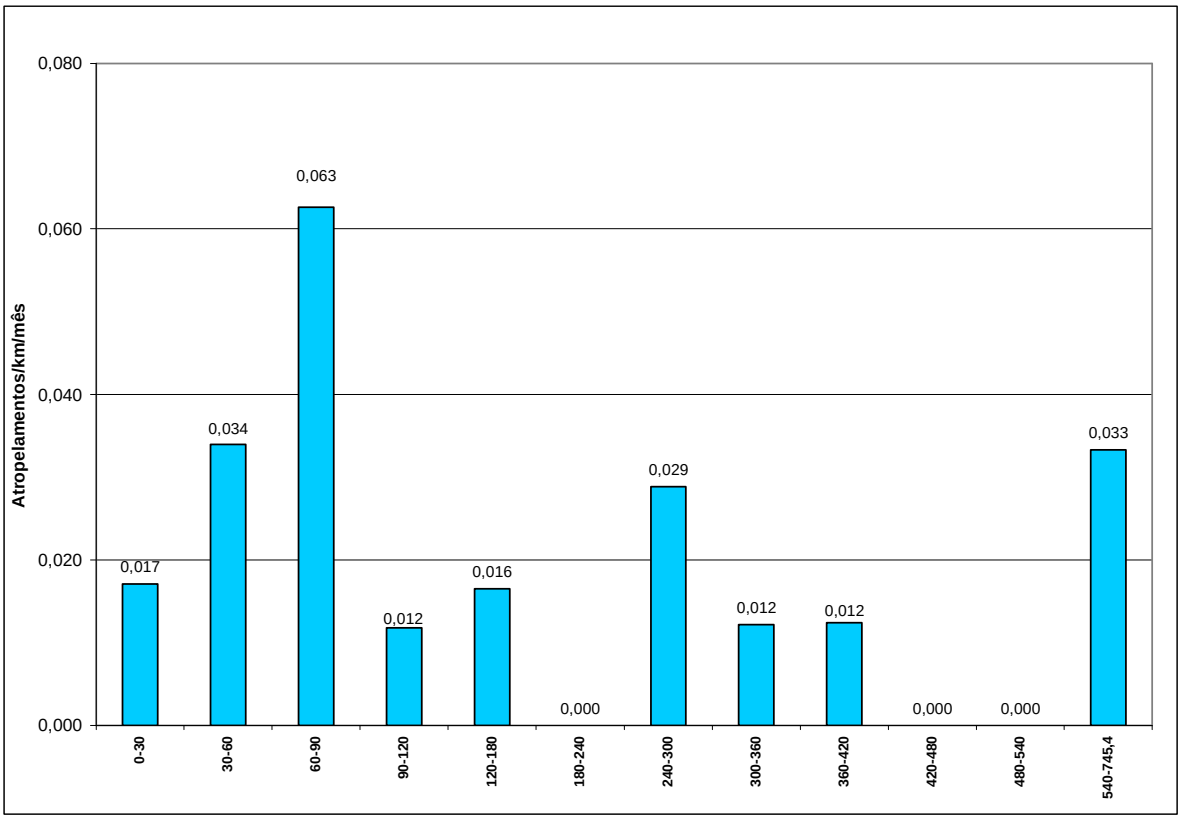

Figura 133 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

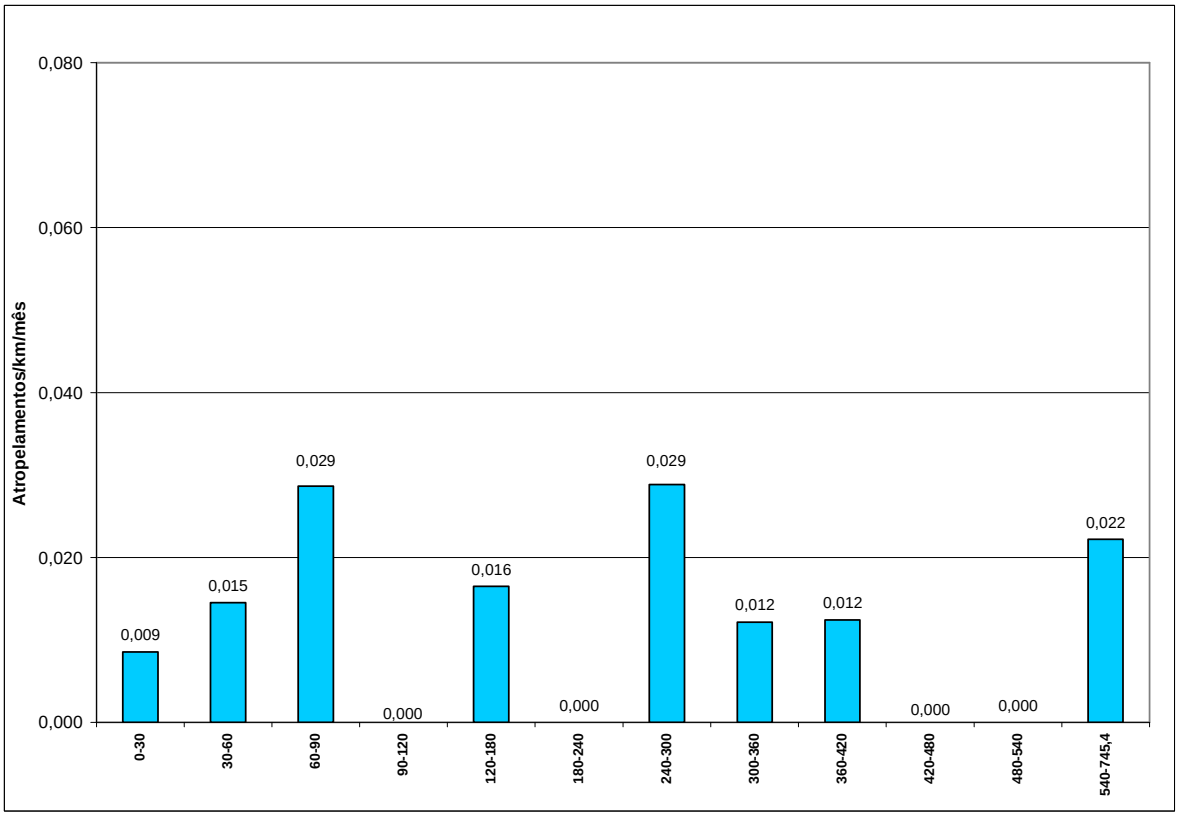

Figura 134 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

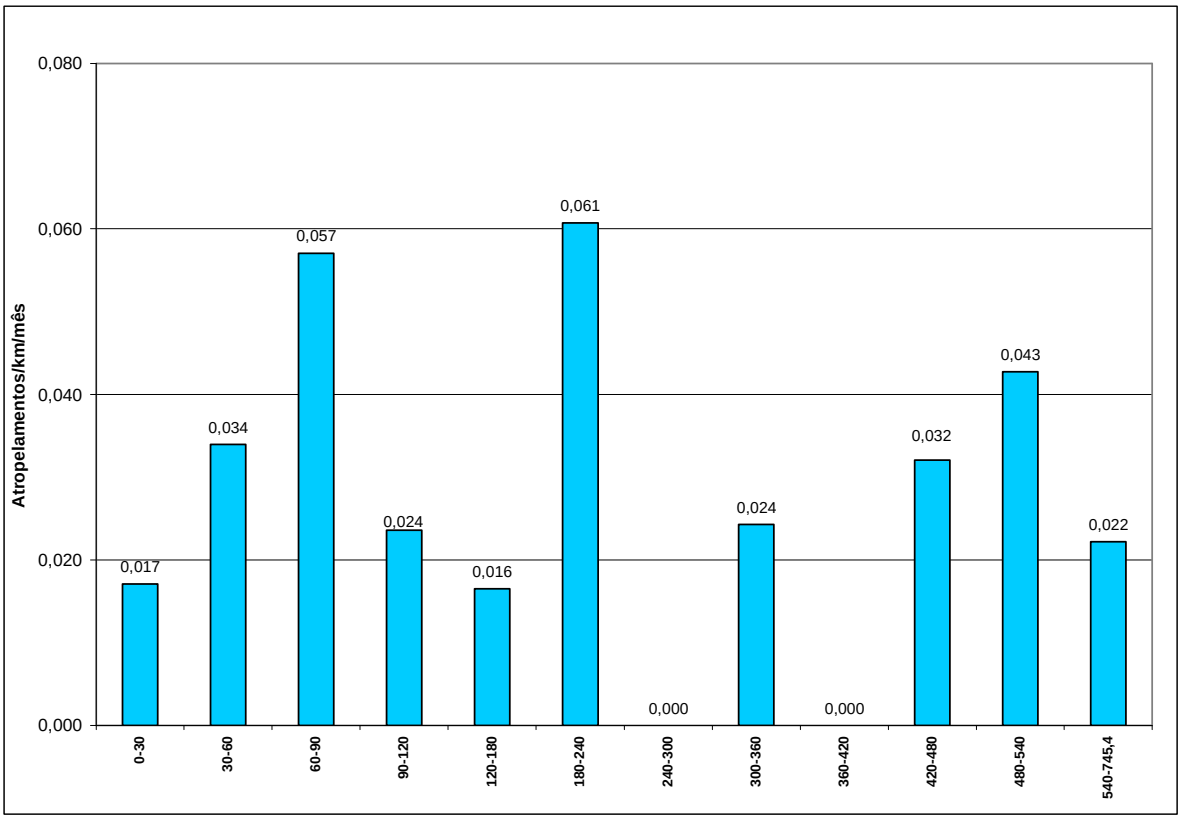

Figura 135 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

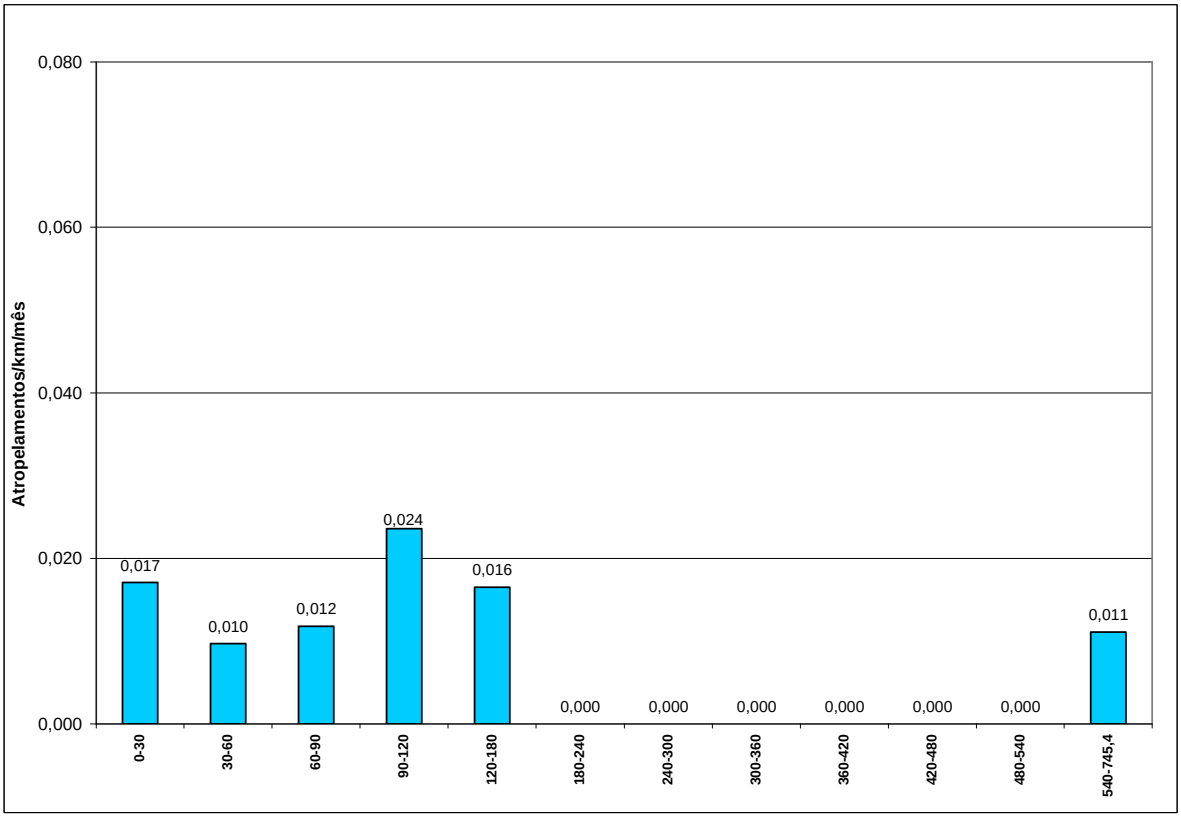

Figura 136 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

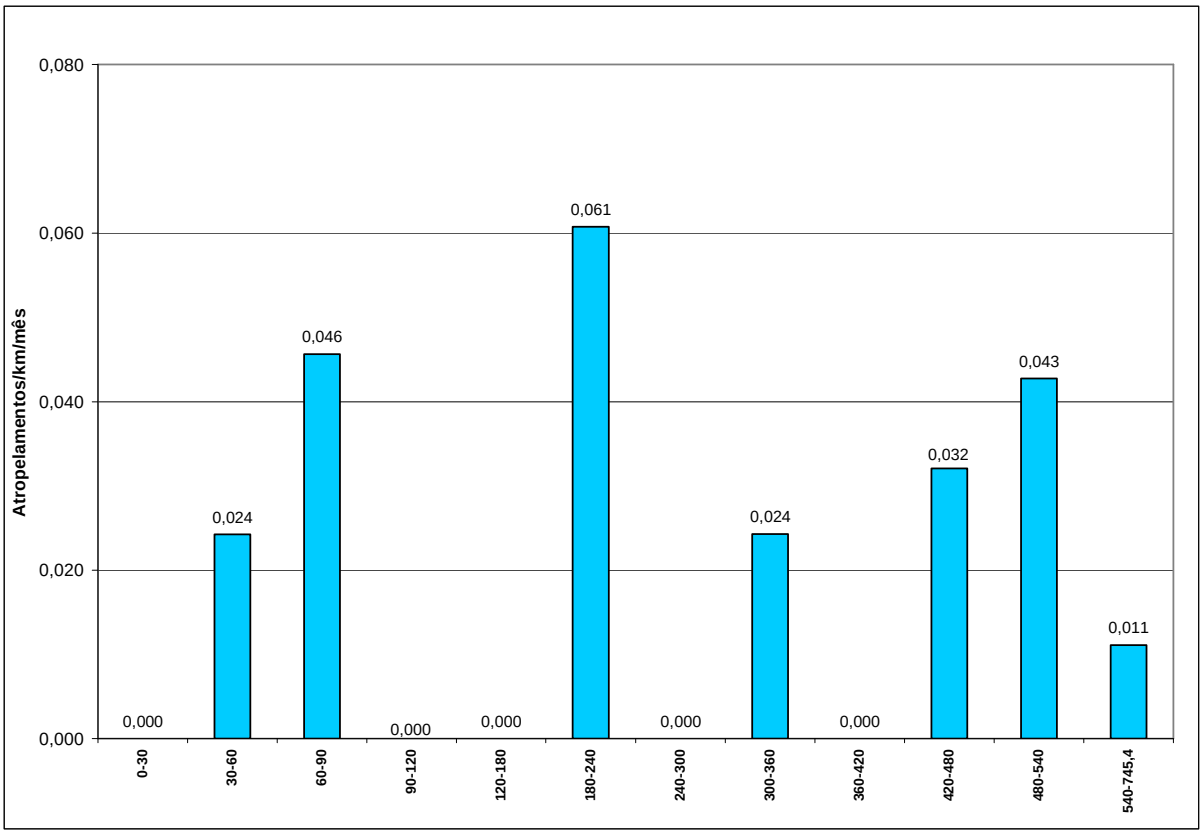

Figura 137 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

Entre todas essas análises, apenas a distribuição de aves na pista sentido Juiz de Fora parece apresentar alguma relação com a precipitação acumulada em 60 dias, já que quase todos os atropelamentos ocorreram nas 5 classes (entre 12) com menores acumulados, embora a classe de maior acumulado seja a única exceção, apresentando atropelamentos.

O Teste de Tukey confirmou esses resultados, não tendo encontrado diferenças significativas entre nenhuma taxa de atropelamento, por classe de precipitação acumulada, na BR-040 e nas pistas sentido Juiz de Fora e Rio de Janeiro. Nem para os acumulados de 30 dias (anexos 14.6.38 a 14.6.40 – mamíferos; anexos 14.6.41 a 14.6.43 - aves), nem de 60 dias (anexos 14.6.44 a 14.6.46 – mamíferos; anexos 14.6.47 a 14.6.49 - aves).

11.4 Gramíneas

Para este recorte de paisagem as comparações foram realizadas com os totais pluviométricos obtidos na estação Areal Granja Gabi, situada dentro desse recorte de paisagem, nas proximidades da BR-040. Também não foram realizadas análises referentes aos répteis, em função do pequeno número de dados para cada classe.

De forma ainda mais clara do que os dados apresentados para a **Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra**, para o recorte de paisagem **Gramíneas** não foi

observada relação entre os acumulados de precipitação em 30 e 60 dias e o atropelamento dos animais silvestres na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro (quadros 91 e 92 e figuras 138 a 143).

Quadro 91 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,034	0,207	0,030	0,173	0,064	0,266
20-40	0,014	0,121	0,019	0,171	0,033	0,208
40-60	0,018	0,134	0,018	0,134	0,035	0,188
60-80	0,082	0,338	0,066	0,254	0,148	0,487
80-120	0,052	0,228	0,052	0,228	0,105	0,314
120-180	0,034	0,184	0,008	0,093	0,042	0,205
180-220	0,017	0,134	0,000	0,000	0,017	0,134
220-260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
260-300	0,015	0,125	0,000	0,000	0,015	0,125
300-360	0,020	0,145	0,010	0,103	0,031	0,176
360-440	0,040	0,262	0,040	0,201	0,081	0,326
440-537,5	0,017	0,134	0,017	0,134	0,034	0,187

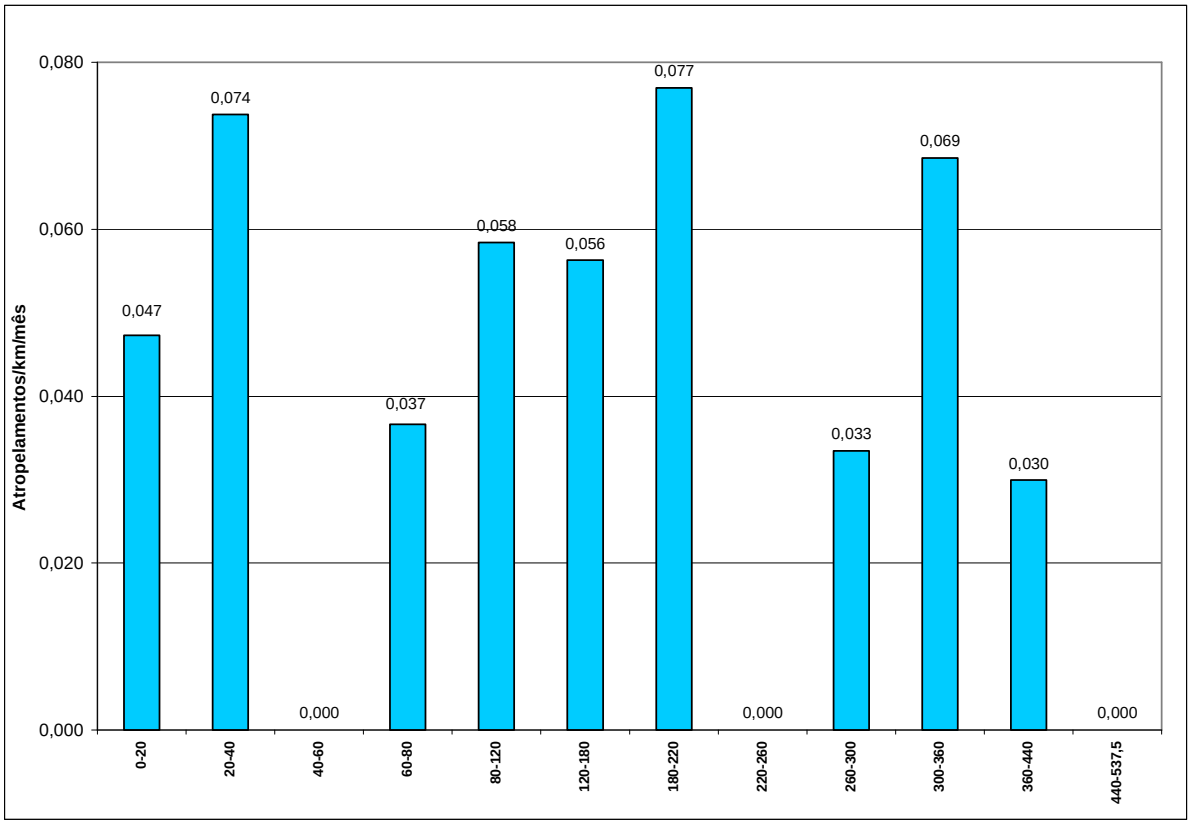

Figura 138 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

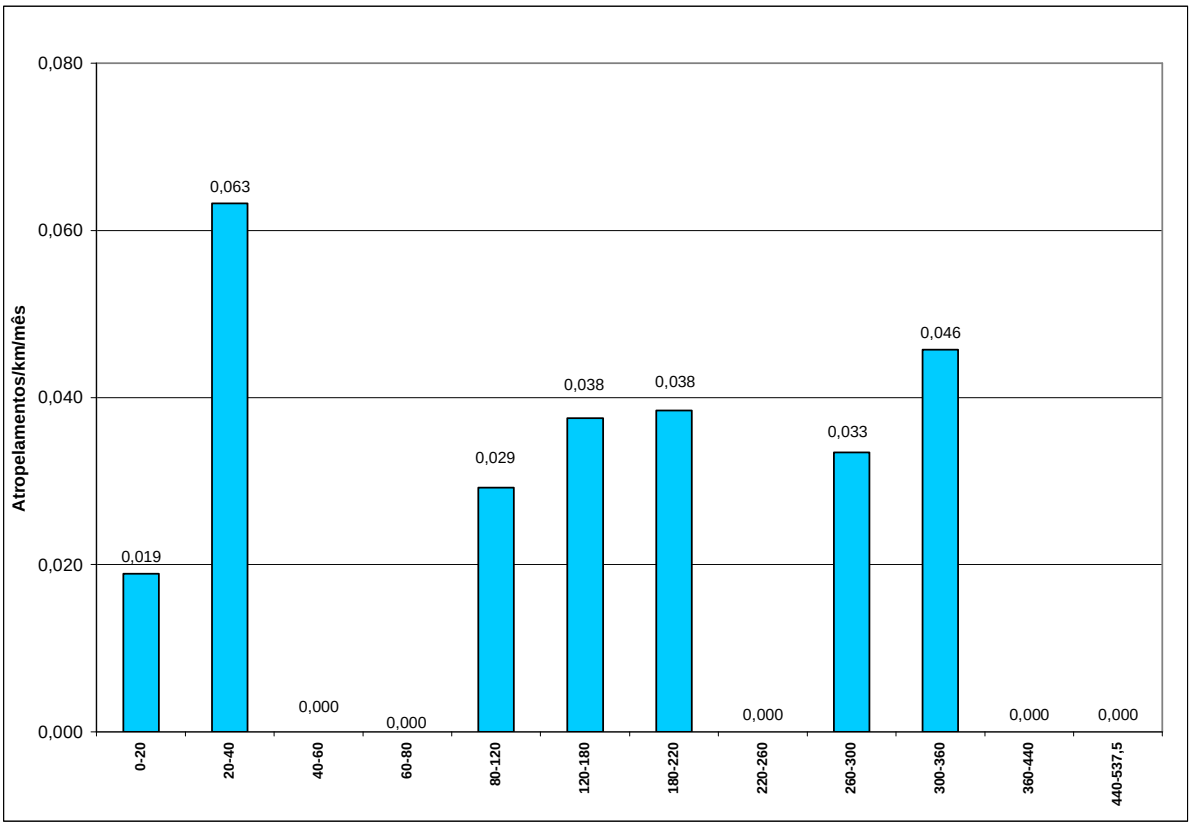

Figura 139 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

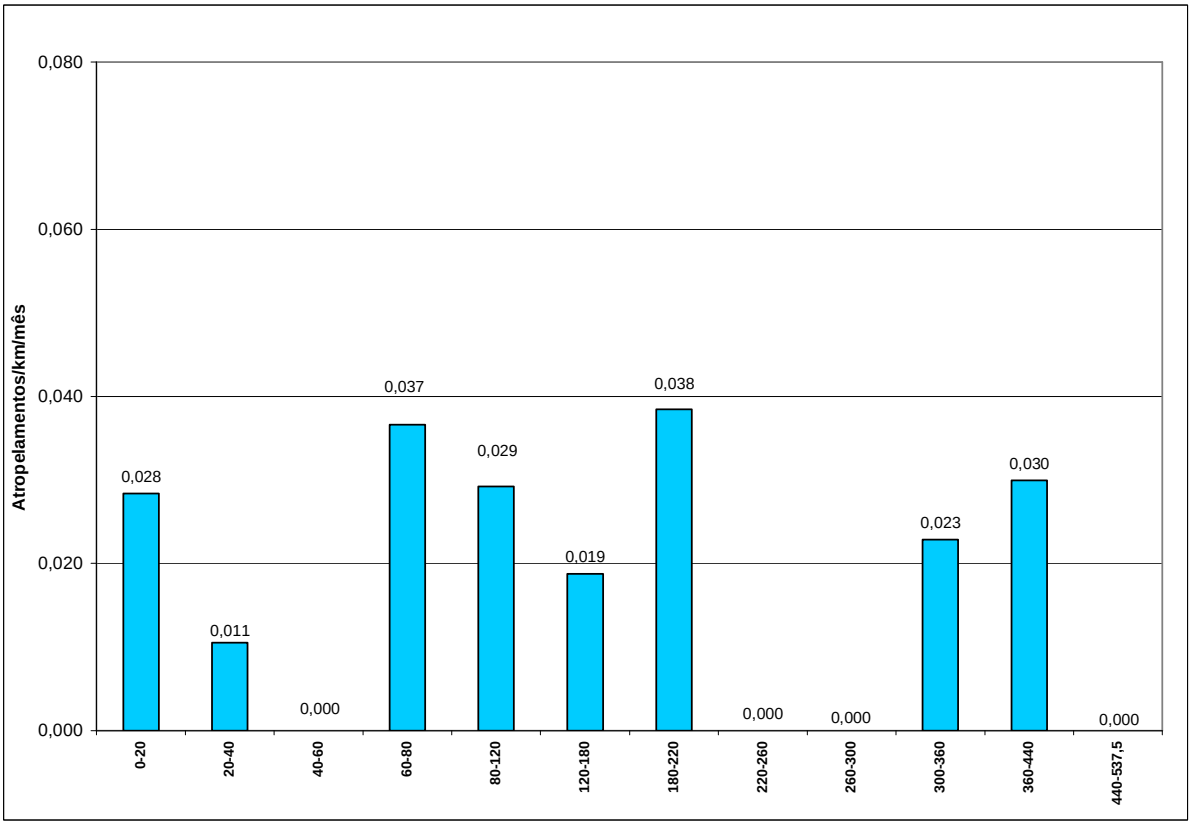

Figura 140 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

Quadro 92 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30-60	0,010	0,065	0,010	0,065	0,020	0,091
60-90	0,198	1,074	0,165	0,983	0,363	1,434
90-150	0,375	1,700	0,313	1,340	0,688	2,442
150-240	0,240	1,184	0,080	0,693	0,320	1,357
240-300	0,278	1,267	0,222	1,138	0,500	1,666
300-360	0,150	0,943	0,000	0,000	0,150	0,943
360-420	0,125	0,861	0,063	0,612	0,188	1,049
420-510	0,077	0,679	0,077	0,679	0,154	0,955
510-570	0,000	0,000	0,076	0,675	0,076	0,675
570-660	0,071	0,651	0,071	0,651	0,141	0,915
660-720	0,198	1,077	0,000	0,000	0,198	1,077
720-948,8	0,063	0,297	0,038	0,195	0,101	0,349

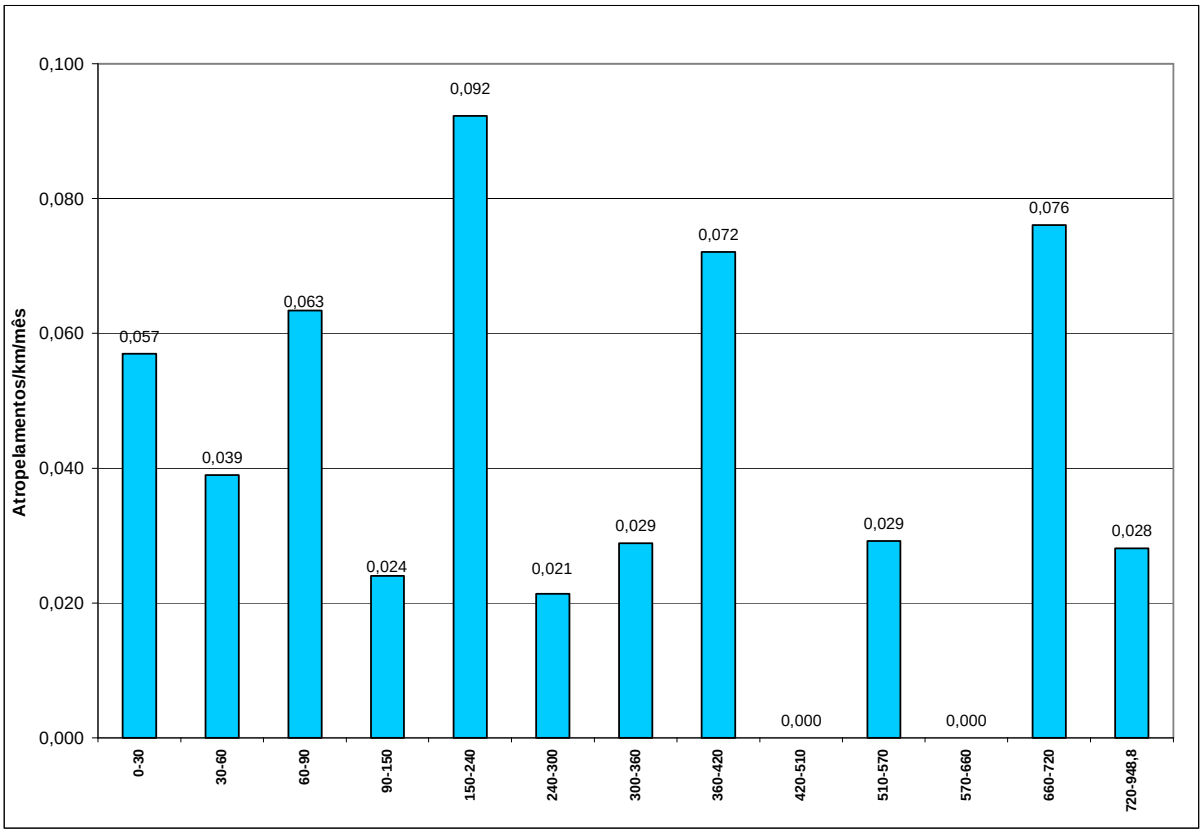

Figura 141 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

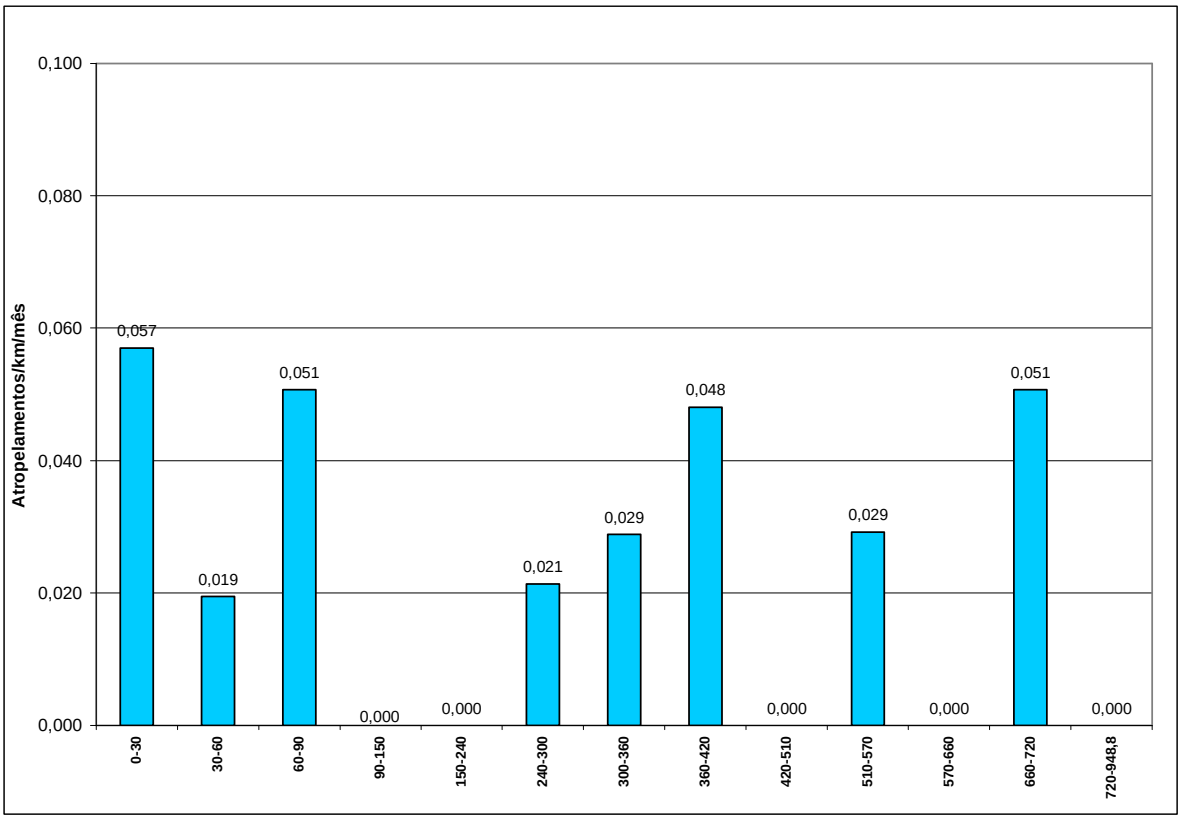

Figura 142 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

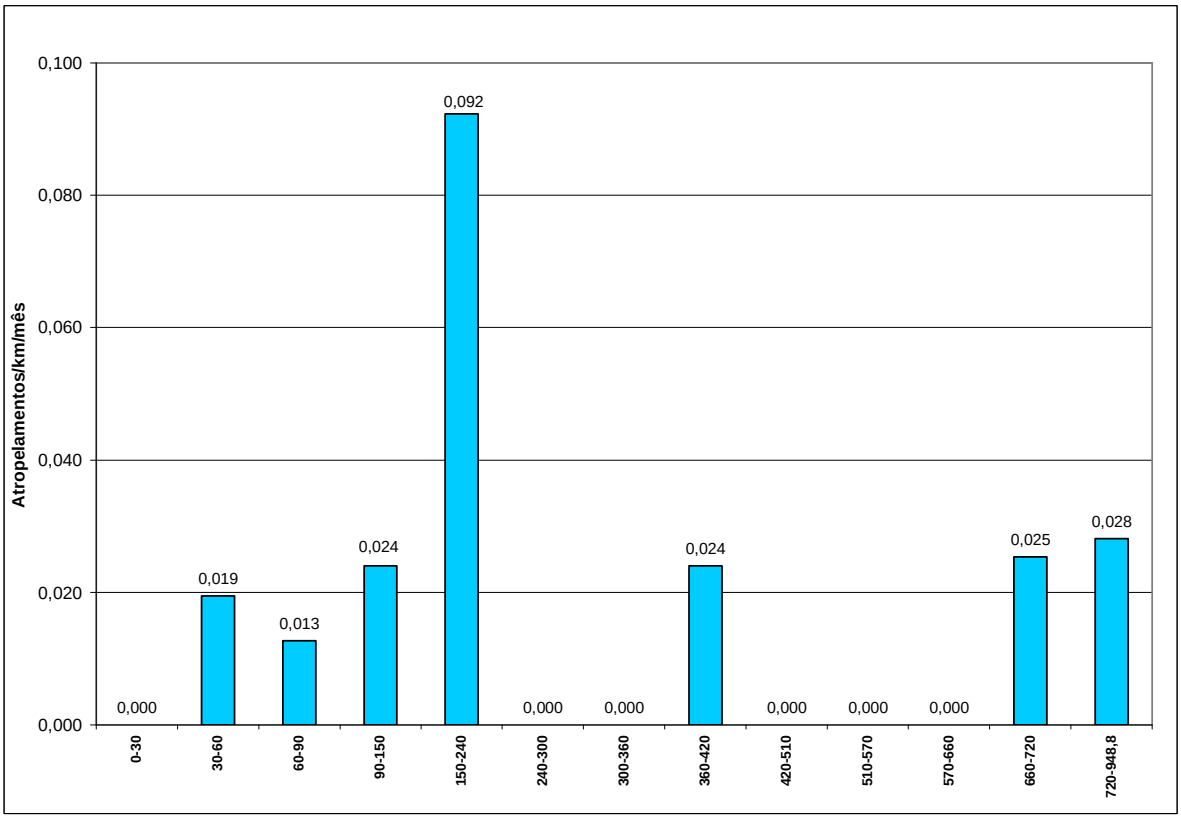

Figura 143 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

Em função dos resultados obtidos, o Teste de Tukey mostrou novamente a inexistência de diferenças significativas estatísticamente entre as taxas de atropelamento de animais silvestres na BR-040 e em suas duas pistas, por classe de precipitação acumulada em 30 dias (anexos 14.6.50 a 14.6.53).

Exceção para as diferenças entre as duas classes de menor precipitação acumulada em 60 dias, na pista sentido Juiz de Fora e na BR-040, com a segunda classe de menor acumulado sendo estatiticamente maior que a classe com menor acumulado de precipitação (quadros 93 e 94). Porém, tendo em vista que a diferença se dá entre as duas classes de menor acumulado, não havendo diferenças entre classes de menor e maior acumulado, além de não ter sido identificada nos acumulados de 30 dias, não é possível associar essas diferenças à efeitos da estiagem sobre os animais

Quadro 93 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-60	60-150	150-300	300-420	420-570	570-720
0-60		0.025952	0.076155	0.715563	0.921112	0.712208
60-150	0.025952		0.891070	0.117535	0.068983	0.118408
150-300	0.076155	0.891070		0.367156	0.217379	0.369699
300-420	0.715563	0.117535	0.367156		0.995110	1.000000
420-570	0.921112	0.068983	0.217379	0.995110		0.994788
570-720	0.712208	0.118408	0.369699	1.000000	0.994788	

Quadro 94 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-60	60-150	150-300	300-420	420-570	570-720
0-60		0.042656	0.065513	0.458175	0.994701	0.480195
60-150	0.042656		0.997878	0.358978	0.072045	0.341103
150-300	0.065513	0.997878		0.534814	0.112497	0.511293
300-420	0.458175	0.358978	0.534814		0.700692	1.000000
420-570	0.994701	0.072045	0.112497	0.700692		0.725241
570-720	0.480195	0.341103	0.511293	1.000000	0.725241	

Para mamíferos e aves os resultados foram semelhantes, não havendo relação perceptível entre a precipitação acumulada em 30 ou 60 dias e as taxas de atropelamento (quadros 95 e 96 e figuras 144 a 155).

Quadro 95 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,008	0,093	0,008	0,093	0,017	0,132	0,025	0,161	0,021	0,147	0,047	0,215
20-40	0,014	0,121	0,005	0,070	0,019	0,139	0,000	0,000	0,014	0,156	0,014	0,156
40-60	0,009	0,095	0,009	0,095	0,018	0,134	0,009	0,095	0,009	0,095	0,018	0,134
60-80	0,049	0,222	0,033	0,183	0,082	0,338	0,033	0,183	0,033	0,183	0,066	0,254
80-120	0,000	0,000	0,026	0,164	0,026	0,164	0,039	0,199	0,026	0,164	0,065	0,253
120-180	0,034	0,184	0,000	0,000	0,034	0,184	0,000	0,000	0,008	0,093	0,008	0,093
180-220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,134	0,000	0,000	0,017	0,134
220-260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
260-300	0,015	0,125	0,000	0,000	0,015	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
300-360	0,010	0,103	0,010	0,103	0,020	0,145	0,010	0,103	0,000	0,000	0,010	0,103
360-440	0,000	0,000	0,040	0,201	0,040	0,201	0,040	0,262	0,000	0,000	0,040	0,262
440-537,5	0,000	0,000	0,017	0,134	0,017	0,134	0,017	0,134	0,000	0,000	0,017	0,134

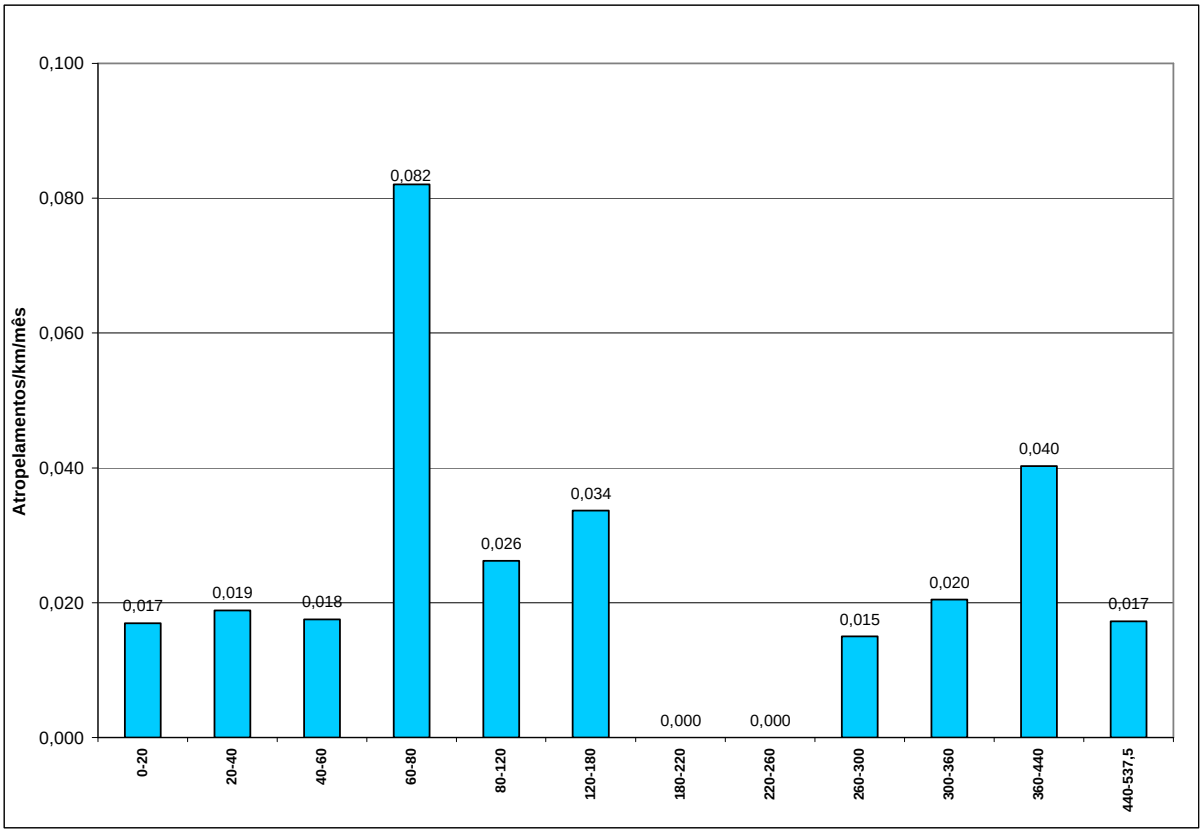

Figura 144 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

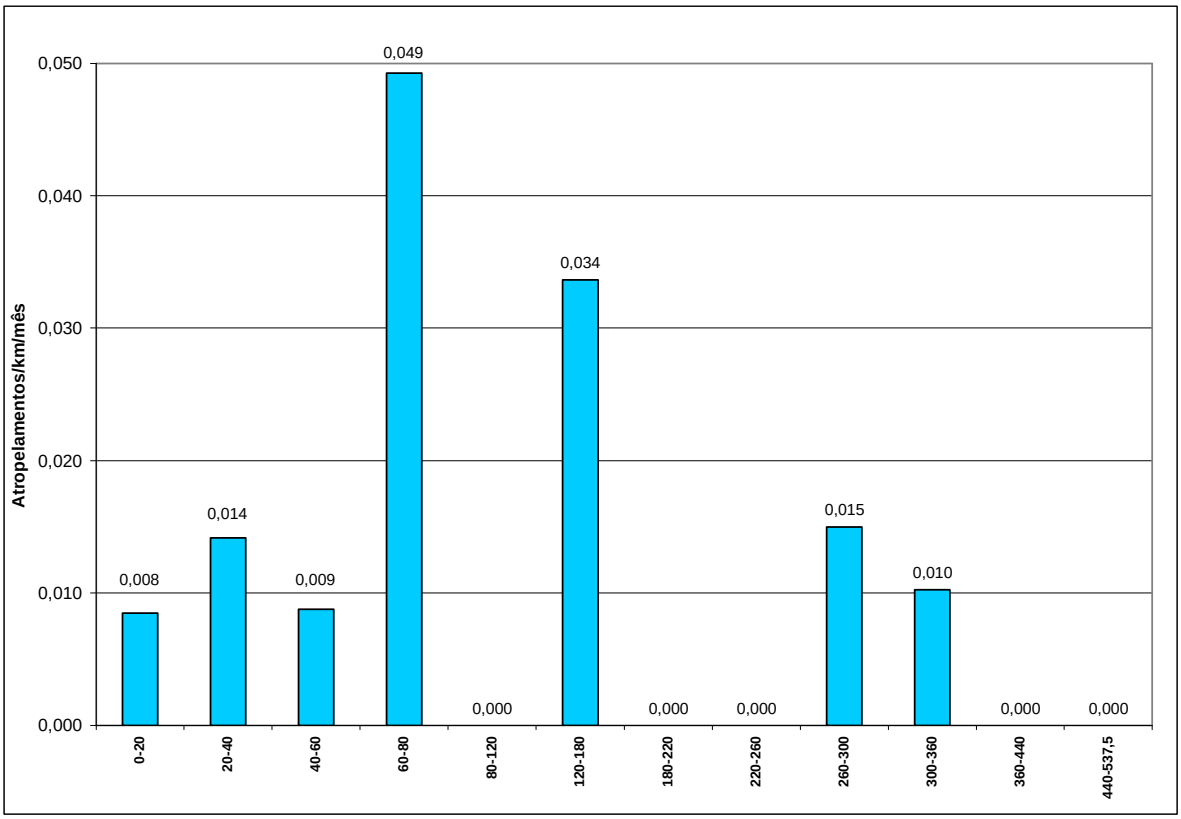

Figura 145 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

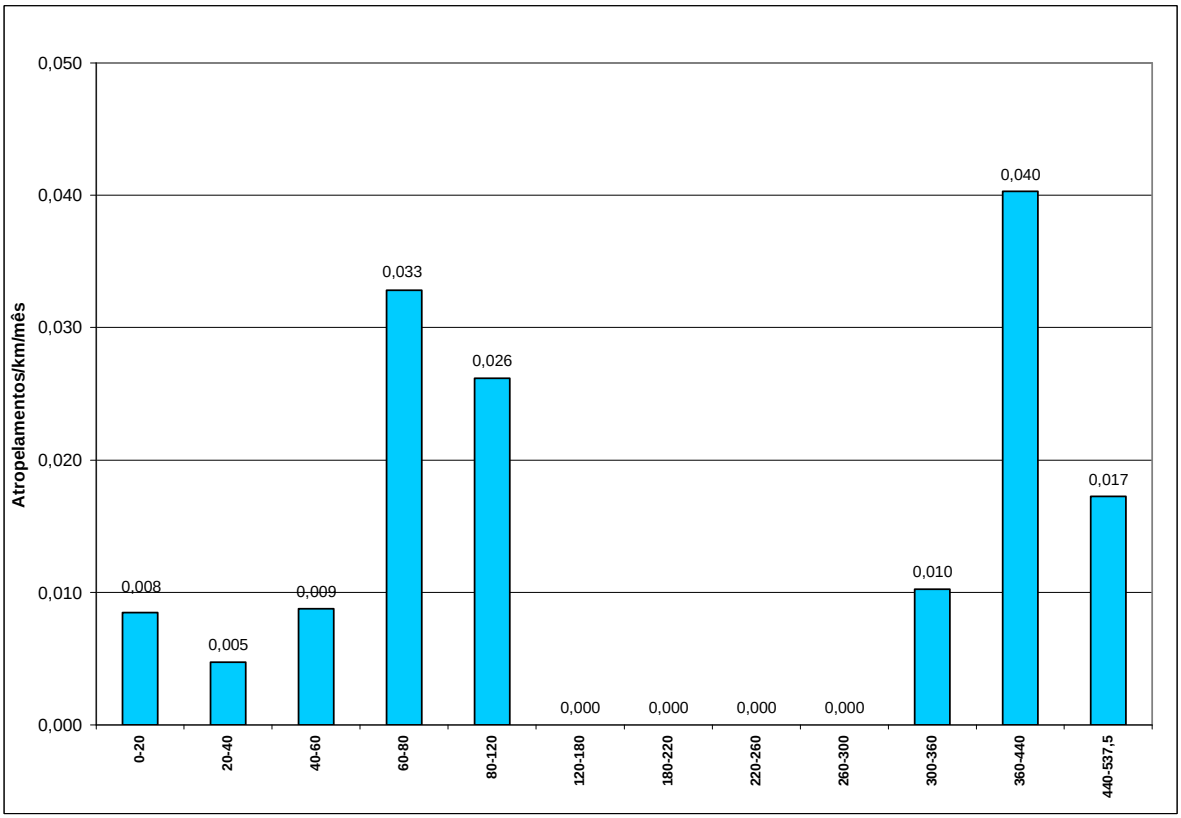

Figura 146 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

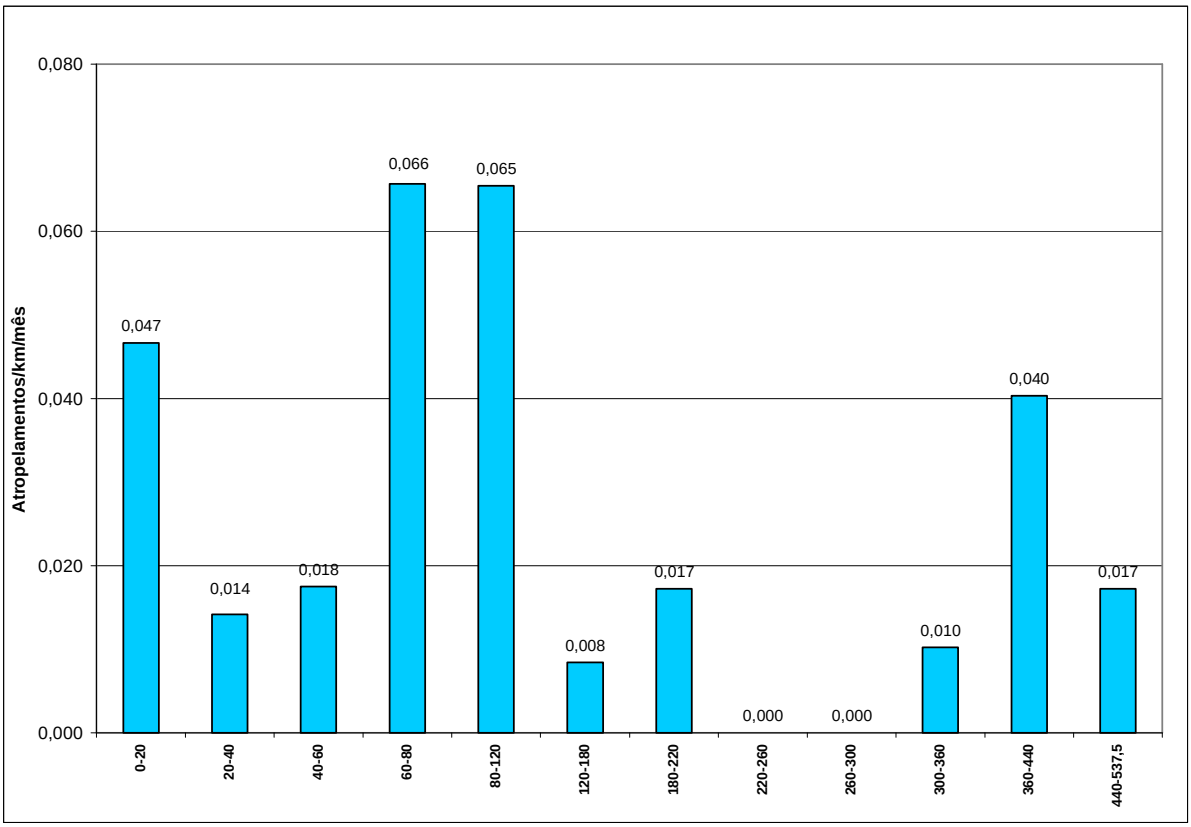

Figura 147 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

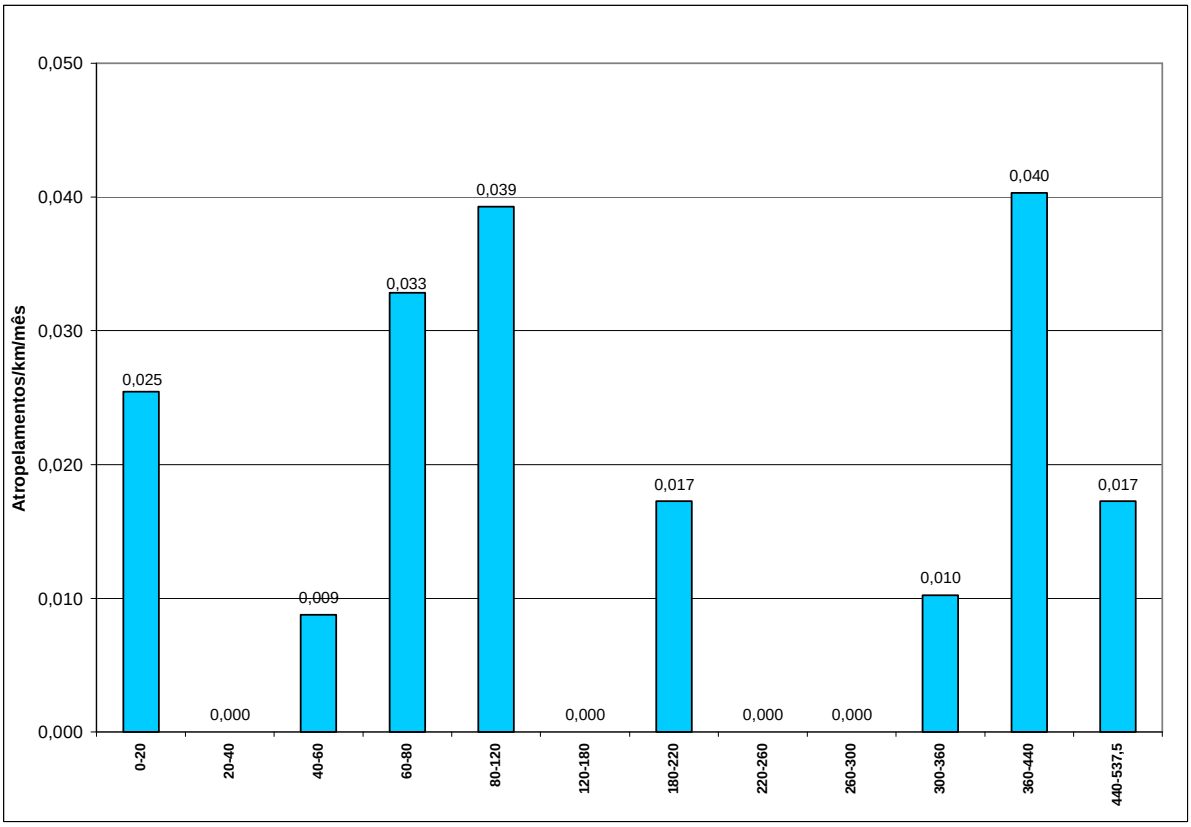

Figura 148 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

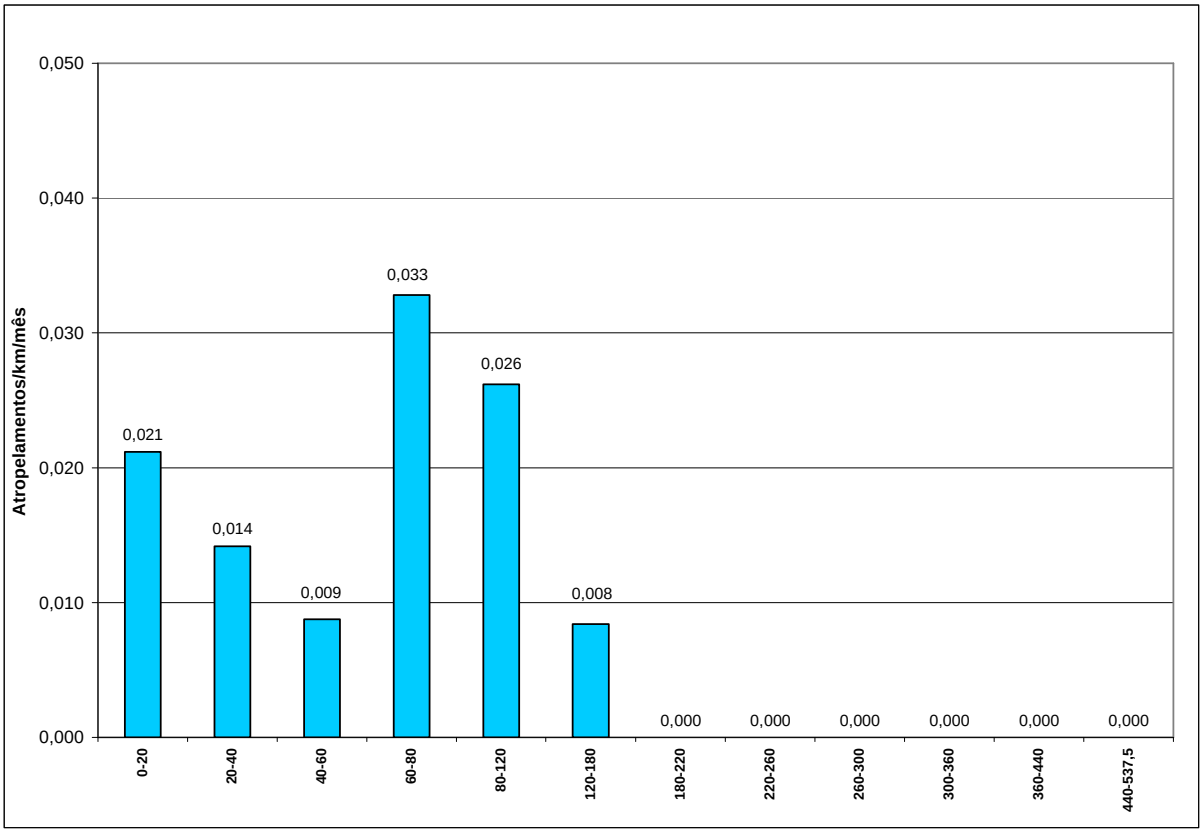

Figura 149 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

Quadro 96 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30-60	0,004	0,038	0,003	0,031	0,007	0,049	0,006	0,044	0,007	0,058	0,013	0,072
60-90	0,132	0,882	0,066	0,627	0,198	1,074	0,066	0,627	0,099	0,766	0,165	0,983
90-150	0,125	0,861	0,063	0,612	0,188	1,364	0,250	1,205	0,250	1,205	0,500	1,667
150-240	0,160	0,973	0,000	0,000	0,160	0,973	0,000	0,000	0,080	0,693	0,080	0,693
240-300	0,222	1,138	0,111	0,813	0,333	1,381	0,056	0,577	0,111	0,813	0,167	0,991
300-360	0,075	0,671	0,000	0,000	0,075	0,671	0,075	0,671	0,000	0,000	0,075	0,671
360-420	0,063	0,612	0,000	0,000	0,063	0,612	0,063	0,612	0,063	0,612	0,125	0,861
420-510	0,000	0,000	0,077	0,679	0,077	0,679	0,077	0,679	0,000	0,000	0,077	0,679
510-570	0,000	0,000	0,076	0,675	0,076	0,675	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
570-660	0,071	0,651	0,071	0,651	0,141	0,915	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
660-720	0,066	0,629	0,000	0,000	0,066	0,629	0,132	0,885	0,000	0,000	0,132	0,885
720-948,8	0,013	0,114	0,038	0,195	0,050	0,224	0,050	0,277	0,000	0,000	0,050	0,277

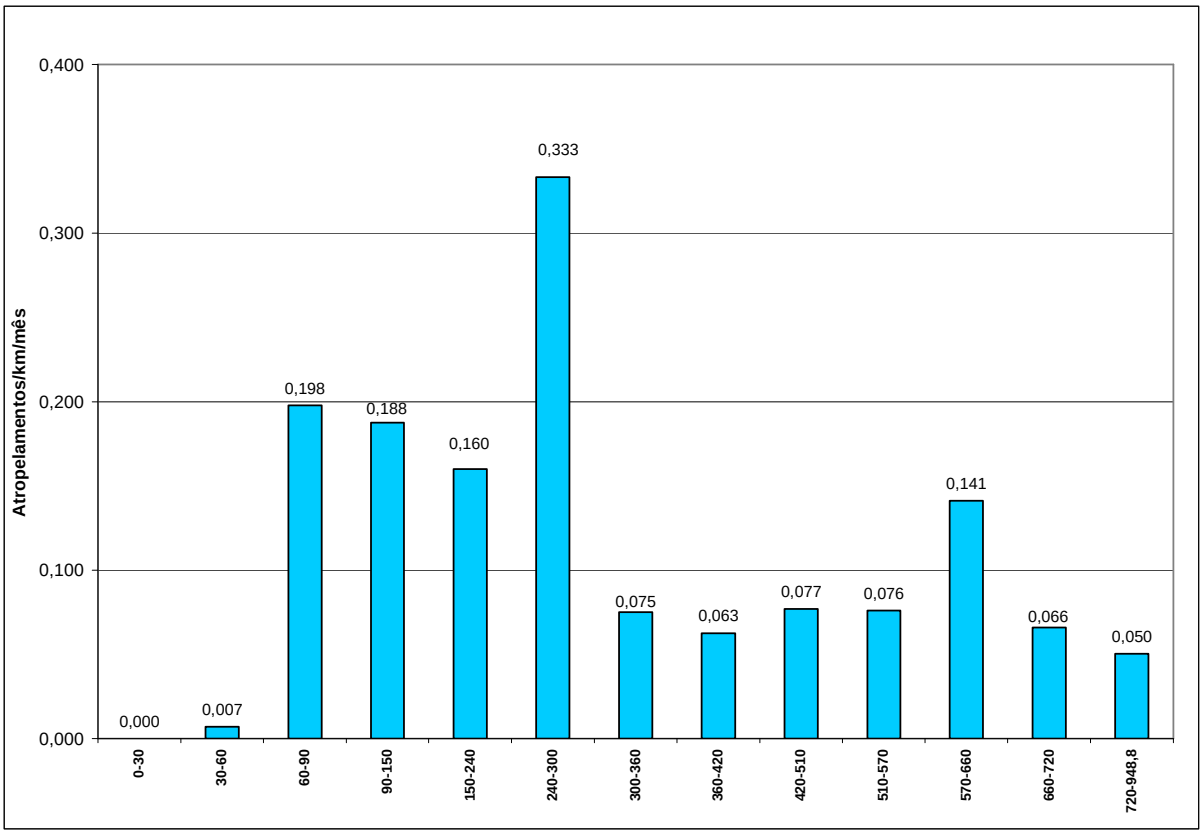

Figura 150 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

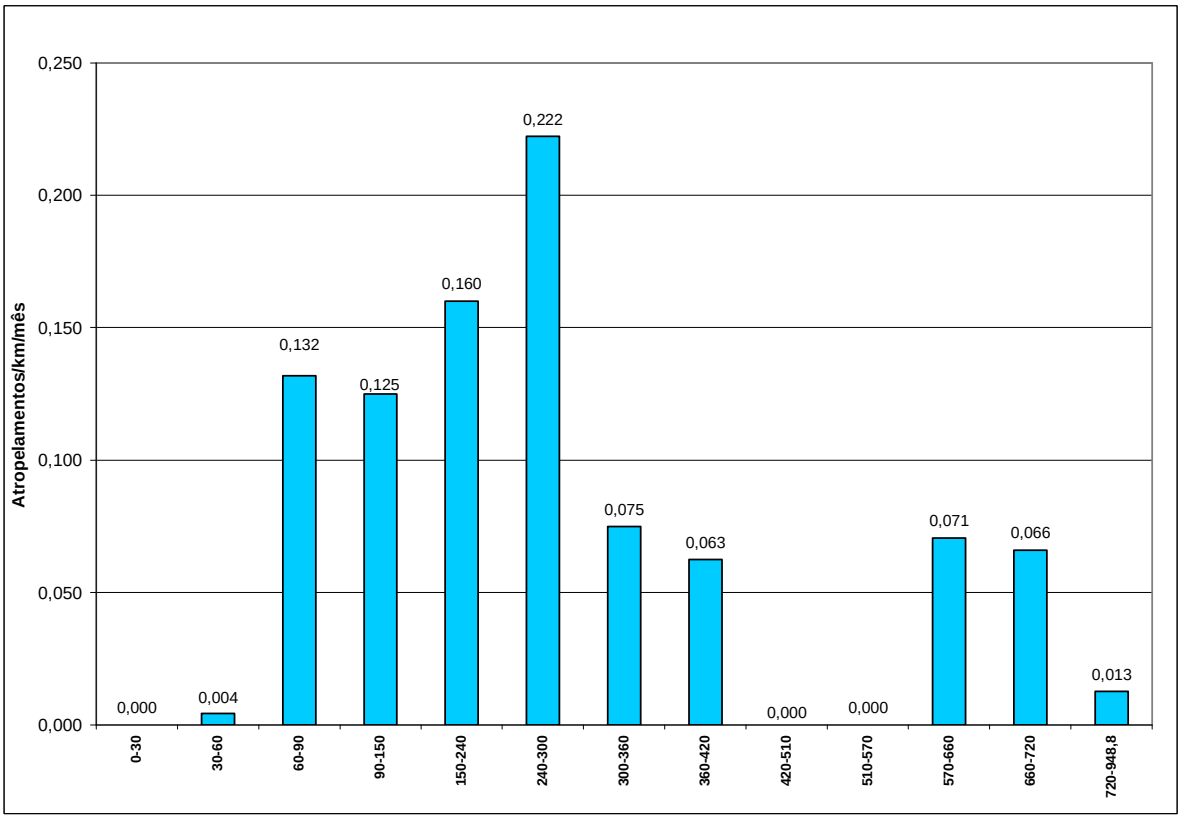

Figura 151 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

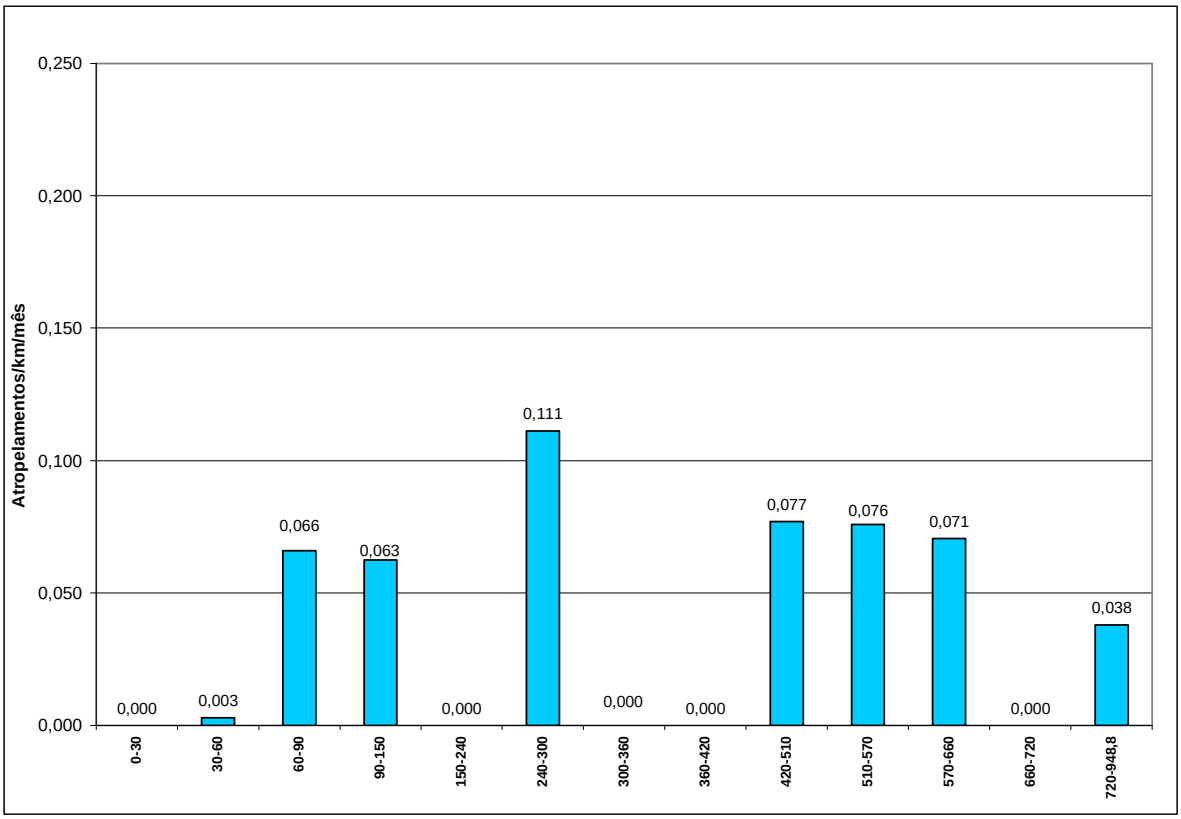

Figura 152 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

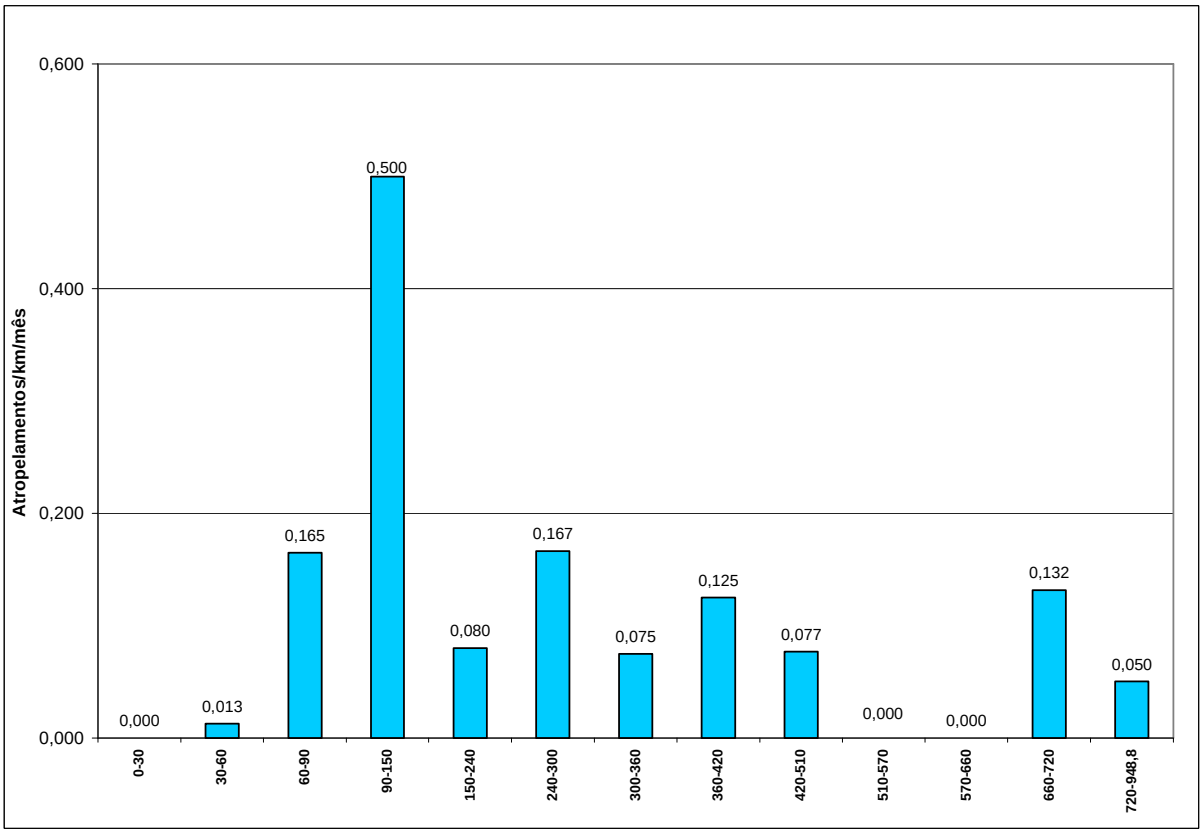

Figura 153 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

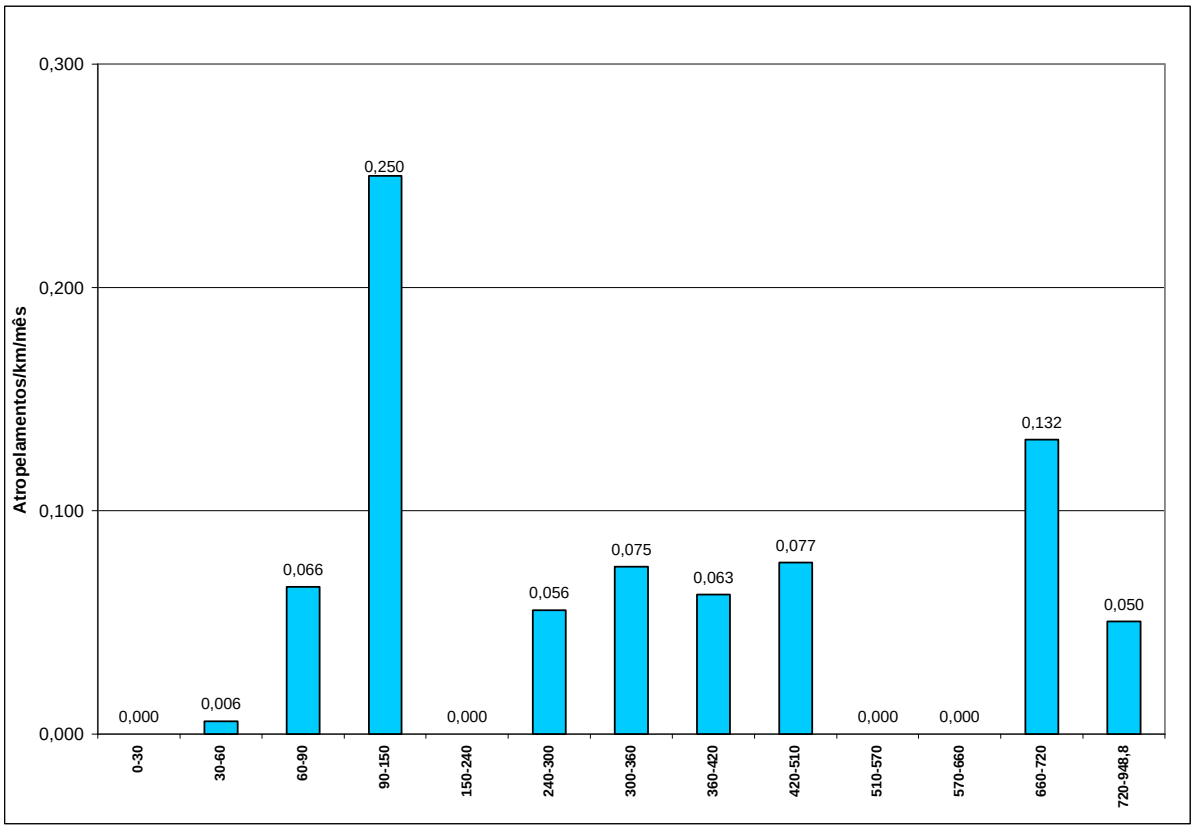

Figura 154 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

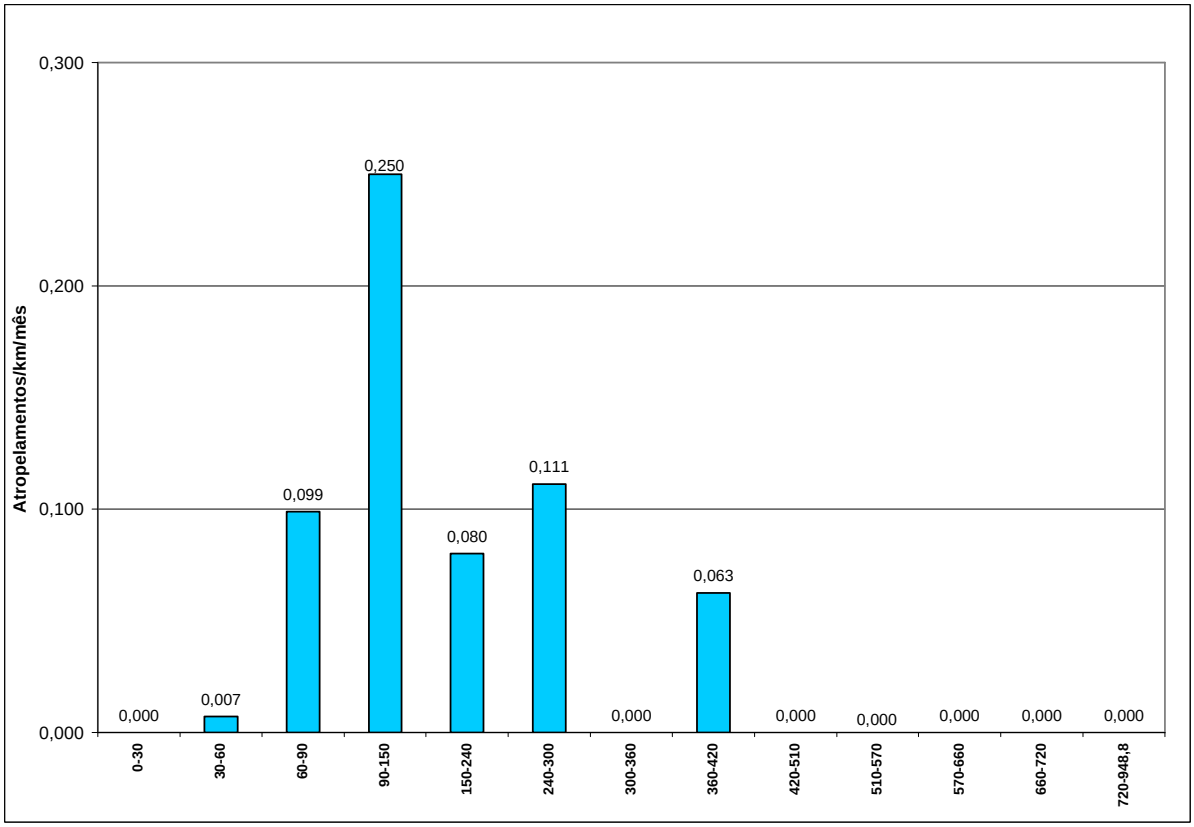

Figura 155 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

Uma exceção refere-se à relação entre a precipitação acumulada em 30 dias e o atropelamento de aves na pista sentido Rio de Janeiro, pois todos os eventos estão concentrados nas seis classes de menor acumulado, sem ocorrência nas seis classes de maior acumulado. Nesse caso é possível perceber uma associação entre a estiagem e o aumento dos atropelamentos. Resultado semelhante é observado para as aves nessa mesma pista, mas na comparação com os acumulados de 60 dias. Porém, nesse caso, as precipitações não estão concentradas nas duas classes de precipitação acumulada inferior, mas nas quatro classes seguintes (terceira a sexta com menor precipitação acumulada), dificultando a associação direta com a estiagem.

Em função desses resultados, o Teste de Tukey não mostrou diferenças significativas entre a maior parte das taxas de atropelamento de mamíferos e aves encontradas na BR-040 e nas duas pistas que formam essa rodovia (anexos 14.6.56 a 14.6.65). É importante ressaltar que algumas diferenças entre classes foram consideradas significativas pelo teste. Porém, as diferenças estatisticamente significativas foram encontradas entre as taxas de atropelamento de mamíferos relacionadas às classes de precipitação acumulada em 60 dias. Porém, as diferenças não foram entre classes extremas, mas entre a classe de menor acumulado e uma classe intermediária, no caso da BR-040, e entre classes intermediárias, no caso da pista sentido Rio de Janeiro. Assim, não é possível associar essas diferenças à precipitação acumulada, devendo estar associadas à pequenas amostras de mamíferos atropeladas no trecho da rodovia que cruza as gramíneas.

Já no caso do atropelamento de aves a situação é um pouco distinta. Há diferenças observáveis na relação dos atropelamentos com os acumulados de precipitação em 30 dias, mas que não foram consideradas significativas pelo Tese de Tukey (todavia a não ocorrência de atropelamentos nas classes de maior umidade indicam que essa não significância pode estar associada à pequena amostra de atropelamentos, o que será confirmado com a continuidade dos estudos e a repetição dessa análise com conjuntos maiores de atropelamentos). Além disso, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre a segunda classe de menor acumulado no Teste de Tukey (que engloba a terceira e quarta classe de menor precipitação acumulada, conforme o gráfico apresentado acima) e as duas classes de maior acumulado, com essas últimas mostrando-se inferior àquela. Isto pode indicar uma diferença entre os atropelamentos em função dos acumulados de precipitação. Porém, a segunda classe de menor precipitação acumulada também mostrou resultados estatisticamente superiores à primeira classe de precipitação acumulada do Teste de Tukey (englobando as duas classes de menor acumulado, segundo o gráfico), dificultando a associação entre atropelamentos de aves e precipitação acumulada na paisagem **Gramíneas**.

Tendo em vista a grande proporção de cobertura por Gramíneas nesse recorte e a maior capacidade de deslocamento das aves, essas taxas maiores nos atropelamentos desse grupo animal, que parecem associadas à menor umidade antecedente, podem ser fruto do forrageamento por populações situadas nos fragmentos floretais situados nessa própria paisagem e nas paisagens próximas.

11.5 Gramíneas e Áreas Urbanas

Os acumulados de precipitação obtidos na estação Moura Brasil, situada próxima à BR-040, junto ao km 23, no interior do recorte de paisagem denominado **Gramíneas e Áreas Urbanas**, foram comparados com as taxas de atropelamento de animais silvestres, mamíferos e aves. Novamente, em função do tamanho pequeno das amostras, não foram realizadas análises referentes aos répteis.

Mais uma vez, para uma paisagem considerada entre as menos conservadas no que se refere às florestas, apresentando ICF muito baixo para as duas escalas de análise, os dados indicam que não há relação entre os acumulados de precipitação em 30 e 60 dias e o atropelamento dos animais silvestres na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro (quadros 97 e 98 e figuras 156 a 161).

Quadro 97 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Moura Brasil.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-10	0,013	0,115	0,004	0,067	0,017	0,132
10-20	0,018	0,135	0,062	0,283	0,080	0,310
20-30	0,054	0,277	0,022	0,149	0,076	0,311
30-40	0,031	0,177	0,031	0,177	0,062	0,247
40-70	0,021	0,146	0,010	0,104	0,031	0,178
70-90	0,013	0,114	0,050	0,224	0,063	0,249
90-110	0,026	0,163	0,013	0,116	0,039	0,198
110-140	0,066	0,296	0,044	0,210	0,110	0,415
110-130	0,041	0,203	0,027	0,167	0,068	0,258
170-190	0,000	0,000	0,031	0,179	0,031	0,179
190-220	0,074	0,271	0,000	0,000	0,074	0,271
220-250	0,062	0,247	0,000	0,000	0,062	0,247
250-300	0,036	0,247	0,012	0,111	0,048	0,269
300-461	0,031	0,177	0,021	0,146	0,052	0,227

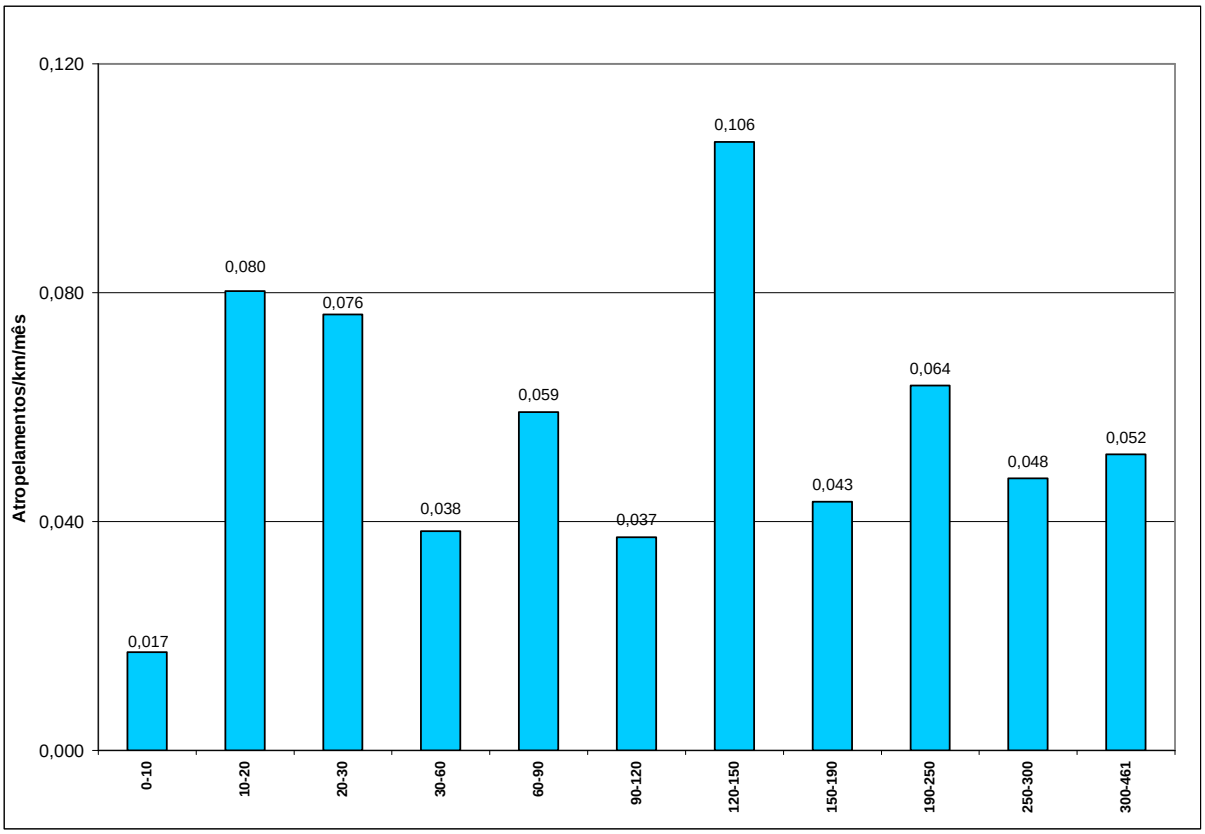

Figura 156 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

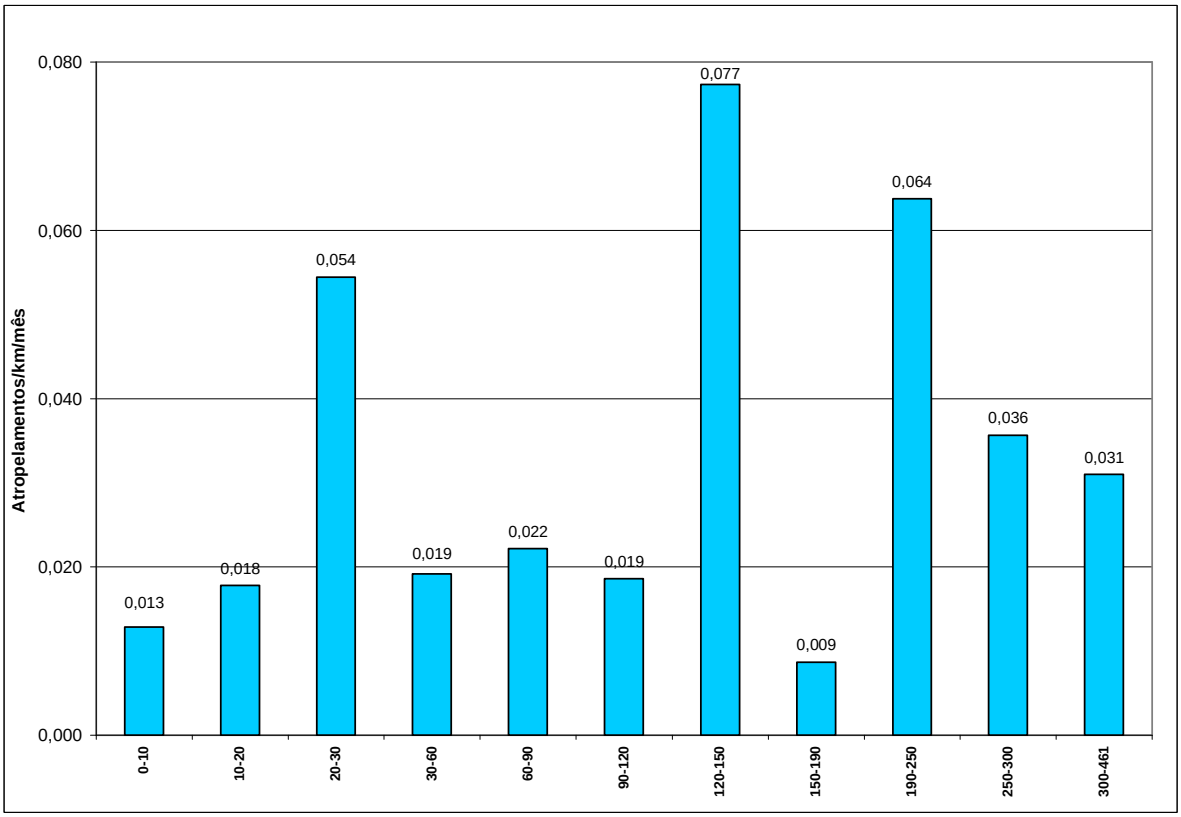

Figura 157 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

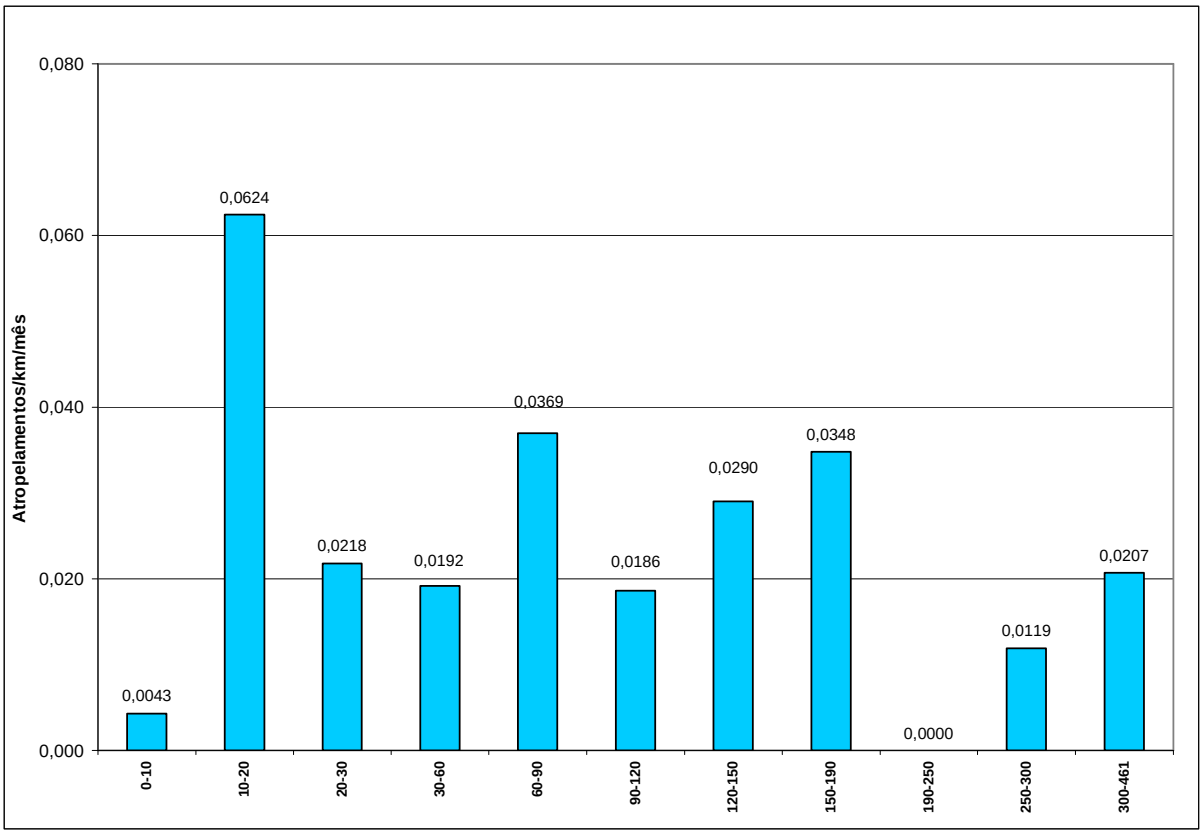

Figura 158 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

Quadro 98 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Moura Brasil.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-30	0,004	0,067	0,026	0,187	0,030	0,198
30-60	0,059	0,267	0,020	0,142	0,079	0,299
60-90	0,017	0,132	0,017	0,132	0,034	0,186
90-120	0,017	0,131	0,033	0,184	0,050	0,224
120-180	0,059	0,279	0,078	0,275	0,137	0,430
180-240	0,039	0,198	0,000	0,000	0,039	0,198
240-300	0,018	0,136	0,018	0,136	0,036	0,191
300-360	0,033	0,184	0,000	0,000	0,033	0,184
360-420	0,034	0,187	0,011	0,109	0,046	0,214
420-480	0,024	0,155	0,024	0,155	0,047	0,217
480-540	0,044	0,210	0,033	0,183	0,077	0,273
540-669	0,046	0,281	0,000	0,000	0,046	0,281

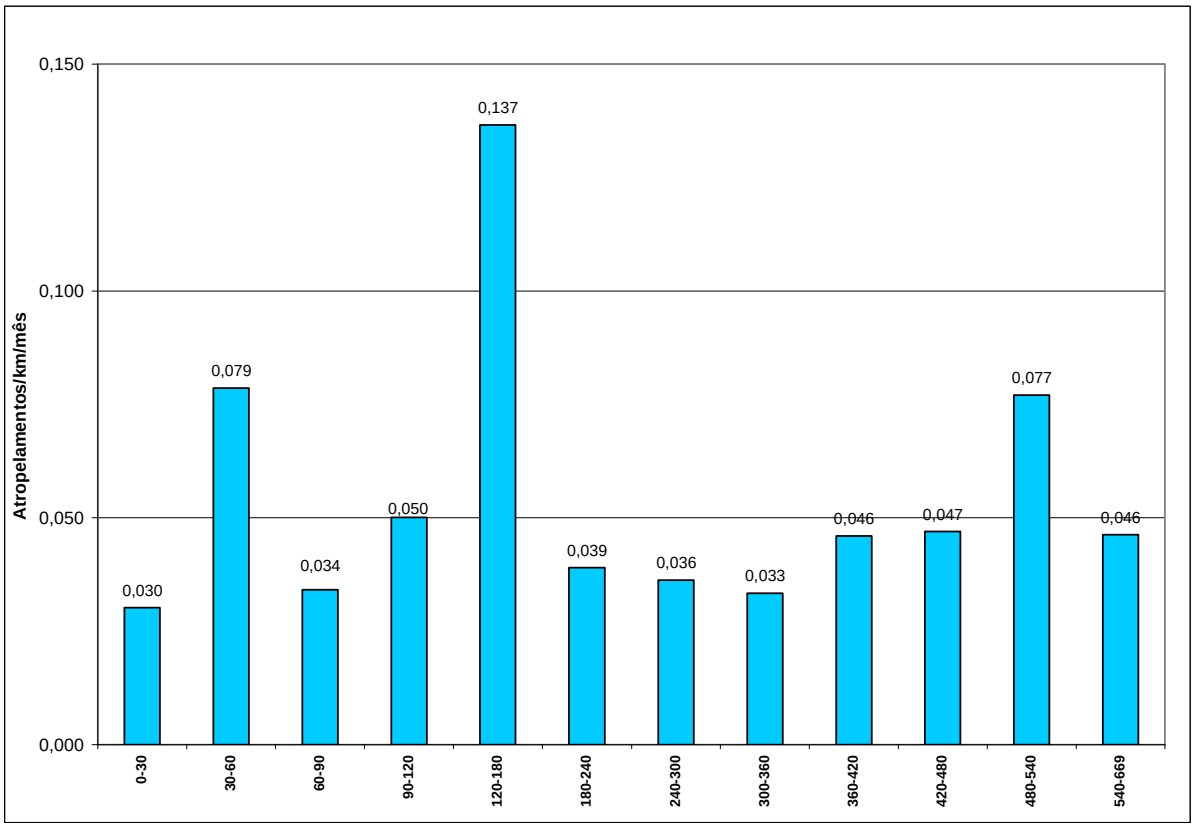

Figura 159 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

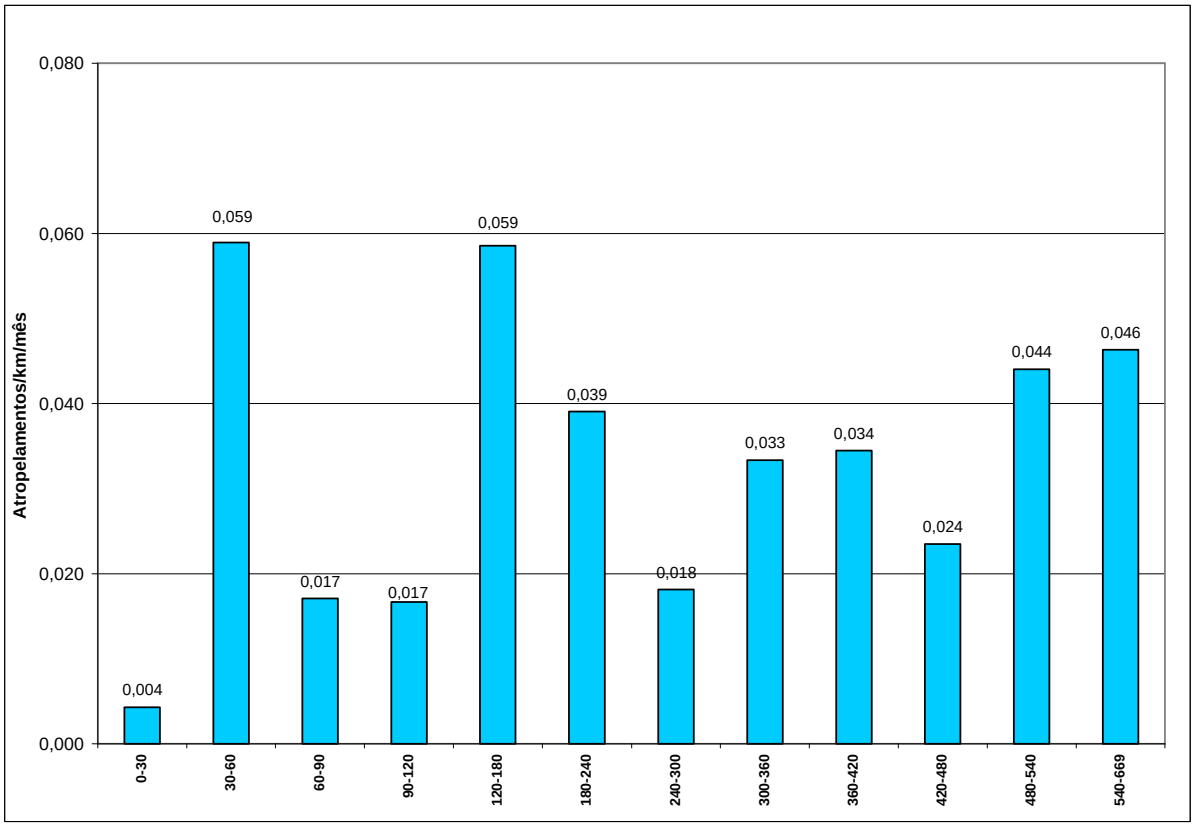

Figura 160 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

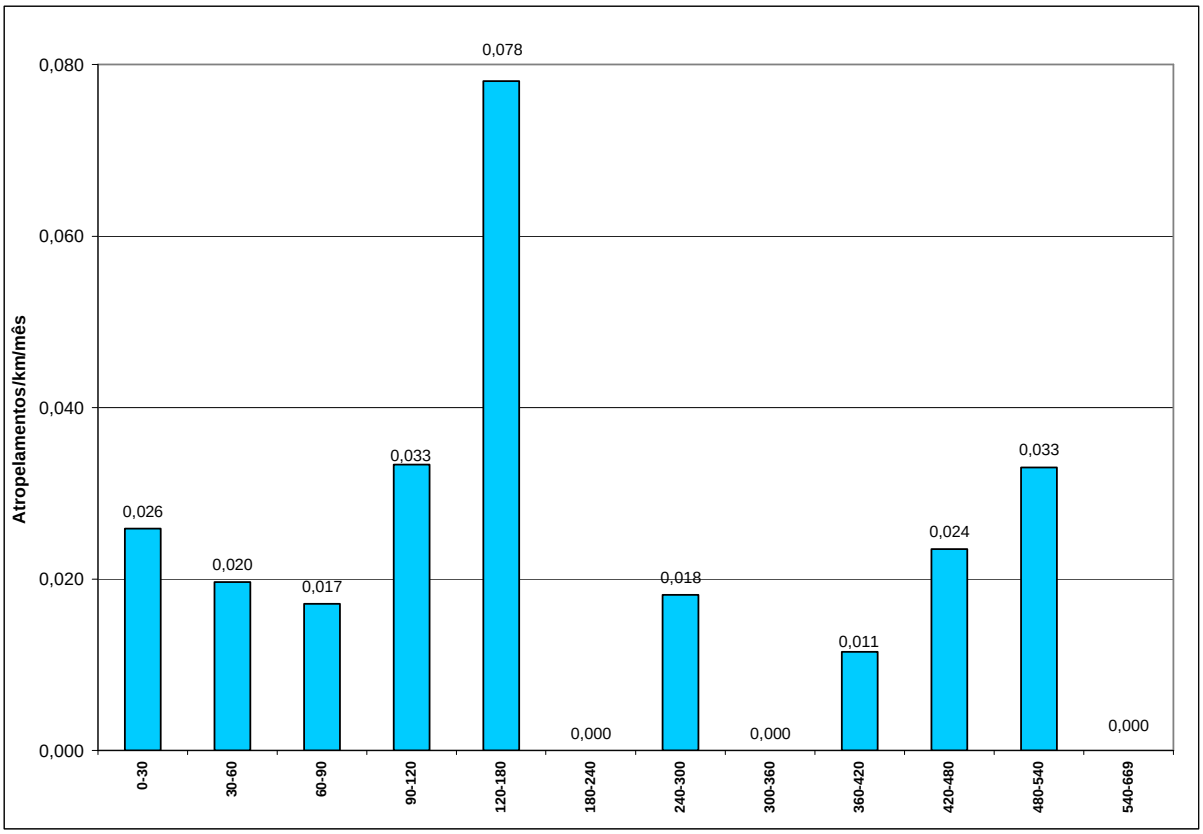

Figura 161 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

Os Testes de Tukey realizados corroboraram a inexistência de diferenças significativas entre as taxas de atropelamento na paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas** em função da precipitação acumulada, para as duas pistas e para a BR-040, tanto para 30, quanto para 60 dias de precipitação acumulada (anexos 14.6.57 a 14.6.63).

Mamíferos seguiram a mesma tendência, sem haver relação perceptível entre as classes de precipitação acumulada e as taxas de atropelamento (quadros 99 e 100 e figuras 162 a 173).

Novamente a exceção ficou por conta das aves, que tiveram seus atropelamentos concentrados nas classes de menor precipitação acumulada ou em classes intermediárias e nenhuma ocorrência nas classes de precipitação mais elevadas. Porém, essa relação não é clara para nenhum dos dois acumulados (30 e 60 dias), ocorrendo taxas maiores em classes intermediárias e menores em classes de menor precipitação.

Nesse sentido, pode-se dizer que a relação entre acumulado de precipitação e atropelamento de aves na paisagem **Gramíneas e Áreas Urbanas** não foi conclusiva, sendo necessário mais estudos para avaliar esta relação.

Quadro 99 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Moura Brasil.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-10	0,013	0,115	0,004	0,067	0,017	0,132	0,013	0,115	0,004	0,067	0,017	0,132
10-20	0,018	0,135	0,062	0,283	0,080	0,310	0,018	0,135	0,062	0,283	0,080	0,310
20-30	0,054	0,277	0,022	0,149	0,076	0,311	0,054	0,277	0,022	0,149	0,076	0,311
30-60	0,019	0,140	0,019	0,140	0,038	0,196	0,019	0,140	0,019	0,140	0,038	0,196
60-90	0,022	0,150	0,037	0,193	0,059	0,241	0,022	0,150	0,037	0,193	0,059	0,241
90-120	0,019	0,138	0,019	0,138	0,037	0,194	0,019	0,138	0,019	0,138	0,037	0,194
120-150	0,077	0,308	0,029	0,172	0,106	0,400	0,077	0,308	0,029	0,172	0,106	0,400
150-190	0,009	0,095	0,035	0,187	0,043	0,208	0,009	0,095	0,035	0,187	0,043	0,208
190-250	0,064	0,250	0,000	0,000	0,064	0,250	0,064	0,250	0,000	0,000	0,064	0,250
250-300	0,036	0,247	0,012	0,111	0,048	0,269	0,036	0,247	0,012	0,111	0,048	0,269
300-461	0,031	0,177	0,021	0,146	0,052	0,227	0,031	0,177	0,021	0,146	0,052	0,227

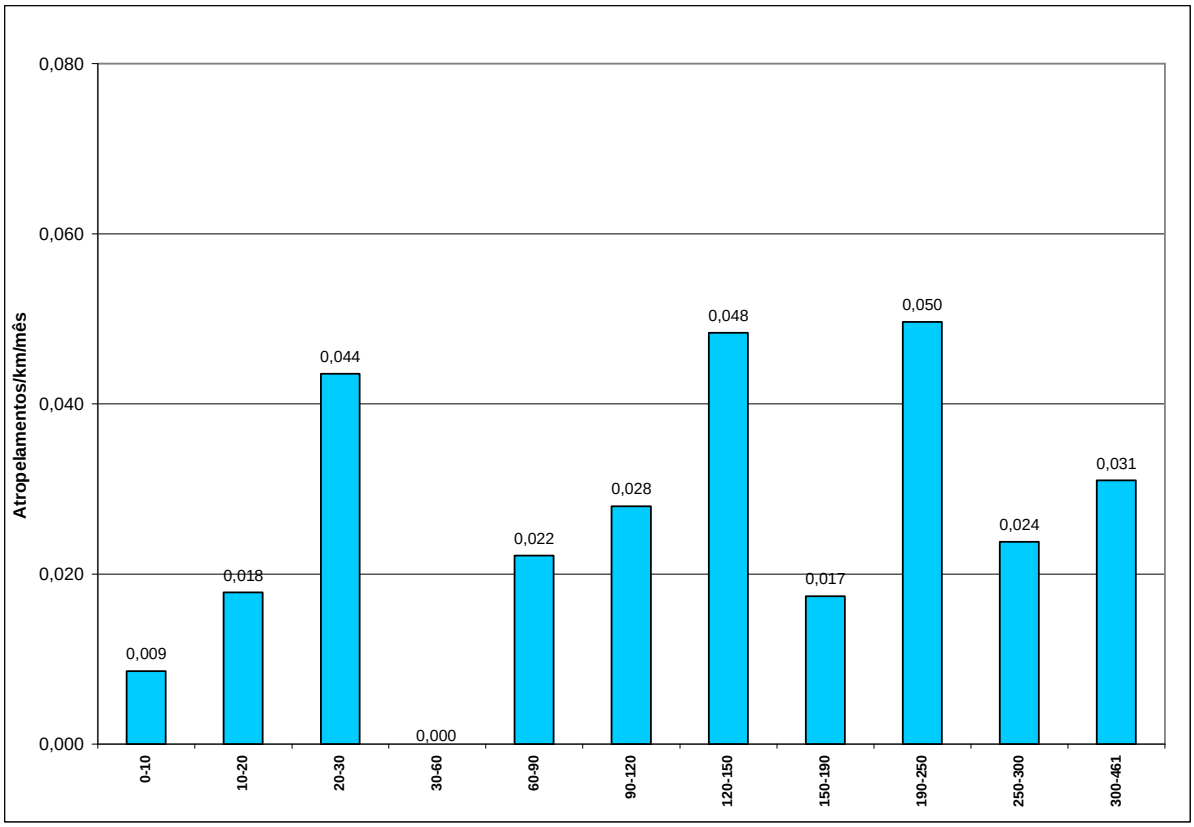

Figura 162 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

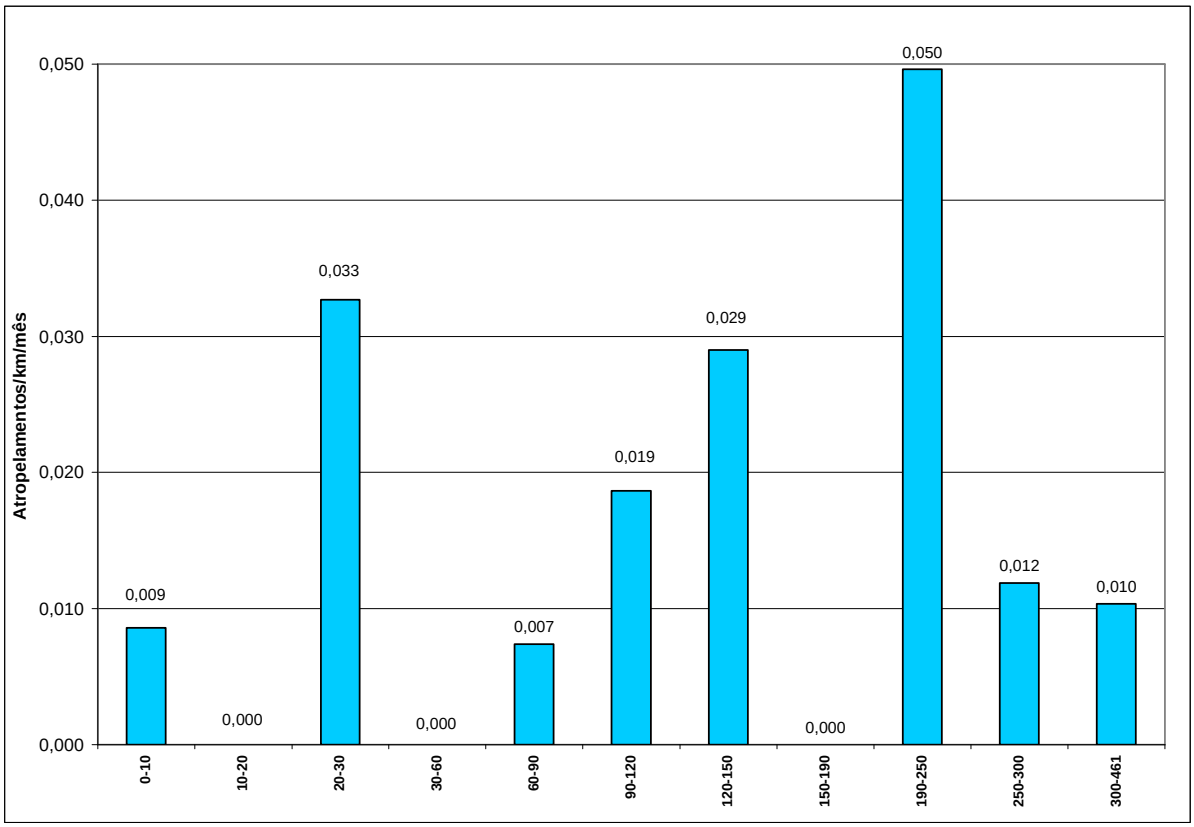

Figura 163 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

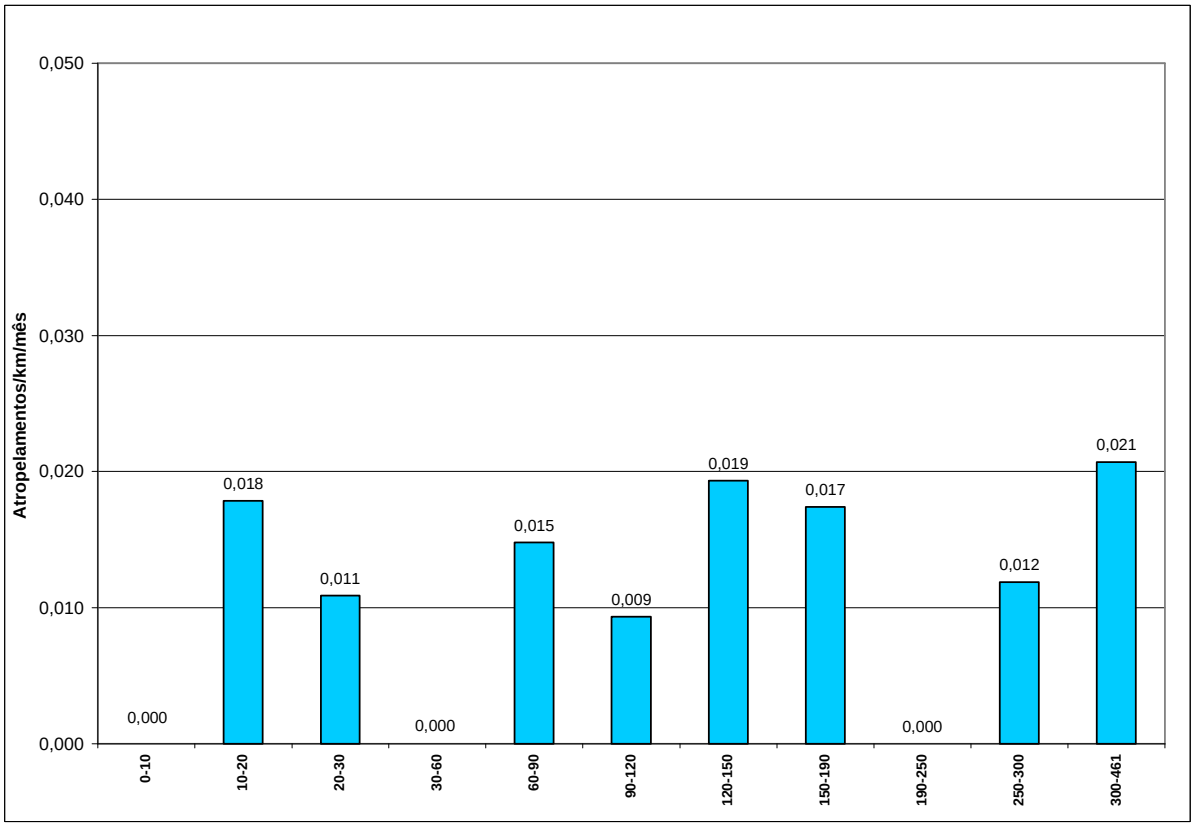

Figura 164 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

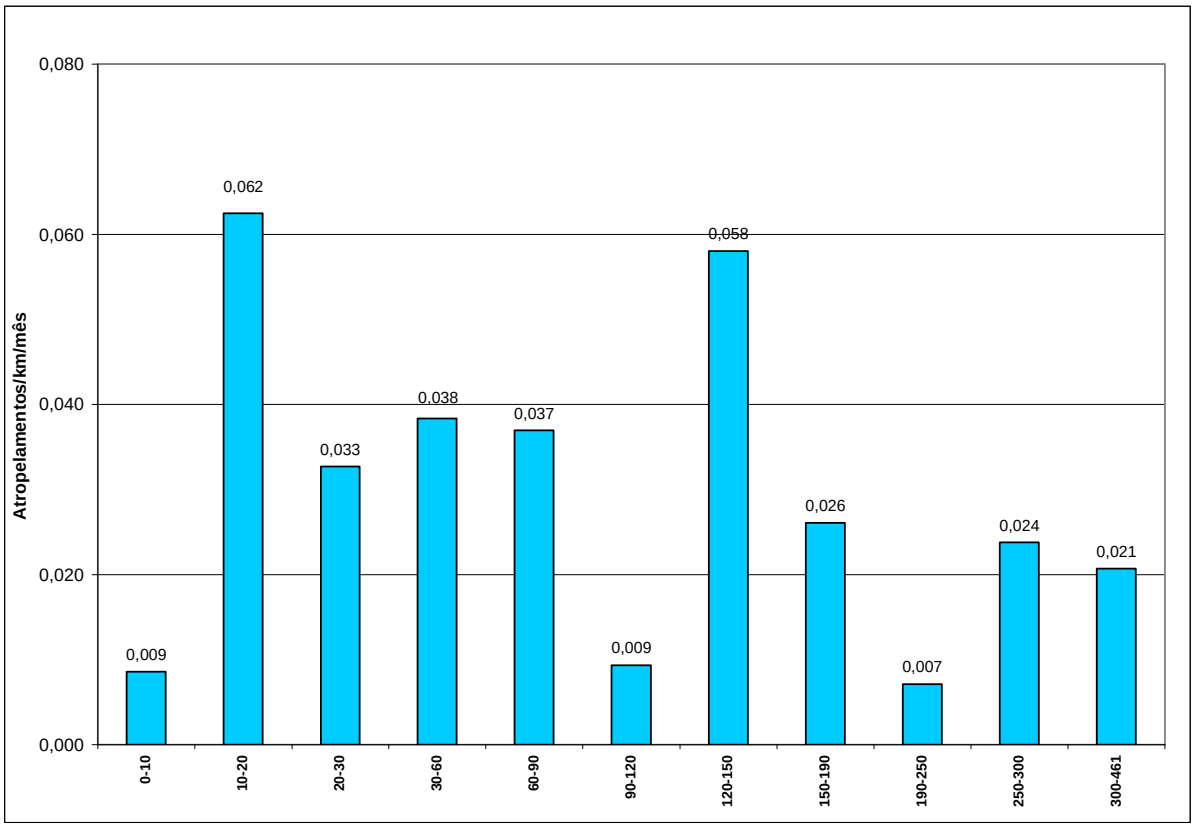

Figura 165 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

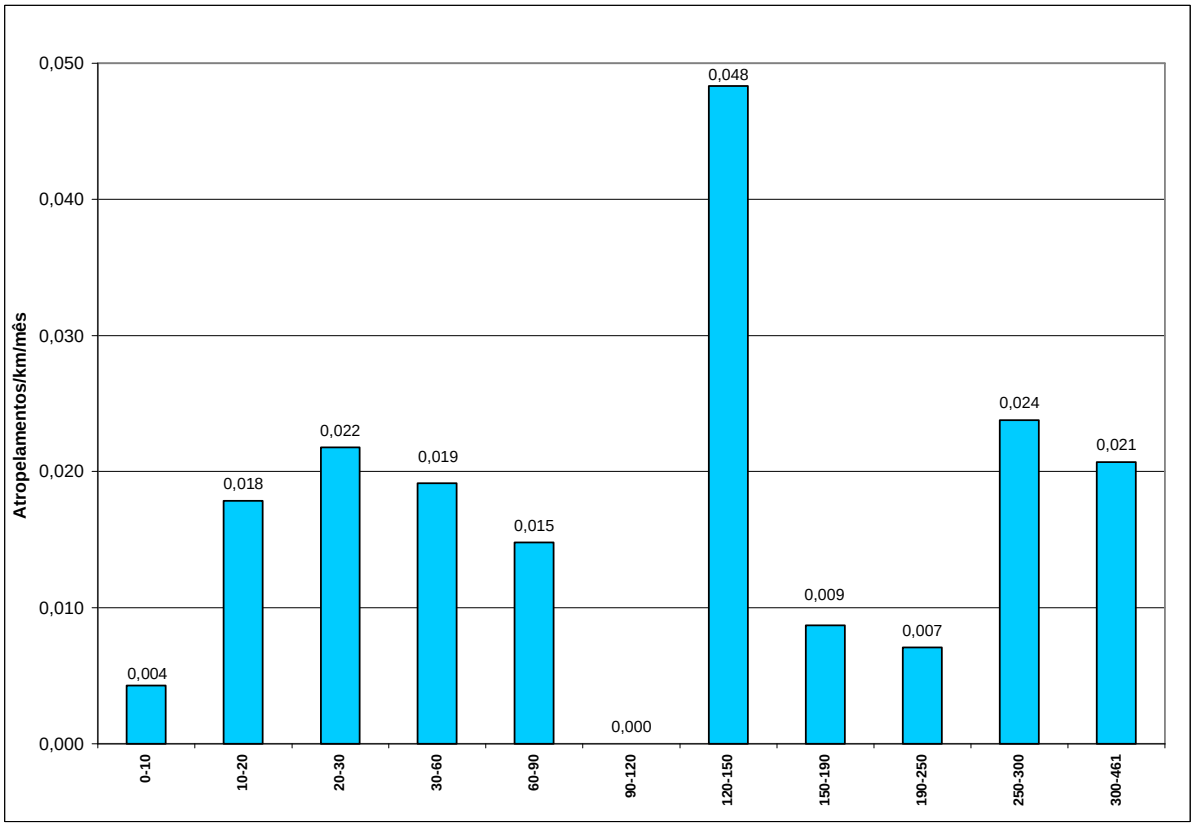

Figura 166 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

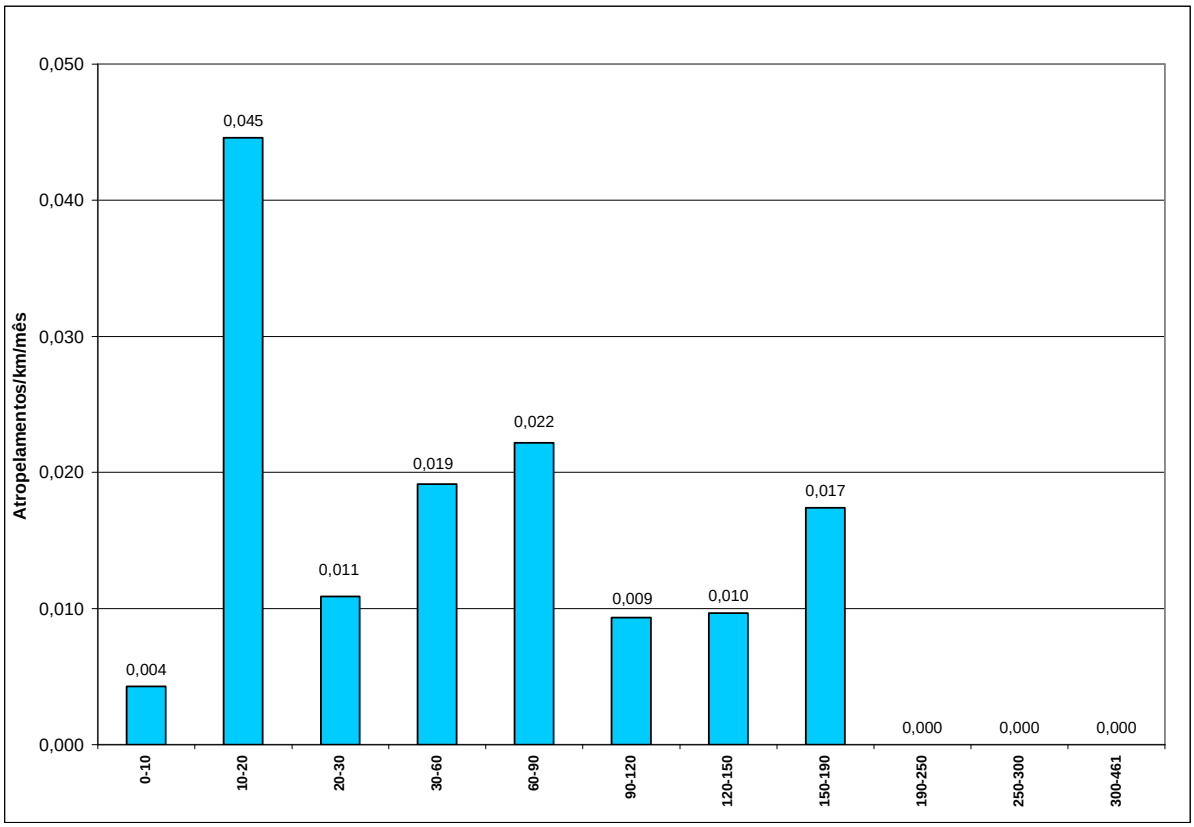

Figura 167 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Moura Brasil.

Quadro 100 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Moura Brasil.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-30	0,004	0,067	0,004	0,067	0,009	0,094	0,000	0,000	0,022	0,176	0,022	0,176
30-60	0,026	0,163	0,013	0,116	0,039	0,198	0,033	0,182	0,007	0,082	0,039	0,198
60-90	0,009	0,094	0,009	0,094	0,017	0,132	0,009	0,094	0,009	0,094	0,017	0,132
90-120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,131	0,033	0,184	0,050	0,224
120-180	0,020	0,141	0,029	0,172	0,049	0,263	0,039	0,198	0,049	0,220	0,088	0,290
180-240	0,039	0,198	0,000	0,000	0,039	0,198	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
240-300	0,009	0,097	0,000	0,000	0,009	0,097	0,009	0,097	0,018	0,136	0,027	0,166
300-360	0,008	0,093	0,000	0,000	0,008	0,093	0,017	0,131	0,000	0,000	0,017	0,131
360-420	0,034	0,187	0,011	0,109	0,046	0,214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
420-480	0,000	0,000	0,024	0,155	0,024	0,155	0,024	0,155	0,000	0,000	0,024	0,155
480-540	0,033	0,183	0,033	0,183	0,066	0,254	0,011	0,107	0,000	0,000	0,011	0,107
540-669	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,281	0,000	0,000	0,046	0,281

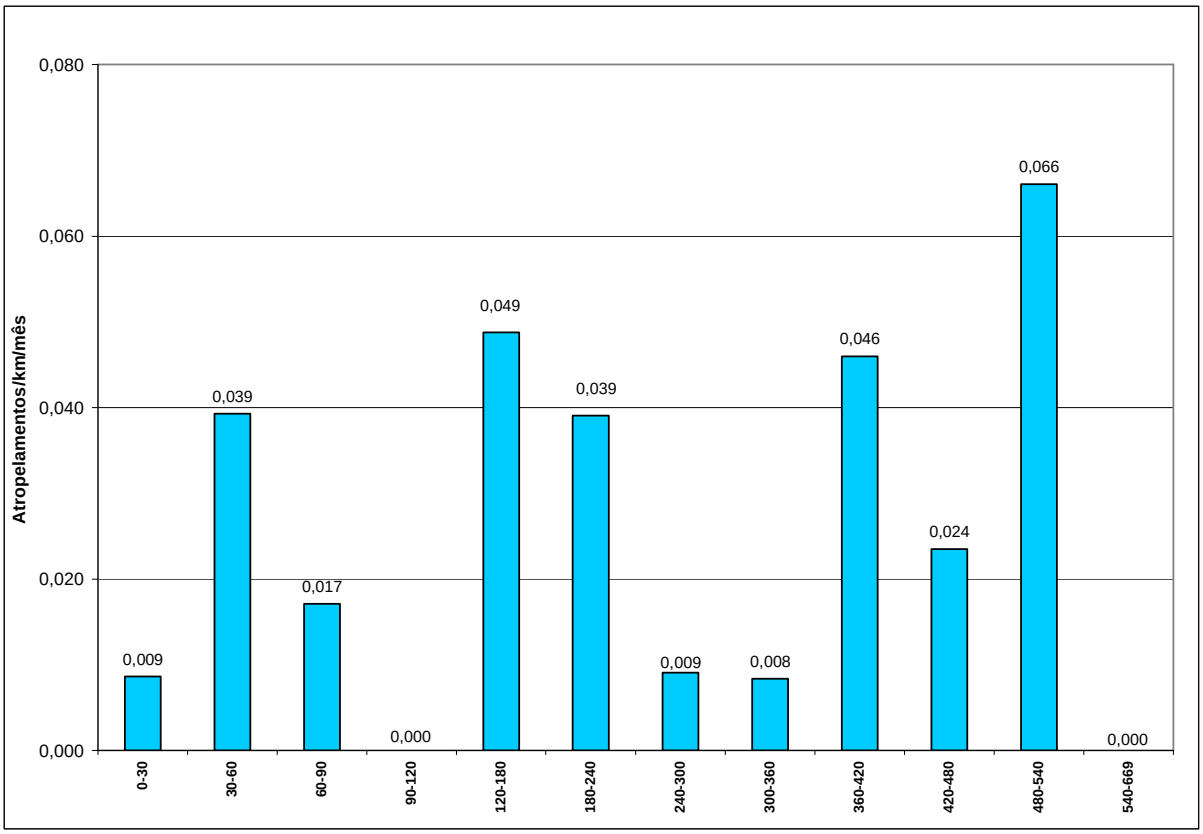

Figura 168 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

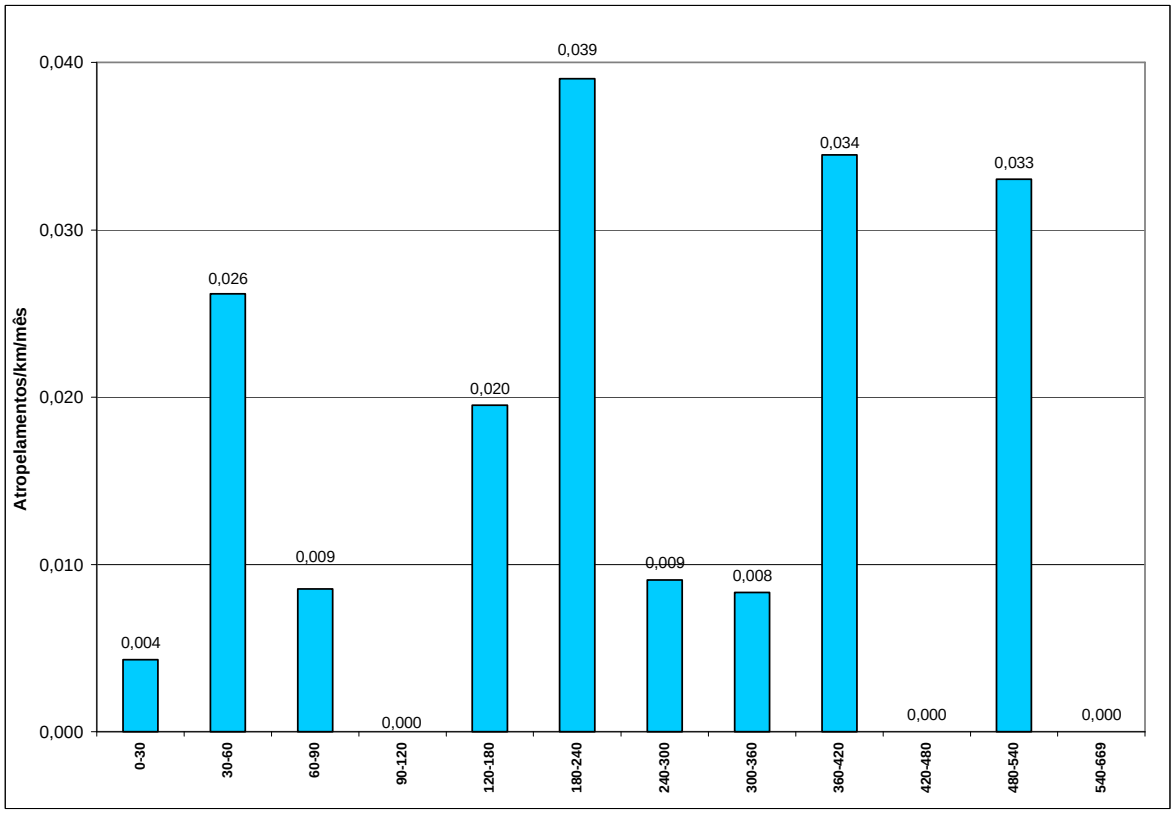

Figura 169 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

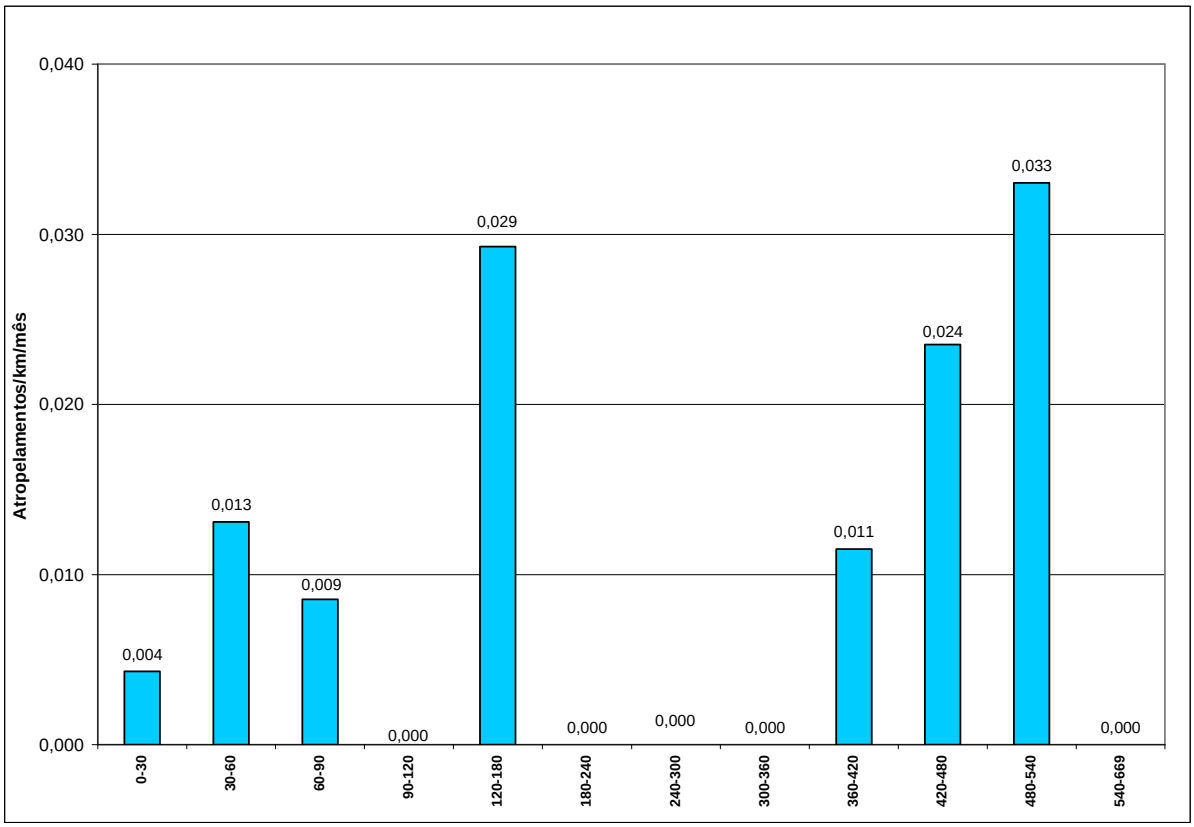

Figura 170 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

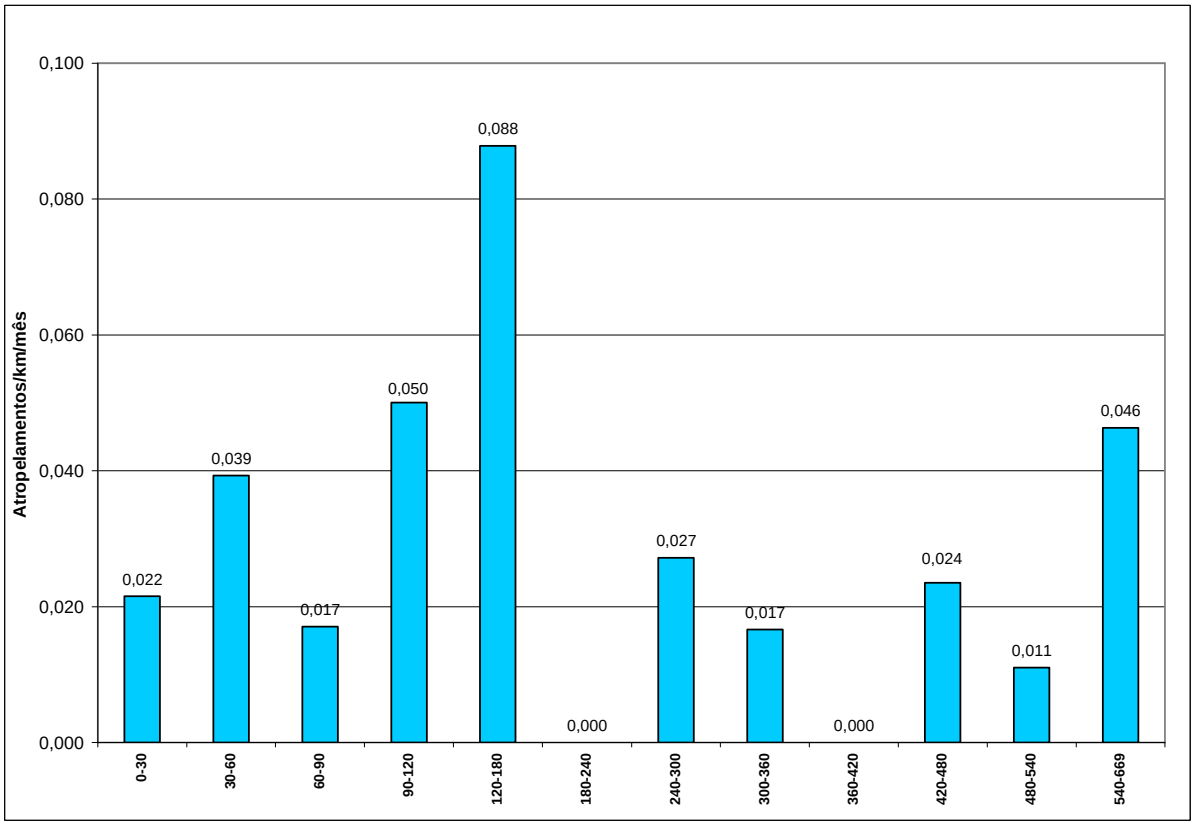

Figura 171 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

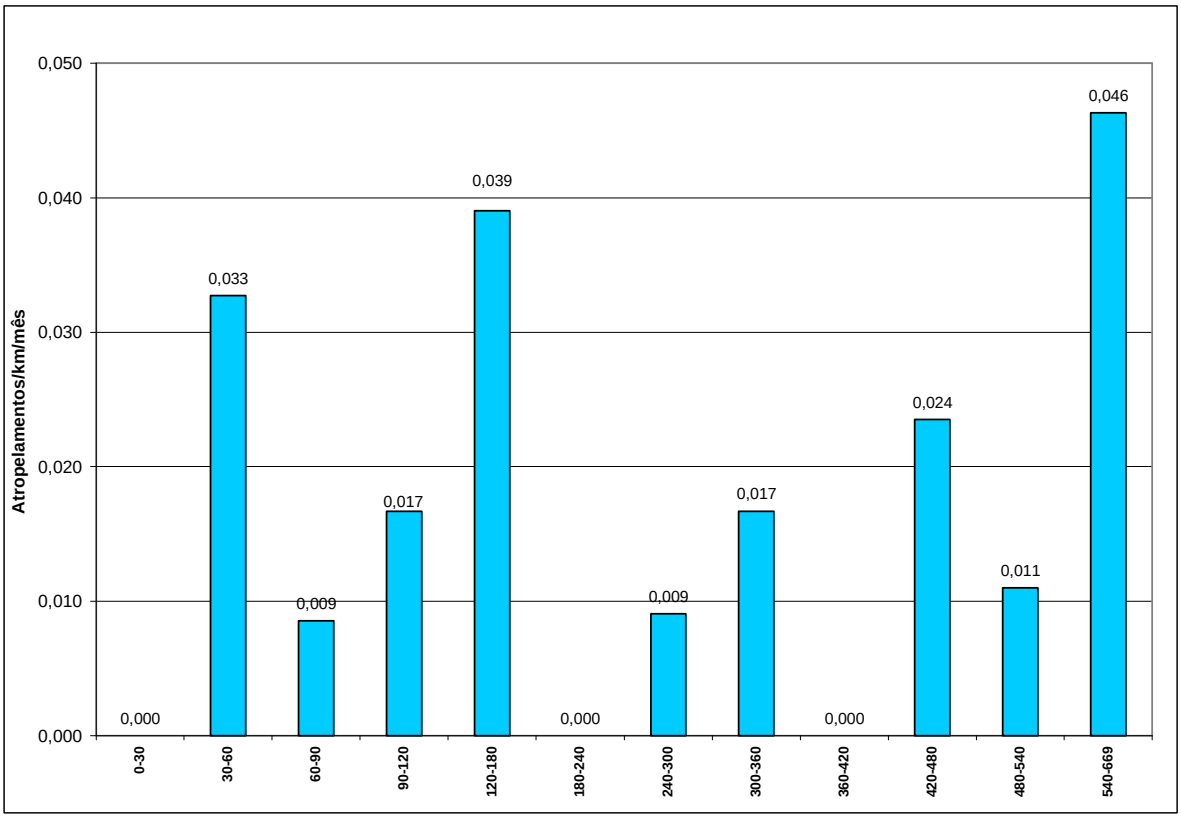

Figura 172 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

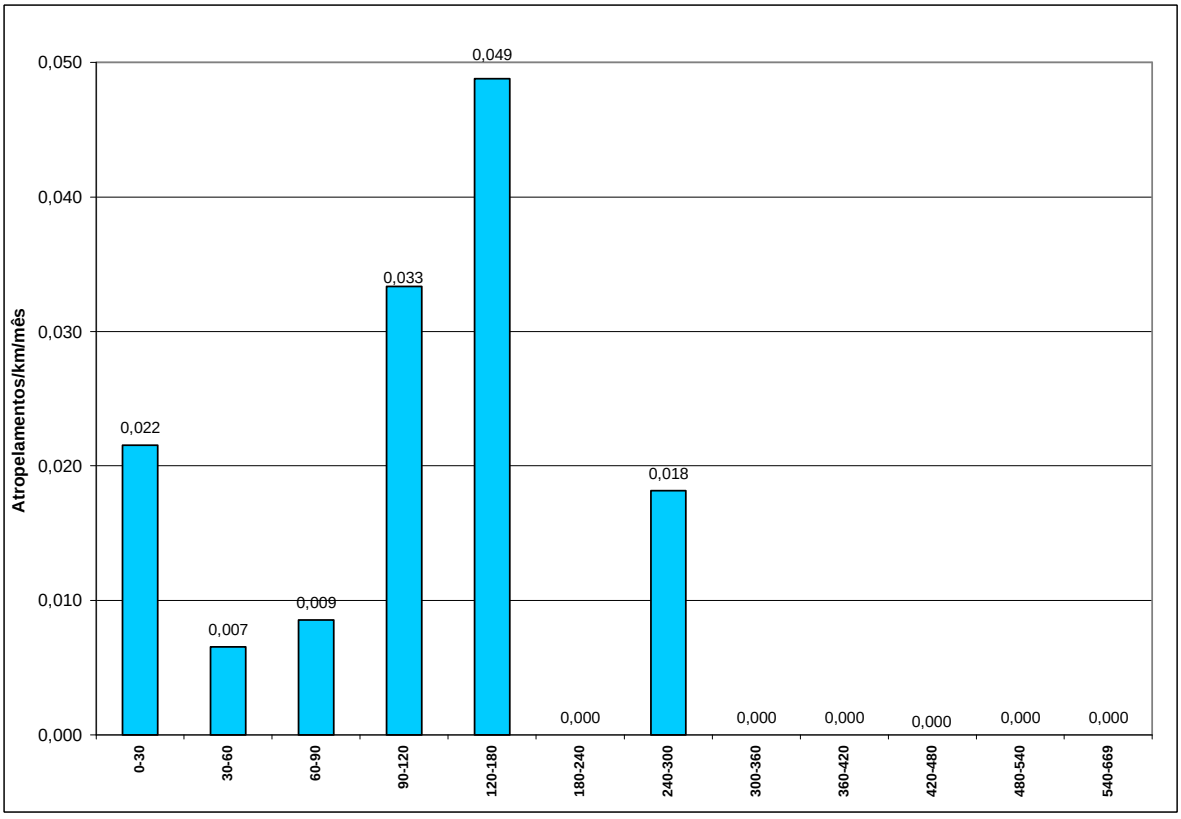

Figura 173 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Moura Brasil.

Novamente o Teste de Tukey corroborou as observações, não mostrando diferenças significativas entre as taxas de atropelamento de mamíferos e aves encontradas na BR-040 e nas duas pistas que formam essa rodovia. Mesmo para as aves na pista sentido Rio de Janeiro, onde se observa uma relação aparente (mas tênue) entre os menores acumulados e os atropelamentos, o teste não mostrou diferenças significantivas (anexos 14.6.66 a 14.6.83).

11.6 Gramíneas e Fragmentos

Para esta paisagem as comparações entre as taxas de atropelamento foram realizadas com a precipitação acumulada na estação Sobraji, situada no interior da paisagem **Gramíneas e Fragmentos**.

Não foram realizadas análises referentes aos répteis.

Os resultados para **Gramíneas e Fragmentos** são distintos de todos os demais recortes de paisagem, sendo semelhante apenas ao resultado descrito para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**. Isto é, na paisagem **Gramíneas e Fragmentos** há uma relação perceptível entre as classes de menor acumulado de precipitação e o aumento das taxas de atropelamento. Isto ocorre para a BR-040 e para as duas pistas, tanto na comparação com a precipitação acumulada em 30, quanto em 60 dias (quadro 101 e 102 e figuras 174 a 179). Porém, vale ressaltar, que a relação percebida para **Gramíneas e Fragmentos** não é tão forte como a relação obtida para o **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, mostrando-se mais n e com variações importantes

Quadro 101 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Sobraji.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-10	0,054	0,239	0,051	0,216	0,105	0,335
10-20	0,056	0,258	0,040	0,193	0,095	0,361
20-40	0,045	0,205	0,076	0,288	0,121	0,343
40-70	0,025	0,154	0,050	0,249	0,074	0,315
70-130	0,062	0,268	0,054	0,223	0,116	0,360
130-160	0,020	0,195	0,049	0,213	0,068	0,285
160-190	0,023	0,148	0,023	0,148	0,046	0,207
190-240	0,000	0,000	0,024	0,150	0,024	0,150
240-300	0,012	0,106	0,035	0,181	0,046	0,207
300-340	0,013	0,113	0,040	0,193	0,053	0,274
340-489,2	0,030	0,169	0,020	0,139	0,050	0,216

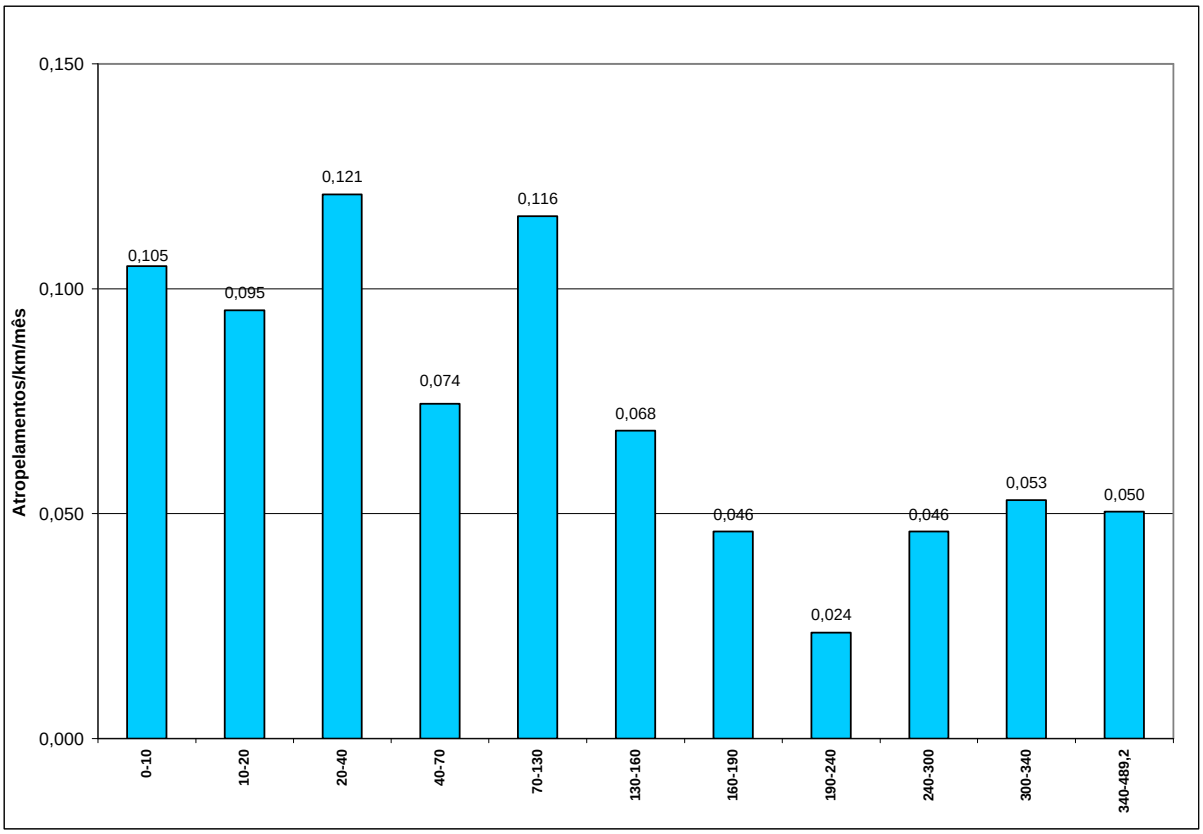

Figura 174 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

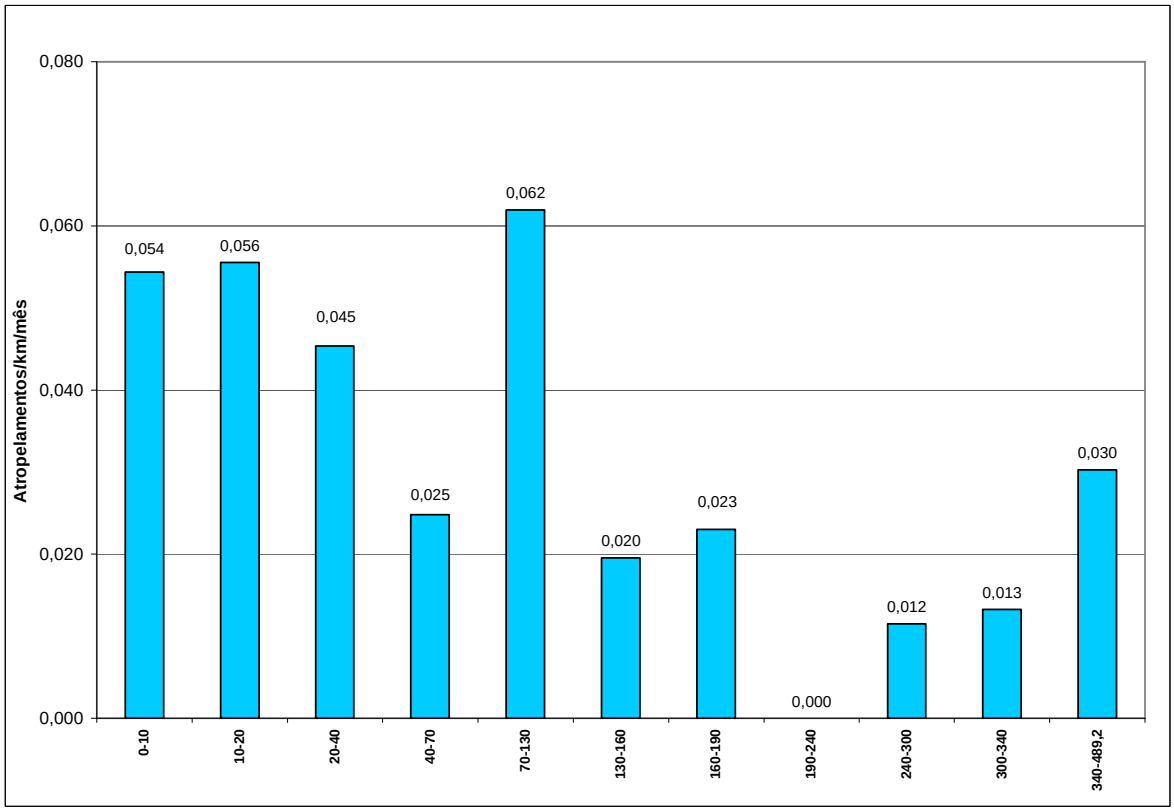

Figura 175 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

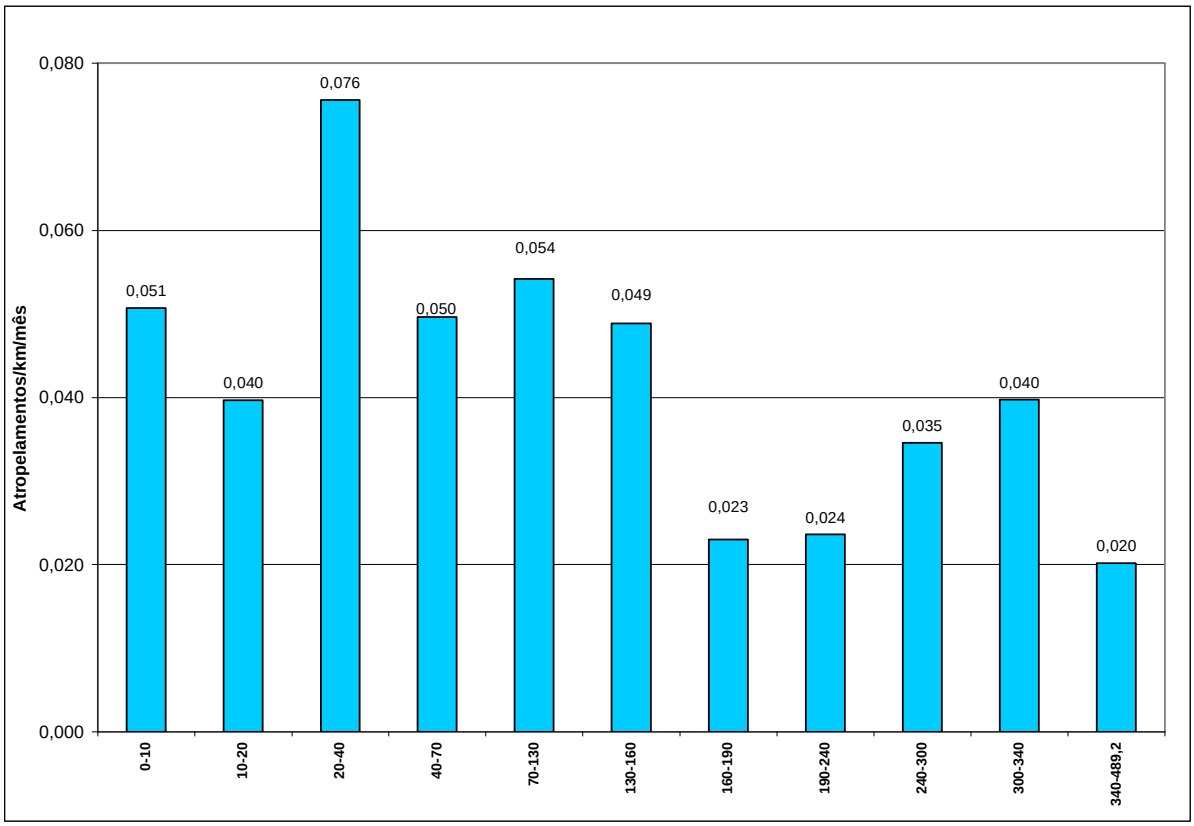

Figura 176 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

Quadro 102 – Taxas médias de atropelamento de animais silvestre no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Sobraji.

Precipitação Acumulada (mm)	Animais Silvestres					
	JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,038	0,188	0,038	0,188	0,076	0,293
20-40	0,095	0,312	0,058	0,231	0,153	0,410
40-60	0,046	0,207	0,115	0,349	0,161	0,393
60-100	0,041	0,242	0,082	0,306	0,124	0,407
100-160	0,010	0,097	0,020	0,137	0,029	0,167
160-200	0,047	0,258	0,047	0,209	0,093	0,325
200-280	0,069	0,292	0,058	0,230	0,127	0,391
280-360	0,019	0,136	0,019	0,136	0,039	0,191
360-400	0,011	0,102	0,022	0,143	0,032	0,175
400-440	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
440-500	0,010	0,099	0,010	0,099	0,020	0,139
500-560	0,012	0,108	0,036	0,184	0,048	0,261
560-922,2	0,033	0,176	0,057	0,230	0,090	0,283

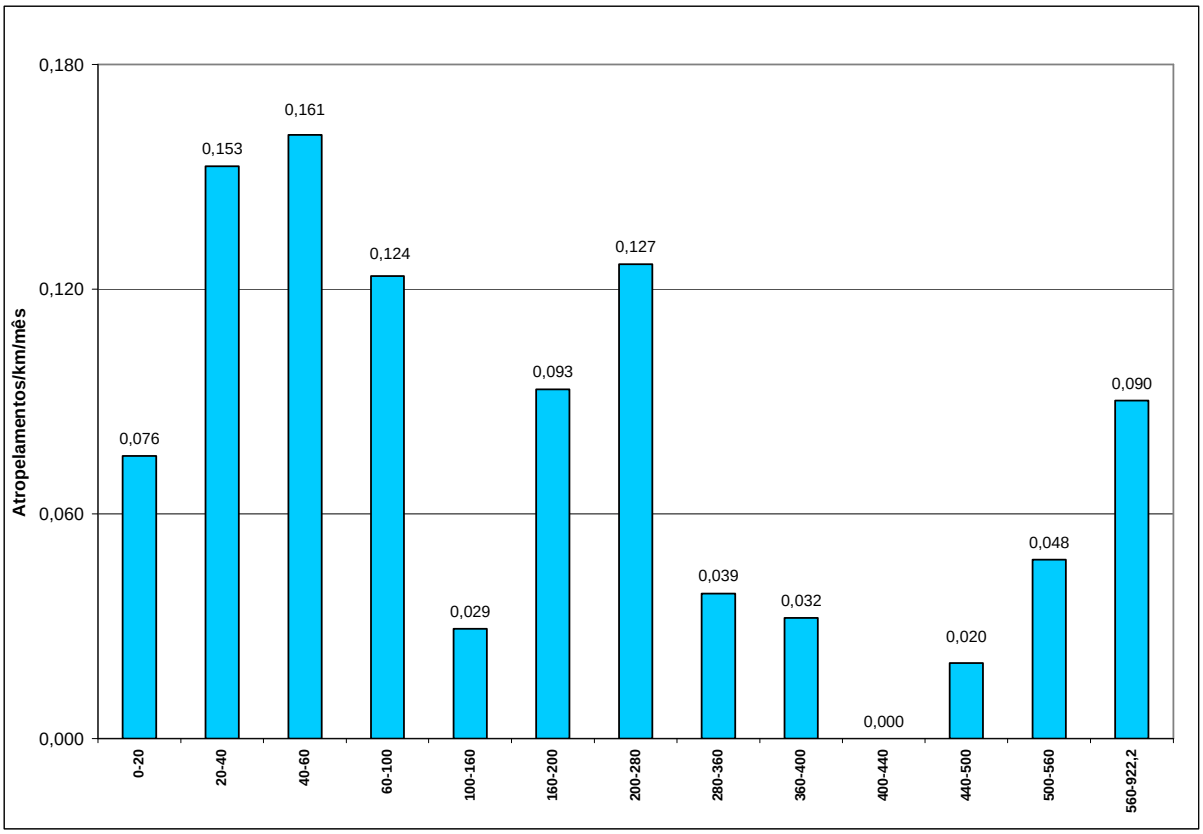

Figura 177 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

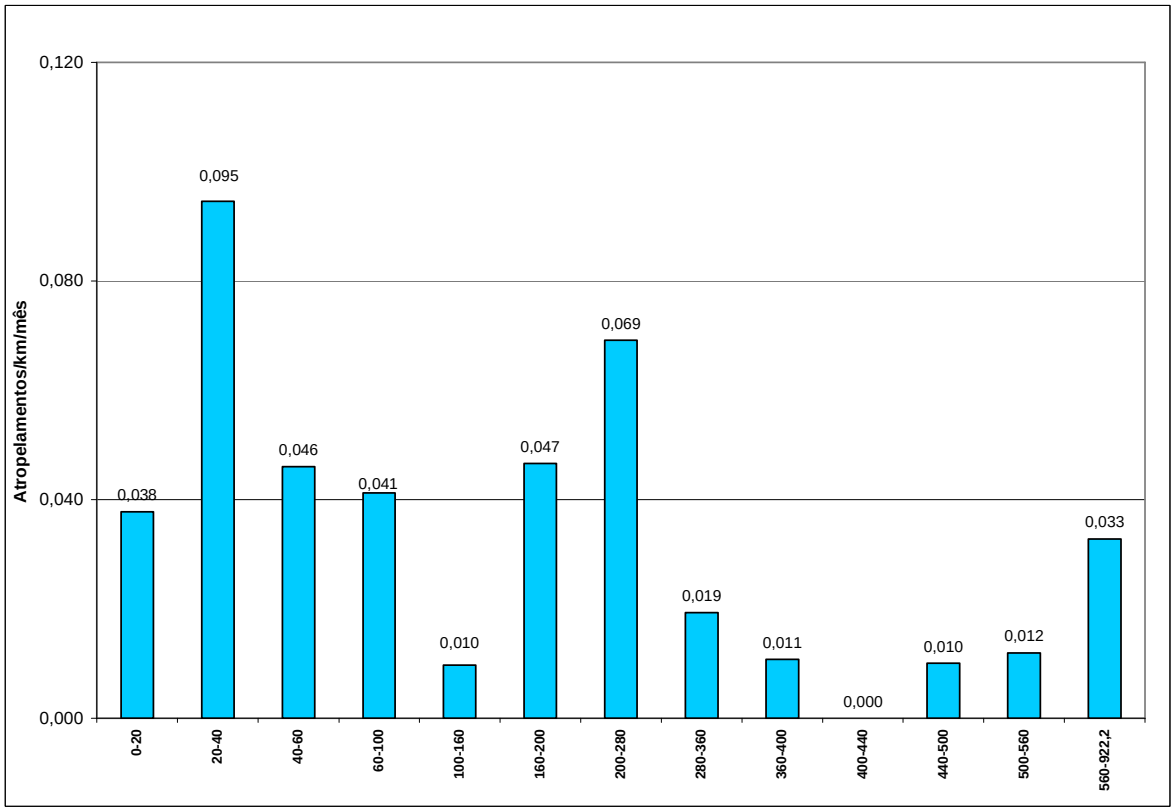

Figura 178 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

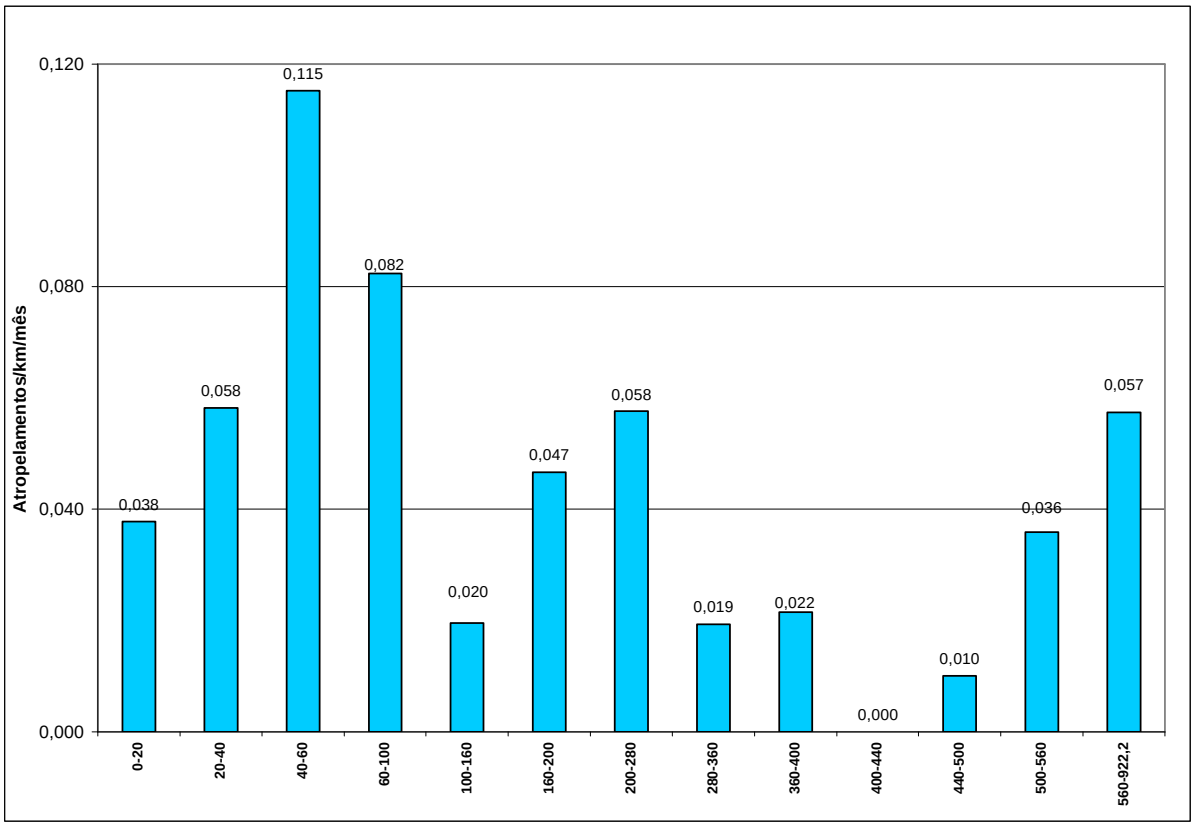

Figura 179 – Taxa de atropelamentos de animais silvestres na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

Gramíneas e Fragmentos se caracteriza por um ICF intermediário nas duas escalas, apresentando totais de floresta relativamente elevados, com destaque para as florestas em Estágio Medio/Avançado de Sucessão Vegetal. Caracteriza-se ainda por uma quantidade expressiva de fragmentos e por uma quase ausência de áreas urbanas, em ambas as faixas e escalas de análise.

Assim, esses resultados corroboram a idéia de que as populações que habitam as florestas apresentam uma movimentação maior quando há períodos secos, necessitando atravessar com mais frequência de um fragmento a outro em busca de recursos.

Inclusive, o fato da relação entre o aumento nas taxas de atropelamento e a redução nos acumulados de precipitação ser mais tênue em **Gramíneas e Fragmentos** do que no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** reforça essa idéia, tendo em vista que a paisagem desse último recorte de paisagem apresenta um nível muito mais elevado de conservação da floresta nas duas escalas de análise.

A despeito de ser perceptível através dos gráficos, os Testes de Tukey, com algumas exceções, não mostraram diferenças significativas entre as taxas de atropelamento separadas por classes de precipitação acumulada, na paisagem **Gramíneas e Fragmentos**,

para as duas pistas e para a BR-040, tanto para 30, quanto para 60 dias de precipitação acumulada (quadros 103 e 104 e anexos 14.6.83 a 14.6.87).

Quadro 103 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji. Em vermelho as diferenças consideradas significativas.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.490062	0.965792	0.309129	0.608724
20-70	0.490062		0.806131	0.044141	0.077975
70-160	0.965792	0.806131		0.151664	0.306802
160-240	0.309129	0.044141	0.151664		0.894084
240-489	0.608724	0.077975	0.306802	0.894084	

Quadro 104 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji. Em vermelho as diferenças consideradas significativas.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.279173	0.976557	0.996836	0.549181	0.976930
40 - 100	0.279173		0.120195	0.163743	0.033979	0.091245
100 - 200	0.976557	0.120195		0.999794	0.888459	1.000000
200 - 360	0.996836	0.163743	0.999794		0.779504	0.999922
360 - 440	0.549181	0.033979	0.888459	0.779504		0.818658
440 - 922	0.976930	0.091245	1.000000	0.999922	0.818658	

Porém, o valor do teste para BR-040, entre a classe de menor precipitação e a segunda classe de maior precipitação acumulada foi muito baixo (0,096288) indicando que as diferenças são quase significativas. O acúmulo de dados que permita uma nova divisão por classes de precipitação, separando mais as classes, pode revelar diferenças significativas.

Além disso, foram encontradas exceções para a pista sentido Rio de Janeiro, tanto para o acumulado de 30, quanto de 60 dias (quadros 103 e 104). Houve diferenças significativas nessas duas análises. Em ambas a taxa de atropelamentos de animais silvestres da segunda classe de menor precipitação acumulada mostrou-se estatisticamente maior que a taxa da segunda classe com maior acumulado. Isto é mais um indício de que a relação observada nos gráficos pode ser real, com maiores taxas de atropelamento nas épocas de estiagem. A continuação dessa pesquisa e o aumento na amostragem de atropelamentos tornará mais fácil o entendimento dessa relação.

Tanto mamíferos como aves apresentaram resultados semelhantes ao observado para o conjunto de animais, com uma tendência, perceptível através dos gráficos, de concentração de atropelamentos nas classes de menor acumulado de precipitaçãos, para ambas as pistas e para os acumulados de precipitação em 30 e 60 dias (quadros 105 e 106 e figuras 180 a 191).

Quadro 105 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 30 dias na estação Sobraji.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-10	0,040	0,210	0,036	0,184	0,076	0,287	0,011	0,102	0,014	0,118	0,025	0,155
10-20	0,032	0,173	0,016	0,123	0,048	0,210	0,016	0,123	0,024	0,150	0,040	0,193
20-40	0,030	0,169	0,060	0,265	0,091	0,308	0,015	0,120	0,015	0,120	0,030	0,169
40-70	0,000	0,000	0,033	0,218	0,033	0,218	0,025	0,154	0,017	0,126	0,041	0,197
70-130	0,031	0,171	0,031	0,171	0,062	0,238	0,031	0,211	0,023	0,149	0,054	0,283
130-160	0,020	0,195	0,020	0,137	0,039	0,236	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
160-190	0,023	0,148	0,012	0,106	0,035	0,181	0,000	0,000	0,012	0,106	0,012	0,106
190-240	0,000	0,000	0,016	0,123	0,016	0,123	0,000	0,000	0,008	0,087	0,008	0,087
240-300	0,012	0,106	0,023	0,148	0,035	0,181	0,000	0,000	0,012	0,106	0,012	0,106
300-340	0,000	0,000	0,040	0,193	0,040	0,193	0,013	0,113	0,000	0,000	0,013	0,113
340-489,2	0,010	0,099	0,000	0,000	0,010	0,099	0,010	0,099	0,010	0,099	0,020	0,139

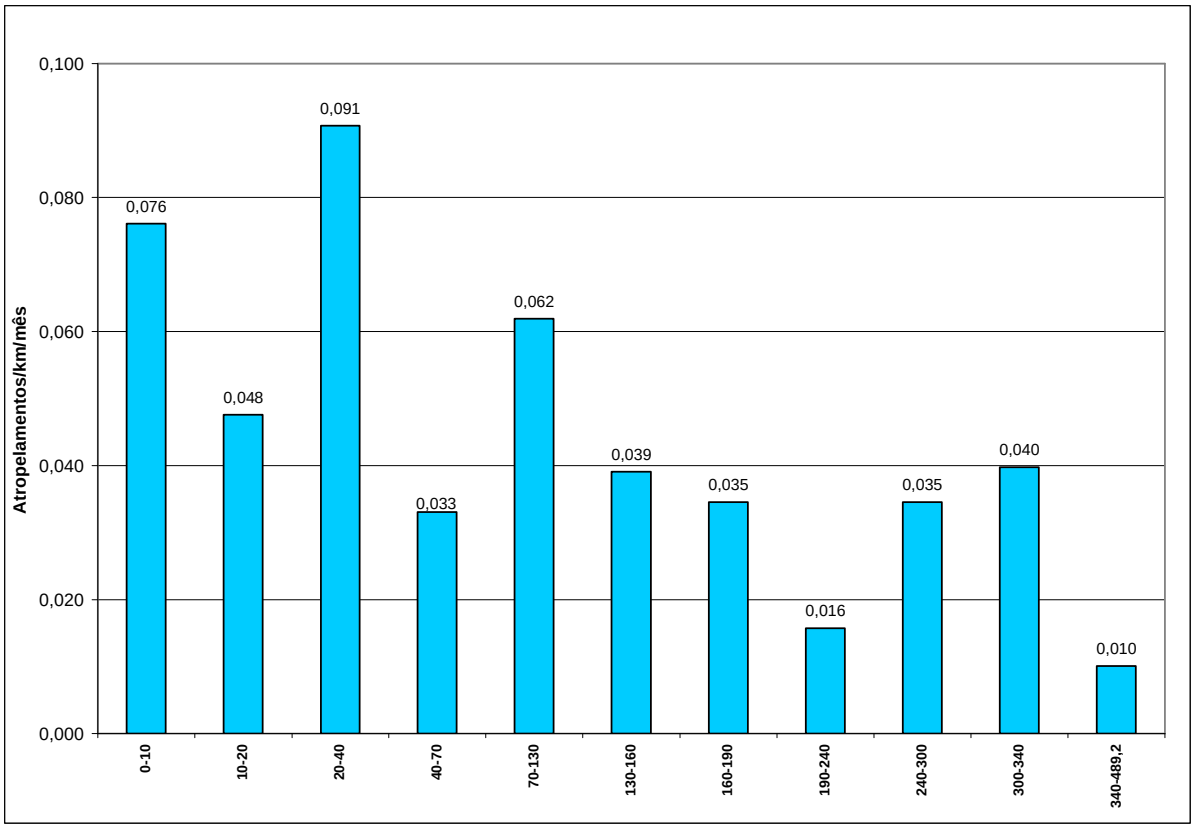

Figura 180 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

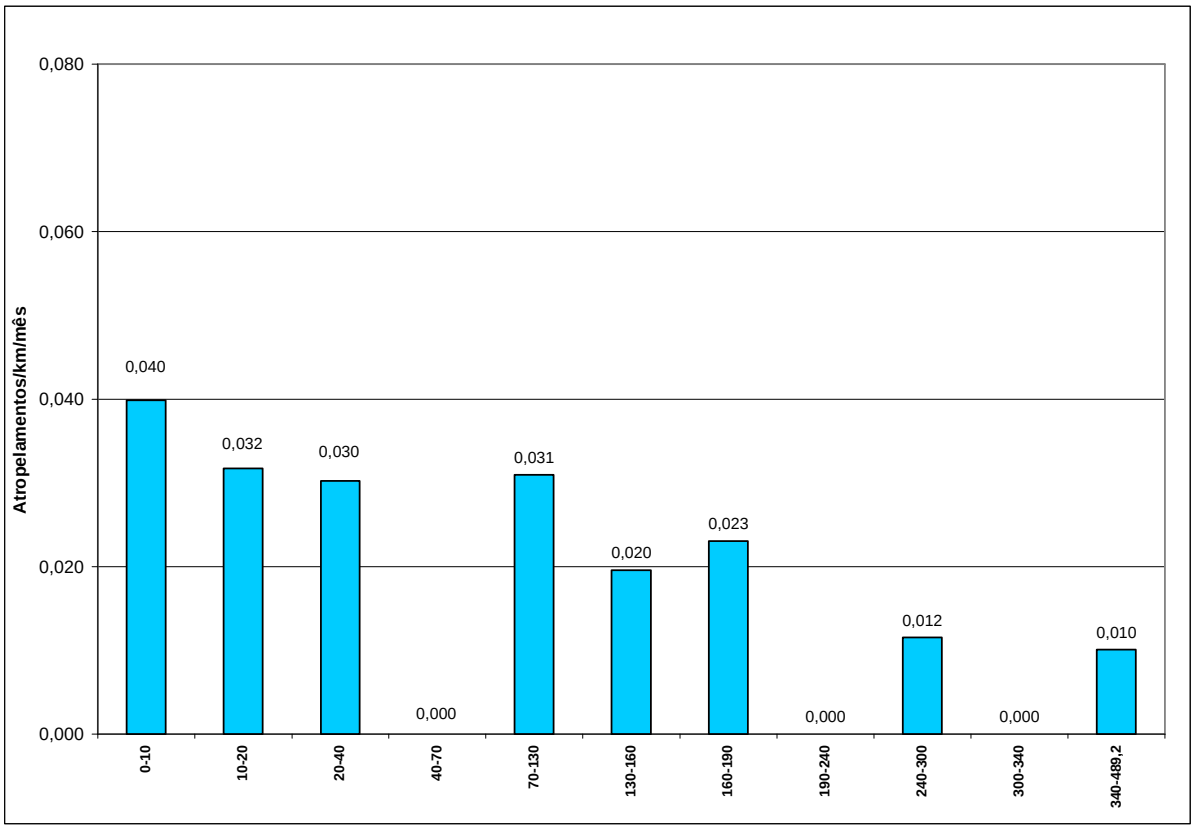

Figura 181 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

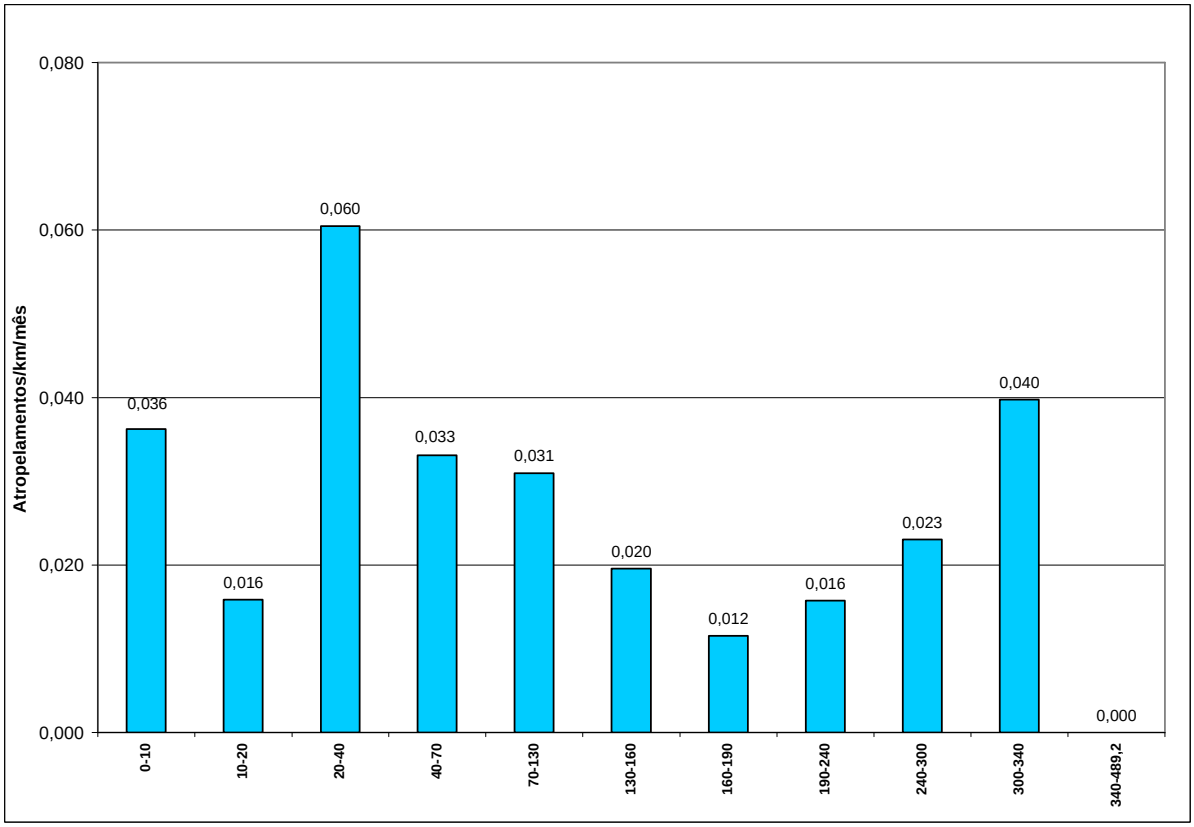

Figura 182 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

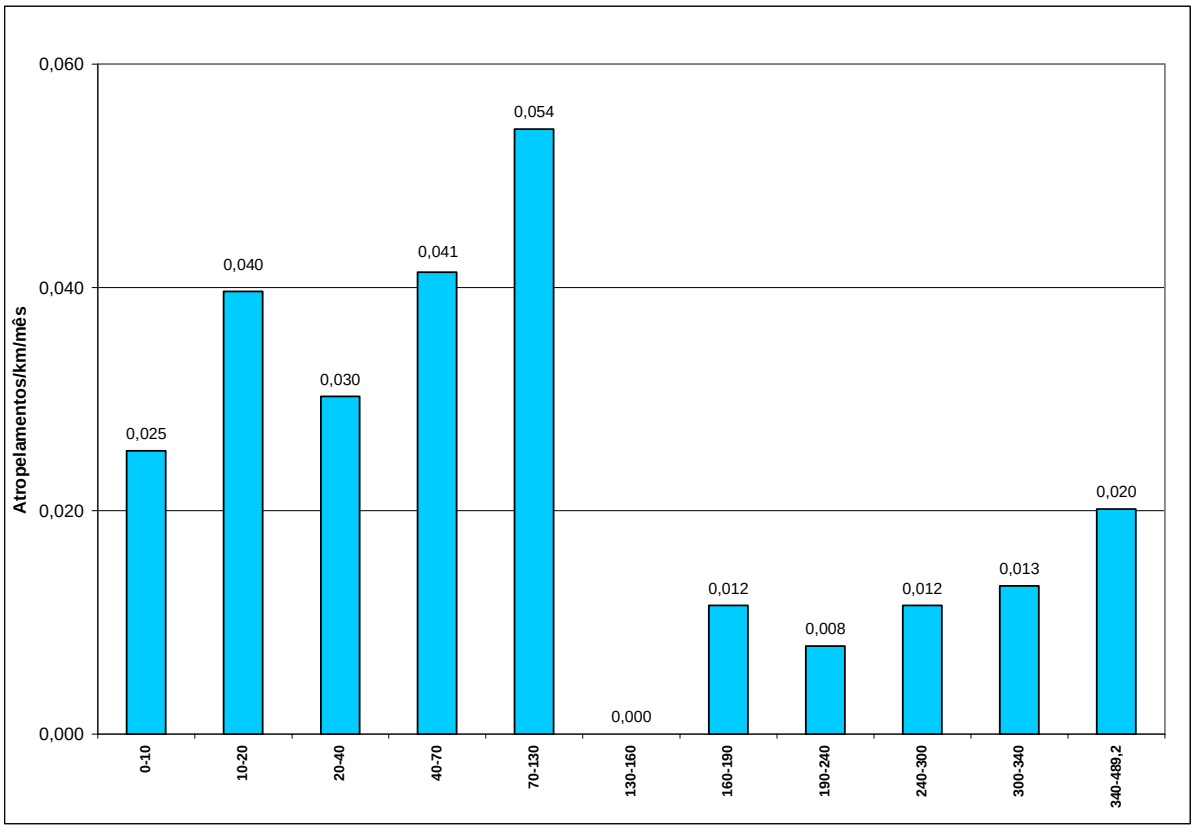

Figura 183 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

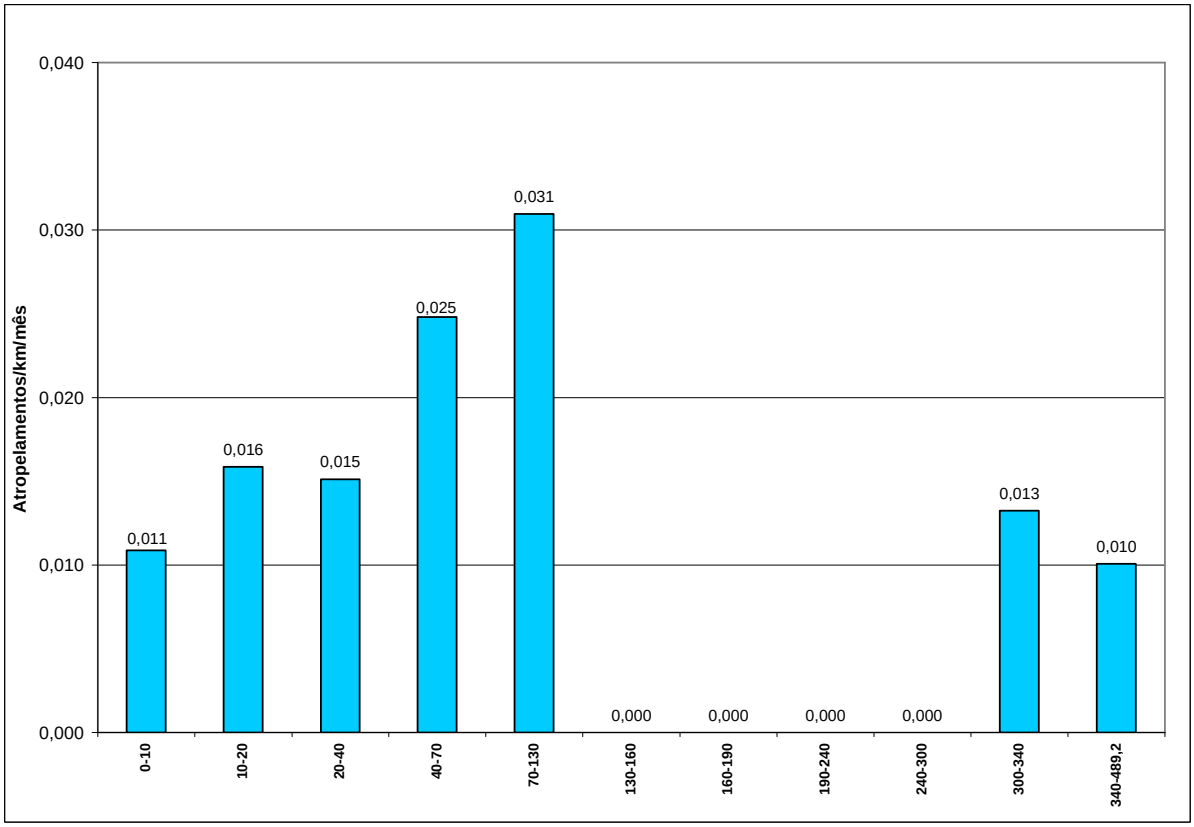

Figura 184 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

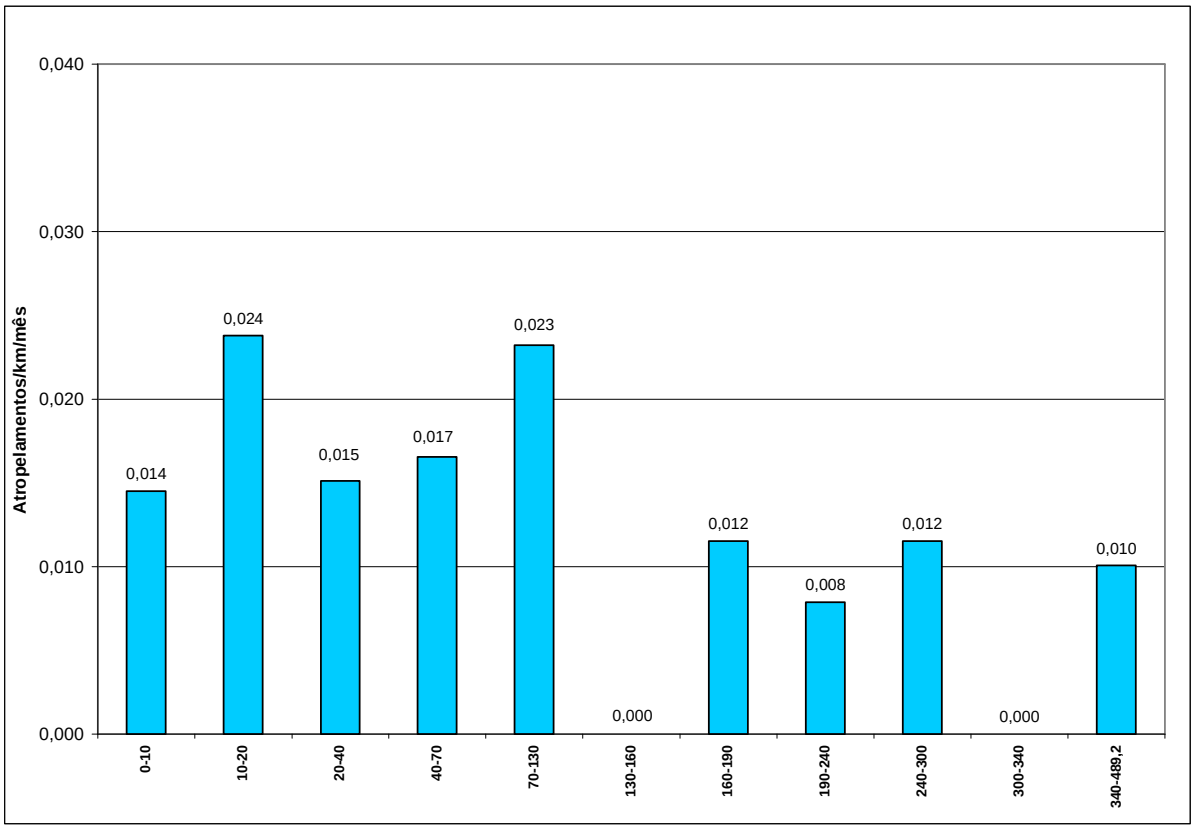

Figura 185 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 30 dias na estação Sobraji.

Quadro 106 – Taxas médias de atropelamento de mamíferos e aves no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, na BR-040, na pista sentido Juiz de Fora e na pista sentido Rio de Janeiro e respectivos desvios padrões, por classes de precipitação acumulada em 60 dias na estação Sobraji.

Precipitação Acumulada (mm)	Mamíferos						Aves					
	JF		RJ		BR-040		JF		RJ		BR-040	
	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s	TA	s
0-20	0,028	0,164	0,028	0,164	0,057	0,247	0,009	0,095	0,009	0,095	0,019	0,134
20-40	0,065	0,244	0,036	0,185	0,102	0,298	0,015	0,118	0,022	0,144	0,036	0,185
40-60	0,023	0,148	0,092	0,323	0,115	0,349	0,023	0,148	0,023	0,148	0,046	0,207
60-100	0,021	0,200	0,062	0,277	0,082	0,338	0,021	0,140	0,021	0,140	0,041	0,196
100-160	0,000	0,000	0,010	0,097	0,010	0,097	0,010	0,097	0,010	0,097	0,020	0,137
160-200	0,035	0,236	0,012	0,106	0,047	0,258	0,012	0,106	0,012	0,106	0,023	0,149
200-280	0,023	0,148	0,023	0,148	0,046	0,207	0,046	0,256	0,023	0,148	0,069	0,329
280-360	0,010	0,097	0,010	0,097	0,019	0,136	0,010	0,097	0,010	0,097	0,019	0,136
360-400	0,011	0,102	0,011	0,102	0,022	0,143	0,000	0,000	0,011	0,102	0,011	0,102
400-440	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
440-500	0,010	0,099	0,000	0,000	0,010	0,099	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
500-560	0,000	0,000	0,036	0,184	0,036	0,184	0,012	0,108	0,000	0,000	0,012	0,108
560-922,2	0,016	0,125	0,033	0,176	0,049	0,214	0,008	0,089	0,025	0,153	0,033	0,176

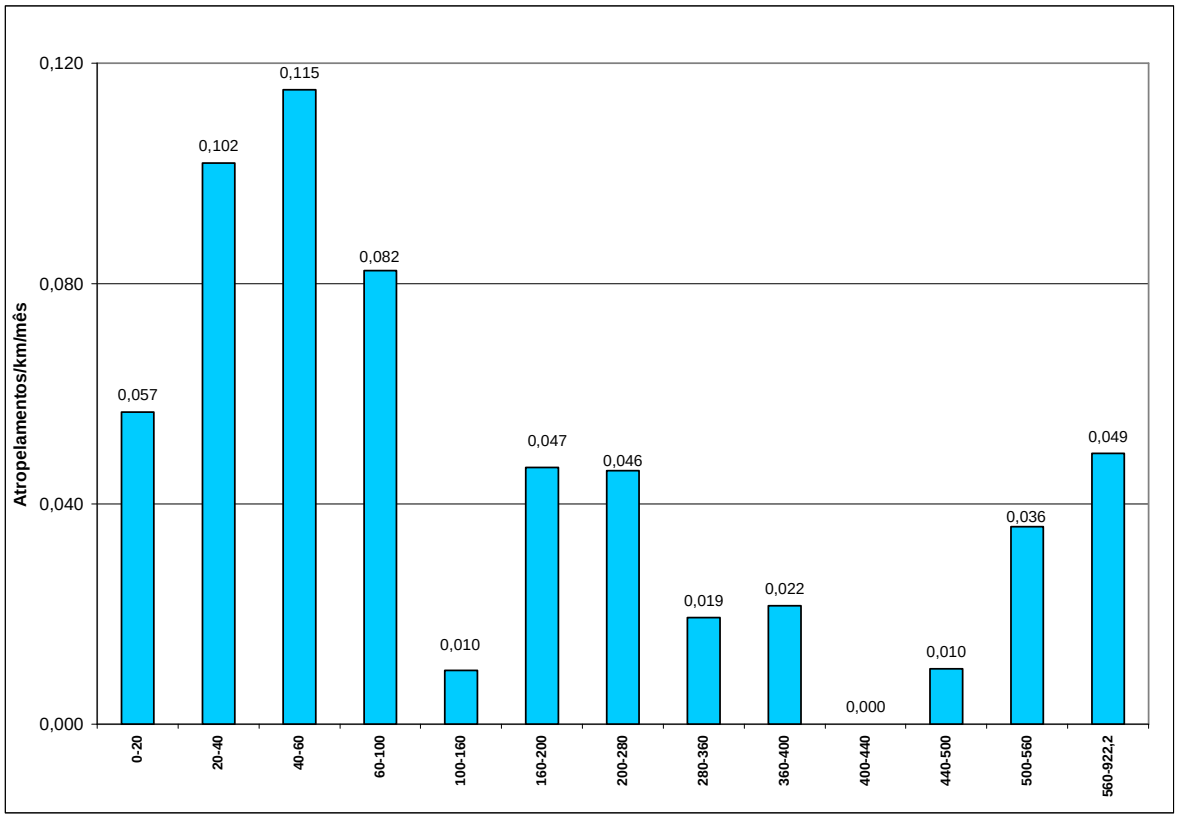

Figura 186 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

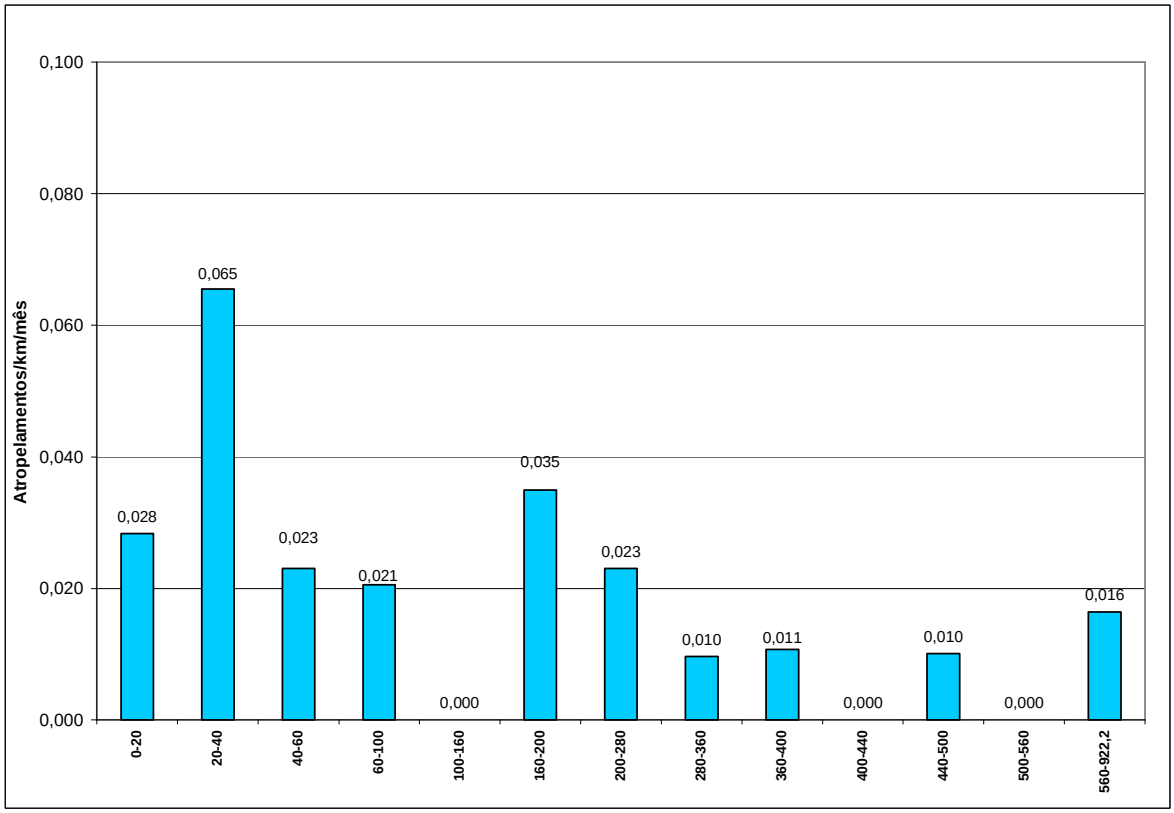

Figura 187 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

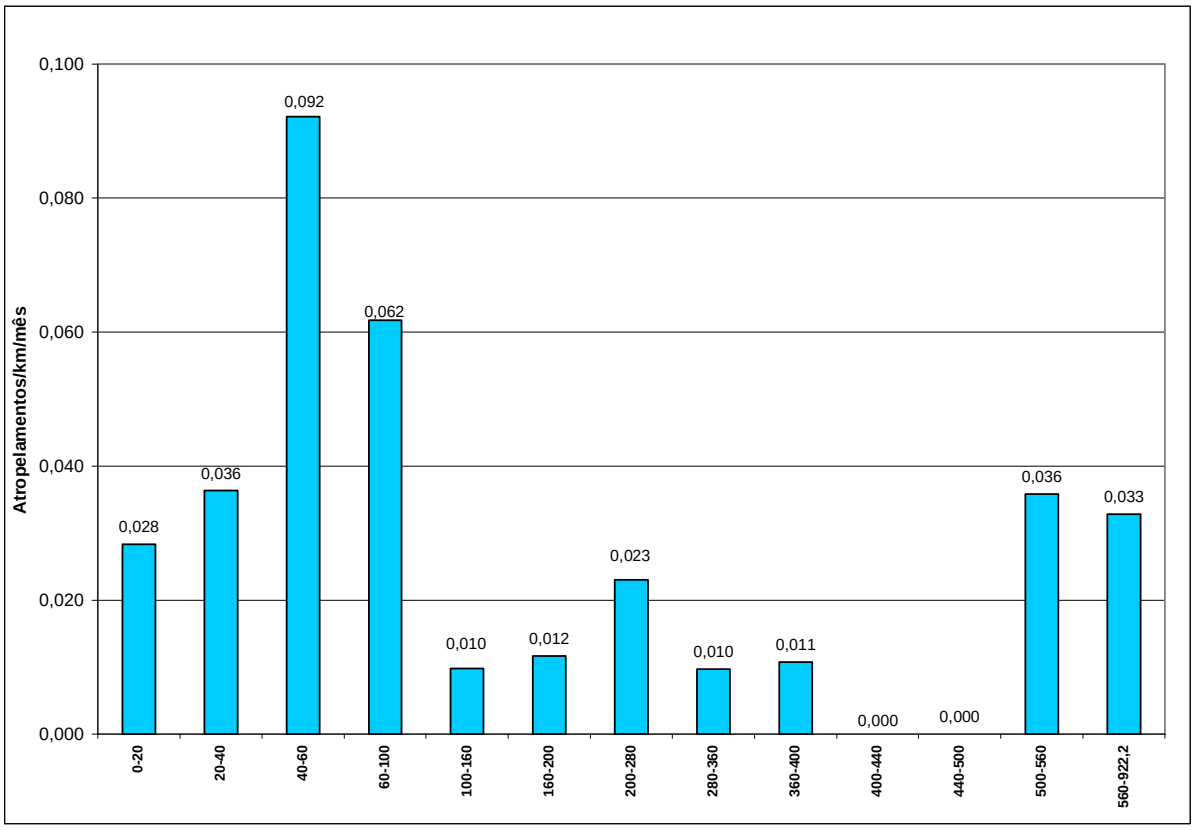

Figura 188 – Taxa de atropelamentos de mamíferos na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

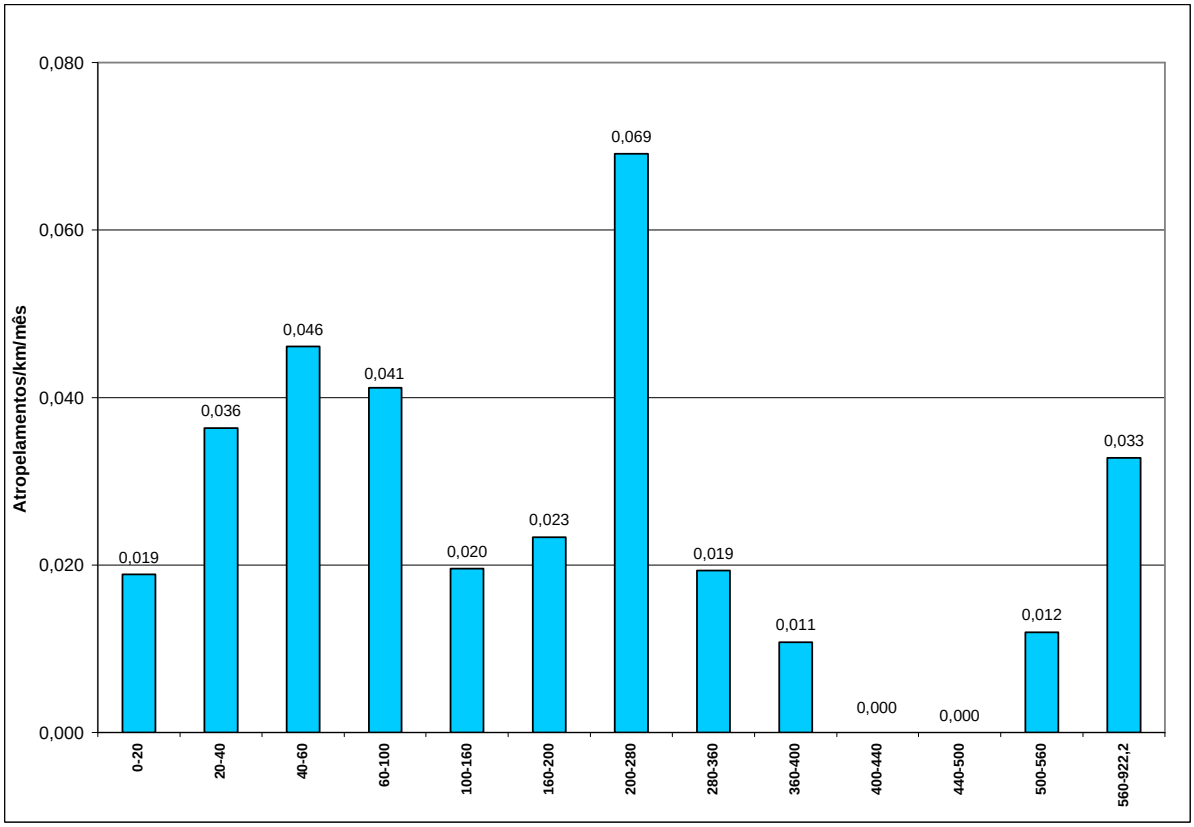

Figura 189 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040, no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

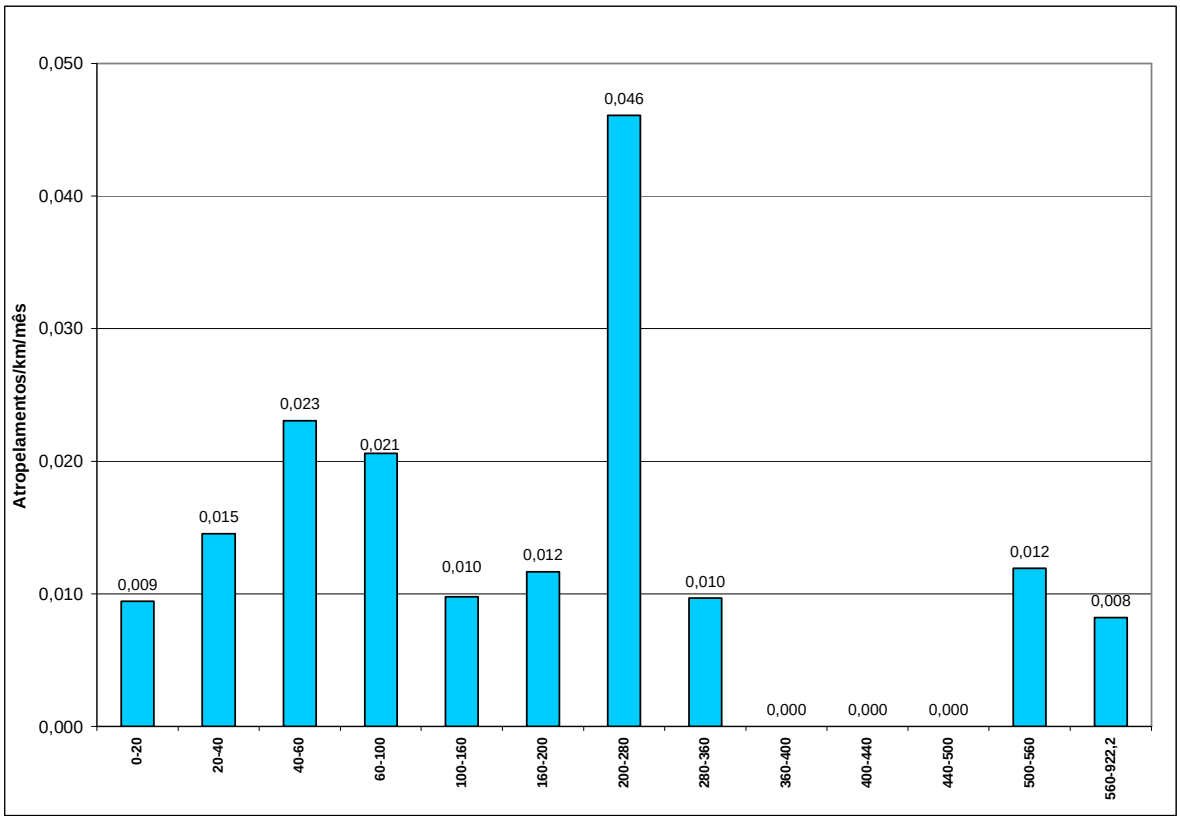

Figura 190 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Juiz de Fora), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

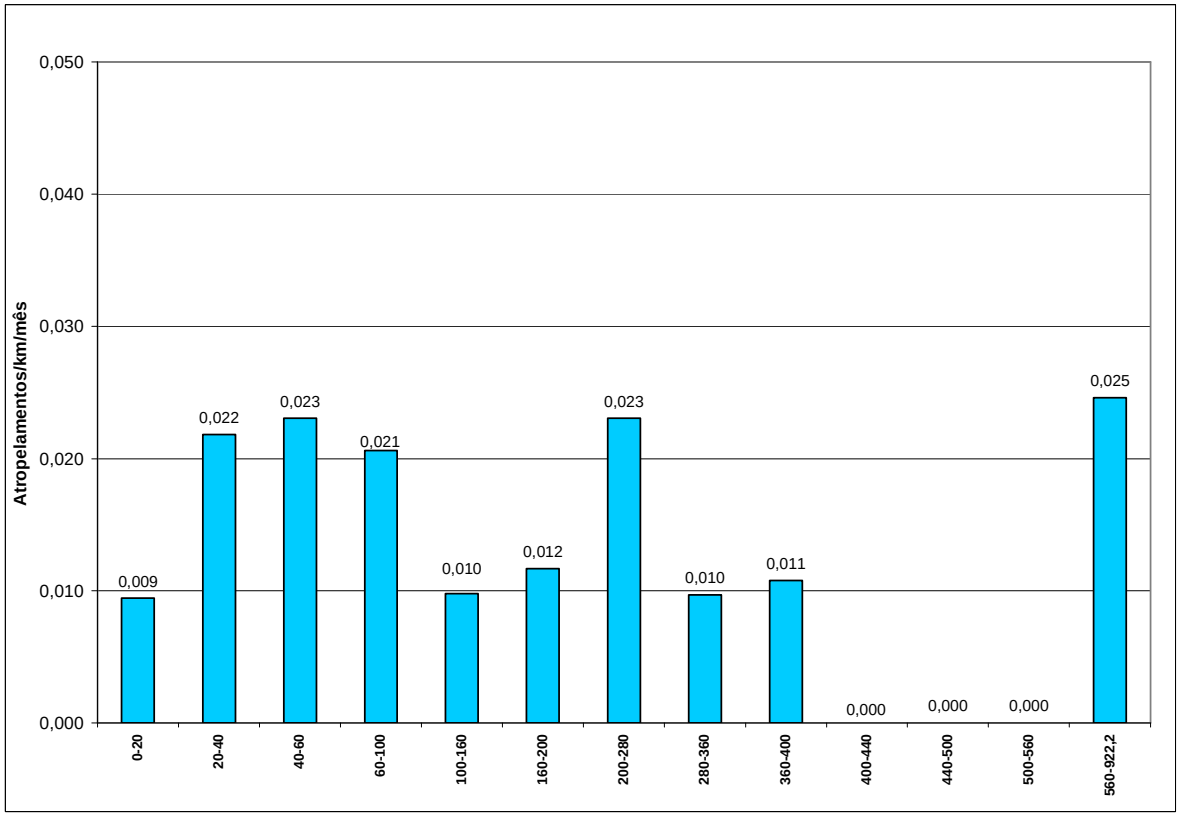

Figura 191 – Taxa de atropelamentos de aves na BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro), no trecho que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada (mm) durante 60 dias na estação Sobraji.

Assim como observado para o conjunto de animais silvestres, os Testes de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos e aves também não mostraram diferenças significativas, indicando que a relação nessa paisagem é realmente mais tênue do que na paisagem onde há maior predomínio de florestas conservadas (anexo 14.6.88 a 14.6.98).

A única exceção ocorreu entre duas taxas de atropelamento de mamíferos obtidas na comparação com as classes de 60 dias de precipitação acumulada (quadro 107). A classe com o segundo menor acumulado de precipitação foi considerada significativamente maior que a taxa da segunda classe com maior acumulado, indicando mais uma vez que há um aumento de atropelamentos com a estiagem, mas que essa relação não é tão direta.

Quadro 107 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.945490	0.324470	0.404021	0.129372	0.308071
40 - 100	0.945490		0.115651	0.147600	0.045434	0.098866
100 - 200	0.324470	0.115651		0.999936	0.965009	0.999971
200 - 360	0.404021	0.147600	0.999936		0.915416	1.000000
360 - 440	0.129372	0.045434	0.965009	0.915416		0.901022
440 - 922	0.308071	0.098866	0.999971	1.000000	0.901022	

O quadro 108 traz uma síntese dos resultados apresentados nesse capítulo.

Quadro 108 – Síntese da relação entre o aumento das taxas de atropelamentos de animais silvestres em função da redução da precipitação acumulada. Em vermelho os resultados de maior destaque, que foram considerados significantes

Paisagem	Características principais	Estação pluviom.	Dias de precipitação acumulada	Taxa de atropelamento											
				Animais silvestres			Mamíferos			Aves			Répteis		
				BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ
B	ICF baixo para duas faixas e elevada proporção de áreas edificadas	Bomba de Imunana	30	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação
			60	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação
S	ICF elevado para as duas faixas, predominância de florestas conservadas e proproção elevada de áreas edificadas no entorno da pista sentido JF	Bomba de Imunana	30	Há relação	Relação tênue	Há relação	Há relação	Relação tênue	Há relação	Há relação	Relação tênue	Há relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação
			60	Relação tênue	Relação tênue	Relação tênue	Relação tênue	Relação tênue	Sem relação	Relação tênue	Relação tênue	Relação tênue	-	-	-
R	ICF elevado para a faixa de 10 km, com predominância de florestas conservadas, e intermediário para a faixa de 0,5 km, com proproção elevada de áreas urbanas	Rio da Cidade	30	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	-	-	-
			60	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Relação tênue	Sem relação	-	-	-

Paisagem	Características principais	Estação pluviom.	Dias de precipitação acumulada	Taxa de atropelamento											
				Animais silvestres			Mamíferos			Aves			Répteis		
				BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ	BR-040	JF	RJ
G	ICF baixo para a faixa de 10 km, com predomínio de gramíneas, e intermediário para a faixa de 0,5 km, com proporção razoável de florestas e de áreas edificadas	Areal Granja Gabi	30	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	-	-	-
			60	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	-	-	-
GU	ICF baixo para duas faixas e proporção	Moura Brasil		Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Relação tênue	-	-	-
				Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Sem relação	Relação tênue	-	-	-
GF	elevada de áreas edificadas (e de gramíneas. ICF intermediário para as duas faixas, com massa relevante de floresta conservada. Mas fragmentação elevada nessa na faixa de 10 km	Sobraji		Há relação	Relação tênue	Há relação	Há relação	Relação tênue	Há relação	Relação tênue	Relação tênue	Relação tênue	-	-	-
				Há relação	Relação tênue	Há relação	Há relação	Relação tênue	Há relação	Relação tênue	Relação tênue	Relação tênue	-	-	-

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa representou uma contribuição ao entendimento das relações entre as rodovias e a paisagem, especialmente no que concerne aos atropelamentos de fauna silvestre, pois trouxe um arcabouço teórico e empírico da geografia para discutir esses fenômenos.

Como resultado dessa abordagem, foi possível estabelecer algumas relações relevantes entre características espaciais e os atropelamentos de animais silvestres, contribuindo para o entendimento desses fenômenos e, consequentemente, para a mitigação dos mesmos.

A primeira contribuição é de carater metodológico e está relacionada à classificação dos tipos de paisagem. O foco em aspectos geomorfológicos, climáticos e de cobertura vegetal e uso do solo possibilitou classificar as paisagens a partir dos aspectos gerais do relevo, da dominância dos ecossistema presentes e dos tipos de impacto a que os mesmos estão submetidos, conforme sugerido por FORMAN & GORDON (1986). Esse procedimento gerou uma divisão da paisagem em tipos que refletiu a variação em parâmetros relevantes para a o problema do atropelamento de fauna, de forma que foi possível encontrar resultados característicos para cada tipo de paisagem.

Outra contribuição metodológica deste trabalho foi o estabelecimento de análises em duas áreas distintas no entorno da rodovia. Este enfoque permitiu perceber que variações na cobertura vegetal e uso do solo e nas métricas da paisagem no entorno mais próximo à rodovia e em uma faixa mais ampla podem ter significados diferentes para os atropelamentos de animais silvestres. Esses resultados apontam para a necessidade de análises em multiplas áreas de entorno da rodovia para entender a relação entre as características da paisagem e os atropelamentos de animais silvestres. E também é importante para a realização de medidas mitigadoras de atropelamentos, cuja localização e definição da ação mais adequada deve considerar as características da paisagem no entorno mais próximo da rodovia e também em uma área mais ampla.

A utilização de métricas de paisagem relacionadas à distribuição espacial dos fragmentos de florestas é outro aspecto metodológico interessante e que deve ser desdobrado, pois apresentou resultados importantes. Especialmente as informaçõpes relacionadas à proporção de florestas, ao tamanho médio dos fragmentos florestais e ao número de fragmentos, que apoiaram a explicação de diversos resultados de atropelamentos de animais silvestres. Trabalhos voltados ao estabelecimento de correlações estatísticas diretas entre esses parâmetros de paisagem e os atropelamentos são um desdobramento relevante da presente pesquisa e podem ser feitos com base nos

dados já levantados, permitindo avançar de modo relevante na explicação causal dos atropelamentos de fauna.

Ainda do ponto de vista metodológico, este estudo permitiu perceber que o Índice de Conectividade Florestal, conforme apresentado por COUTINHO (2011), possui problemas para estabelecer relações com o deslocamento da fauna silvestre na paisagem e, consequentemente, com os atropelamentos dos animais. Estes problemas estão relacionados, sobretudo, à não diferenciação entre as áreas com edificação e as áreas cobertas por gramínea, considerando ambos os tipos de uso do solo como matriz desfavorável. Como as áreas urbanas são barreiras mais efetivas para o deslocamento da maior parte das espécies silvestres em comparação com as gramíneas, há necessidade de alterar a metodologia de elaboração do ICF para considerar essa diferença, sob pena de paisagens distintas quanto à conectividade dos ecossistemas (pelo menos para o deslocamento de animais) serem consideradas semelhantes. Uma vez que a análise de conectividade florestal deve ter como um de seus aspectos relevantes a conectividade para os animais silvestres, a presente pesquisa indica a necessidade de rever a metodologia de cálculo do ICF de modo a diferenciar gramíneas e áreas edificadas no que tnge à se papel como matriz da paisagem nos processos de conectividade florestal.

Representou outra contribuição de método o cruzamento direto entre totais pluviométricos e atropelamentos, por tipo de paisagem, pois essa abordagem, pouco utilizada na literatura, permitiu observar padrões diferentes de resposta dos atropelamentos ao acumulado de precipitação. Avançar nos testes estatísticos, avaliando as correlações diretas entre os acumulados e os atropelamentos é o próximo passo a ser dado.

Entre os resultados alcançados, é importante destacar àqueles que apresentaram significância, mostrando que diferenças na paisagem ajudam a explicar, de forma efetiva, o aumento ou redução de eventos de atropelamento.

Nesse caso, se enquadra à diferença nos atropelamentos de animais silvestres entre os dois tipos de paisagem que representam os extremos para a conservação: **Baixada** e **Corredor de Vegetação da Serra do Mar**, com taxas significativamente maiores neste último tipo de paisagem, onde há predomínio de florestas nas duas áreas de análise (10 km e 0,5 km no entorno da rodovia) e pouca presença de áreas urbanas. Para a pista sentido Rio de Janeiro (que cruza aporção central de um fragmento florestal e passa mais distante da área urbana do município de Petrópolis do que a pista sentido Juiz de Fora) essas diferenças também foram significativas. Estes resultados indicam uma relação positiva entre os ecossistemas conservados e os atropelamentos e negativa entre esses últimos eventos e as áreas urbanas. Correlações estatísticas diretas entre os atropelamentos de fauna silvestre e a proporção de florestas e áreas urbanas nas duas áreas é um desdobramento necessário a este trabalho, para comprovar essas relações.

Ainda em relação ao conjunto de animais silvestres, não foram percebidas diferenças estatisticamente significativas entre as taxas de atropelamento nas quatro estações do ano, em nenhum tipo de paisagem. Porém, as taxas de atropelamento desses animais diferiram significativamente na paisagem mais conservada (do ponto de vista dos ecossistemas florestais) quando classificadas segundo o acumulado de precipitação, havendo aumento da taxa com a redução dos acumulados, indicando maior movimentação dos animais na paisagem nos períodos secos, corroborando observações de ALMEIDA & BUENO (2010). Para os demais recortes de paisagem não foram percebidas diferenças significativas nas taxas de atropelamento de animais silvetres, com a variação dos cumulados de chuva. Assim, percebeu-se que a relação entre os atropelamentos de animais silvestres e a umiade do ambiente é mediada pelas características da paisagem.

Outro resultado importante refere-se as diferenças nas taxas de atropelamento de répteis entre o inverno e a primavera, consideradas estatisticamente significativas, com maiores concentrações nesta última estação. Uma vez que estes animais buscam a rodovia, geralmente, em função dos processos de termorregulação, essa diferença parece estar associada à temperatura na rodovia nessas duas estações. No inverno, o sol não bate em grande parte da estrada, na maior parte do dia, reduzindo a atratividade para os répteis. Na primavera as temperaturas são mais altas e a rodovia passa a receber mais sol, aumentando a atratividade aos répteis. O fato da segunda maior taxa de atropelamento ter ocorrido no verão, que também é uma época quente, reforça essa idéia. Para avançar nessa discussão, é importante buscar as relações diretas entre taxas de atropelamento e a variação da temperatura do ambiente. Uma dificuldade para a execução deste trabalho refere-se aos dados de temperatura, pois as estações meteorológicas situadas no entorno da BR-040, de forma geral, não disponibilizam dados sobre essa variável climática.

Para o atropelamento dos répteis, no que tange à variações espaciais, é relevante a presença de florestas e de grandes corpos d'água, uma vez que as taxas de atropelamento desses animais no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e na **Baixada**, foram significativamente maiores que nas demais paisagens, sendo que neste último caso a maior parte dos eventos ocorreu junto à grandes rios. Avaliações específicas sobre o atropelamento dos répteis e a relação com corpos d'água na BR-040 (que não foram objetivo deste trabalho) são um desdobramento possível desta pesquisa.

As maiores taxas de atropelamento de mamíferos onde há maior proporção de floresta conservada, com fragmentos maiores e mais conectados, tanto nas proximidades da rodovia, como no contexto mais geral, foi um resultado importante do estudo. Isto ocorre, pois a utilização das estradas pelos mamíferos está associada, em grande parte, à locomoção na paisagem entre fragmentos de floresta, atividade que tende a ser favorecida quanto mais florestas houver em diversas escalas. A avaliação desta relação a partir de

testes de correlação entre as taxas de atropelamento e a proporção de florestas é um passo que deve ser dado como sequência deste trabalho.

Uma consequência dessa análise é que a mitigação de atropelamentos, para ser efetiva no que tange à conservação de mamíferos, deve estar voltada para as áreas onde a paisagem é dominada por florestas. Por outro lado, tendo em vista a fragmentação atual das áreas de mata, é muito importante que as medidas mitigadoras não reduzam a conectividade da paisagem, como é comum ocorrer quando telas de proteção são colocadas no entorno de rodovias para evitar os atropelamentos. Como o deslocamento dos mamíferos está relacionado à necessidades de sobrevivência destes animais, a redução na conectividade da paisagem, mesmo que diminua a ocorrência de atropelamentos, pode representar problemas sérios para o forrageamento, para a busca de fontes de água e para o encontro entre parceiros sexuais, acarretando problemas graves às populações de espécies mamíferas que habitam o entorno das rodovias. Nesse sentido, telas protetoras só devem ser colocadas em trechos onde não há possibilidades de atravessamento, como ocorre quando um dos lados da estrada é cercado por afloramento rochoso, por exemplo. Outras medidas podem ser mais efetivas para a conservação das populações silvestres, especialmente a redução da velocidade dos automóveis nos trechos de predomínio de floresta, pois essa ação gera uma diminuição significativa dos atropelamentos (FARMER & BROOKS, 2012). No caso da BR-040, uma redução de velocidade no **Corredor de Vegetação da Serra do Mar** e no trecho **Gramíneas e fragmentos**, onde há taxas mais elevadas de atropelamento, principalmente em épocas secas, seria uma medida favorável.

Outro resultado que se mostrou significativo estatisticamente foi o maior valor nas taxas de atropelamento das aves onde a paisagem na faixa mais ampla no entorno da rodovia apresenta fragmentos bem conservados, mas onde há predomínio de formações abertas no entorno da rodovia, quando comparado à paisagens mais degradadas. A preponderância de aves carnívoras entre as espécies atropeladas e os dados de literatura indicam que as aves vão a estrada, preferencialmente, para se alimentar. Assim, há necessidade de áreas abertas, onde as aves possam caçar. Mas é importante a existência de fragmentos florestais conservados no entorno para garantir a conservação das populações desses animais. Nesse sentido, a mitigação do atropelamento de aves na BR-040 deve se concentrar na porção da rodovia situada no estado do Rio de Janeiro, próximo à divisa entre com Minas Gerais, e no trecho que cruza este estado.

Como explicação geral para esse conjunto de resultado, a presente pesquisa afirma que em ambientes fragmentados como a Mata Atlântica, onde as populações de muitas espécies não vivem apenas nos fragmentos florestais, mas transitam pela paisagem, há uma relação específica entre atropelamentos de animais silvestres e umidade do ambiente. Esta relação é distinta das relações observadas para outros ambientes (onde predominam

atropelamentos em épocas úmidas) e mediada pela presença de florestas. Assim, nas paisagens onde há predomínio de florestas conservadas há uma relação estreita entre atropelamentos de mamíferos e aves e o acumulado de precipitação, enquanto nas paisagens onde há predomínio de geoecossistemas antropizados, esta relação não é observada. Uma explicação desse fenômeno é que, na época seca, os fragmentos florestais têm sua produtividade primária reduzida e, consequentemente, sua capacidade de suporte diminuída. Dessa forma, as populações inseridas nesses fragmentos necessitam maior deslocamento na paisagem para alcançar um número maior de fragmentos e conseguir recursos necessários à sua sobrevivência. Desse modo, cruzam mais vezes a matriz da paisagem, onde estão as rodovias, e são atropeladas de forma mais frequente. Já as populações que vivem parcialmente ou preferencialmente inseridas na matriz da paisagem estão em ambientes sob maior influência humana, onde a redução da umidade não implica, necessariamente, em uma redução de produtividade e de disponibilidade de recursos, de forma que não há, para essas populações, um aumento na movimentação em função da estiagem.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F.D.; PRIST, P.R.; CIOCHETI, G.; RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; PIVELLO, V.R. (2011) Review of the underpass alocation on the highway SP-225, Brotas--SP,, Brazil, and the relationship with wild animals roadkills and landscape structure. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 109.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. S. **De grão em grão o cerrado perde espaço (cerrado – impactos do processo de ocupação)**. Brasília: WWF, 1995. (WWF – documento para discussão)

ALMEIDA, P.J.A.L. 2007. Dimensões Fractais nos movimentos do gambá de orelha-preta, *Didelphis aurita* (Didelphimorphia, Didelphidae). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia- PPGE/UFRJ, Rio de Janeiro. 60p.

ASCENSÃO, F. & MIRA, A. (2006). Impactes das vias rodoviárias na fauna silvestre. Relatório. Final. Évora. 63p

ASCENSÃO, F & MIRA, A. (2005) Spatial patterns of road kills: a case study in southern Portugal. **Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation**. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. pp. 641

ASHLEY, E.P. & ROBINSON, J.T. (1996). **Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point caseway, Lake Eire, Ontário**. Canadian Field-Naturalist 110: 403-412.

AYRES, J.M.; LIMA, D.M. MARTINS, E.S.; BARREIROS, J.L.K (1991). On the Track of de Road: Changes in subsistence hunting in a Brazilian Amazoning village. In: ROBISON, J.G. & REDFORD, K.H (Ed.) **Neotropical wildlife use and conservation**. Chicago. University of Chicago: 82-92.

BAGATINI, T. (2006). **Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da estação ecológica águas emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras**. Disertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília. Brasília, DF. 55 fls.

BAGER, A., PIEDRAS, S. R. N., PEREIRA, T. S. M., HOBUS, Q. (2007). Fauna selvagem e atropelamento - diagnóstico do conhecimento científico brasileiro. In: **Áreas Protegidas.- repensando as escalas de atuação**, Armazém Digital, Porto Alegre, p. 49-62.

BAGER, A. (2006). Avaliação dos impactos das rodovias federais à fauna selvagem no extremo sul do Rio Grande do Sul – Brasil. Projeto Estrada Viva, Universidade Católica de Pelotas, Pelotas. Relatório Técnico.

BARRIENTOS, R.; BOLONIO, L. (2009). The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality. **Biodiversity and Conservation**, vol. 18, nº2, p. 405-418.

BARNUM S. (2004). Identifying the best locations to provide safe highway crossing opportunities for wildlife. IN: **Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation**, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 246-252.

BARROSO, C.R.V.; NOVO,S.P.C.; SILVEIRA,V.R.; MACEDO-SOARES, P.H.M.; WANICK,R.C.; AZEREDO, V.B.S.;;BRITO, F.G.A.;;MACHADO,A.C.M.; CARVALHO, N.B.; MURTA,A.L.S.; FREITAS, M.A.V. (2011). Atropelamento de fauna silvestre na rodovia 319, trecho Porto Velho –Humaitá, Brasil. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 161-163.

BASTAZINI, V.A.G., BAGER, A. (2004). Análise espaço-temporal das taxas de atropelamento de quelônios límnicos em rodovias do sul do Rio Grande do Sul. In **Anais do Ciência e Consciência**, Pelotas.

BEAUDRY, F.; DEMAYNADIER, P. G.; HUNTER JR., D M. L. (2008). Identifying road mortality threat at multiple spatial scales for semi-aquatic turtles. **Biological Conservation** 141:2550–2563.

BECKER, B. K. (2001). Amazônia; construindo o conceito e a conservação da biodiversidade. In: Garay, I, Dias, B. (Orgs.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, P.92-101.

BELÃO,M.; BÓÇON, R.; CHRISTO, S.W.; SOUZA, M.A.M.; (2011). Levantamento de mamíferos atropelados na rodovia br-277, Paraná-Brasil. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 189-190

BENCKE, G.A.; BENCKE, C.S.C. (1999). The potential importance of road deaths as cause of mortality for large forest owls in southern Brazil. **Cotinga**, 11: 79-80.

BJURLIN, C. D. & CYPHER, B. L. (2003). Effects of roads on San Joaquin Kit foxes: a review and synthesis of existing data. Pages 397–406 in IRWIN, C. L.; GARRETT P.; MCDERMOTT, K. P. (Ed.) Proceedings of the 2003 international conference on ecology and transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

BRAGA, R.M. (2009). **Experiências metodológicas e de implementação de monitoramento e medidas mitigadoras de atropelamento de fauna**. Comunicação pessoal. Workshop – Empreendimentos Lineares Rodoviários e seus Impactos por Atropelamento na Vida Silvestre. Rio de Janeiro.

BRUINDERINK, G.W.T.A. & HAZEBROEK, E. (1996). Ungulate traffic collisions in Europe, **Conservation Biology**. 10: 1059-1067.

BRUM, T.R.; FILHO, M.S.; CANALE, G.R.; CAMILO, L.H.A. (2011). Comparações de mortalidade de mamíferos atropelados em rodovias em área antropizada (MT-358) e Terra Indígena Paresi (MT-235). **Anais do Road Ecology Brasil**, pp. 173-174.

BUENO, C; SOUSA, C.O.M.; FREITAS, S.R (2011). Atropelamento de capivaras (*Hydrocheris hidrochaeris*) e sua relação com a paisagem no entorno da rodovia BR-040. **Anais do Road Ecology Brasil**, pp. 129-142.

BUENO, C & ALMEIDA, P.J. (2010). Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). Revista Brasileira de Zoociências, vol.12 (3): 219-226.

BUENO, C.; FREITAS, L.E.; COUTINHO, B.H. (2009). **Padrões de fragmentação florestal e suas relações com os atropelamentos de fauna silvestre: o caso da BR-040**. In: **IV Simpósio Internacional de Meio Ambiente**. Anais... Rio de Janeiro.

CAMARGO, B.M.; MAZIM, F.D.; GARCIAS, F.M; PETRUZZI, V.M. (2011). Variação sazonal e espacial de vertebrados silvestres atropelados em três rodovias do bioma pampa, sul do Brasil. **Anais do Road Ecology Brasil**, pp. 143-156.

CAPEL, H. (1981). Filosofía y ciencia en la Geografía contemporânea. Una introducción a la Geografía. Barcelona: Editorial Barcanova, S.A. 509 p.

CARR, L.W; POPE, S.W.; e FAHRIG, L. (2000). Impacts of landscape transformation by roads. In: K.J. Gutzwiller (ed.) **Concepts and applications of landscape ecology in biological conservation**, Springer-Velag. Nova York.

CARR, L.W. & L. FAHRIG. 2001. Impact of road traffic on two amphibian species of differing vagility. **Conservation Biology** 15: 1071-1078.

CARVALHO, F & MIRA, A (2011).Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. **European Journal of Wildlife Research** 57:157–174.

CARVALHO, N.S. ; CARDOSO, T.R; FREITAS, S.R.; BAGER, A. (2011). Efeitos de rodovias na cobertura florestal – um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Anais do Road Ecology Brasil**, pp. 61-62.

CASTRO JÚNIOR, E; COUTINHO, B. H.; FREITAS, L. E. (2009). Gestão da Biodiversidade e Áreas Protegidas. In: **Abordagens Geográficas das Unidades de Conservação**. Guerra, A. T.; Coelho, M. C. N (org). Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 25-65.

CLEVENGER, A. P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON; K. E. 2003. Spatial Patterns and Factors Influencing Small Vertebrate Fauna Road-Kill Aggregations. **Biological Conservation** 109: 15-26.

COELHO, I.P.; KINDEL, A.; COELHO, A.V.P. (2008). Roadkills of vertebrate species on two higways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. **Eur. J. Wildl. Res**. 54: 689-699

COLINO-RABANAL, V.J.; LIZANA, M.; PERIS, S.J.(2011). Factors influencing wolf *Canis lupus* roadkills in Northwest Spain. Eur. J. Wildl. Res. v. 57:399–409.

COSGROVE, D. (1998a). Em direção a uma Geografia Cultural Radical: Problemas da teoria. Espaço e cultura, no5, pp:5-29.

COUTINHO, B. R. (2011). Conectividade Florestal e Eficiência de Drenagem como indicadores de Vulnerabilidade Geo-Hidroecológica da Paisagem: subsídios à Conservação e Segurança Ambiental. Região Serrana - RJ. Tese de Doutorado. IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro. 394 p.

CUNHA, H.F.; MOREIRA, A; GERALDA, F.; SILVA, S.S (2010). Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, vol. 32, núm. 3, 2010, pp. 257-263.

DAVIES, J. M.; ROPER, T. J.; SHEPHERDSON, D. J. (1987). Seasonal distribution of road kills in the European badger (*Meles meles*). **Journal of Zoology**, vol. 211, num. 3, pp. 525–529.

DAVIS, W.B. (1940). Mortality on wildlife on a Texas highway. **J Wildl Manage** 4:90–91

DELAZERI, N.R.; BORGES-MARTINS, M.;TAVARES,M. (2011). Monitoramento dos atropelamentos de anfíbios, répteis, aves e mamíferos nas rodovias ERS-030, ERS-389 e ERS-786, sul do Brasil. **Anais do Road Ecology Brasil**, pp. 191-192.

DIAMOND, J. N. & MAY, R. M. (1976). Island biogeography and the design of natural reserves. P.163-186. In: R. M. May (ed.). **Theoretical Ecology**. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

DIEGUES, A. C.; ARRUDA, R. S. V. Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; São Paulo: USP, 2001. 176p.

DIVISÃO FEDERAL CENTRAL DE TERRAS E RODOVIAS DOS EUA (2011). Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America. Lakewood. 211 p.

DHINDSAA, M.S.; SANDHUA, J.S.; SANDHUA, P.S.; TOORA, H.S. (1988). Roadside Birds in Punjab (India): Relation to Mortality from Vehicles. **Environmental Conservation** v. 15 : pp 303-310

DORNELLES, S.S.; SCHLICKMAN,S. (2011). Avaliação da mortalidade de vertebrados na rodovia SC-413, norte de Santa Catarina. **Anais do Road Ecology Brasil**, pp. 171-172

ECOMEC & MMA/IBAMA (2007). Plano de Manejo da APA Petrópolis. Brasília, DF.

EHNMAN, H. & COGGER, H. (1985). Australia's endangered herpetofauna: a review of criteria and policies. In: G. Grigg; SHINE, R.; EHNMAN, H. (ed.). **Biology of australian**

frogs and reptiles. Surrey Beatty & Sons e Royal Zoological Society of New Wales, Sidney.

ESTRUTURAR & MMA/IBAMA (2008). Projeto Floresta Nativa. Pograma de Monitoramento da Mata Atlântica da APA Petrópolis. Etapa 3 - Monitoramento da Dinâmica Espacial e da Condição Ecológica Atual dos Fragmentos Florestais e Mapeamento de Reservas Legais. Relatório Final. Rio de Janeiro. 246 p.

ESTRUTURAR & MMA/IBAMA (2005). Mapa de Vegetação e Uso do Solo da APA Petrópolis, escala 1:10.000. Relatório Final. Rio de Janeiro. 226 p.

EHRLICH, P. & EHRLICH, A. (1992). The value of biodiversity. Ambio, vol21, n3, pp.219-226.

ERWIN, P. H. (1997). A copa da floresta tropical: o coração da diversidade biótica. In: **Biodiversidade**. Org.: E. O. Wilson e F. M. Peter. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1997. Pp 158 -165. 655 pp.

FAHRIG L. & RYTWINSKI, T. (2009). Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. **Ecology and Society** 14(1): 21. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21.

FAHRIG, L., J. H. PEDLAR, S. E. POPE, P. D. TAYLOR, AND J. F. WEGNER (1995). Effect of road traffic on amphibian density. **Biological Conservation** 73: 177-182.

FAJARDO, I. (2001). Monitoring of non-natural mortality in the barn owl (*Tyto alba*), as an indicator of land use and social awareness in Spain. **Biological Conservation** 97:143–149.

FARMER, G.R. & BROOKS, R.J. (2012). Integrated Risk Factors for Vertebrate Roadkill in Southern Ontario. Management and Conservation, vol. 76(6). 1215-1224 p.

FELDHAMER, G.A., J.E. GATES, D.M. HARMAN, A.J. LORANGER, AND K.R. DIXON. (1986). Effects of interstate highway fencing on white-tailed deer activity. **Journal of Wildlife Management** 50:497-503.

FISCHER, W. A. (1997). **Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para conservação da região do Pantanal, MS**. Tese (Doutorado). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 44 p.

FORMAN, R.T.T. AND ALEXANDER,L. (1998). Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecologic Systems**, 29: 207-231.

FORMAN, R.T. and DEBLINGER, R.D. (2000). The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. Conservation Biology 14, 36-46.

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

FORMAN, R. T. T (2000) Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. Conserv Biol 14:31–35.

FORMAN, R. T. T. & GORDON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley and Sons; 1986.

FORMAN, R. T. T., & GODRON, M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. **BioScience** 31. pp. 733 – 740.

FREITAS, C.H. (2009). Atropelamentos de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos condicionantes e valoração econômica da fauna. **Tese de Doutorado**, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Rio Claro, Departamento de Zoologia, 85p.

FREITAS, L. E. & COUTINHO, B. H. (2006). Estudo de viabilidade para um plano de conservação da espécie *Formicivora erythronotos*. Rio de Janeiro. 154 p.

FREITAS, S. R.; HAWBAKER, T. J.; METZGER J.P. (2010). Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, 259: 410–417.

FREY, J.K. & CONOVER, M.R. (2006). Habitat use by meso-predators in a corridos environment. Journal of Wildlife Management, vol 70, p. 1111-1118.

FULLER, T. (1989). Population dynamics of wolves in north-central Minnesota. Wildlife Monographs 105, 1–41.

GALINDO-LEAL, C & CÂMARA, I. G. (2005). Mata Atlântica : biodiversidade, ameaças e perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional. São Paulo e Belo Horizonte . 472 p.

GARLAND, T.J.; BRADLEY, W.G. (1984). Effects of a Highway on Mojave Desert Roden Ppulations. **American Midland Naturalist**, 111: 47-56.

GASCON, C.; LAURENCE, W. e LOVEJOY, T. (2001). Fragmentação Florestal e Biodiversidade na Amazônia Central. In: GARAY, I. e DIAS, B. (org.). **Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 399p. PP 112- 127.

GIBBS J. P. & SHIRIVER, W.G. (2002). Estimating the effects of road-mortality on turtle population. Cons. Biol. v. 16, pp. 1647-1652.

GOMES, L., GRILO, C., SILVA C., MIRA A. (2009). Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. **Ecological Research**, 24, pp. 355-370.

GRILO, C.; BISSONETTE. J.A.; CRAMER, P. (2010). Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: **Highways: Construction, Management ans Maintanance**. JONES, S. R. (org.) pp. 73-114.

GRILO, C.; BISSONETTE. J.A.; SANTOS-REIS, M. (2009). Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. Biological Conservation, vol. 142. pp. 301–313.

GUMIER-COSTA, F.; SPERBER, C.F. (2009). Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. ACTA Amazônica vol. 39(2): pp. 459 - 466

GUNSON, K. E.; MOUNTRAKIS, G.; QUACKENBUSH L. J. (2011). Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. **Journal of Environmental Management** v. 92, p. 1074-1082.

HAMILTON, A.J; BASSET, Y; BENKE, K.K.; GRIMBACHER, P.S.; MILLER, S.E.; NOVOTNÝ, V.; SAMUELSON, G.A.; STORK, N.E.; Stable URL: YEN, J.D.L. (2010) Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod Species Richness. The American Naturalist, v. 176, n^{o}. 1, July 2010, pp. 90-95.

HANSEN, L. (1982). Road kills in Denmark (in danish with english abstract). **Dansk Ornitologisk Forenings Tidskrift** 76: 97-110.

HEBBLEWHITE, M., M. PERCY, & R.T. SERROUYA. (2003). Black bear (*Ursus americanus*) survival and demography in the Bow Valley of Banff National Park, Alberta. Biological Conservation 112:415–425.

HENGEMÜHLE, A & CADEMARTORI, C.V. (2008).Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da Estrada do Mar (RS-389). Biodiversidade Pampeana. PUCRS, Uruguaiana, 6(2): 4-10.

HOBDAY, A.J.; MINSTRELL, M.L. (2008). Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways: human management options. **Wildlife Research**. 35: 712–726.

HOBUS, Q.; PEREIRA, T.S.M.; BAGER, A.. (2006). Avaliação espaço-temporal dos atropelamentos de *Tupinambis merianae* no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul. In: Anais do 15° Congresso de Iniciação Científica Pelotas.

HODSON, N.L. (1966) A survey of road mortality in mammals (and including data for the grass snake and common frog). J.Zool.Lond. 148, p. 576-579.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO DISTRITO FEDERAL BRASÍLIA AMBIENTAL – IBRAM. Relatório Rodofauna – 12 meses Fevereiro de 2010 a Março de 2011. Brasília-DF. 21 p.

JÁCOMO, A. T. A.; SILVEIRA, L.; CRAWSHAW, P. G. (1996). Impacto da Rodovia Estadual GO-341 sobre a fauna do Parque Nacional das Emas, Goiás. In: Terceiro Congresso de Ecologia do Brasil. 174. Anais... Brasília: Universidade de Brasília.

JAEGER, J.A.G., J. BOWMAN, J. BRENNAN, L. FAHRIG, D. BERT, J. BOUCHARD, N. CHARBONNEAU, K. FRANK, B. GRUBER AND K. TLUK VON TOSCHANOWITZ, K. (2005). Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. **Ecological Modeling**, 185: 329–348.

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

JÚNIOR, M.C.F. LEMOS, F.G.; AZEVEDO,F.C.; COSTA, A.N (2011). Atropelamento de mamíferos de médio e grande porte em trechos de ferrovia no sudeste de Goiás, Brasil. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 165-167.

KANDA, L.L.; FULLER, T.K.; SIEVERT, P.R. (2006). Landscape associations of road-killed Virginia opossums (*Didelphis virginiana*) in central Massachusetts. **American Midland Naturalist**, 156:128-134.

KLOCKER, U; CROFT, D.B.; RAMP, D. (2006). Frequence and causes of Kangaroo-vehicle collision os an Australian outback highways. **Wildlife Research**, v. 33. p. 5-15.

KNOBLOCH, I.W. (1939). Death on the highway. J Mammal 20:499–509

KOENEMANN, J.G. (2009). Mamíferos natives atropelados em uma área no bioma pampa:variação sazonal e efeito do tipo de habitat. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Biologia/Unisinos. São Leopoldo/RS, 59 p.

KURTZ, B.C. (1994). Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica do Paraíso, Cachoeiras do Macacu, RJ. Dissertação de Mestrado. MN/UFRJ. Rio de Janeiro. 107 p.

LALO, J. (1987). The Problem of Roadkill. American Forests sept-oct. 50-52

LANDE, R. (1988). Genetics and demography in biological conservation. **Science**, 241: 1455-1460.

LANG, S. & BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG. 2009. Edição traduçcida ao português de Hermam Kux. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.

LEE, E.; KLÖCKER, U.; CROFT, D.B.; RAMP, D. (2004). Kangaroo-vehicle collisions in Australia's sheep rangelands, during and following drought periods. Australian Mammalogy 26: 215-226.

LEE, T. (2005). Road watch in the pass: using citizen science to identify wildlife crossing locations along highway 3 in the crowsnest pass of Southwestern Alberta. **Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation**. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. 638 pp.

LEITÃO-FILHO, H.F., PAGANO, S.N., CESAR, O., TIMONI, J.L. & RUEDA, J.J. (1993). Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão. Campinas, Ed. UNESP. São Paulo & Campinas 184 p..

LEWINSOHON, T. M.; PRADO, P. I. (2000) Biodiversidade Brasileira: Síntese do Estado Atual do Conhecimento. http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/estarte.doc

LOKSCHIN, L. X., PRINTES, R. C., CABRAL, J. N. H. AND BUSS, G. (2007). Powerlines and howler monkey conservation in Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Neotropical Primates**, 14(2): 76-80.

LUGO, A. E. (1997). Estimativas de reduções na diversidade de espécies da floresta tropical. In: Biodiversidade. Org.: E. O. Wilson e F. M. Peter. Rio de Janeiro: Nova Fronteira., 1997. Pp 72 -88. 655 pp.

MADER, H. J.; SCHELL, C.; KORNACKER, P.(1990). Linear barrier to arthropod movement in the landscape. **Biological Conservation**, vol. 54: 209-222.

MADER, H. J. (1984). Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. **Biological Conservation**, 29: 81-96.

MANTOVANI, J. E. (2001). **Telemetria convencional e via satélite na determinação da área de vida de três espécies de carnívoros da região nordeste do Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos. São Paulo. 118 p.

MANTOVANI, W. (1993). Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape-SP. Tese de Livre-Docência. Instituto de Biociências/USP. São Paulo..

McARTHUR, R. H., and E. O. WILSON. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

McDOWELL, L. (1996). A transformação da Geografia Cultural. In: GREGORY, D., MARTIN, R. e SMITH, G. (org.). Geografia Humana, Sociedade, Espaço e Ciência Social. Rio e Janeiro: Jorge Zahar Editores, pp:159-188.

McGARIGAL, K., and B. J. MARKS. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape struc ture. General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA.

McCLURE, H. E. (1951). An analysis of animal victims on Nebraska's highways. J. Wildl. Manage. 15: 410-420.

McNAB, B.K. (1963). Bioenergetics and Determination of Home Range Size. **American Naturalist**, 97:133-138.

MELO, E.S. & SANTOS-FILHO, M. (2007). Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. Revista Brasileira de Zoociências, v. 9(2): 185-192.

MELO, M.M.R.F. (1993). Composição florística e estrutura de trecho de Mata Atlântica de encosta, na Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências/USP. São Paulo..

MENEZES, P.M.L. (2000). A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208 f.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (2004) **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília, DF.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS / SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS (2002). Biodiversidade Brasileira. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MITTERMEYER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.;LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. (2005). Hotspots Revisited Earth's Biologically Richest and Most Threatened Terrestrial Ecoregions. New York.

MONGE-NAJERA, J. (1996). Vertebrate mortality on tropical highways: the Costa Rican case.**Vida Silvestre Neotropical**, vol. 5(2).

MOSAICO AMBIENTAL & CONCER (2010). Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Escala 1:2.000. Rio de Janeiro.

MOSAICO AMBIENTAL & CONCER (2012). Sistema de Informações Geográficas: SIG CONCER – BR-040. Relatório do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Escala 1:2.000. Rio de Janeiro, RJ. 23 p.

MOTTA JUNIOR, J.C. & ALHO, C.J.R. (2000). Ecologia Alimentar de *Athene cunicularia* e *Tyto alba* (Aves: Strigiformes) nas Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luiz Antônio, SP. Rima Ed.

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C.; FONSECA, G. & KENT. J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403: 853-858.

MYERS, N. (1997). Florestas Tropicais e suas espécies. In: **Biodiversidade**. Org.: E. O. Wilson e F. M. Peter. Rio de Janeiro: Nova Fronteira., 1997. Pp 36 -45. 655 pp.

NIELSEN, C. K.; ANDERSON, R. G.; GRUND, M. D. (2003). Landscape influences on deer vehicle accident areas in an urban environment. Journal of Wildlife Manegment. 67:46–51.

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

OLIVEIRA, R.R; ZAÚ, A.S; LIMA; D. F.; VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O. e SAMPAIO, P. D. (1995). Significado ecológico da orientação de encostas no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, vol 1, pp 523-541.

OLIVEIRA, R.R. (1999). **O rastro do homem na floresta: sustentabilidade e funcionalidade da Mata Atlântica sob o manejo caiçara**. Tese de Doutorado. IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro. 150 p.

OXLEY, D., M. FENTON, AND G. CARMODY. 1974. The effects of roads on populations of small mammals. **Journal of Applied Ecology**, 11: 51-59.

PEREIRA, L.G. & CARVALHO, A.S. (2011). Registros de atropelamentos de répteis em uma estrada do sudoeste do Pará. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 199-201

PERES, C. A. & LAKE, I. R. 2003. Extent of Nontimber Resource Extraction in Tropical Forests: Accessibility to Game Vertebrates by Hunters in the Amazon Basin. **Conservation Biology**, 17(2): 521-535.

PHILCOX, C.K.; GROGAN, A.L.; MACDONALD, D.W. (1999). Patterns of otter (*Lutra lutra*) road mortality in Britain. J App Ecol 36:748–761

PINOWSKI , J. (2005). Roadkills of Vertebrates in Venezuela. **Revista Brasileira de Zoologia** 22 (1): 191–196

PRADA, C. S, 2004. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos**. Disertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos. SãoPaulo. 129 p.

PRAXEDES, A.M.; SILVA, C.C.O.; CARVALHO, D.F.A.; LUNARDI, V.O.; BANHOS, A. (2011). Fauna atropelada na área prioritária para conservação do Baixo Jaguaribe/Chapada do Apodi, caatinga, Brasil. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 235-236.

PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA BRASILEIRA (PROBIO); INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO SUL DA BAHIA; INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFRJ (2007). **Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica - Relatório Final**. http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/mata_atlantica. Acessado em 3/10/2009

RAMP, D.; WILSON, V.K.; CROFT, D. B. (2006) 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**, v. 129, p. 348–359.

RAMSDEN D.J. (2003). Barn Owls and Major Roads; Results and recommendations from a 15-year research project. Barn Owl Trust, Ashburton, Devon, UK

REZINI. J.A. (2010) Atropelamento de mamíferos em rodovias do leste dos estados do Paraná e Santa Catarina, sul do Brasil. Coritiba, Paraná. Dissertação de mestrado, Pós Graduação em Ecologia da Conservação, UFParaná, 50p.

RIZZINI, C. T. (1979). **Tratado de fitogeografia do Brasil, aspéctos sociológicos e florísticos**. v 2, Ed. Univ. de São Paulo, 374 p.

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

ROMIN, L.A., AND J.A. BISSONETTE. (1996). Deer-vehicle collisions: nationwide status of state monitoring activities and mitigation efforts. **Wildlife Society Bulletin** 24.

ROW, J.R.; BLOUIN-DEMERS, G.; WEATHERHEAD, P.J. (2007). Demographic effects of road mortality in black ratsnakes (*Elaphe obsolete*). **Biological Conservation**. 137:117-124

ROSA, C.A. & BAGER, A (2012). Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. Journal of Environmental Management, vol. 97. 1-5 p.

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

SANTOS, R.A.L; FIGUEIREDO, A.P.; GUILAM, C.M (2011). Definição dos pontos críticos de atropelamento de fauna silvestre em cinco unidades de conservação no Distrito Federal. Anais do Road Ecology Brasil, pp. 113-128.

SANTOS, X.; LLORENTE, G. A.; MONTORI, A.; CARRETERO, M. A. ; FRANCH, M.; GARRIGA, N.; RICHTER-BOIX, A. (2007). Evaluating factors affecting amphibian mortality on roads: the case of the common toad *Bufo bufo*, near a breeding place. **Animal Biodiversity and Conservation** vol. 30.1: 97-104.

SARBELLO, W., & JACKSON, L. W. (1985). Deer mortality in the town of Malone. N.Y. Fish and Game Journal 32, 141–157.

SEA & COPPETEC (2009). Análise e Qualificação Sócio-Ambiental do Estado do Rio de Janeiro (escala 1:100.000): subsídios ao ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico. Fase 02: análise e qualificação sócio-ambiental das Regiões Hidrográficas Médio Vale do Paraíba do Sul (RH-III), Piabanha (RH-IV), Dois Rios (RH-VII), volume 02, 164 p.

SEIBERT, H.C.; CONOVER, J.H. (1991). Mortality of Vertebrates and Invertebrates on an. Athens County, Ohio, Highway. Ohio Journal of Science, v 91 (4): 163-166

SEILER, A. (2001). Ecological Effects of Roads. **Grimsö Wildlife Research Station**, Dept. of Conservation Biology, University of Agricultural Sciences, Riddarhyttan, Sweden. 40 p.

SEILER, A. & HELLDIN, J. O. (2006). Mortality in wildlife due to transportation. In: DAVENPORT J. & DAVENPORT J.L. (eds.). **The ecology of transportation: managing mobility for the environment**. Ireland: University College Cork. p. 165-190.

SEILER, A. (2005). Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden. **Journal of Applied Ecology**, 42: 371–382.

SERRANO, M.; SANZA, L; PUIGA, J.; PONSB, J (2002). Landscape fragmentation caused by the transport network in Navarra (Spain). Two-scale analysis and landscape integration assessment. **Landscape and Urban Planning**, v. 58, p. 113–123.

SILVA, A.F. (1980). Composição florística e estrutura de um trecho da Mata Atlântica de encosta no Município de Ubatuba-São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia/UNICAMP. São Paulo. 152 p..

SILVEIRA, L. (1999). **Ecologia e conservação dos mamíferos carnívoros do Parque Nacional das Emas**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 117 p.

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

SMITH-PATTEN, B. D., & M. A. PATTEN. 2008. Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the southern great plains. Environmental Management 41:844–852.

SOS MATA ATLÂNTIA & INSTITUTO NACIONAL DE DE PESQUISAS ESPACIAIS (2008). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. http://mapas.sosma.org.br/. Acessado em 06/10/2009

SOUSA, M.A.N.; MIRANDA, P.C. (2010). Mamíferos terrestres encontrados atropelados na rodovia BR- 230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. **Revista de Biologia e Farmácia** v. 4:2. p.72-82.

SPRAGUE, J.M. (1939). Notes on mammal mortality on highways. J Mammal 20:102–112

SPELLERBERG I.F. (2002). Ecological effects of roads. Science Publ, Enfield, New Hampshire

STONER, D. (1925). The toll of the automobile. **Science** 61: 56-57.

STONER, D. (1935). Highway mortality among mammals. **Science**, Lancaster, 81: 401-402

SULLIVAN, B. K. (1981). Observed differences in body temperature and associated behaviour of four snake species. **Journal of Herpetology** 15:245–246.

SZERLAG, S & MCROBERT, S.P. (2005). Road ecology of the northern diamondback terrapin, Malaclemys terrapin terrapin. **Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation**. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. 634–637

TABANEZ, A.A.J.; VIANA, V.M. e DIAS, A.S. (1997). Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de Floresta de Planalto de Piracicaba, SP. Revista Brasileira de Biologia. 57:47-60.

TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, 68: 571-573,.

THOMAS, W.W.; DE CARVALHO, A .M.V.; AMORIM, A.M.A.; GARRISON, J. & ARBELÁEZ, A.L. (1998). Plant endemism in two forests in Southern Bahia, Brazil. Biodiversity and Conservation. Chapman & Hall. 7: 311-322.

TROMBULAK, S. C. & FRISSEL, C. A. (2000). Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. Conservation Biology, 14 (1): 18-30.

TURCI, L.C.B.; BERNARDES, P. S (2009). Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. Biotemas 22, pp. 121-127.

VAN DER ZEE, F. F.; WIERTZ, J.; TER BRAAK, C. J. F.; APELDOORN, D R. C. (1992). Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles L*. decline in the Netherlands. **Biological Conservation** 61:17–22.

VIEIRA, E. M. (1996). Highway mortality of mammals in Central Brazil. **Ciência e Cultura**. 48: 270-272.

WHITTINGTON, J., C. C. ST. CLAIR, & G. MERCER. 2004. Path tortuosity and the permeability of roads and trails to wolf movement. Ecology and Society 9(1): 4. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art4/

WILKINS, K.T., SCHMIDLY, D.J. (1980). Highways mortality of vertebrates in southeastern Texas. **Tex. J. Sci**. 32 (4), 343–350.

WILSON, E. O. (1997). A situação atual da diversidade biológica. In: Wilson, E. O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro. Ed. Nova Fronteira. 657p.

WILSON, E. O. (1992). Diversidade da Vida. Editora Schwarcz LTDA. São Paulo.

WORLD RESOUCERS INSTITUTE (1986). World Resource 1986-1987. New York: Oxford University Press.

YOUNÉS, T. (1992) The IUBS-SCOPE Programme Ecosystem Function of Biodiversity. **A Progress Report. Biology International**, 24: 16-21.

14 ANEXOS

14.1 Anexo 1 – Formulário para coleta de dados de atropelamento de fauna silvestre na BR-040

CONCER

FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA FAUNA SILVESTRE ATROPELADA

Caminhos da Fauna

Nº DE OCORRÊNCIA: _____ DATA: ___/___/_____ HORA: ____:____

NOME DO ATENDENTE (Inspetor): _____ MATRÍCULA:_____

LOCALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA

km	Sentido	Estaca	Ponto de Referência
_____	☐ RJ ☐ JF	_____	_____

FAIXA ☐ ACOSTAMENTO ☐ PISTA ROLAMENTO ☐ ACESSO/RETORNO

COORDENADAS GEOGRÁFICAS LATITUDE: _____ LONGITUDE: _____

CONDIÇÕES DO TEMPO

☐ SEM CHUVA ☐ CHUVA FINA ☐ CHUVA FORTE

VELOCIDADE MÁXIMA PERMITIDA NO TRECHO

☐ 70 km/h ☐ 80 km/h ☐ 110 km/h

VEGETAÇÃO DO LOCAL

☐ vegetação baixa ☐ capim alto ☐ arbustos ☐ floresta

CURSO D'ÁGUA

Próximo ao local existe algum curso de água, como riacho, rio, lago, nascente ou equivalente?

☐ SIM ☐ NÃO

Se você quiser acrescentar algum comentário, faça a observação no espaço abaixo.

_____

_____

_____

_____

Cada ocorrência deverá ter 4 (quatro) fotografias: 2 (duas) fotos do animal (uma de cima, outra inclinada), com uma caneta colocada ao lado para ajudar a ver o tamanho, e mais 2 fotos do local, uma panorâmica mostrando mais o animal na pista e outra mais a vegetação ao redor do local. Anote o número de cada foto no formulário correspondente.

Assinatura do atendente: _____

Obrigado por sua cooperação.

céu aberto

14.2 Anexo 2 – Animais silvestres atropelados na BR-040 (km 800 ao 124) entre 01/07/2007 e 30/06/2011

BR-040			
Nome científico	**Nome Vulgar**	**Classe**	**Quantidade**
Alouatta guariba	Guariba	Mamífero	6
Aramides saracura	Saracura	Ave	1
Aratinga leucophthalmus	Maritaca	Ave	11
Ardea alba	Garça	Ave	1
Artibeus lituratus	Morcego	Mamífero	5
Artibeus sp.(gênero)	Morcego	Mamífero	1
Athene cunicularia	Coruja-buraqueira	Ave	7
Ave (Classe)		Ave	6
Baryphthengus ruficapillus	Juruva-verde	Ave	1
Bothrops jararaca	Jararaca	Reptilia	4
Bothrops jararacussu	Jararacussu	Reptilia	2
Bradypus variegatus	Bicho-preguiça	Mamífero	7
Buteo magnirostris	gavião-carijó	Ave	3
Cabassous inicinctus	tatu	Mamífero	1
Cacicus haemorrhous	guaxo	Ave	1
Caiman latirostris	jacaré-do-papo-amarelo	Reptilia	4
Callithirix sp.	Mico	Mamífero	9
Callithrix jacchus	Mico	Mamífero	12
Callithrix penicillata	Mico	Mamífero	14
Caluromys philander	jupati	Mamífero	1
Cariama cristata	siriema	Ave	3
Caudisona durissa	cascavel	Reptilia	3
Cavia aperea	preá	Mamífero	1
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato	Mamífero	26
Chironius bicarinatus	cobra-cipó	Reptilia	2
Chiroptera (ordem)	Morcego	Mamífero	5
Chrysocyon brachyurus	Lobo-guará	Mamífero	10
Ciccaba virgata	coruja-do-mato	Ave	1
Colaptes campestres	pica-pau-do-campo	Ave	3
Columba livia	pombo-comum	Ave	3
Coragyps atratus	urubu-preto-comum	Ave	4
Crotophaga ani	anu-preto	Ave	6
Crypturellus parvirostris	inhambú-chororó	Ave	1
Cuniculus paca	paca	Mamífero	5
Dasypus novemcinctus	tatu-galinha	Mamífero	9
Didelphis aurita	gambá	Mamífero	73
Erythrolampus aesculapii venustissimus	coral ou falsa-coral	Reptilia	1
Eupetomena macroura	beija-flor-tesourinha	Ave	1
Euphonia violacea	gaturamo-verdadeiro	Ave	1
Galictis cuja	Furão	Mamífero	13
Gallinula chloropus	Frango d'água	Ave	1
Glaucidium brasilianum	coruja-caburé	Ave	1
Guerlinguetus ingrami	caxinguelê	Mamífero	1
Guira guira	anú-branco	Ave	4
Hidrochaeris hydrochaeris	Capivara	Mamífero	45

Hypsiboas faber	sapo-ferreiro	Amphibia	1
Lathrotriccus euleri	enferrujado	Ave	1
Leopardus pardalis	jaguatirica	Mamífero	4
Leopardus tigrinus	gato-do-mato-pequeno	Mamífero	1
Leptodactylus ocellatus	rã	Amphibia	2
Leptophis ahaetulla	azulão-bóia	Reptilia	1
Liophis miliaris	cobra d´água	Reptilia	3
Lutra longicaudis	lontra	Mamífero	1
Mamífero (Classe)		Mamífero	2
Manacus manacus	barbudinho	Ave	1
Mazama gouazoubira	veado-catingueiro	Mamífero	1
Micrastur ruficollis	gavião-caburé	Ave	1
Milvago chimachima	gavião-carrapateiro	Ave	3
Molothrus bonariensis	chopim ou vira-bosta	Ave	1
Myiophobus fasciatus	Filipe	Ave	1
Myocastor coypus	ratão-do-banhado	Mamífero	1
Nasua nasua	quati	Mamífero	5
Nictydromus albicollis	bacurau	Ave	1
Nystalus chacuru	joão-bobo	Ave	1
Otus choliba	coruja	Ave	7
Otus sp. (gênero)	coruja	Ave	1
Oxyrhopus cf. petola	serpente	Reptilia	1
Oxyrhopus clathratus	falsa-coral-laranja	Reptilia	6
Penelope obscura	jacu-açu	Ave	4
Philander frenatus	cuíca-de-quatro-olhos	Mamífero	2
Philodryas patagoniensis	papa-pinto	Reptilia	1
Piaya cayana	alma-de-gato	Ave	7
Piculus sp.	pica-pau	Ave	1
Polyborus plancus	carcará	Ave	4
Procyon cancrivorus	Mão-pelada	Mamífero	6
Psaracolius decumanus	Japu	Ave	1
Pseustes sulphureus	cobra-papa-pinto	Reptilia	1
Psittacidae (família)	Maritaca	Ave	1
Pulsatrix koeniswaldiana	Coruja ou murucututu-de-barriga-amarela	Ave	1
Puma yagouaroundi	gato-mourisco	Mamífero	4
Ramphastos toco	tucano-toco	Ave	1
Ramphastos vitellinus	tucano	Ave	1
Rattus rattus	ratazana	Mamífero	3
Rhinoptynx clamator	coruja-orelhuda	Ave	16
Rodentia (ordem)	Roedor	Mamífero	1
Rupornis magnirostris	gavião-carijó	Ave	4
Selenidera maculirostris	saripoca-de-bico-listrado	Ave	2
Sphiggurus villosus	ouriço-cacheiro	Mamífero	32
Spilotes pullatus	Caninana	Reptilia	1
Streptoprocne zonaris	andorinhão-de-coleira	Ave	2
Strigiformes (ordem)	2 corujas	Ave	2
Sylvilagus brasiliensis	tapiti	Mamífero	18
Tamandua tetradactyla	tamanduá-mirim	Mamífero	20
Tangara desmaresti	saíra-lagarta	Ave	1
Tersina viridis	saí-andorinha	Ave	1

Tropidurus torquartus	calango	Reptilia	1
Tupinambis meriane	Teiú	Reptilia	8
Turdus rufiventris	sabiá-laranjeira	Ave	1
Tyrannus melancholicus	suiriri	Ave	1
Tyrannus savana	tesourinha	Ave	2
Tyto alba	coruja - suindara	Ave	15
Uroderma sp. (gênero)	morcego	Mamífero	1
		Total	**534**

ANIMAIS SILVESTRES ATROPELADOS NA BR-040 (KM 800 AO 124) – PISTA SENTIDO JUIZ DE FORA/MG ENTRE 01/07/2007 E 30/06/2011

JF			
Nome científico	**Nome Vulgar**	**Classe**	**Quantidade**
Alouatta guariba	Guariba	Mamífero	2
Aramides saracura	Saracura	Ave	1
Aratinga leucophthalmus	Maritaca	Ave	3
Artibeus lituratus	Morcego	Mamífero	1
Athene cunicularia	Coruja-buraqueira	Ave	4
Ave (Classe)		Ave	2
Bothrops jararaca	Jararaca	Reptilia	2
Bothrops jararacussu	Jararacussu	Reptilia	2
Bradypus variegatus	Bicho-preguiça	Mamífero	5
Buteo magnirostris	gavião-carijó	Ave	1
Caiman latirostris	jacaré-do-papo-amarelo	Reptilia	3
Callithirix sp.	Mico	Mamífero	7
Callithrix jacchus	Mico	Mamífero	5
Callithrix penicillata	Mico	Mamífero	4
Cariama cristata	siriema	Ave	2
Caudisona durissa	cascavel	Reptilia	1
Cavia aperea	preá	Mamífero	1
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato	Mamífero	12
Chiroptera (ordem)	Morcego	Mamífero	1
Chrysocyon brachyurus	Lobo-guará	Mamífero	5
Ciccaba virgata	coruja-do-mato	Ave	1
Colaptes campestris	pica-pau-do-campo	Ave	2
Columba livia	pombo-comum	Ave	2
Coragyps atratus	urubu-preto-comum	Ave	3
Crotophaga ani	anu-preto	Ave	2
Crypturellus parvirostris	inhambú-chororó	Ave	1
Cuniculus paca	paca	Mamífero	3
Dasypus novemcinctus	tatu-galinha	Mamífero	4
Didelphis aurita	gambá	Mamífero	32
Erythrolampus aesculapii venustissimus	coral ou falsa-coral	Reptilia	1
Eupetomena macroura	beija-flor-tesourinha	Ave	1
Galictis cuja	Furão	Mamífero	8
Gallinula chloropus	Frango d'água	Ave	1
Guerlinguetus ingrami	caxinguelê	Mamífero	1
Guira guira	anú-branco	Ave	2
Hidrochaeris hydrochaeris	Capivara	Mamífero	19
Hypsiboas faber	sapo-ferreiro	Amphibia	1

Leopardus pardalis	jaguatirica	Mamífero	1
Leopardus tigrinus	gato-do-mato-pequeno	Mamífero	1
Leptodactylus ocellatus	rã	Amphibia	1
Liophis miliaris	cobra d´água	Reptilia	3
Mamífero (Classe)		Mamífero	1
Milvago chimachima	gavião-carrapateiro	Ave	1
Myocastor coypus	ratão-do-banhado	Mamífero	1
Nasua nasua	quati	Mamífero	5
Nictydromus albicollis	bacurau	Ave	1
Nystalus chacuru	joão-bobo	Ave	1
Otus choliba	coruja	Ave	6
Oxyrhopus clathratus	falsa-coral-laranja	Reptilia	1
Penelope obscura	jacuaçu	Ave	3
Philodryas patagoniensis	papa-pinto	Reptilia	1
Piaya cayana	alma-de-gato	Ave	1
Polyborus plancus	carcará	Ave	1
Procyon cancrivorus	Mão-pelada	Mamífero	3
Puma yagouaroundi	gato-mourisco	Mamífero	3
Ramphastos toco	tucano-toco	Ave	1
Rattus rattus	ratazana	Mamífero	1
Rhinoptynx clamator	coruja-orelhuda	Ave	10
Rupornis magnirostris	gavião-carijó	Ave	1
Sphiggurus villosus	ouriço-cacheiro	Mamífero	17
Strigiformes (ordem de aves de rapina)	coruja	Ave	1
Sylvilagus brasiliensis	tapiti	Mamífero	11
Tamandua tetradactyla	tamanduá-mirim	Mamífero	5
Tersina viridis	saí-andorinha	Ave	1
Tupinambis meriane	Teiú	Reptilia	6
Tyrannus savana	tesourinha	Ave	2
Tyto alba	coruja - suindara	Ave	6
		Total	**245**

ANIMAIS SILVESTRES ATROPELADOS NA BR-040 (KM 800 AO 124) – PISTA SENTIDO RIO DE JANEIRO ENTRE 01/07/2007 E 30/06/2011

Nome científico	Nome Vulgar	Classe	Quantidade
Alouatta guariba	Guariba	Mamífero	4
Aratinga leucophthalmus	Maritaca	Ave	8
Ardea alba	Garça	Ave	1
Artibeus lituratus	Morcego	Mamífero	4
Artibeus sp.	Morcego	Mamífero	1
Athene cunicularia	coruja-buraqueira	Ave	3
Ave (Classe)		Ave	4
Baryphthengus ruficapillus	Juruva-verde	Ave	1
Bothrops jararaca	Jararaca	Reptilia	2
Bradypus variegatus	Bicho-preguiça	Mamífero	2
Buteo magnirostris	gavião-carijó	Ave	2
Cabassous unicinctus	tatu	Mamífero	1
Cacicus haemorrhous	guaxo	Ave	1
Caiman latirostris	jacaré-do-papo-amarelo	Reptilia	1
Callithirix sp.	Mico	Mamífero	2

Callithrix jacchus	Mico	Mamífero	7
Callithrix penicillata	Mico	Mamífero	10
Caluromys philander	jupati	Mamífero	1
Cariama cristata	siriema	Ave	1
Caudisona durissa	cascavel	Reptilia	2
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato	Mamífero	14
Chironius bicarinatus	cobra-cipó	Reptilia	2
Chiroptera (ordem)	Morcego	Mamífero	4
Chrysocyon brachyurus	Lobo-guará	Mamífero	5
Colaptes campestres	pica-pau-do-campo	Ave	1
Columba livia	pombo-comum	Ave	1
Coragyps atratus	urubu-preto-comum	Ave	1
Crotophaga ani	anu-preto	Ave	4
Cuniculus paca	paca	Mamífero	2
Dasypus novemcinctus	tatu-galinha	Mamífero	5
Didelphis aurita	gambá	Mamífero	41
Euphonia violacea	gaturamo-verdadeiro	Ave	1
Galictis cuja	Furão	Mamífero	5
Glaucidium brasilianum	coruja-caburé	Ave	1
Guira guira	anú-branco	Ave	2
Hidrochaeris hydrochaeris	Capivara	Mamífero	26
Lathrotriccus euleri	enferrujado	Ave	1
Leopardus pardalis	jaguatirica	Mamífero	3
Leptodactylus ocellatus	rã	Amphibia	1
Leptophis ahaetulla	azulão-bóia	Reptilia	1
Lutra longicaudis	lontra	Mamífero	1
Mamífero (Classe)		Mamífero	1
Manacus manacus	barbudinho	Ave	1
Mazama gouazoubira	veado-catingueiro	Mamífero	1
Micrastur ruficollis	gavião-caburé	Ave	1
Milvago chimachima	gavião-carrapateiro	Ave	2
Molothrus bonariensis	chopim ou vira-bosta	Ave	1
Myiophobus fasciatus	Filipe	Ave	1
Otus choliba	coruja	Ave	1
Otus sp.	coruja	Ave	1
Oxyrhopus cf. petola	serpente	Reptilia	1
Oxyrhopus clathratus	falsa-coral-laranja	Reptilia	5
Penelope obscura	jacuaçu	Ave	1
Philander frenatus	cuíca-de-quatro-olhos	Mamífero	2
Piaya cayana	alma-de-gato	Ave	6
Piculus sp.	pica-pau	Ave	1
Polyborus plancus	carcará	Ave	3
Procyon cancrivorus	Mão-pelada	Mamífero	3
Psaracolius decumanus	japu	Ave	1
Pseustes sulphureus	cobra-papa-pinto	Reptilia	1
Psittacidae (família)	Maritaca	Ave	1
Pulsatrix koeniswaldiana	(coruja) murucututu-de-barriga-amarela	Ave	1
Puma yagouaroundi	gato-mourisco	Mamífero	1
Ramphastos vitellinus	tucano	Ave	1
Rattus rattus	ratazana	Mamífero	2

Rhinoptynx clamator	coruja-orelhuda	Ave	6
Rodentia (ordem)	Roedor	Mamífero	1
Rupornis magnirostris	gavião-carijó	Ave	3
Selenidera maculirostris	saripoca-de-bico-listrado	Ave	2
Sphiggurus villosus	ouriço-cacheiro	Mamífero	15
Spilotes pullatus	Caninana	Reptilia	1
Streptoprocne zonaris	andorinhão-de-coleira	Ave	2
Strigiformes (ordem de aves de rapina)	1 coruja	Ave	1
Sylvilagus brasiliensis	tapiti	Mamífero	7
Tamandua tetradactyla	tamanduá-mirim	Mamífero	15
Tangara desmaresti	saíra-lagarta	Ave	1
Tropidurus torquartus	calango	Reptilia	1
Tupinambis meriane	Teiú	Reptilia	2
Turdus rufiventris	sabiá-laranjeira	Ave	1
Tyrannus melancholicus	suiriri	Ave	1
Tyto alba	coruja - suindara	Ave	9
Uroderma sp. (gênero)	morcego	Mamífero	1
Total	**289**		

14.3 Anexo 3 – Resultado do Teste de Tukey para a comparação entre as diferenças nas taxas médias de atropelamento entre os meses durante o período de análise (01 julho de 2007 a 31 de março de 2011)

14.3.1 BR-040

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Jan		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.993039	0.999766	0.931573	0.999590	0.918075	0.828911	0.999997
Fev	1.000000		1.000000	0.999966	1.000000	0.999529	0.999999	0.986602	0.999997	0.982295	0.944587	0.999576
Mar	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	0.993039	0.999766	0.931573	0.999590	0.918075	0.828911	0.999997
Abr	1.000000	0.999966	1.000000		0.999998	0.969020	0.996066	0.850190	0.994457	0.830629	0.718884	1.000000
Mai	1.000000	1.000000	1.000000	0.999998		0.999059	0.999993	0.983286	0.999984	0.978603	0.940617	0.999966
Jun	0.993039	0.999529	0.993039	0.969020	0.999059		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.999992	0.917127
Jul	0.999766	0.999999	0.999766	0.996066	0.999993	1.000000		0.999766	1.000000	0.999597	0.996412	0.981828
ago	0.931573	0.986602	0.931573	0.850190	0.983286	1.000000	0.999766		0.999872	1.000000	1.000000	0.701581
set	0.999590	0.999997	0.999590	0.994457	0.999984	1.000000	1.000000	0.999872		0.999770	0.997602	0.976216
out	0.918075	0.982295	0.918075	0.830629	0.978603	1.000000	0.999597	1.000000	0.999770		1.000000	0.673808
nov	0.828911	0.944587	0.828911	0.718884	0.940617	0.999992	0.996412	1.000000	0.997602	1.000000		0.532973
dez	0.999997	0.999576	0.999997	1.000000	0.999966	0.917127	0.981828	0.701581	0.976216	0.673808	0.532973	

14.3.2 BR-040, pista sentido Juiz de Fora

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Jan		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.987995	1.000000	0.998922	0.997569	1.000000	0.585004	0.999985
Fev	1.000000		1.000000	0.999999	1.000000	0.997970	1.000000	0.999949	0.999831	1.000000	0.738346	0.999525
Mar	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	0.996064	1.000000	0.999836	0.999539	1.000000	0.688981	0.999825
Abr	1.000000	0.999999	1.000000		1.000000	0.972926	0.999999	0.995354	0.991636	1.000000	0.543586	1.000000
Mai	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		0.998228	1.000000	0.999947	0.999839	1.000000	0.791330	0.999882
Jun	0.987995	0.997970	0.996064	0.972926	0.998228		0.997925	1.000000	1.000000	0.980751	0.999351	0.859523
Jul	1.000000	1.000000	1.000000	0.999999	1.000000	0.997925		0.999947	0.999825	1.000000	0.736797	0.999539
ago	0.998922	0.999949	0.999836	0.995354	0.999947	1.000000	0.999947		1.000000	0.997625	0.975949	0.944876
set	0.997569	0.999831	0.999539	0.991636	0.999839	1.000000	0.999825	1.000000		0.995145	0.985439	0.921486
out	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.980751	1.000000	0.997625	0.995145		0.532398	0.999997

nov	0.585004	0.738346	0.688981	0.543586	0.791330	0.999351	0.736797	0.975949	0.985439	0.532398		0.257450
dez	0.999985	0.999525	0.999825	1.000000	0.999882	0.859523	0.999539	0.944876	0.921486	0.999997	0.257450	

14.3.3 BR-040, pista sentido Rio de Janeiro

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Jan		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.999727	0.995363	0.852798	0.999999	0.283847	0.997663	1.000000
Fev	1.000000		0.999999	0.999961	1.000000	0.999997	0.999784	0.953701	1.000000	0.450259	0.999928	0.999974
Mar	1.000000	0.999999		1.000000	1.000000	0.998726	0.986321	0.776486	0.999975	0.217557	0.992075	1.000000
Abr	1.000000	0.999961	1.000000		0.999999	0.995584	0.972186	0.736161	0.999735	0.218370	0.981807	1.000000
Mai	1.000000	1.000000	1.000000	0.999999		0.999971	0.999246	0.940014	1.000000	0.459491	0.999675	1.000000
Jun	0.999727	0.999997	0.998726	0.995584	0.999971		1.000000	0.999443	1.000000	0.849521	1.000000	0.995501
Jul	0.995363	0.999784	0.986321	0.972186	0.999246	1.000000		0.999923	0.999975	0.884784	1.000000	0.967312
ago	0.852798	0.953701	0.776486	0.736161	0.940014	0.999443	0.999923		0.978658	0.997559	0.999771	0.687284
set	0.999999	1.000000	0.999975	0.999735	1.000000	1.000000	0.999975	0.978658		0.543903	0.999994	0.999778
out	0.283847	0.450259	0.217557	0.218370	0.459491	0.849521	0.884784	0.997559	0.543903		0.850585	0.163422
nov	0.997663	0.999928	0.992075	0.981807	0.999675	1.000000	1.000000	0.999771	0.999994	0.850585		0.978957
dez	1.000000	0.999974	1.000000	1.000000	1.000000	0.995501	0.967312	0.687284	0.999778	0.163422	0.978957	

14.4 Anexo 4 – Quantidade de ocorrências de atropelamento para cada quilômetro monitorado

JF		RJ		BR-040	
km	n ocorrências	km	n ocorrências	km	n ocorrências
800	2	800	0	800	2
801	0	801	2	801	2
802	4	802	1	802	5
803	1	803	1	803	2
804	0	804	2	804	2
805	1	805	1	805	2
806	3	806	1	806	4
807	1	807	2	807	3
808	2	808	2	808	4
809	1	809	1	809	2
810	0	810	5	810	5
811	3	811	0	811	3
812	0	812	1	812	1
813	6	813	2	813	8
814	7	814	4	814	11
815	2	815	1	815	3
816	4	816	4	816	8
817	0	817	5	817	5
818	4	818	5	818	9
819	1	819	5	819	6
820	2	820	3	820	5
821	1	821	3	821	4
822	1	822	1	822	2
823	0	823	1	823	1
824	1	824	2	824	3
825	0	825	2	825	2
826	1	826	1	826	2
827	1	827	4	827	5
828	0	828	2	828	2
0	1	0	5	0	6
1	2	1	4	1	6
2	0	2	0	2	0
3	2	3	1	3	3
4	3	4	1	4	4
5	1	5	0	5	1
6	1	6	2	6	3
7	1	7	2	7	3
8	2	8	2	8	4
9	2	9	0	9	2
10	5	10	5	10	10
11	5	11	0	11	5
12	1	12	0	12	1
13	1	13	1	13	2
14	2	14	3	14	5
15	5	15	2	15	7

16	1	16	3	16	4
17	2	17	3	17	5
18	4	18	3	18	7
19	3	19	1	19	4
20	4	20	1	20	5
21	2	21	3	21	5
22	2	22	0	22	2
23	0	23	1	23	1
24	1	24	2	24	3
25	4	25	0	25	4
26	1	26	4	26	5
27	2	27	0	27	2
28	1	28	1	28	2
29	1	29	0	29	1
30	4	30	0	30	4
31	1	31	0	31	1
32	4	32	1	32	5
33	2	33	3	33	5
34	1	34	1	34	2
35	0	35	1	35	1
36	1	36	2	36	3
37	1	37	3	37	4
38	1	38	2	38	3
39	1	39	2	39	3
40	1	40	1	40	2
41	2	41	1	41	3
42	3	42	2	42	5
43	5	43	1	43	6
44	4	44	0	44	4
45	2	45	0	45	2
46	0	46	1	46	1
47	3	47	0	47	3
48	3	48	0	48	3
49	0	49	1	49	1
50	4	50	2	50	6
51	2	51	0	51	2
52	0	52	0	52	0
53	2	53	2	53	4
54	1	54	1	54	2
55	2	55	0	55	2
56	1	56	2	56	3
57	0	57	1	57	1
58	2	58	0	58	2
59	2	59	1	59	3
60	1	60	0	60	1
61	1	61	4	61	5
62	0	62	3	62	3
63	5	63	0	63	5
64	2	64	2	64	4
65	4	65	1	65	5
66	2	66	3	66	5
67	7	67	2	67	9

68	6	68	3	68	9
69	5	69	5	69	10
70	1	70	4	70	5
71	4	71	3	71	7
72	3	72	5	72	8
73	1	73	4	73	5
74	3	74	2	74	5
75	2	75	1	75	3
76	2	76	1	76	3
77	2	77	2	77	4
78	2	78	2	78	4
79	4	79	3	79	7
80	1	80	4	80	5
81	2	81	2	81	4
82	2	82	0	82	2
83	1	83	7	83	8
84	1	84	1	84	2
85	6	85	3	85	9
86	2	86	5	86	7
87	4	87	6	87	10
88	4	88	9	88	13
89	1	89	3	89	4
90	3	90	2	90	5
91	1	91	6	91	7
92	2	92	3	92	5
93	1	93	8	93	9
94	2	94	3	94	5
95	0	95	2	95	2
96	2	96	9	96	11
97	3	97	12	97	15
98	2	98	11	98	13
99	5	99	4	99	9
100	2	100	8	100	10
101	0	101	2	101	2
102	4	102	1	102	5
103	1	103	2	103	3
104	1	104	1	104	2
105	0	105	0	105	0
106	0	106	0	106	0
107	0	107	1	107	1
108	0	108	0	108	0
109	0	109	0	109	0
110	1	110	0	110	1
111	0	111	0	111	0
112	0	112	1	112	1
113	2	113	0	113	2
114	3	114	3	114	6
115	0	115	0	115	0
116	3	116	2	116	5
117	1	117	0	117	1
118	0	118	0	118	0
119	0	119	0	119	0

120	0	120	0	120	0
121	0	121	0	121	0
122	0	122	0	122	0
123	0	123	0	123	0
124	0	124	0	124	0
TOTAL	**286**		**316**		**602**
Média atrop/km	**1,86**		**2,05**		**3,91**
Desv Pad	**1,64**		**2,20**		**2,98**
Média atrop/km/mês	**0,036**		**0,039**		**0,075**
Média atrop/km/ano	**0,426**		**0,471**		**0,897**

14.5 Anexo 5 – Riqueza de espécies atropeladas por quilômetro

JF		RJ		BR-040	
km	n ocorrências	km	n ocorrências	km	n ocorrências
800	2	800	0	800	2
801	0	801	2	801	2
802	4	802	1	802	5
803	1	803	1	803	2
804	0	804	2	804	2
805	1	805	1	805	2
806	3	806	1	806	4
807	1	807	2	807	3
808	2	808	2	808	4
809	1	809	1	809	2
810	0	810	5	810	5
811	3	811	0	811	3
812	0	812	1	812	1
813	6	813	2	813	8
814	7	814	4	814	11
815	2	815	1	815	3
816	4	816	4	816	8
817	0	817	5	817	5
818	4	818	5	818	9
819	1	819	5	819	6
820	2	820	3	820	5
821	1	821	3	821	4
822	1	822	1	822	2
823	0	823	1	823	1
824	1	824	2	824	3
825	0	825	2	825	2
826	1	826	1	826	2
827	1	827	4	827	5
828	0	828	2	828	2
0	1	0	5	0	6
1	2	1	4	1	6
2	0	2	0	2	0
3	2	3	1	3	3
4	3	4	1	4	4
5	1	5	0	5	1
6	1	6	2	6	3
7	1	7	2	7	3
8	2	8	2	8	4
9	2	9	0	9	2
10	5	10	5	10	10
11	5	11	0	11	5
12	1	12	0	12	1
13	1	13	1	13	2
14	2	14	3	14	5
15	5	15	2	15	7

16	1	16	3	16	4
17	2	17	3	17	5
18	4	18	3	18	7
19	3	19	1	19	4
20	4	20	1	20	5
21	2	21	3	21	5
22	2	22	0	22	2
23	0	23	1	23	1
24	1	24	2	24	3
25	4	25	0	25	4
26	1	26	4	26	5
27	2	27	0	27	2
28	1	28	1	28	2
29	1	29	0	29	1
30	4	30	0	30	4
31	1	31	0	31	1
32	4	32	1	32	5
33	2	33	3	33	5
34	1	34	1	34	2
35	0	35	1	35	1
36	1	36	2	36	3
37	1	37	3	37	4
38	1	38	2	38	3
39	1	39	2	39	3
40	1	40	1	40	2
41	2	41	1	41	3
42	3	42	2	42	5
43	5	43	1	43	6
44	4	44	0	44	4
45	2	45	0	45	2
46	0	46	1	46	1
47	3	47	0	47	3
48	3	48	0	48	3
49	0	49	1	49	1
50	4	50	2	50	6
51	2	51	0	51	2
52	0	52	0	52	0
53	2	53	2	53	4
54	1	54	1	54	2
55	2	55	0	55	2
56	1	56	2	56	3
57	0	57	1	57	1
58	2	58	0	58	2
59	2	59	1	59	3
60	1	60	0	60	1
61	1	61	4	61	5
62	0	62	3	62	3
63	5	63	0	63	5
64	2	64	2	64	4
65	4	65	1	65	5
66	2	66	3	66	5

67	7	67	2	67	9
68	6	68	3	68	9
69	5	69	5	69	10
70	1	70	4	70	5
71	4	71	3	71	7
72	3	72	5	72	8
73	1	73	4	73	5
74	3	74	2	74	5
75	2	75	1	75	3
76	2	76	1	76	3
77	2	77	2	77	4
78	2	78	2	78	4
79	4	79	3	79	7
80	1	80	4	80	5
81	2	81	2	81	4
82	2	82	0	82	2
83	1	83	7	83	8
84	1	84	1	84	2
85	6	85	3	85	9
86	2	86	5	86	7
87	4	87	6	87	10
88	4	88	9	88	13
89	1	89	3	89	4
90	3	90	2	90	5
91	1	91	6	91	7
92	2	92	3	92	5
93	1	93	8	93	9
94	2	94	3	94	5
95	0	95	2	95	2
96	2	96	9	96	11
97	3	97	12	97	15
98	2	98	11	98	13
99	5	99	4	99	9
100	2	100	8	100	10
101	0	101	2	101	2
102	4	102	1	102	5
103	1	103	2	103	3
104	1	104	1	104	2
105	0	105	0	105	0
106	0	106	0	106	0
107	0	107	1	107	1
108	0	108	0	108	0
109	0	109	0	109	0
110	1	110	0	110	1
111	0	111	0	111	0
112	0	112	1	112	1
113	2	113	0	113	2
114	3	114	3	114	6
115	0	115	0	115	0
116	3	116	2	116	5
117	1	117	0	117	1

118	0	118	0	118	0
119	0	119	0	119	0
120	0	120	0	120	0
121	0	121	0	121	0
122	0	122	0	122	0
123	0	123	0	123	0
124	0	124	0	124	0
TOTAL	**286**		**316**		**602**
Média atrop/km	**1,86**		**2,05**		**3,91**
Desv Pad	**1,64**		**2,20**		**2,98**
Média atrop/km/mês	**0,036**		**0,039**		**0,075**
Média atrop/km/ano	**0,426**		**0,471**		**0,897**

14.6 Anexo 6 – Quadros com os resultados dos testes de Tukey que não apresentaram diferenças significativa.

14.6.1 Resultados do Teste de Tukey para os valores totais de atropelamento de animais silvestres, por estação do ano (agregado de quatro anos), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Inverno		0,983576	0,319298	0,230754
Primavera	0,983576		0,192134	0,140131
Verão	0,319298	0,192134		0,982227
Outono	0,230754	0,140131	0,982227	

14.6.2 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos, por estação do ano (agregado de quatro anos), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Inverno		0,998957	0,111871	0,098463
Primavera	0,998957		0,140039	0,121523
Verão	0,111871	0,140039		0,993052
Outono	0,098463	0,121523	0,993052	

14.6.3 Anexo 6.3 – Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves, por estação do ano (agregado de quatro anos), na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011

	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Inverno		**0,999830**	**0,533683**	**0,645364**
Primavera	0,999830		0,578349	0,687110
Verão	0,533683	0,578349		0,999729
Outono	0,645364	0,687110	0,999729	

14.6.4 Anexo 6.4 –Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres, por trecho de paisagem, na BR-040, pista sentido Juiz de Fora, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011.

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,272290	0,282223	0,467976	0,189372	0,260215
S	0,272290		1,000000	0,998631	0,999908	1,000000
R	0,282223	1,000000		0,998993	0,999850	1,000000
G	0,467976	0,998631	0,998993		0,988272	0,998053
GU	0,189372	0,999908	0,999850	0,988272		0,999954
GF	0,260215	1,000000	1,000000	0,998053	0,999954	

B - Baixada; S - Corredor de Vegetação da Serra do Mar; R - Reverso da Serra sob Influência do Rios da Cidade e Piabanha; G - Gramíneas; GU - Gramíneas e Áreas Urbanas; GF - Gramíneas e Fragmentos

14.6.5 Anexo 6.5 – Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos, por trecho de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011.

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,069951	0,696764	0,696764	0,858177	0,225212
S	0,069951		0,554074	0,554074	0,384024	0,972151
R	0,696764	0,554074		1,000000	0,999447	0,921951
G	0,696764	0,554074	1,000000		0,999447	0,921951
GU	0,858177	0,384024	0,999447	0,999447		0,789849
GF	0,225212	0,972151	0,921951	0,921951	0,789849	

14.6.6 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ

	B	S	R	G	GU	GF
B		0.165659	0.795732	0.717305	0.927478	0.550355
S	0.165659		0.800553	0.867447	0.618287	0.956307
R	0.795732	0.800553		0.999990	0.999485	0.997968
G	0.717305	0.867447	0.999990		0.996842	0.999733
GU	0.927478	0.618287	0.999485	0.996842		0.973032
GF	0.550355	0.956307	0.997968	0.999733	0.973032	

14.6.7 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ. Em vermelho as diferenças consideradas significativas

	B	S	R	G	GU	GF
B		0.673705	0.566025	0.353304	0.938163	0.903717
S	0.673705		0.999970	0.992455	0.991311	0.996786
R	0.566025	0.999970		0.998800	0.971194	0.985585
G	0.353304	0.992455	0.998800		0.858510	0.902278
GU	0.938163	0.991311	0.971194	0.858510		0.999997
GF	0.903717	0.996786	0.985585	0.902278	0.999997	

14.6.8 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de répteis, por recorte de paisagem, na BR-040, kms 800/MG e 124/RJ, de 01 de julho de 2007 a 31 de março de 2011.

	B	S	R	G	GU	GF
B		0,972104	0,835553	0,779138	0,748512	0,995132
S	0,972104		0,409633	0,351203	0,323946	0,800464
R	0,835553	0,409633		0,999997	0,999977	0,981988
G	0,779138	0,351203	0,999997		1,000000	0,965034
GU	0,748512	0,323946	0,999977	1,000000		0,953476
GF	0,995132	0,800464	0,981988	0,965034	0,953476	

14.6.9 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.869586	0.999951	0.970434	0.999673
40-100	0.869586		0.911416	0.996008	0.904604
100-160	0.999951	0.911416		0.986173	0.999996
160-220	0.970434	0.996008	0.986173		0.987500
220-406	0.999673	0.904604	0.999996	0.987500	

14.6.10 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Baixada (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.908261	0.998620	0.981712	0.924702
40-100	0.908261		0.974073	0.997161	0.999914
100-160	0.998620	0.974073		0.998784	0.984482
160-220	0.981712	0.997161	0.998784		0.999368
220-406	0.924702	0.999914	0.984482	0.999368	

14.6.11 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Baixada (pista sentido Juiz Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.974750	0.999626	0.994626	0.894837
40-100	0.974750		0.932928	0.999584	0.594263
100-160	0.999626	0.932928		0.975563	0.955982
160-220	0.994626	0.999584	0.975563		0.706148
220-406	0.894837	0.594263	0.955982	0.706148	

14.6.12 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Baixada, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.983020	0.995495	0.684995	0.400309	0.573535
80-160	0.983020		0.859936	0.382940	0.200472	0.303798
160-280	0.995495	0.859936		0.898865	0.622764	0.810322
280-340	0.684995	0.382940	0.898865		0.987454	0.999889
340-420	0.400309	0.200472	0.622764	0.987454		0.998468
420-644	0.573535	0.303798	0.810322	0.999889	0.998468	

14.6.13 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Baixada (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.999529	0.999779	0.630346	0.471629	0.721257
80-160	0.999529		0.991427	0.485258	0.349913	0.571336
160-280	0.999779	0.991427		0.758087	0.593615	0.840257
280-340	0.630346	0.485258	0.758087		0.999253	0.999960
340-420	0.471629	0.349913	0.593615	0.999253		0.994152
420-644	0.721257	0.571336	0.840257	0.999960	0.994152	

14.6.14 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Baixada (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.994182	0.998945	0.993141	0.917682	0.935736
80-160	0.994182		0.945917	0.894750	0.700411	0.731949
160-280	0.998945	0.945917		0.999967	0.986706	0.991778
280-340	0.993141	0.894750	0.999967		0.997061	0.998600
340-420	0.917682	0.700411	0.986706	0.997061		1.000000
420-644	0.935736	0.731949	0.991778	0.998600	1.000000	

14.6.15 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.983020	0.995495	0.684995	0.400309	0.573535
80-160	0.983020		0.859936	0.382940	0.200472	0.303798
160-280	0.995495	0.859936		0.898865	0.622764	0.810322
280-340	0.684995	0.382940	0.898865		0.987454	0.999889
340-420	0.400309	0.200472	0.622764	0.987454		0.998468
420-644	0.573535	0.303798	0.810322	0.999889	0.998468	

14.6.16 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.999529	0.999779	0.630346	0.471629	0.721257
80-160	0.999529		0.991427	0.485258	0.349913	0.571336
160-280	0.999779	0.991427		0.758087	0.593615	0.840257
280-340	0.630346	0.485258	0.758087		0.999253	0.999960
340-420	0.471629	0.349913	0.593615	0.999253		0.994152
420-644	0.721257	0.571336	0.840257	0.999960	0.994152	

14.6.17 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.994182	0.998945	0.993141	0.917682	0.935736
80-160	0.994182		0.945917	0.894750	0.700411	0.731949
160-280	0.998945	0.945917		0.999967	0.986706	0.991778
280-340	0.993141	0.894750	0.999967		0.997061	0.998600
340-420	0.917682	0.700411	0.986706	0.997061		1.000000
420-644	0.935736	0.731949	0.991778	0.998600	1.000000	

14.6.18 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.999999	0.999657	0.904697	0.606143	0.736780
80-160	0.999999		0.998725	0.873323	0.562444	0.692849
160-280	0.999657	0.998725		0.972508	0.746424	0.862897
280-340	0.904697	0.873323	0.972508		0.982273	0.998221
340-420	0.606143	0.562444	0.746424	0.982273		0.999760
420-644	0.736780	0.692849	0.862897	0.998221	0.999760	

14.6.19 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.999998	0.999984	0.878813	0.716458	0.685122
80-160	0.999998		1.000000	0.841167	0.668804	0.637225
160-280	0.999984	1.000000		0.817645	0.641253	0.609796
280-340	0.878813	0.841167	0.817645		0.998815	0.997476
340-420	0.716458	0.668804	0.641253	0.998815		1.000000
420-644	0.685122	0.637225	0.609796	0.997476	1.000000	

14.6.20 Resultados do Teste de Tukey para as taxas de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		1.000000	0.998545	0.999113	0.963949	0.995801
80-160	1.000000		0.997915	0.998680	0.958162	0.994449
160-280	0.998545	0.997915		1.000000	0.998120	0.999998
280-340	0.999113	0.998680	1.000000		0.997125	0.999991
340-420	0.963949	0.958162	0.998120	0.997125		0.999492
420-644	0.995801	0.994449	0.999998	0.999991	0.999492	

14.6.21 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.548108	0.629810	0.638975	0.546951
40-100	0.548108		0.999818	0.999724	0.999854
100-160	0.629810	0.999818		1.000000	1.000000
160-220	0.638975	0.999724	1.000000		0.999999
220-406	0.546951	0.999854	1.000000	0.999999	

14.6.22 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.304083	0.468885	0.549901	0.527610
40-100	0.304083		0.992565	0.974034	0.939429
100-160	0.468885	0.992565		0.999779	0.998030
160-220	0.549901	0.974034	0.999779		0.999962
220-406	0.527610	0.939429	0.998030	0.999962	

14.6.23 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Bomba de Imunana.

mm	0-40	40-100	100-160	160-220	220-406
0-40		0.995043	0.999978	0.999984	0.998093
40-100	0.995043		0.998424	0.989093	0.951486
100-160	0.999978	0.998424		0.999705	0.993811
160-220	0.999984	0.989093	0.999705		0.999601
220-406	0.998093	0.951486	0.993811	0.999601	

14.6.24 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.999483	0.959854	0.999652	0.957249	0.999924
80-160	0.999483		0.870173	0.989100	0.865175	0.994105
160-280	0.959854	0.870173		0.993680	1.000000	0.988450
280-340	0.999652	0.989100	0.993680		0.992937	0.999999
340-420	0.957249	0.865175	1.000000	0.992937		0.987317
420-644	0.999924	0.994105	0.988450	0.999999	0.987317	

14.6.25 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.992914	0.999939	0.978995	0.978995	0.996497
80-160	0.992914		0.972420	0.825072	0.825072	0.999999
160-280	0.999939	0.972420		0.995322	0.995322	0.982608
280-340	0.978995	0.825072	0.995322		1.000000	0.856874
340-420	0.978995	0.825072	0.995322	1.000000		0.856874
420-644	0.996497	0.999999	0.982608	0.856874	0.856874	

14.6.26 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de répteis no trecho da BR-040 que cruza o Corredor de Vegetação da Serra do Mar (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Bomba de Imunana

mm	0-80	80-160	160-280	280-340	340-420	420-644
0-80		0.999721	0.928042	0.994143	0.999609	0.928042
80-160	0.999721		0.981372	0.963867	1.000000	0.981372
160-280	0.928042	0.981372		0.717651	0.983580	1.000000
280-340	0.994143	0.963867	0.717651		0.960168	0.717651
340-420	0.999609	1.000000	0.983580	0.960168		0.983580
420-644	0.928042	0.981372	1.000000	0.717651	0.983580	

14.6.27 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0,435592	0,706045	0,833842	0,773568	0,987553
30-75	0,435592		0,990951	0,952853	0,976648	0,727028
75-150	0,706045	0,990951		0,999706	0,999989	0,946398
150-210	0,833842	0,952853	0,999706		0,999991	0,988763
210-270	0,773568	0,976648	0,999989	0,999991		0,973243
270-511,8	0,987553	0,727028	0,946398	0,988763	0,973243	

14.6.28 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0,201035	0,557145	0,583450	0,721613	0,562423
30-75	0,201035		0,908657	0,890542	0,774745	0,905135
75-150	0,557145	0,908657		1,000000	0,999258	1,000000
150-210	0,583450	0,890542	1,000000		0,999685	1,000000
210-270	0,721613	0,774745	0,999258	0,999685		0,999368
270-511,8	0,562423	0,905135	1,000000	1,000000	0,999368	

14.6.29 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0,974180	0,961860	0,999180	0,935911	0,952956
30-75	0,974180		1,000000	0,998497	0,999954	0,663565
75-150	0,961860	1,000000		0,996582	0,999996	0,627094
150-210	0,999180	0,998497	0,996582		0,990538	0,844644
210-270	0,935911	0,999954	0,999996	0,990538		0,570403
270-511,8	0,952956	0,663565	0,627094	0,844644	0,570403	

14.6.30 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0,435592	0,706045	0,833842	0,773568	0,987553
30-75	0,435592		0,990951	0,952853	0,976648	0,727028
75-150	0,706045	0,990951		0,999706	0,999989	0,946398
150-210	0,833842	0,952853	0,999706		0,999991	0,988763
210-270	0,773568	0,976648	0,999989	0,999991		0,973243
270-511,8	0,987553	0,727028	0,946398	0,988763	0,973243	

14.6.31 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra (pista sentido Juiz de Fora), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0,201035	0,557145	0,583450	0,721613	0,562423
30-75	0,201035		0,908657	0,890542	0,774745	0,905135
75-150	0,557145	0,908657		1,000000	0,999258	1,000000
150-210	0,583450	0,890542	1,000000		0,999685	1,000000
210-270	0,721613	0,774745	0,999258	0,999685		0,999368
270-511,8	0,562423	0,905135	1,000000	1,000000	0,999368	

14.6.32 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra (pista sentido Rio de Janeiro), por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0,974180	0,961860	0,999180	0,935911	0,952956
30-75	0,974180		1,000000	0,998497	0,999954	0,663565
75-150	0,961860	1,000000		0,996582	0,999996	0,627094
150-210	0,999180	0,998497	0,996582		0,990538	0,844644
210-270	0,935911	0,999954	0,999996	0,990538		0,570403
270-511,8	0,952956	0,663565	0,627094	0,844644	0,570403	

14.6.33 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0.800925	0.867700	0.758656	0.840097	0.985993
30-75	0.800925		0.999980	0.999999	0.999999	0.983158
75-150	0.867700	0.999980		0.999813	1.000000	0.995116
150-210	0.758656	0.999999	0.999813		0.999962	0.970969
210-270	0.840097	0.999999	1.000000	0.999962		0.991179
270-511,8	0.985993	0.983158	0.995116	0.970969	0.991179	

14.6.34 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0.325626	0.430880	0.544640	0.601375	0.651067
30-75	0.325626		0.999689	0.993378	0.984071	0.970886
75-150	0.430880	0.999689		0.999804	0.998780	0.996216
150-210	0.544640	0.993378	0.999804		0.999996	0.999907
210-270	0.601375	0.984071	0.998780	0.999996		0.999998
270-511,8	0.651067	0.970886	0.996216	0.999907	0.999998	

14.6.35 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0.955409	0.971628	0.999998	0.999895	0.934957
30-75	0.955409		0.999999	0.972776	0.987787	0.999999
75-150	0.971628	0.999999		0.984156	0.993948	0.999968
150-210	0.999998	0.972776	0.984156		0.999994	0.957404
210-270	0.999895	0.987787	0.993948	0.999994		0.978418
270-511,8	0.934957	0.999999	0.999968	0.957404	0.978418	

14.6.36 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0.413184	0.830207	0.968985	0.553014	0.999984
30-75	0.413184		0.942306	0.771877	0.999447	0.477681
75-150	0.830207	0.942306		0.996617	0.990429	0.889250
150-210	0.968985	0.771877	0.996617		0.900226	0.987862
210-270	0.553014	0.999447	0.990429	0.900226		0.627078
270-511,8	0.999984	0.477681	0.889250	0.987862	0.627078	

14.6.37 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0.681941	0.999983	0.917823	0.681941	0.958315
30-75	0.681941		0.757125	0.991998	1.000000	0.975786
75-150	0.999983	0.757125		0.956725	0.757125	0.982279
150-210	0.917823	0.991998	0.956725		0.991998	0.999978
210-270	0.681941	1.000000	0.757125	0.991998		0.975786
270-511,8	0.958315	0.975786	0.982279	0.999978	0.975786	

14.6.38 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-30	30-75	75-150	150-210	210-270	270-511,8
0-30		0.327952	0.327952	0.999661	0.605380	0.968709
30-75	0.327952		1.000000	0.435864	0.983939	0.144570
75-150	0.327952	1.000000		0.435864	0.983939	0.144570
150-210	0.999661	0.435864	0.435864		0.745390	0.896998
210-270	0.605380	0.983939	0.983939	0.745390		0.291652
270-511,8	0.968709	0.144570	0.144570	0.896998	0.291652	

14.6.39 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-60	60-120	120-240	240-360	350-480	480-754
0-60		0.996911	0.983678	0.999994	0.965363	0.999585
60-120	0.996911		0.876890	0.999339	0.825062	0.971375
120-240	0.983678	0.876890		0.966183	0.999993	0.998976
240-360	0.999994	0.999339	0.966183		0.938458	0.997764
350-480	0.965363	0.825062	0.999993	0.938458		0.995606
480-754	0.999585	0.971375	0.998976	0.997764	0.995606	

14.6.40 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-60	60-120	120-240	240-360	350-480	480-754
0-60		0.987929	0.939876	0.999770	0.909730	0.996496
60-120	0.987929		0.694875	0.947247	0.642027	0.888290
120-240	0.939876	0.694875		0.985075	0.999997	0.997282
240-360	0.999770	0.947247	0.985075		0.971474	0.999937
350-480	0.909730	0.642027	0.999997	0.971474		0.992636
480-754	0.996496	0.888290	0.997282	0.999937	0.992636	

14.6.41 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-60	60-120	120-240	240-360	350-480	480-754
0-60		0.999903	0.999778	0.977434	0.997763	1.000000
60-120	0.999903		0.995873	0.995661	0.984989	0.999798
120-240	0.999778	0.995873		0.922707	0.999979	0.999892
240-360	0.977434	0.995661	0.922707		0.868673	0.972336
350-480	0.997763	0.984989	0.999979	0.868673		0.998534
480-754	1.000000	0.999798	0.999892	0.972336	0.998534	

14.6.42 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-60	60-120	120-240	240-360	350-480	480-754
0-60		0.975718	0.985440	0.984059	0.996570	0.999219
60-120	0.975718		0.999999	0.764594	0.847914	0.998626
120-240	0.985440	0.999999		0.802125	0.879401	0.999567
240-360	0.984059	0.764594	0.802125		0.999954	0.916232
350-480	0.996570	0.847914	0.879401	0.999954		0.962441
480-754	0.999219	0.998626	0.999567	0.916232	0.962441	

14.6.43 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-60	60-120	120-240	240-360	350-480	480-754
0-60		0.986073	0.969408	0.472637	0.472637	0.857024
60-120	0.986073		0.754444	0.249311	0.249311	0.559572
120-240	0.969408	0.754444		0.833331	0.833331	0.998314
240-360	0.472637	0.249311	0.833331		1.000000	0.958885
350-480	0.472637	0.249311	0.833331	1.000000		0.958885
480-754	0.857024	0.559572	0.998314	0.958885	0.958885	

14.6.44 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a Borda do Corredor de Vegetação no Reverso da Serra, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Rio da Cidade.

mm	0-60	60-120	120-240	240-360	350-480	480-754
0-60		0.998178	0.979691	1.000000	0.999987	0.991836
60-120	0.998178		0.999660	0.998199	0.999794	0.999983
120-240	0.979691	0.999660		0.979810	0.992909	0.999993
240-360	1.000000	0.998199	0.979810		0.999987	0.991899
350-480	0.999987	0.999794	0.992909	0.999987		0.998019
480-754	0.991836	0.999983	0.999993	0.991899	0.998019	

14.6.45 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.989494	1.000000	0.971155	0.997594	0.991925
40-80	0.989494		0.985654	0.999981	0.906736	1.000000
80-180	1.000000	0.985654		0.963686	0.998562	0.988709
180-260	0.971155	0.999981	0.963686		0.849146	0.999950
260-360	0.997594	0.906736	0.998562	0.849146		0.917290
360-537	0.991925	1.000000	0.988709	0.999950	0.917290	

14.6.46 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.686831	0.999999	0.595840	0.999666	0.174129
40-80	0.686831		0.725377	0.999960	0.820433	0.745511
80-180	0.999999	0.725377		0.634517	0.999931	0.189597
180-260	0.595840	0.999960	0.634517		0.735628	0.829225
260-360	0.999666	0.820433	0.999931	0.735628		0.236540
360-537	0.174129	0.745511	0.189597	0.829225	0.236540	

14.6.47 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.999520	0.999994	0.999919	0.950480	0.725960
40-80	0.999520		0.999965	0.999999	0.992206	0.862244
80-180	0.999994	0.999965		0.999999	0.973786	0.785789
180-260	0.999919	0.999999	0.999999		0.984534	0.824059
260-360	0.950480	0.992206	0.973786	0.984534		0.989452
360-537	0.725960	0.862244	0.785789	0.824059	0.989452	

14.6.48 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.628124	0.987098	0.933913	1.000000	0.991703
40-80	0.628124		0.903755	0.258059	0.623318	0.883536
80-180	0.987098	0.903755		0.678763	0.986197	1.000000
180-260	0.933913	0.258059	0.678763		0.936454	0.707924
260-360	1.000000	0.623318	0.986197	0.936454		0.991044
360-537	0.991703	0.883536	1.000000	0.707924	0.991044	

14.6.49 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.844071	0.998803	0.969141	0.999999	0.969141
40-80	0.844071		0.958509	0.483416	0.877884	0.483416
80-180	0.998803	0.958509		0.867174	0.999670	0.867174
180-260	0.969141	0.483416	0.867174		0.952577	1.000000
260-360	0.999999	0.877884	0.999670	0.952577		0.952577
360-537	0.969141	0.483416	0.867174	1.000000	0.952577	

14.6.50 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.856000	0.993525	0.993019	0.999995	0.548516
40-80	0.856000		0.986141	0.602619	0.804995	0.984012
80-180	0.993525	0.986141		0.889776	0.983975	0.805152
180-260	0.993019	0.602619	0.889776		0.997839	0.326290
260-360	0.999995	0.804995	0.983975	0.997839		0.492173
360-537	0.548516	0.984012	0.805152	0.326290	0.492173	

14.6.51 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

Mm	0-60	60-150	150-300	300-420	420-570	570-720
0-60		0.527840	0.655782	1.000000	0.368777	0.875074
60-150	0.527840		0.999816	0.507539	0.999029	0.941807
150-300	0.655782	0.999816		0.634450	0.988272	0.987301
300-420	1.000000	0.507539	0.634450		0.352562	0.857386
420-570	0.368777	0.999029	0.988272	0.352562		0.800184
570-948	0.875074	0.941807	0.987301	0.857386	0.800184	

14.6.52 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.996606	0.999741	0.941690	0.900015	1.000000
40-80	0.996606		0.999951	0.770546	0.701153	0.993670
80-180	0.999741	0.999951		0.854235	0.792659	0.999242
180-260	0.941690	0.770546	0.854235		0.999988	0.956785
260-360	0.900015	0.701153	0.792659	0.999988		0.920985
360-537	1.000000	0.993670	0.999242	0.956785	0.920985	

14.6.53 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.996092	0.998112	0.999849	0.997066	0.929309
40-80	0.996092		1.000000	0.976102	0.935162	0.996342
80-180	0.998112	1.000000		0.984367	0.951584	0.993178
180-260	0.999849	0.976102	0.984367		0.999930	0.846393
260-360	0.997066	0.935162	0.951584	0.999930		0.754853
360-537	0.929309	0.996342	0.993178	0.846393	0.754853	

14.6.54 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-40	40-80	80-180	180-260	260-360	360-537
0-40		0.998905	1.000000	0.437557	0.437557	0.437557
40-80	0.998905		0.998094	0.303543	0.303543	0.303543
80-180	1.000000	0.998094		0.456635	0.456635	0.456635
180-260	0.437557	0.303543	0.456635		1.000000	1.000000
260-360	0.437557	0.303543	0.456635	1.000000		1.000000
360-537	0.437557	0.303543	0.456635	1.000000	1.000000	

14.6.55 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-60	60-150	150-300	300-420	420-570	570-720
0-60		0.103815	0.849029	0.930302	0.999401	0.989116
60-150	0.103815		0.403939	0.313518	0.152691	0.146213
150-300	0.849029	0.403939		0.999872	0.952037	0.980006
300-420	0.930302	0.313518	0.999872		0.987442	0.997560
420-570	0.999401	0.152691	0.952037	0.987442		0.999840
570-948	0.989116	0.146213	0.980006	0.997560	0.999840	

14.6.56 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Areal Granja Gabi.

mm	0-60	60-150	150-300	300-420	420-570	570-720
0-60		0.286129	0.998535	0.904158	0.992234	0.916264
60-150	0.286129		0.435244	0.751034	0.512516	0.614382
150-300	0.998535	0.435244		0.985572	0.999976	0.991694
300-420	0.904158	0.751034	0.985572		0.996310	0.999991
420-570	0.992234	0.512516	0.999976	0.996310		0.998666
570-948	0.916264	0.614382	0.991694	0.999991	0.998666	

14.6.57 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.997908	1.000000	0.886719	0.999424
20-60	0.997908		0.997373	0.968795	0.999958
60-120	1.000000	0.997373		0.879908	0.999185
120-190	0.886719	0.968795	0.879908		0.929145
190-461	0.999424	0.999958	0.999185	0.929145	

14.6.58 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.897315	0.999496	0.789598	0.725386
20-60	0.897315		0.956803	0.998860	0.997802
60-120	0.999496	0.956803		0.879596	0.834305
120-190	0.789598	0.998860	0.879596		1.000000
190-461	0.725386	0.997802	0.834305	1.000000	

14.6.59 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.951552	0.997805	0.999989	0.691319
20-60	0.951552		0.993676	0.967984	0.975977
60-120	0.997805	0.993676		0.999348	0.849884
120-190	0.999989	0.967984	0.999348		0.735888
190-461	0.691319	0.975977	0.849884	0.735888	

14.6.60 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.998585	0.897664	0.987840	0.999832	0.999883
60-120	0.998585		0.735711	0.999884	0.999991	0.987799
120-240	0.897664	0.735711		0.623167	0.799730	0.958915
240-360	0.987840	0.999884	0.623167		0.998875	0.954511
360-480	0.999832	0.999991	0.799730	0.998875		0.996102
480-669	0.999883	0.987799	0.958915	0.954511	0.996102	

14.6.61 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.949346	0.910562	0.999157	0.999983	0.963433
60-120	0.949346		0.520543	0.994096	0.976960	0.623197
120-240	0.910562	0.520543		0.773369	0.855807	0.999918
240-360	0.999157	0.994096	0.773369		0.999953	0.864705
360-480	0.999983	0.976960	0.855807	0.999953		0.927983
480-669	0.963433	0.623197	0.999918	0.864705	0.927983	

14.6.62 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.999998	0.983841	0.992490	0.999922	0.999818
60-120	0.999998		0.992178	0.984365	0.999486	0.999081
120-240	0.983841	0.992178		0.839568	0.949408	0.939930
240-360	0.992490	0.984365	0.839568		0.999222	0.999575
360-480	0.999922	0.999486	0.949408	0.999222		1.000000
480-669	0.999818	0.999081	0.939930	0.999575	1.000000	

14.6.63 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.985609	0.954714	0.791364	0.675346
20-60	0.985609		0.999648	0.963964	0.916991
60-120	0.954714	0.999648		0.989837	0.968420
120-190	0.791364	0.963964	0.989837		0.999937
190-461	0.675346	0.916991	0.968420	0.999937	

14.6.64 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.959918	0.987302	0.977486	0.769379
20-60	0.959918		0.999701	0.999972	0.989256
60-120	0.987302	0.999701		0.999988	0.960684
120-190	0.977486	0.999972	0.999988		0.976415
190-461	0.769379	0.989256	0.960684	0.976415	

14.6.65 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.993141	0.995380	0.806673	0.998986
20-60	0.993141		0.932889	0.602124	0.952905
60-120	0.995380	0.932889		0.942099	0.999853
120-190	0.806673	0.602124	0.942099		0.868573
190-461	0.998986	0.952905	0.999853	0.868573	

14.6.66 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.978244	0.938840	0.979171	0.995479	0.997999
60-120	0.978244		0.648258	1.000000	0.843867	0.874598
120-240	0.938840	0.648258		0.651846	0.997883	0.995265
240-360	0.979171	1.000000	0.651846		0.846815	0.877280
360-480	0.995479	0.843867	0.997883	0.846815		0.999999
480-669	0.997999	0.874598	0.995265	0.877280	0.999999	

14.6.67 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.979199	0.944277	0.997979	0.999994	0.999999
60-120	0.979199		0.662937	0.999686	0.958911	0.967445
120-240	0.944277	0.662937		0.797508	0.969524	0.961320
240-360	0.997979	0.999686	0.797508		0.993071	0.995407
360-480	0.999994	0.958911	0.969524	0.993071		1.000000
480-669	0.999999	0.967445	0.961320	0.995407	1.000000	

14.6.68 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.999258	0.997007	0.983342	0.982525	0.989611
60-120	0.999258		0.965540	0.999373	0.913029	0.934524
120-240	0.997007	0.965540		0.876876	0.999911	0.999989
240-360	0.983342	0.999373	0.876876		0.786553	0.820073
360-480	0.982525	0.913029	0.999911	0.786553		1.000000
480-669	0.989611	0.934524	0.999989	0.820073	1.000000	

14.6.69 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		1.000000	0.969259	0.997134	0.855300
20-60	1.000000		0.969382	0.997110	0.855620
60-120	0.969259	0.969382		0.878152	0.997174
120-190	0.997134	0.997110	0.878152		0.685777
190-461	0.855300	0.855620	0.997174	0.685777	

14.6.70 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.953965	0.998609	0.721371	0.986064
20-60	0.953965		0.869590	0.973095	0.998732
60-120	0.998609	0.869590		0.582933	0.928888
120-190	0.721371	0.973095	0.582933		0.888223
190-461	0.986064	0.998732	0.928888	0.888223	

14.6.71 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Moura Brasil.

	0-20	20-60	60-120	120-190	190-461
0-20		0.937572	0.952034	0.900477	0.321282
20-60	0.937572		0.999997	0.999943	0.700433
60-120	0.952034	0.999997		0.999730	0.667802
120-190	0.900477	0.999943	0.999730		0.766552
190-461	0.321282	0.700433	0.667802	0.766552	

14.6.72 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.999997	0.996640	0.999637	0.985580	1.000000
60-120	0.999997		0.999051	0.998346	0.972104	0.999975
120-240	0.996640	0.999051		0.971360	0.880670	0.994113
240-360	0.999637	0.998346	0.971360		0.999111	0.999883
360-480	0.985580	0.972104	0.880670	0.999111		0.990636
480-669	1.000000	0.999975	0.994113	0.999883	0.990636	

14.6.73 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.999940	0.999975	0.999958	0.999834	0.983698
60-120	0.999940		0.998842	1.000000	1.000000	0.951525
120-240	0.999975	0.998842		0.999037	0.997974	0.995644
240-360	0.999958	1.000000	0.999037		1.000000	0.954535
360-480	0.999834	1.000000	0.997974	1.000000		0.940806
480-669	0.983698	0.951525	0.995644	0.954535	0.940806	

14.6.74 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Áreas Urbanas, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Moura Brasil.

	0-60	60-120	120-240	240-360	360-480	480-669
0-60		0.997934	0.986959	0.999570	0.953790	0.953790
60-120	0.997934		0.999929	0.976470	0.815320	0.815320
120-240	0.986959	0.999929		0.935679	0.719002	0.719002
240-360	0.999570	0.976470	0.935679		0.992710	0.992710
360-480	0.953790	0.815320	0.719002	0.992710		1.000000
480-669	0.953790	0.815320	0.719002	0.992710	1.000000	

14.6.75 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.999943	0.994269	0.096288	0.170576
20-70	0.999943		0.998655	0.110362	0.198226
70-160	0.994269	0.998655		0.149702	0.275511
160-240	0.096288	0.110362	0.149702		0.922390
240-489	0.170576	0.198226	0.275511	0.922390	

14.6.76 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.742636	0.897231	0.171987	0.217730
20-70	0.742636		0.996025	0.624111	0.788699
70-160	0.897231	0.996025		0.452070	0.593007
160-240	0.171987	0.624111	0.452070		0.988610
240-489	0.217730	0.788699	0.593007	0.988610	

14.6.77 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.980704	0.804295	0.969760	0.301729	0.630722
40 - 100	0.980704		0.465838	0.724756	0.135672	0.299951
100 - 200	0.804295	0.465838		0.994332	0.881447	0.999891
200 - 360	0.969760	0.724756	0.994332		0.639672	0.963840
360 - 440	0.301729	0.135672	0.881447	0.639672		0.922215
440 - 922	0.630722	0.299951	0.999891	0.963840	0.922215	

14.6.78 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de animais silvestres no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.919512	0.620362	0.927187	0.222024	0.334709
40 - 100	0.919512		0.982306	1.000000	0.614051	0.836539
100 - 200	0.620362	0.982306		0.979143	0.915782	0.996313
200 - 360	0.927187	1.000000	0.979143		0.600556	0.824057
360 - 440	0.222024	0.614051	0.915782	0.600556		0.987907
440 - 922	0.334709	0.836539	0.996313	0.824057	0.987907	

14.6.79 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		1.000000	0.983670	0.526464	0.521411
20-70	1.000000		0.983400	0.525328	0.520177
70-160	0.983670	0.983400		0.785943	0.804145
160-240	0.526464	0.525328	0.785943		0.999868
240-489	0.521411	0.520177	0.804145	0.999868	

14.6.80 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.502227	0.901476	0.372316	0.195285
20-70	0.502227		0.912636	0.997918	0.947131
70-160	0.901476	0.912636		0.791308	0.538308
160-240	0.372316	0.997918	0.791308		0.994017
240-489	0.195285	0.947131	0.538308	0.994017	

14.6.81 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.685158	0.999998	0.922138	0.995437
20-70	0.685158		0.658398	0.317383	0.441636
70-160	0.999998	0.658398		0.937068	0.997629
160-240	0.922138	0.317383	0.937068		0.982717
240-489	0.995437	0.441636	0.997629	0.982717	

14.6.82 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.588541	0.446046	0.412317	0.177036	0.174436
40 - 100	0.588541		0.999610	0.998811	0.870858	0.922080
100 - 200	0.446046	0.999610		0.999999	0.957853	0.984755
200 - 360	0.412317	0.998811	0.999999		0.971665	0.991765
360 - 440	0.177036	0.870858	0.957853	0.971665		0.999798
440 - 922	0.174436	0.922080	0.984755	0.991765	0.999798	

14.6.83 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de mamíferos no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.113577	0.669183	0.860177	0.477583	0.972294
40 - 100	0.113577		0.018923	0.029593	0.012599	0.033047
100 - 200	0.669183	0.018923		0.998211	0.998627	0.925937
200 - 360	0.860177	0.029593	0.998211		0.964988	0.994586
360 - 440	0.477583	0.012599	0.998627	0.964988		0.757993
440 - 922	0.972294	0.033047	0.925937	0.994586	0.757993	

14.6.84 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.999579	0.996979	0.668315	0.778704
20-70	0.999579		0.982012	0.566369	0.668800
70-160	0.996979	0.982012		0.829491	0.923688
160-240	0.668315	0.566369	0.829491		0.996090
240-489	0.778704	0.668800	0.923688	0.996090	

14.6.85 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.962200	0.999494	0.701634	0.970834
20-70	0.962200		0.990602	0.388941	0.702516
70-160	0.999494	0.990602		0.594243	0.915004
160-240	0.701634	0.388941	0.594243		0.912415
240-489	0.970834	0.702516	0.915004	0.912415	

14.6.86 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 30 dias na estação Sobraji.

mm	0-20	20-70	70-160	160-240	240-489
0-20		0.992770	0.878286	0.773411	0.543990
20-70	0.992770		0.982370	0.935629	0.773294
70-160	0.878286	0.982370		0.999142	0.971337
160-240	0.773411	0.935629	0.999142		0.996566
240-489	0.543990	0.773294	0.971337	0.996566	

14.6.87 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.922792	0.998768	0.911623	0.772863	0.954428
40 - 100	0.922792		0.774558	1.000000	0.321757	0.493789
100 - 200	0.998768	0.774558		0.756820	0.921751	0.997567
200 - 360	0.911623	1.000000	0.756820		0.308892	0.474851
360 - 440	0.772863	0.321757	0.921751	0.308892		0.986220
440 - 922	0.954428	0.493789	0.997567	0.474851	0.986220	

14.6.88 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Juiz de Fora) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm	0 - 40	40 - 100	100 - 200	200 - 360	360 - 440	440 - 922
0 - 40		0.921758	0.999994	0.660112	0.844565	0.991117
40 - 100	0.921758		0.879578	0.989048	0.381113	0.626677
100 - 200	0.999994	0.879578		0.595198	0.893154	0.997521
200 - 360	0.660112	0.989048	0.595198		0.193218	0.329141
360 - 440	0.844565	0.381113	0.893154	0.193218		0.974845
440 - 922	0.991117	0.626677	0.997521	0.329141	0.974845	

14.6.89 Resultados do Teste de Tukey para os valores de atropelamento de aves no trecho da BR-040 (pista sentido Rio de Janeiro) que cruza a paisagem Gramíneas e Fragmentos, por classe de precipitação acumulada durante 60 dias na estação Sobraji.

mm		0.982466	0.993627	0.999999	0.875358	0.945889
0 - 40	0.982466		0.839019	0.989829	0.554996	0.638876
40 - 100	0.993627	0.839019		0.988211	0.990749	0.999590
100 - 200	0.999999	0.989829	0.988211		0.844260	0.923235
200 - 360	0.875358	0.554996	0.990749	0.844260		0.999284
360 - 440	0.945889	0.638876	0.999590	0.923235	0.999284	
440 - 922		0.982466	0.993627	0.999999	0.875358	0.945889