

EDIÇÃO 1 / ANO 2021

**MANUAL DE ORIENTAÇÕES
TÉCNICAS PARA MITIGAÇÃO
DE COLISÕES VEICULARES COM
FAUNA SILVESTRE NAS
RODOVIAS ESTADUAIS DO MATO
GROSSO DO SUL**

► REALIZAÇÃO

SEINFRA
Secretaria de Estado
de Infraestrutura



**GOVERNO
DO ESTADO**
Mato Grosso do Sul

AGESUL
AGÊNCIA ESTADUAL DE GESTÃO DE EMPREENHIMENTOS DO MATO GROSSO DO SUL



ICAS Instituto de Conservação
de Animais Silvestres

UEMS
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA – SEINFRA

**MANUAL DE ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA MITIGAÇÃO
DE COLISÕES VEICULARES COM FAUNA SILVESTRE NAS RODOVIAS
ESTADUAIS DO MATO GROSSO DO SUL**

Reinaldo Azambuja

GOVERNADOR DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

Eduardo Corrêa Riedel

SECRETÁRIO DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA

Erica Naomi Saito e Maria Fernanda Balestieri

ORGANIZADORAS

1ª edição

SEINFRA
Campo Grande, 2021



MANUAL DE ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA MITIGAÇÃO DE COLISÕES VEICULARES COM FAUNA SILVESTRE NAS RODOVIAS ESTADUAIS DO MATO GROSSO DO SUL

GOVERNADOR DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

Reinaldo Azambuja

SECRETÁRIO DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA

Eduardo Corrêa Riedel

REVISÃO

M. Tassetto (ICAS)

REALIZAÇÃO

Secretaria de Estado de Infraestrutura – SEINFRA
Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos – AGESUL
Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL
Instituto de Conservação de Animais Silvestres – ICAS
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS

COLABORAÇÃO

Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias – NERF-UFRGS
Rede de Especialistas em Ecologia de Transportes – REET Brasil
ViaFAUNA Consultoria Ambiental – ViaFAUNA
AMPARA Silvestre – AMPARA
Caipora Cooperativa de Trabalho para Conservação e Proteção dos Recursos Naturais – CAIPORA
FALCO Ambiental
Projeto Estrada Viva
Projeto Bonito Não Atropela
Fondation Segré

ORGANIZADORAS

Erica Naomi Saito (ICAS)
Maria Fernanda Balestieri (SEINFRA/AGESUL)

EQUIPE TÉCNICA

Erica Naomi Saito (ICAS)
Yuri Geraldo Gomes Ribeiro (ICAS)
Arnaud Desbiez (ICAS)
Mariana Labão Catapani (ICAS)
Débora Regina Yogui (ICAS)
Miriã Ribeiro Costa (ICAS)

Andréia Nasser Figueiredo (ICAS)
Audrey Brisseau (ICAS)
Victor Gonçalves de Castro (ICAS)
Andreas Kindel (NERF-UFRGS)
Fernanda Zimmermann Teixeira (NERF-UFRGS)
Clarissa Alves da Rosa (REET BRASIL)
Helio Secco (REET BRASIL, FALCO Ambiental)
Reginaldo Cruz (REET BRASIL)
Fernanda Abra (ViaFAUNA)
Mauricio Forlani (AMPARA)
Jorge José Cherem (CAIPORA)
Maria Fernanda Balestieri (SEINFRA/AGESUL)
Pedro Celso de Oliveira Fernandes (SEINFRA/AGESUL)
Bráulio Tosta Mendes de Freitas (SEINFRA/AGESUL)
Dalvim Romão Cezar Junior (SEINFRA/AGESUL)
Phablo Gustavo de Santana (SEINFRA/AGESUL)
Antoine Hennadipgil Júnior (SEINFRA/AGESUL)
Ana Paula Felício (IMASUL)
Cláudia Regina Macedo Coutinho (IMASUL)
Mariana Coelho Mirault Pinto (IMASUL)
Selene Peixoto Albuquerque (IMASUL)
Vander Melquiades F. de Jesus (IMASUL)
Thais Barbosa de Azambuja Caramori (IMASUL)
Marcio Cesar Seixas (AGESUL)
Joel Dourado de Assis (AGESUL)
Afrânio José Soriano Soares (UEMS)

ILUSTRAÇÕES DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Karen Hana Alves da Frota (ICAS)

DIAGRAMAÇÃO E EDITORAÇÃO VISUAL

Luis Augusto Akasaki (ICAS)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M657m Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Infraestrutura.
Manual de orientações técnicas para mitigação de colisões veiculares com fauna silvestre nas rodovias estaduais do Mato Grosso do Sul / Erica Naomi Saito e Maria Fernanda Balestieri (Org.) . -- 1. ed. -- Campo Grande, MS : a Secretaria, 2021.
63 p. : il.

Ilustrações das medidas de mitigação Karen Hana Alves da Frota (ICAS)
ISBN 978-85-53196-02-9

1. Planejamento rodoviário. 2. Biodiversidade. 3. Fauna Silvestre. 4. Rodovias. 5. Aspectos ambientais. I. Saito, Erica Naomi. II. Balestieri, Maria Fernanda. III. Frota, Karen Hana Alves da. IV. Título.

CDD 625.7

Bibliotecária: Juliana Batista Ounap – CRB 1/3147

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. Como citar a obra: SAITO, E. N.; BALESTIERI, M. F. (Orgs). **Manual de Orientações Técnicas para Mitigação de Colisões Veiculares com Fauna Silvestre nas Rodovias Estaduais do Mato Grosso do Sul**. 1 ed. Campo Grande: SEINFRA, 2021. 63p.
Os direitos autorais das fotografias contidas nesta publicação são de propriedade de seus fotógrafos.

APRESENTAÇÃO

Para reforçar as estratégias de implementação de mecanismos de salvaguarda da biodiversidade do nosso estado, reduzindo a morte de animais silvestres e garantindo a segurança dos que trafegam nas rodovias sul-mato-grossenses, a Secretaria de Estado de Infraestrutura (SEINFRA), por meio do Projeto Estrada Viva¹ e da colaboração de instituições ligadas à Ecologia de Transportes, elaborou este Manual de Orientações Técnicas contendo medidas de redução de colisões veiculares com a fauna silvestre nas rodovias estaduais do Mato Grosso do Sul.

O Manual é fruto de estudos e troca de *expertise* de técnicos que integram um Grupo de Trabalho Interinstitucional formado pela equipe do Projeto Estrada Vida, por integrantes de instituições governamentais, da comunidade científica e do terceiro setor, e traz diretrizes técnicas de elaboração para os novos projetos viários estaduais, bem como a aplicação prática em algumas obras já em execução, a fim de tornar os empreendimentos viários do governo do Mato Grosso do Sul de acordo com o real conceito de rodovias mais seguras para todos. Além disso, essa iniciativa está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela Organização das Nações Unidas, para promover uma mobilidade segura e sustentável.

Com isso, avançamos na busca de um novo cenário nas rodovias estaduais, de forma que todos os envolvidos nesse processo merecem um agradecimento especial pela colaboração em prol do objetivo comum de proteger nossos animais e aumentar a segurança dos usuários de nossas estradas: Projeto Estrada Viva, Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS), Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF-UFRGS), Rede de Especialistas em Ecologia de Transportes (REET Brasil), ViaFAUNA Consultoria Ambiental, AMPARA Silvestre, Caipora Cooperativa de Trabalho para Conservação e Proteção dos Recursos Naturais, Falco AMBIENTAL, Projeto Bonito Não Atropela, Fondation Segré e IMASUL.

Eduardo Corrêa Riedel

Secretário de Infraestrutura de MS

Mato Grosso do Sul, dezembro de 2021.



¹ Projeto desenvolvido pelo Governo do Estado, por meio da Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos – AGESUL, em parceria com a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo da Malha Rodoviária Estadual no Mato Grosso do Sul. Fonte: AGESUL, 2020.	12
Quadro 2. Grupos-alvo para implantação de medidas de mitigação.	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Rodoviário do estado de Mato Grosso do Sul. Fonte: AGESUL, 2021b.	12
Figura 2. Esquema sobre o processo lógico do planejamento da mitigação de colisões veiculares com fauna: o diagnóstico deve ser capaz de responder sequencialmente às perguntas por que, o que, quais grupos-alvo e como mitigar (tipo de medidas e onde implantá-las). Os números indicam os itens que apresentam a descrição e o detalhamento de cada medida de mitigação.	15
Figura 3. Esquema com o catálogo de medidas mitigadoras agrupadas pelo mecanismo de mitigação.	21
Figura 4. Esquema recomendado de cercamento para impedir o acesso de animais de médio e grande porte à pista. Note que a base de concreto pode ser substituída pelo enterramento da cerca em 20 a 30 cm ou cerca do tipo saia na base da estrutura. O topo da malha deve conter adaptações para evitar que animais escaladores transponham a cerca.	25
Figura 5. Capivara (indicada pela seta) bloqueada por cerca com malhas decrescentes em base de alvenaria na BR 471/RS. Foto: Mozart Lauxen.	26
Figura 6. Cerca com base em concreto e tela em malhas progressivas na BR 101/RS. Foto: Mozart Lauxen.	26
Figura 7. Cercamento associado à passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.	26
Figura 8. Portão de acesso instalado em cercamento associado à passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	26
Figura 9. Cerca com plástico durável para anfíbios dos dois lados da rodovia Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.	28
Figura 10. Cerca com plástico durável para anfíbios. Note a extremidade superior dobrada para evitar fuga de animais para a pista. Foto: Caroline Zank.	28
Figura 11. Cerca com estrutura de escape para animais: o dispositivo permite que o animal fuja para apenas um lado da cerca e impede que ele volte. Foto: editada de Simone Freitas, obra original sob licença CC BY-AS 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en), via Wikimedia Commons.	28
Figura 12. Cercas com a extremidade superior dobrada para evitar fuga de animais para a pista, direcionando para túnel de sapos. Foto: editada de Christian Fischer, obra original sob licença CC BY-SA 3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), via Wikimedia Commons.	28
Figura 13. Esquema com exemplos de diferentes tipos de Obras de Arte Corrente com plataforma seca para passagem de fauna: A. Celular. B. Tubular. C. Arco. D. Celular com rampa de acesso. Fonte: ICAS/Projeto Bandeiras e Rodovias.	30

Figura 14. Exemplo de galeria de 1,5 m x 1,5 m com plataforma seca: capivara (animal semiaquático) utilizando a parte úmida. Foto: Robson Siqueira.	30
Figura 15. Exemplo de galeria de 1,5 m x 1,5 m com plataforma seca: cachorro-do-mato (animal terrícola) utilizando a parte seca. Foto: Robson Siqueira.	30
Figura 16. Vão de ponte com as laterais secas junto às cabeceiras para passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	32
Figura 17. Cerca com portão de acesso instalada em ponte na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	32
Figura 18. Vão de ponte com as laterais secas junto às cabeceiras para passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	32
Figura 19. Vão de ponte com as laterais secas junto às cabeceiras para passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	32
Figura 20. Passagem de fauna seca celular associada a cercamento. Foto: Fernanda Abra. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.	34
Figura 21. Passagem de fauna seca de concreto associada a cercamento na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.	34
Figura 22. Passagem de fauna mista com passarela, associada a cercamento na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.	34
Figura 23. Passagem de fauna mista com passarela, associada a cercamento na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.	34
Figura 24. Implantação de túnel climático em concreto polímero para anfíbios na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.	36
Figura 25. Instalação de túnel climático em concreto polímero para anfíbios na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.	36
Figura 26. Túnel climático em concreto polímero para anfíbios com cercamento na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.	36
Figura 27. Parte superior do túnel climático em concreto polímero para anfíbios. Note cercamento ao fundo da imagem, na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.	36
Figura 28. Exemplos de <i>design</i> de passagens superiores de fauna. Fonte: ViaFAUNA.	38
Figura 29. Exemplos de passagem de dossel ancorada em (1) árvore e (2) poste permanente de sustentação. Fonte: adaptado de ViaFAUNA.	39
Figura 30. Passagem superior de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	39
Figura 31. Passagem superior de fauna com múltiplas cordas ligadas às árvores da vegetação do entorno na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	39
Figura 32. Detalhe das estruturas que ligam a passagem superior de fauna às árvores da vegetação do entorno na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	39
Figura 33. Detalhe das estruturas que ligam a passagem superior de fauna às árvores da vegetação do entorno na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	39
Figura 34. Viaduto vegetado sobre a BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.	41

Figura 35. Cercamento com portão de acesso ao viaduto vegetado sobre a BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.....	42
Figura 36. Viaduto para a fauna sobre a Rodovia dos Tamoios/SP-99. Foto: Erica Naomi Saito.	42
Figura 37. Modelos de sinalização vertical de fauna: A. Placa padrão A-36 animais selvagens. B, C e D. Modelos conceituais de placas mais chamativas. Fonte: ICAS/Projeto Bandeiras e Rodovias.	44
Figura 38. Radar eletrônico na rodovia BR-262. Foto: Miriã Ribeiro Costa.	46
Figura 39. Radar eletrônico na rodovia BR-262 com sinalização sobre a velocidade máxima permitida. Foto: Miriã Ribeiro Costa.	46
Figura 40. Fluxograma com níveis de disponibilidade de informações espaciais relativas a colisão veicular com fauna (CVF). Nível 1: camadas comumente úteis podem ser (LAUXEN, 2012): traçado da rodovia, imagem aérea, hipsometria, hidrografia, áreas prioritárias para conservação, remanescentes de vegetação nativa, registros de atropelamentos, Unidades de Conservação, potencial agrícola e áreas urbanas.	48

LISTA DE SIGLAS

AGESUL: Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos

CVF: Colisão Veicular com Fauna

IMASUL: Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul

OAC: Obra de Arte Corrente

OAE: Obra de Arte Especial

PBA: Plano Básico Ambiental

SEINFRA: Secretaria de Estado de Infraestrutura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	11
3	PERÍODO DE REVISÃO	11
4	INFRAESTRUTURA VIÁRIA DO MATO GROSSO DO SUL	11
5	PROCESSO DE MITIGAÇÃO DE COLISÕES VEICULARES COM FAUNA.....	13
5.1	POR QUE MITIGAR	16
5.2	O QUE MITIGAR	18
5.3	QUAL GRUPO-ALVO MITIGAR.....	18
5.4	COMO MITIGAR? ESCOLHA DAS MEDIDAS MITIGADORAS	21
5.4.1	Cercamento para animais de médio e grande porte	23
5.4.2	Cercamento para animais de pequeno porte.....	27
5.4.3	Adequação de Obras de Arte Corrente (OAC)	29
5.4.4	Adequação de Obras de Arte Especiais (OAE)	31
5.4.5	Passagem inferior de fauna de médio e grande porte.....	33
5.4.6	Passagem inferior de fauna de pequeno porte ou criação de micro-habitat para animais pequenos em estruturas maiores	35
5.4.7	Passagem superior de fauna	37
5.4.8	Viaduto vegetado para fauna.....	40
5.4.9	Sinalização viária	43
5.4.10	Redutores de velocidade	45
5.5	COMO MITIGAR? ESCOLHA DO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS.....	47
5.5.1	Locais prioritários para implementação de medidas de mitigação de colisões veiculares com fauna.....	50
6	PLANEJAMENTO E ESCALONAMENTO DAS MEDIDAS FÍSICAS E AÇÕES DE MANEJO	52
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, as estradas exercem um papel-chave no desenvolvimento da sociedade, pois promovem a integração e a defesa do território, facilitando o acesso, o escoamento e o transporte de bens e pessoas (OLIVEIRA Neto & NOGUEIRA, 2016; PERZ et al., 2007). Até 2050, prevê-se que sejam construídos 25 milhões de quilômetros de rodovias pavimentadas no mundo (DULAC, 2013; LAURANCE et al., 2014). Atualmente, os mais altos índices de expansão rodoviária têm ocorrido em países com economias emergentes nos trópicos, sendo esta ação priorizada pelos governos como forma de fomentar o crescimento econômico e reduzir a pobreza (LAURANCE et al., 2009). As rodovias ocupam uma parte significativa do território brasileiro, contribuindo para o crescimento econômico local, gerando oportunidades de empregos e serviços, bem como a instalação de novos pontos residenciais, comerciais e industriais (MARTINELLI & VOLPI, 2011). Especificamente no Brasil, a malha rodoviária é o principal sistema logístico com mais de 1,7 milhão de quilômetros de rodovias, por onde circulam 56% das cargas do país e esta estrutura continua em expansão (AHMED, 2013; AHMED et al., 2013).

Entretanto, apesar dos benefícios sociais e econômicos, esses empreendimentos lineares são responsáveis por diversos impactos aos ambientes aquáticos e terrestres, como alterações físicas e químicas do ambiente, incluindo efeitos de borda e mudança nos padrões de sedimentação, dispersão de espécies exóticas e mudanças no uso da terra e da água (TROMBULAK & FRISSELL, 2000; LAURANCE et al., 2009). A construção de estradas está entre as alterações ambientais que causaram impactos mais extensos nas paisagens no século XX, potencializando a perda dos *habitats*, um dos principais fatores que levam à extinção das espécies e à perda da diversidade biológica (D'EON et al., 2002; BERGALLO & VERA Y CONDE, 2001).

A implantação de estradas e de outras obras rodoviárias sem o devido planejamento ambiental é uma das maiores ameaças à conservação da fauna, na medida em que causam efeito de borda em formações vegetais próximas ao empreendimento, impedem o fluxo dos animais, bem como seu acesso a recursos necessários à sua sobrevivência, reduzem o fluxo gênico devido ao isolamento das populações, além de aumentarem o índice de mortalidade por atropelamento da fauna (TROMBULAK & FRISSELL, 2000; ROSA & BAGER, 2013; OLIVEIRA et al., 2017).



Os atropelamentos de animais silvestres são apontados como uma das principais causas diretas de mortalidade de muitas espécies de vertebrados (FORMAN & ALEXANDER, 1998; OLIVEIRA et al., 2016; DESBIEZ et al., 2020). A fatalidade de animais devido às colisões veiculares com fauna pode significar prejuízos de extrema relevância, principalmente quando são atingidas espécies que já se encontram em risco de extinção (LEITE et al., 2012).

A mitigação de colisões veiculares com a fauna silvestre é importante não apenas para a conservação de espécies da fauna, como também para a segurança dos usuários da rodovia (SOBANSKI, 2016; ABRA et al., 2019), uma vez que os acidentes podem causar danos materiais, psicológicos e físicos para as pessoas, até mesmo fatais. No Brasil, anualmente, cerca de 1.062 pessoas são vítimas de acidentes com animais em rodovias (CBEE, 2021). No Mato Grosso do Sul, segundo dados da Polícia Rodoviária Federal, entre 2007 e 2019 ocorreram 614 colisões com animais envolvendo vítimas humanas fatais ou feridas. Entre 2017 e 2020, mais de 12 mil animais silvestres foram vítimas de colisões veiculares em quatro estradas monitoradas pelo Instituto de Conservação de Animais Silvestres, sendo que 40% desses registros foram de animais de médio e grande porte, capazes de causar acidentes mais graves, como tamanduás-bandeira, capivaras e antas (ICAS, 2021). Cabe ainda ressaltar que a quantidade de animais atropelados registrada é subestimada, já que as carcaças nem sempre são detectáveis durante o monitoramento devido à ineficiência da observação ou à remoção pelo tráfego de veículos, por condições climáticas ou animais carniceiros que, na maioria das vezes agem em menos de 24 horas, ou ainda pelo deslocamento do animal ferido para fora da rodovia antes de morrer (SLATER, 2002; FORMAN et al., 2003; SANTOS et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2013; PINHEIRO, 2016).

No Brasil, a falta de informações sobre a distribuição das colisões veiculares, o limitado acesso a orientações detalhadas, na língua portuguesa, sobre o processo de escolha do tipo de estrutura de mitigação e outros aspectos relevantes que afetam a sua efetividade têm retardado as iniciativas de implantação e monitoramento dessas medidas. Portanto, com este manual, procuramos preencher essa lacuna compilando informações para orientar o planejamento, a tomada de decisões e a implantação de medidas de mitigação das colisões veiculares com a fauna nas estradas do Mato Grosso do Sul, tornando-as mais seguras para os animais e para os usuários.

2 OBJETIVO

Este manual tem o objetivo principal de estabelecer diretrizes básicas que subsidiarão a elaboração dos Termos de Referência para contratação de projetos rodoviários, no âmbito da Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos (AGESUL), considerando a implementação das medidas de engenharia necessárias à redução de colisões veiculares com animais silvestres.

3 PERÍODO DE REVISÃO

Este documento pode ser revisado em qualquer momento, não excedendo o período de quatro anos para adequá-lo às normas técnicas e diretrizes vigentes e às novas evidências técnico-científicas.

4 INFRAESTRUTURA VIÁRIA DO MATO GROSSO DO SUL

A interface regional estabelecida com os grandes eixos rodoviários, além de aproximar e facilitar o intercâmbio regional dentro do estado, amplia o alcance e os impactos das políticas públicas a serem definidas e estabelece uma maior relação de complementariedade, principalmente no que se refere às demandas por serviços sociais como: saúde e educação, bem como ao fortalecimento comercial entre as regiões de Mato Grosso do Sul (SEMAGRO, 2015). Dessa forma, para atender a esse fim, além da malha viária existente, há rodovias planejadas ainda inexistentes, que possuem o traçado de sua futura diretriz fixado apenas pelos pontos inicial e final. Os pontos intermediários, para a definição do seu traçado, serão determinados através de estudos e projetos.

Conforme os dados do Sistema Rodoviário do Estado de Mato Grosso do Sul (AGESUL, 2021a), a rede rodoviária estadual é composta de 142 rodovias estaduais (veja o mapa na Figura 1), totalizando aproximadamente 13.300 km, dos quais cerca de 8.500 km são de vias não pavimentadas, incluindo mais de 250 km em obras de pavimentação. Além disso, há mais de 1.800 km de rodovias planejadas para o estado, conforme apresentado no Quadro 1.



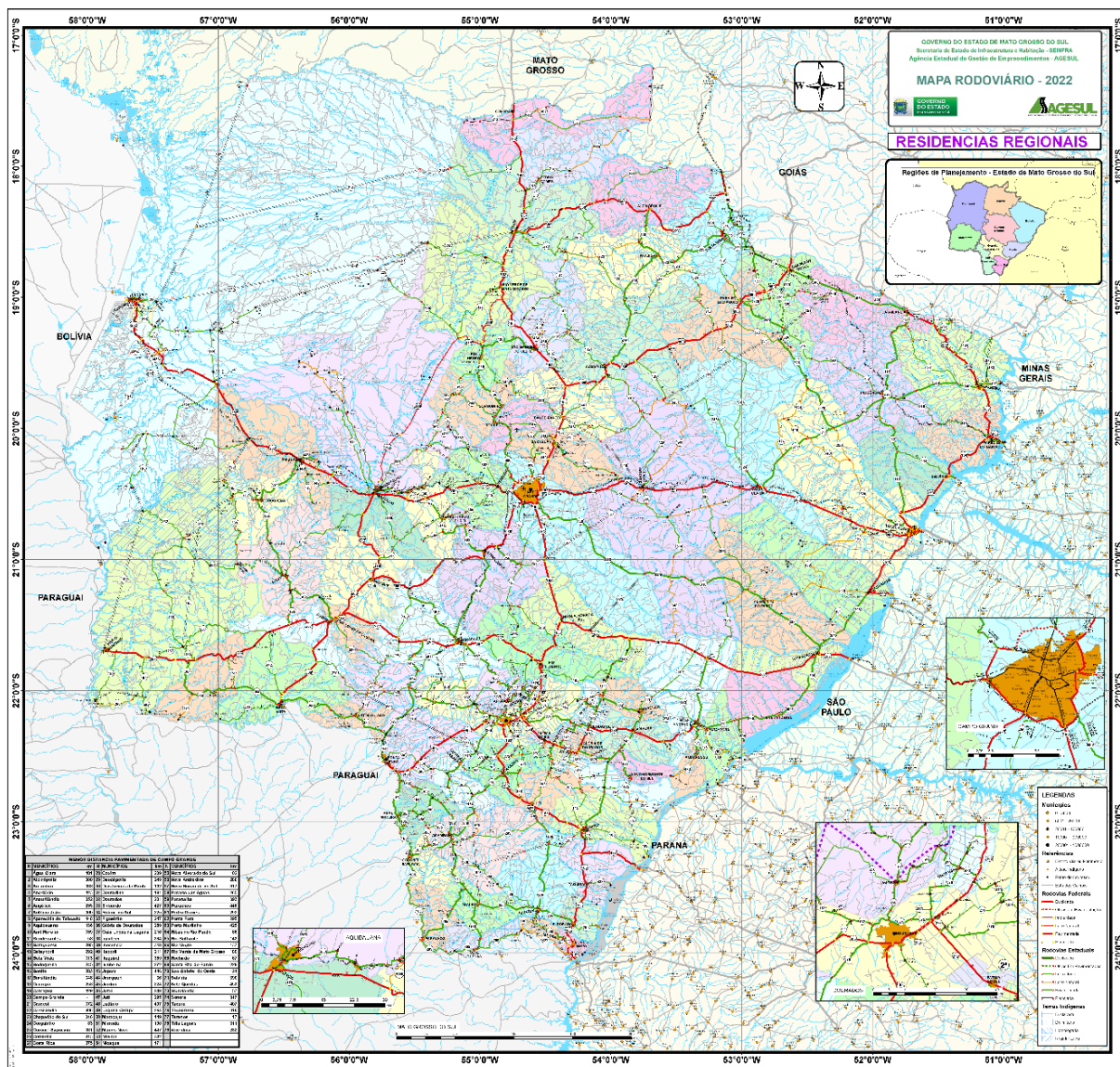


Figura 1. Mapa Rodoviário do estado de Mato Grosso do Sul. Fonte: AGESUL, 2021b.

Quadro 1. Resumo da Malha Rodoviária Estadual no Mato Grosso do Sul. Fonte: AGESUL, 2020.

Tipo de empreendimento		Extensão
Rodovia planejada (PLA)		1.825,2 km
Rede não pavimentada	Rodovia em leito natural (LEN)	1.589,0 km
	Rodovia em obras de implantação (EOI)	-
	Rodovia implantada (IMP)	6.717,9 km
	Rodovia em obras de pavimentação (EOP)	256,4 km
	Subtotal	8.563,3 km
Rede pavimentada	Pista simples (PAV)	4.665,3 km
	Em obras de duplicação (EOD)	-
	Pista duplicada (DUP)	30,3 km
	Subtotal	4.695,6 km
Total da malha rodoviária estadual		13.258,9 km

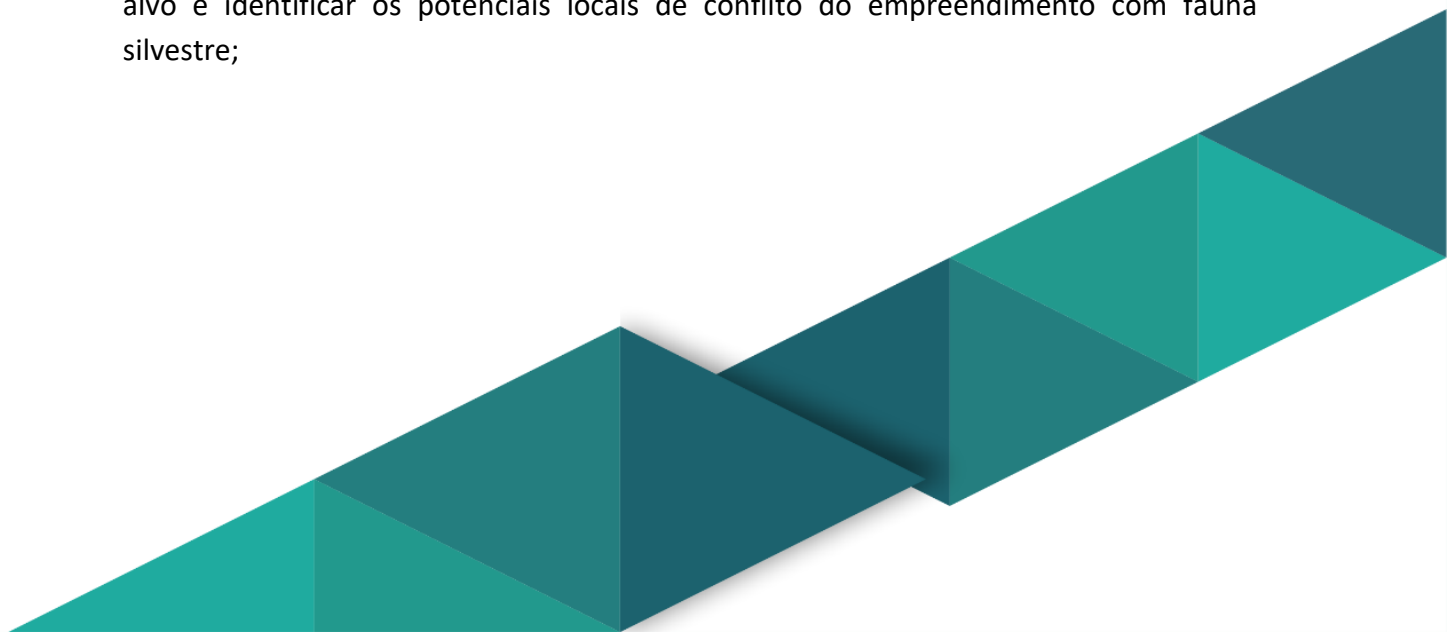
5 PROCESSO DE MITIGAÇÃO DE COLISÕES VEICULARES COM FAUNA

O processo de mitigação de colisões veiculares se inicia com a realização de um diagnóstico ambiental de boa qualidade para que as medidas de mitigação sejam planejadas e executadas com o maior nível de certeza possível (veja detalhamento no item 5.5). Uma vez implantada a rodovia, seja pavimentada ou não, a compreensão dos locais onde ocorrem os atropelamentos de animais silvestres é essencial para a instalação de medidas de mitigação adicionais (GUNSON & TEIXEIRA, 2015). Além disso, o conhecimento da paisagem e da fauna associada, da distribuição da fauna e dos padrões de movimento dos animais é útil para orientar a definição do traçado da rodovia, sendo uma estratégia para evitar impactos sobre as populações silvestres (CARR et al., 2002).

O mau planejamento ou a implantação inadequada das medidas mitigadoras podem torná-las inefetivas e ainda potencializar o risco de atropelamentos, a perda de conectividade de habitats, a erosão, entre outros efeitos indesejados. Portanto, isso pode representar um desperdício de recursos financeiros e de tempo, além de depreciar a imagem e a credibilidade de todas as instituições públicas e privadas envolvidas, sobretudo a gestora e administradora de rodovias.

Por isso, quanto maior o investimento em estudos especializados para embasar a implantação de medidas de mitigação de colisões veiculares com fauna silvestre nas rodovias, maior o nível de certeza na tomada de decisão. Abaixo, segue a indicação desses estudos:

- levantamento da fauna atropelada dos grupos-alvo em toda a extensão da rodovia e análise de agregação de atropelamentos – permite conhecer os locais de maior risco de atropelamentos;
- levantamento de locais de travessia de grupos-alvo da fauna – permite conhecer os locais onde há travessia frequente de fauna na rodovia e, provavelmente, maior risco de atropelamento;
- levantamento de acidentes com vítimas humanas envolvendo colisões de veículo com a fauna – permite conhecer os locais de maior risco de acidentes, além de identificar os grupos-alvo;
- levantamento e monitoramento de fauna na área de influência do empreendimento – estudos complementares que permitem conhecer a fauna local, selecionar os grupos-alvo e identificar os potenciais locais de conflito do empreendimento com fauna silvestre;



- análise de paisagem e identificação de corredores ecológicos – permite identificar áreas importantes para a conectividade da paisagem e de maior probabilidade de travessias de fauna para implantar medidas de mitigação, priorizando, sempre que possível e adequado, espaços com maior estabilidade da condição fundiária e da cobertura vegetal como Unidades de Conservação, remanescentes de vegetação nativa em Reservas Legais adjacentes à rodovia, Áreas de Preservação Permanente, principalmente associadas a cursos de água, Zonas Úmidas, Terras Indígenas e Quilombolas, entre outras Áreas Protegidas e áreas relevantes para a fauna silvestre;
- cadastramento de Obras de Arte Correntes (OAC), como bueiros, e Obras de Arte Especiais (OAE), como pontes e viadutos, além de outras estruturas de drenagem e de passagem – permite enumerar estruturas com uso potencial pelos animais e projetar adaptações necessárias para aumentar o uso pela fauna silvestre;
- análise hidrológica – permite conhecer o comportamento dos corpos d’água em períodos de seca e cheia, essencial para o dimensionamento das OAE e OAC para que essas possam atender ao objetivo de permitir o deslocamento dos mais diferentes grupos de animais que eventualmente possam fazer uso dessas obras de arte.

O conhecimento da estrutura atual da rodovia, bem como a seleção de grupos-alvo e a identificação dos locais com maior concentração de fatalidades ou de colisões entre veículos e animais são fundamentais para determinar os locais e tipos de mitigação a serem implementados. Na ausência de informações quanto aos atropelamentos, o conhecimento dos locais de maior probabilidade de travessias de animais, aliado à análise da paisagem, se torna uma importante ferramenta para identificar os locais de maior probabilidade de colisões veiculares com fauna.

Para que as medidas adequadas sejam implantadas e resultem na redução das colisões veiculares com fauna, o diagnóstico deve ser capaz de responder sequencialmente às perguntas: por que mitigar, o que mitigar e como mitigar. Seguindo esse processo lógico, é possível pautar a tomada de decisão em argumentos técnicos e factíveis, conforme esquematizado e detalhado a seguir.

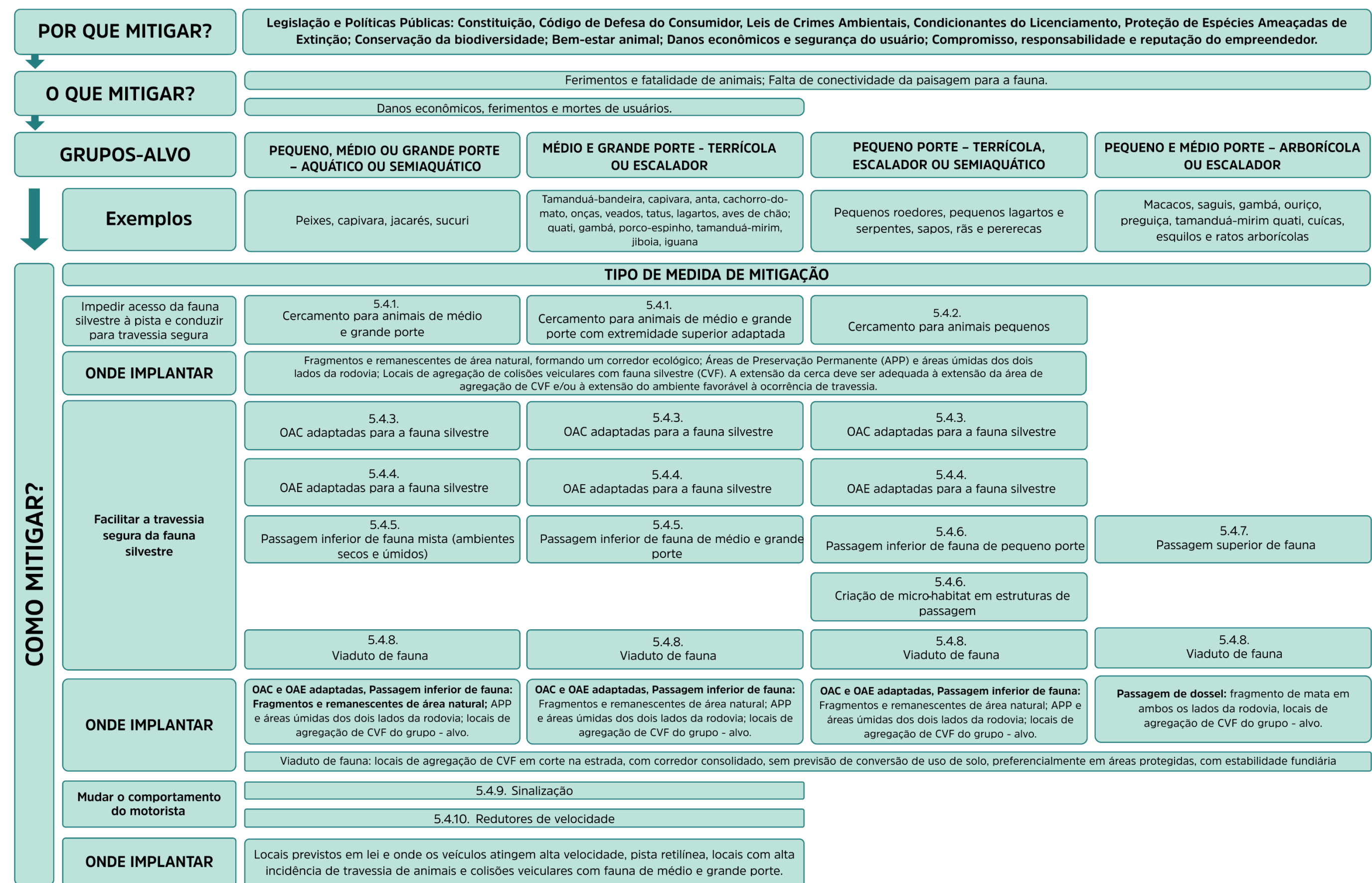


Figura 2. Esquema sobre o processo lógico do planejamento da mitigação de colisões veiculares com fauna: o diagnóstico deve ser capaz de responder sequencialmente às perguntas por que, o que, quais grupos-alvo e como mitigar (tipo de medidas e onde implantá-las). Os números indicam os itens que apresentam a descrição e o detalhamento de cada medida de mitigação.

5.1 POR QUE MITIGAR

As colisões veiculares com fauna são um problema crônico nas rodovias, com impactos diversos para os animais e para a sociedade, cujo aumento se verifica principalmente a partir do século XX devido ao incremento do número de veículos, de rodovias e das velocidades máximas permitidas (CLEVINGER & KOCIOLEK, 2006; SEILER & HELLDIN, 2006). As razões que justificam a mitigação das colisões veiculares com fauna podem ser agrupadas conforme segue. É importante salientar que várias destas motivações são inter-relacionadas e, portanto, mais de uma poderá ser utilizada para definir espécies ou grupos-alvo do planejamento da mitigação.

Legislação e políticas públicas: a Constituição Federal de 1988 (artigo 37) e o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990; artigos 2, 14 e 22) têm sido utilizados por usuários das rodovias para solicitar compensações financeiras devido a acidentes envolvendo colisões de veículo com animais na pista (ABRA et al., 2019). Além disso, a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9605, de 3 de junho de 1998; artigo 17 – BRASIL, 1998) também prevê a reparação do dano ambiental e aplicação de multa. Assim, o sistema jurídico brasileiro responsabiliza o administrador da estrada, em sua grande maioria de casos (91,7%), por colisões com fauna silvestre e doméstica (ABRA et al., 2019). No âmbito do licenciamento ambiental estadual, o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL – emite condicionantes que preveem o monitoramento e a prevenção das colisões veiculares com fauna silvestre nas rodovias do Mato Grosso do Sul. As condicionantes das licenças emitidas são baseadas nos programas de monitoramento propostos e o local de instalação dos mecanismos de mitigação também são propostos no Plano Básico Ambiental – PBA – pelo empreendedor, com base no diagnóstico da fauna apresentado. Quanto às espécies da fauna ameaçadas de extinção, essas são protegidas por legislação federal (Portaria nº 444 de 2014 e nº 445 de 2014 do Ministério do Meio Ambiente – BRASIL, 2014a e BRASIL, 2014b) e pelos Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção ou do Patrimônio Espeleológico (PAN), que são políticas públicas, pactuadas com a sociedade, que identificam e orientam as ações prioritárias para combater as ameaças que põem em risco populações de espécies e seus habitats para assim protegê-los (ICMBIO, 2020).

Conservação da biodiversidade: as rodovias funcionam como sumidouros de fauna, já que os indivíduos não conseguem colonizar ou migrar para novas áreas devido ao atropelamento (WOODROFFE & GINSBERG, 1998), causando impactos na persistência das populações faunísticas e nos serviços ecossistêmicos. Considerando apenas os mamíferos, estima-se que mais de 2 milhões de indivíduos são atropelados todos os anos no Brasil (GONZÁLEZ-SUÁREZ et al., 2018), e que cerca de 40 mil mamíferos de médio e grande porte são atropelados por ano no estado de São Paulo (ABRA et al., 2021). No Mato Grosso do Sul, estima-se que entre 12 mil a 15 mil animais silvestres foram acometidos por colisão veicular entre 2017 e 2019 somente nas rodovias monitoradas pelo Projeto Bandeiras e Rodovias, que representam 14% das rodovias pavimentadas do estado, sendo que 40% desses registros

foram de animais de médio e grande porte capazes de causar acidentes mais graves, como tamanduás-bandeira, capivaras e antas (ASCENSÃO et al., 2021).

Bem-estar animal: uma rodovia por si só já interfere no bem-estar animal devido a diversos impactos como barreira na movimentação, interferência na comunicação entre os indivíduos, separação de grupos familiares, ocorrência de lesões por queimaduras em rodovias pavimentadas e alteração no comportamento do animal. Além de causar fatalidades, a colisão veicular pode deixar o animal ferido e ainda vivo, agonizando na rodovia ou em áreas adjacentes. Portanto, é necessário criar mecanismos para que os animais sejam atendidos e não morram em sofrimento, prevenindo assim que essas colisões ocorram. A defesa, proteção e bem-estar dos animais silvestres e sua reintegração ao seu habitat natural são asseguradas pelo Programa Nacional de Resgate de Fauna Silvestre – Resgate+, através da Portaria MMA nº 455, de 5 de outubro de 2021 (BRASIL, 2021), que visa: I. propiciar a implementação de ferramentas para o afugentamento, resgate, atendimento médico veterinário primário e de emergência, e assistencialismo de fauna silvestre, em situação de risco e vulnerabilidade, nos seis biomas brasileiros; II. mitigar a perda de biodiversidade decorrente de eventos naturais extremos ou acidentes ambientais causados por ação antrópica; III. orientar a destinação adequada dos animais atendidos em operações de resgate e assistência.

Danos econômicos e segurança do usuário: animais na estrada podem ocasionar colisões diretas com os veículos. Há também risco de acidente quando o motorista tenta desviar do animal e acaba perdendo o controle. Esses acidentes podem gerar danos físicos, materiais, psicológicos às pessoas e causar óbitos. No estado de São Paulo, entre 2003 e 2013, ocorreram 28.724 colisões veiculares com fauna, contabilizando por ano 531 humanos com ferimentos leves, 116 com ferimentos graves e 20 óbitos, totalizando um prejuízo de mais de R\$ 56,5 milhões para a sociedade, incluindo gastos com remoção do animal, reparo de danos ao veículo, guincho, atendimento às vítimas, entre outros (ABRA et al., 2019). No Mato Grosso do Sul, entre 2013 e 2020, foram registradas 613 carcaças de antas por meio de dados de monitoramento de campo e inserções de mídia sobre atropelamentos. Ao todo, 77 pessoas ficaram feridas e 28 morreram por causa de acidentes de veículos com antas em diversas rodovias estaduais e federais no estado, segundo dados da INCAB – Iniciativa Nacional para a Conservação da Anta Brasileira (IPÊ, 2020).

Compromisso, responsabilidade e reputação do empreendedor: primeiro, todos os seres vivos têm o direito de existir (valor intrínseco), por isso, é um compromisso ético investir na redução de mortes humanas e de animais. A administração da rodovia é responsável por diversos aspectos da segurança viária e prevenção de acidentes. Assim, baseado no Código de defesa do consumidor (BRASIL, 1990) e na Constituição Federal (BRASIL, 1988), quando ocorre um acidente envolvendo veículo e animal, o sistema jurídico brasileiro responsabiliza, na grande maioria dos casos, a administradora da rodovia, uma vez que esta falhou em prestar um serviço com segurança (ABRA et al., 2019). O estado do Mato Grosso do Sul é conhecido internacionalmente por suas belezas naturais e cênicas, sendo roteiro para diversos turistas, contudo, os animais mortos na pista, que atraem animais carniceiros, prejudicam a estética

da rodovia e desagradam os olhares de quem busca um reduto da natureza. A falta de compromisso com a segurança viária e a conservação da biodiversidade e a falta de planejamento e investimento em medidas mitigadoras, aliadas aos altos índices de acidentes nas rodovias, causam uma mácula na reputação do empreendedor e agravo em casos judicializados.

Dessa forma, evitar colisões com fauna é uma medida importante para a segurança tanto dos animais quanto dos usuários da via, sendo um investimento necessário, urgente e compensador para muitas rodovias no estado do Mato Grosso do Sul. O Projeto Bandeiras e Rodovias verificou, por exemplo, que, em comparação com os custos de reparos de veículos, o custo de cercar a estrada em pontos críticos de mortalidade de animais por colisão veicular é compensado em 9 a 25 anos, ou seja, um investimento bastante plausível e com retorno garantido para a sociedade e para o meio ambiente (ASCENSÃO et al., 2021), considerando que o tempo de operação deste tipo de infraestrutura perdura por décadas.

5.2 O QUE MITIGAR

Como mencionado anteriormente, existem diversos motivos que justificam a implantação de medidas que reduzem as colisões veiculares com fauna. Contudo, para selecionar uma medida eficaz, é necessário identificar o impacto a ser mitigado. Assim, o próximo passo no processo de mitigação é selecionar qual(is) impacto(s) a mitigação irá focar:

1. Danos econômicos, ferimentos e mortes de usuários da rodovia, e/ou
2. Ferimentos e fatalidade de animais silvestres, e/ou
3. Falta de conectividade da paisagem para a fauna.

É importante ressaltar que o planejamento da mitigação pode envolver um ou mais desses objetivos e, portanto, serão necessárias diferentes combinações de medidas, embora algumas possam ser funcionais para mais de um objetivo.

5.3 QUAL GRUPO-ALVO MITIGAR

As medidas mitigadoras descritas neste documento são específicas para cada grupo-alvo de animais, que foram categorizados considerando seu tamanho e a forma como se deslocam.

Assim, o porte dos animais foi definido a partir da massa corpórea média dos adultos, da seguinte forma:

- **Porte pequeno:** menor que 1 kg;
- **Porte médio:** entre 1 a 30 kg;
- **Porte grande:** maior que 30 kg.

O modo como o animal realiza seu deslocamento, classifica-o nas categorias:

- **Arborícola:** que se locomove primariamente pela copa das árvores;
- **Terrícola:** que se locomove predominantemente pelo solo;
- **Escalador:** que é capaz de escalar, locomovendo-se tanto pela copa das árvores como pelo solo;

- **Aquático:** que se locomove predominantemente dentro da água;
- **Semiaquático:** que é capaz de se locomover tanto dentro quanto fora da água.

Devido ao alto índice de acidentes envolvendo a fauna nas rodovias do Mato Grosso do Sul, a preocupação primária é com a segurança viária e, portanto, os grupos-alvo prioritários abrangem os animais de médio e grande porte. Contudo, ressalta-se que, em função da legislação, há a obrigatoriedade da preocupação com a conservação da biodiversidade como um todo, especialmente de animais ameaçados de extinção. Assim, a escolha do grupo-alvo é definida com base na motivação para a mitigação. Para exemplificar: caso a segurança viária seja a motivação prioritária, serão alvo as espécies de médio e grande porte, sejam silvestres ou exóticas. No caso de a prioridade ser a conservação da biodiversidade, poderão ser consideradas todas as espécies silvestres ou prioritariamente as ameaçadas, independente do porte, mas o monitoramento e planejamento da mitigação não incluirá as exóticas. No entanto, se o bem-estar animal é um compromisso, este último grupo obrigatoriamente deve estar incluído. É fundamental que todo plano de mitigação apresente claramente o grupo-alvo e a decisão que embasou sua escolha.

Quadro 2. Grupos-alvo para implantação de medidas de mitigação.

Grupo-alvo		Pequeno, médio e grande porte	Médio e grande porte	Pequeno porte	Pequeno e médio porte
		Aquático ou semiaquático	Terrícola ou escalador	Terrícola, escalador ou semiaquático	Arborícola ou escalador
Descrição		Animais que se locomovem ou que podem se deslocar pela água	Animais > 1 kg que se deslocam pelo chão ou que têm a habilidade de escalar, locomovendo-se tanto pelas copas das árvores como pelo chão	Animais < 1kg que se deslocam pelo chão ou que têm a habilidade de escalar ou que podem se deslocar pela água	Animais > 1 kg que se locomovem primariamente pelas copas das árvores e animais que se locomovem tanto pelas copas das árvores como pelo chão
Exemplos		Peixes, capivara, jacarés, sucuri	Tamanduá-bandeira, capivara, anta, cachorro-do-mato, onças, veados, tatus, lagartos, aves de chão, quati, gambá, ouriço, tamanduá-mirim, jiboia, iguana	Pequenos roedores, pequenos lagartos e serpentes, sapos, rãs e pererecas	Macacos, saguis, gambá, ouriço, preguiça, tamanduá-mirim quati, cuícas, esquilos e ratos arborícolas
Medidas mitigadoras	Impedir acesso da fauna silvestre à pista e conduzir para travessia segura	Cercamento associado a estruturas de drenagem	Cercamento para animais de médio e grande porte, com extremidade superior adaptada	Cercamento para animais pequenos	-
	Facilitar a travessia segura da fauna silvestre	Obras de Arte Correntes e Obras de Arte Especiais adaptadas para a fauna silvestre			
		Passagem de fauna inferior mista para animais de médio e grande porte	Passagem de fauna inferior seca para animais de médio e grande porte	Passagem de fauna inferior para animais pequenos ou criação de micro-habitat em outras estruturas de passagem	
		Viaduto vegetado para fauna			
	Mudar o comportamento do motorista	Sinalização viária			-
Redutores de velocidade					

5.4 COMO MITIGAR? ESCOLHA DAS MEDIDAS MITIGADORAS

Existe uma infinidade de medidas mitigadoras disponíveis, que devem ser selecionadas de acordo com o impacto a ser mitigado e com o grupo-alvo de animais (BATES et al., 2003; WRAY et al., 2006; CLEVENGER & HUIJSER, 2011; LAUXEN, 2012, TEIXEIRA, 2021). As medidas abordadas neste manual são aquelas que o conhecimento atual aponta como as mais eficientes ou as mais comumente implantadas. Além disso, as medidas detalhadas são físicas ou estruturais, voltadas para a elaboração dos projetos rodoviários.

Para selecionar os tipos de medidas mitigadoras mais adequadas e poder avaliar sua efetividade, é importante definir o mecanismo da mitigação. Focando especificamente nas colisões de veículos com a fauna, por exemplo, pode-se pensar em três mecanismos diferentes para a mitigação: mudar o comportamento do animal ou do motorista, impedir o acesso do animal à pista e facilitar a travessia segura, conforme esquema abaixo.

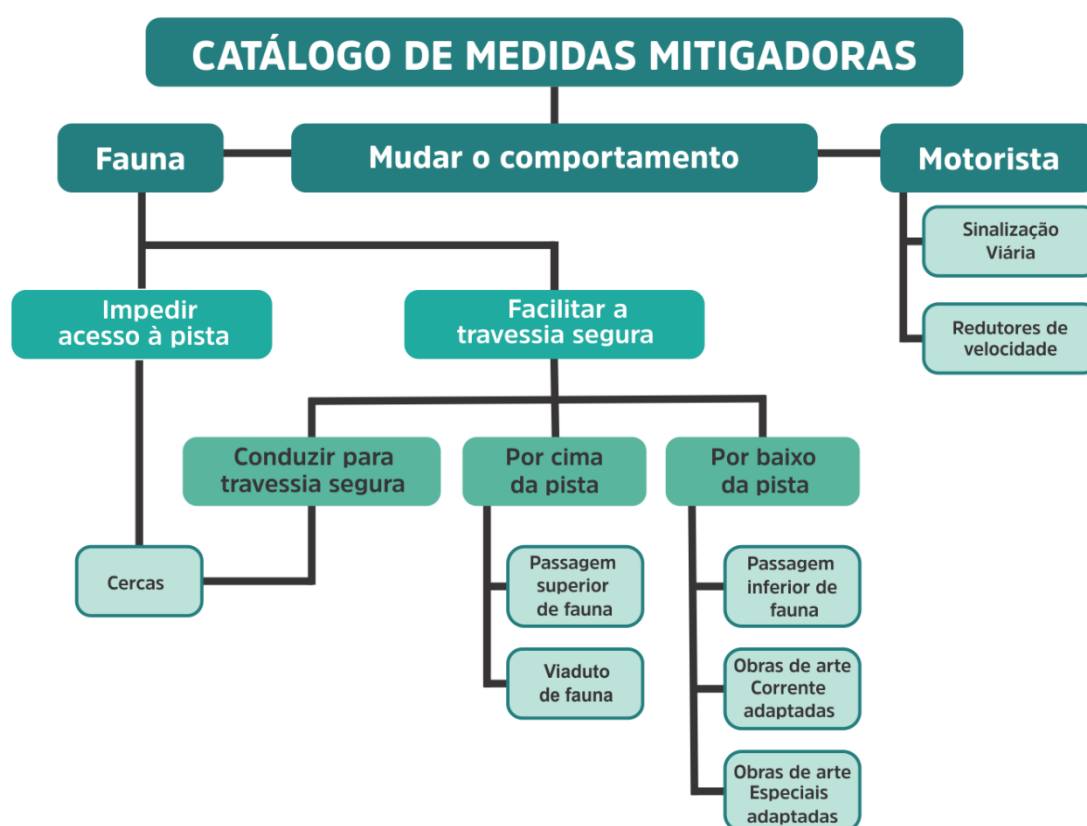


Figura 3. Esquema com o catálogo de medidas mitigadoras agrupadas pelo mecanismo de mitigação.

Uma das medidas mitigadoras mais eficientes para evitar a colisão veicular com fauna é impedir o acesso dos animais à pista por meio da instalação de cercas em ambos os lados da rodovia. Uma das medidas mitigadoras mais eficientes para evitar a colisão veicular com fauna é impedir o acesso dos animais à pista, instalando cercas em ambos os lados da rodovia. As cercas condicionam o comportamento da fauna bloqueando seu acesso à rodovia e, complementarmente, funcionando como guias até uma estrutura de passagem segura.

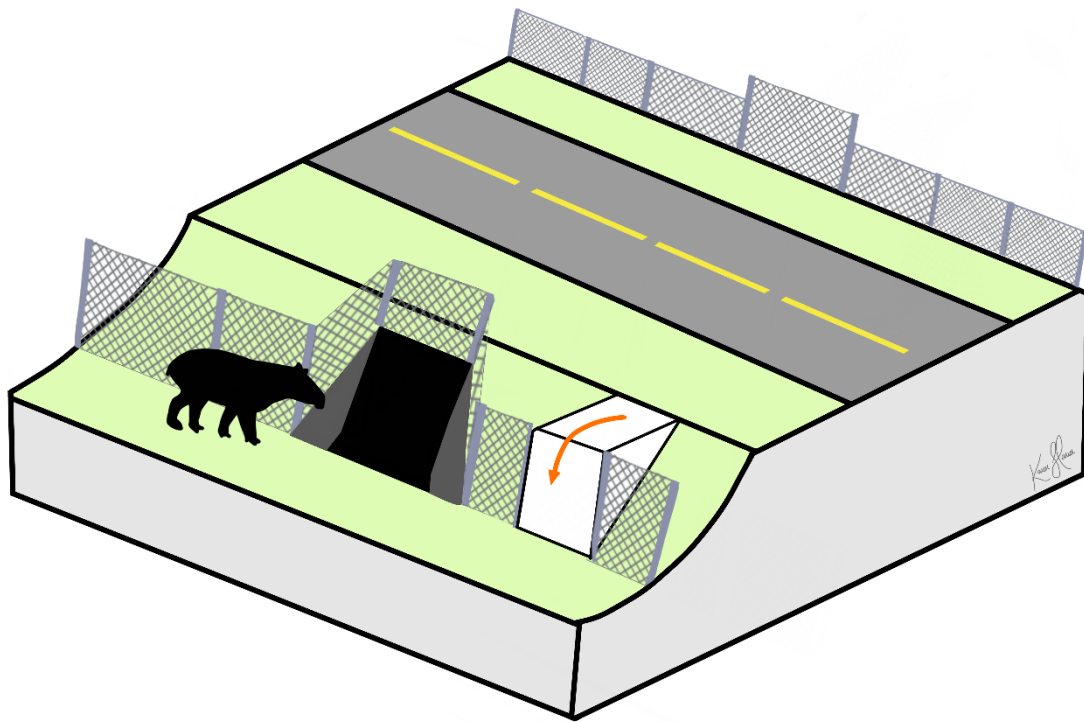
Para promover a travessia segura da fauna e a conectividade entre os lados da rodovia, primeiro, é necessário adaptar estruturas já existentes para o uso da fauna, ou seja, as Obras de Arte Correntes (OAC), como bueiros, e as Obras de Arte Especiais (OAE), como as pontes. Além disso, é preciso instalar estruturas específicas para a travessia de fauna quando as estruturas de drenagem não são adequadas ou não estão situadas nos locais de maior necessidade ou, ainda, quando são em número insuficiente. No caso de animais arborícolas e escaladores, são recomendadas as passagens superiores ou pontes de dossel por cima da pista. Quanto aos animais terrícolas, escaladores, aquáticos e semiaquáticos, as passagens inferiores de fauna têm sido amplamente utilizadas e devem ser projetadas para ser acessíveis e encorajar a movimentação através delas, garantindo a passagem segura de animais e promovendo a conectividade do *habitat* (GLISTA et al., 2009). Cabe ressaltar que, de acordo com um amplo estudo de revisão e análise de dezenas de estudos existentes, feito por Rytwinski et al. (2016), apenas as passagens de fauna, sem as cercas bloqueadoras e condutoras para guiar os animais, não reduzem as colisões veiculares com fauna. Para mamíferos de grande porte, a combinação de cercamentos com passagens de fauna gerou uma redução de 83% nos atropelamentos (RYTWINSKI et al., 2016).

Outra intervenção para a travessia segura da fauna é a implantação de viadutos vegetados, que beneficiam uma ampla gama de animais, mas, devido ao custo elevado, devem ser implantados apenas após o descarte de todas as demais alternativas. Existem medidas que visam, ainda, alterar o comportamento dos usuários da rodovia induzindo-os a reduzir a velocidade e a aumentar a atenção ao dirigir, evitando possíveis acidentes. No entanto, sabe-se que a maioria das colisões não são propositalis, de modo que, ao se deparar com um animal na pista, o motorista tem poucas chances de evitar um atropelamento.

Cabe ressaltar que não existe uma medida 100% efetiva e que nem todas as medidas de mitigação são igualmente efetivas ou eficientes. A efetividade de uma medida mitigatória pode depender da escolha do local correto, da altura e qualidade das cercas, das características das passagens de fauna, da manutenção das estruturas, entre muitos outros fatores. Por isso, é necessária e importante a implantação de um conjunto de diferentes estruturas de qualidade e sua manutenção, a fim de beneficiar diferentes espécies e grupos faunísticos.

Na seção seguinte, são descritas as medidas para redução de colisões veiculares com fauna silvestre a serem contempladas nos empreendimentos rodoviários no Mato Grosso do Sul. Qualquer modificação no desenho das estruturas deve ser justificada e aprovada pela Diretoria de Meio Ambiente da AGESUL, desde que mantidas as suas funcionalidades.

5.4.1 Cercamento para animais de médio e grande porte



- As cercas são estruturas instaladas entre a rodovia e o ambiente do entorno de forma a impedir o acesso dos animais à pista de rodagem e conduzi-los às estruturas de travessia segura.
- As cercas precisam ser paralelas e instaladas em ambos os lados da rodovia e devem ter altura e malhas adequadas para a fauna que está sendo protegida, bem como ser adequadas à segurança viária.
- A altura mínima do cercamento é de 1,70 m acima do solo.
- A extensão mínima do cercamento deve ser condizente com a extensão do trecho crítico de fatalidades ou do ambiente marginal favorável à presença de fauna.
- Para cercamentos associados à passagem de fauna ou outra estrutura de travessia inferior de fauna, recomenda-se o mínimo de 500 m de cercamento para cada lado da estrutura.
- Especificação da tela do tipo alambrado: fio galvanizado com malha de tamanho adequado para impedir o acesso à pista dos animais do grupo-alvo.
- Utilizar preferencialmente dois tipos de malha: uma grande para animais de grande porte e outra pequena próxima ao solo (altura recomendada de 50 cm) para espécies de menor porte.

- Para evitar que animais escavem e transponham a cerca, esta deve ser enterrada 20-30 cm no solo, ou ser construída sobre uma mureta de concreto de 20-30 cm enterrada no solo, ou ainda ser do tipo saia, com a porção inferior disposta sobre o solo.
- Utilizar mourões de concreto a cada 2,5 m e esticadores a cada 50m ou com espaçamento satisfatório de modo que a cerca fique esticada e firme.
- A cerca deve ser construída afastada de arbustos, vegetação alta ou outras estruturas que facilitem sua transposição pelos animais. Contudo, caso seja inevitável essa situação, deve-se obter autorização para supressão pontual da pequena faixa de vegetação presente no local de instalação da cerca (semelhante a um aceiro).
- Caso existam propriedades ou acessos para outras vias que interceptem o cercamento, deverá ser alocado um mata-burro ou gradil metálico para permitir o acesso de humanos, mas dificultando a entrada de animais nos intervalos da cerca.
- Devem ser providenciadas estruturas que permitam o escape de animais que venham a transpor essa barreira (por exemplo: rampas de escape, alçapões ou portões unidirecionais).
- Caso o cercamento seja instalado em local de uso humano (por exemplo, locais de acesso a rios), é recomendável que se instalem portões, evitando danos à estrutura na intenção de cruzar a cerca. Esses locais podem ser sinalizados como uma medida adicional para desestimular danos à cerca.
- Os cercamentos devem preferencialmente estar associados a uma ou mais estruturas que permitam aos animais atravessar a rodovia em segurança, como passagens de fauna inferiores ou superiores, obras de arte (por exemplo, pontes e bueiros) ou outras estruturas funcionais para este fim.
- Emendas e junções nas passagens de fauna ou obras de arte devem ser perfeitamente ajustadas para impedir que animais fiquem presos ou transponham as cercas por essas eventuais aberturas.
- As extremidades das cercas devem preferencialmente terminar em passagem de fauna inferior de fauna, ponte ou drenagem que comporte a passagem de animais. Também devem conter estruturas como mata-burros ou gradis metálicos que impeçam a entrada da fauna na faixa de rodagem ou acostamento, desde que a estrutura não se torne uma armadilha para pequenas espécies.
- Quando associado às passagens de fauna e aos bueiros, o cercamento deve ser implantado sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.
- Quando não existir essa possibilidade, recomenda-se que o final das cercas coincida com ambientes marginais inóspitos para a espécie, que a porção terminal tenha extensão de 10 m e haja direcionamento para a margem de origem do animal em ângulo de 45º a 75º.

- Para evitar que animais escaladores ultrapassem a cerca, a parte superior deve ser adaptada. Sugere-se que a cerca se estenda por pelo menos 60 cm além do topo dos mourões, ficando em balanço, sem sustentação ou arqueada, em direção contrária à via. Outra estratégia é utilizar roletes antifuga no topo do cercamento, que são dispositivos giratórios que evitam a transposição dos animais.
- A manutenção deve ser constante e prevista no projeto, incluindo a revisão das malhas, da base, das emendas laterais, a ocorrência de rupturas ou de danos aos mourões e esticadores.
- Garantir a poda periódica da vegetação que possa colocar em risco a estrutura da cerca ou ser utilizada pela fauna para transpor a cerca.

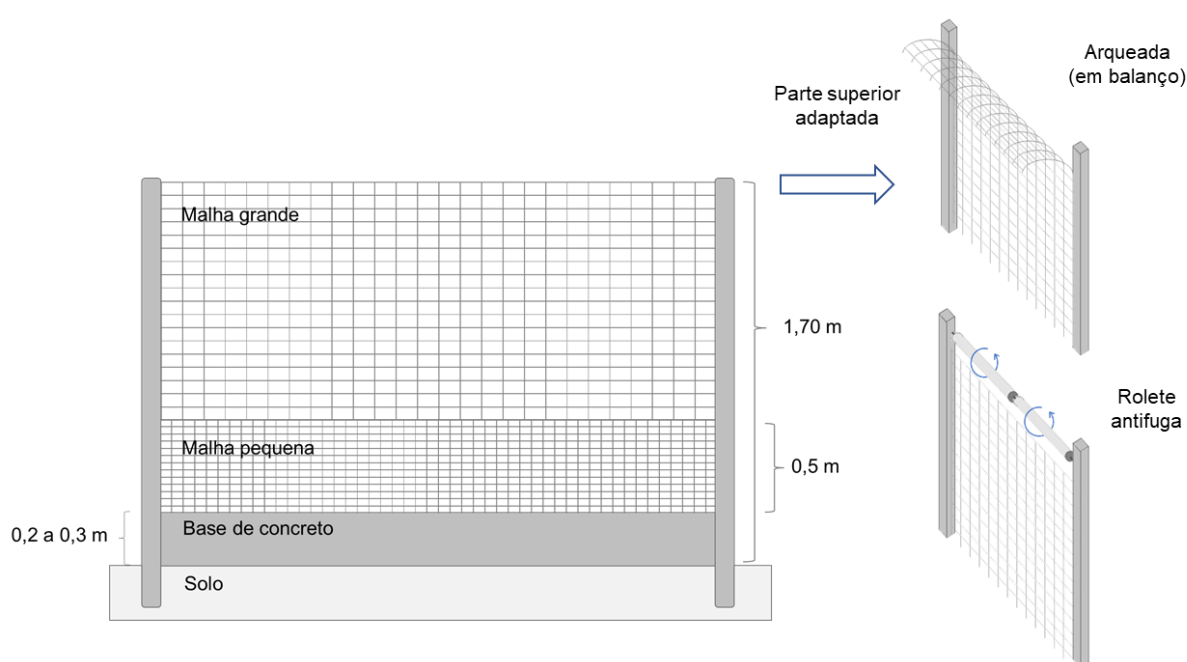


Figura 4. Esquema recomendado de cercamento para impedir o acesso de animais de médio e grande porte à pista. Note que a base de concreto pode ser substituída pelo enterramento da cerca em 20 a 30 cm ou cerca do tipo saia na base da estrutura. O topo da malha deve conter adaptações para evitar que animais escaladores transponham a cerca.



Figura 5. Capivara (indicada pela seta) bloqueada por cerca com malhas decrescentes em base de alvenaria na BR 471/RS. Foto: Mozart Lauxen.



Figura 6. Cerca com base em concreto e tela em malhas progressivas na BR 101/RS. Foto: Mozart Lauxen.

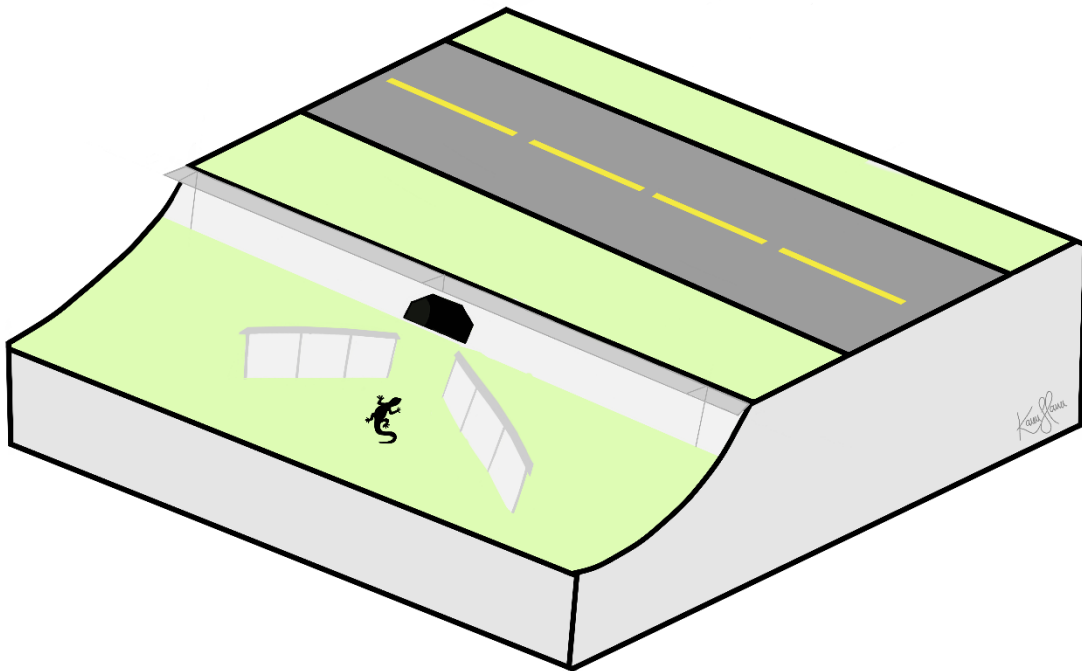


Figura 7. Cercamento associado à passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.



Figura 8. Portão de acesso instalado em cercamento associado à passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.

5.4.2 Cercamento para animais de pequeno porte



- Cercas para animais de pequeno porte associadas a passagens inferiores para travessia segura e a um sistema de escape são uma boa forma de garantir a diminuição da mortalidade por atropelamento.
- As cercas devem possuir características que dificultem a escalada pelos animais, tendo preferencialmente mais de 60 cm de altura.
- Pelo menos 10 cm devem ser enterrados no solo para evitar que um animal escave e adentre a pista.
- A borda superior deve ser inclinada no sentido oposto ao da rodovia para evitar a fuga dos animais.
- A estrutura da cerca deve permitir que um animal na pista consiga fugir para os ambientes marginais da rodovia (através de rampas de escape, escapes unidirecionais, entre outros), mas não consiga voltar para a rodovia.
- Os materiais recomendados nesse tipo de cercamento são plástico resistente (de média duração), metal ou concreto (de longa duração).
- Para evitar o efeito do final de cerca, com o aumento das fatalidades nessas situações, as extremidades das cercas devem preferencialmente coincidir com uma passagem de fauna para vertebrados pequenos ou outras estruturas que possam funcionar como passagens.
- Quando isso não for possível, as extremidades da cerca devem formar um “U” (com 1 m de distância entre as linhas paralelas de cerca), redirecionando o animal de volta para a cerca ou para o ambiente das margens da rodovia.

- Sempre que houver interrupção da cerca em virtude de acessos a propriedades nas margens da rodovia ou estradas secundárias, deve ser implantada estrutura do tipo grade de drenagem (análoga ao mata-burro para animais maiores) para dificultar o acesso dos animais à rodovia e permitir que sigam sob a via até a passagem mais próxima.
- A manutenção deve ser constante e prevista no projeto, para revisão da estrutura do cercamento e das emendas laterais.
- Incluir a poda periódica da vegetação que possa colocar em risco a estrutura da cerca ou que possa ser utilizada pela fauna para transpor a cerca.



Figura 9. Cerca com plástico durável para anfíbios dos dois lados da rodovia Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.



Figura 10. Cerca com plástico durável para anfíbios. Note a extremidade superior dobrada para evitar fuga de animais para a pista. Foto: Caroline Zank.

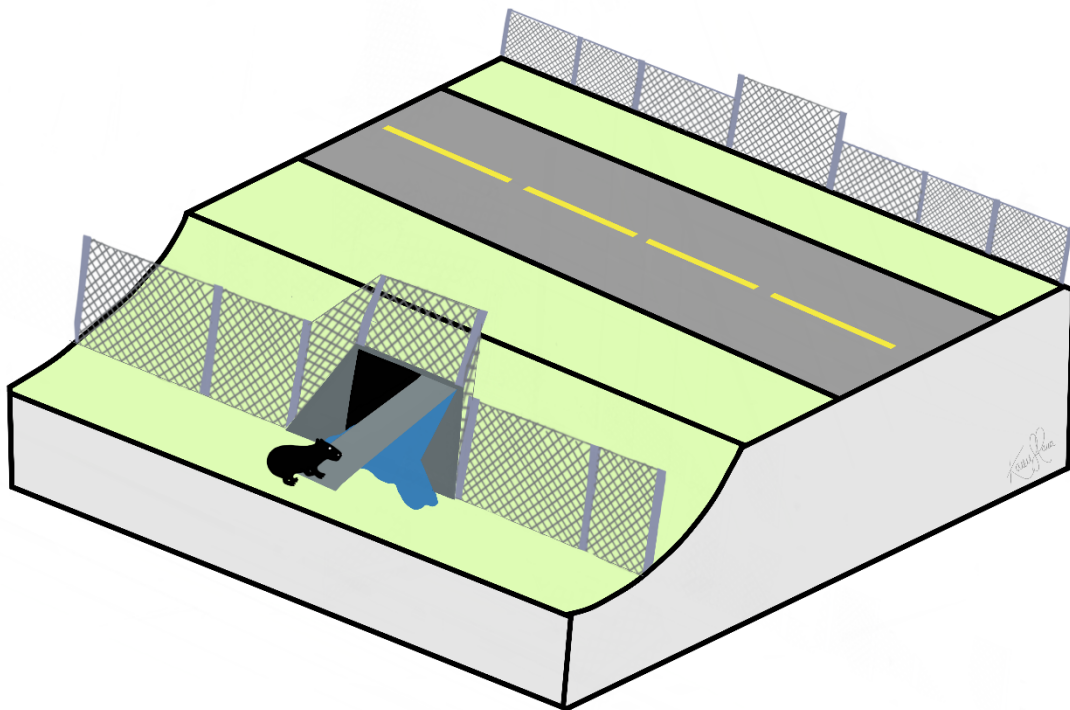


Figura 11. Cerca com estrutura de escape para animais: o dispositivo permite que o animal fuja para apenas um lado da cerca e impede que ele volte. Foto: editada de Simone Freitas, obra original sob licença CC BY-AS 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>), via Wikimedia Commons.



Figura 12. Cercas com a extremidade superior dobrada para evitar fuga de animais para a pista, direcionando para túnel de sapos. Foto: editada de Christian Fischer, obra original sob licença CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>), via Wikimedia Commons.

5.4.3 Adequação de Obras de Arte Corrente (OAC)



- A implantação das OAC deve evitar a erosão do corpo estradal, o assoreamento do corpo hídrico e o efeito barreira, que podem desencorajar o animal a utilizar a drenagem e estimular o acesso à pista, sofrendo risco de colisão.
- As OAC devem ser adequadas à travessia de animais aquáticos, mas também semiaquáticos. Nesse sentido, a vazão máxima da água não pode superar 70% da dimensão da estrutura, ou seja, o bueiro não deve operar “afogado”. Além disso, as OAC devem ser adequadas à travessia de animais terrícolas, escaladores e semiaquáticos. Múltiplos modelos de passarelas secas podem ser adaptados às OAC.
- É desejável que os bueiros tenham no mínimo 1,7 m de dimensionamento, permitindo a travessia de animais de grande porte, como antas e onças.
- A adaptação não pode comprometer o fluxo hidrológico, considerando a vazão em picos históricos. Essa preocupação favorece a escolha pela implantação de passarelas secas suspensas, preferencialmente de concreto, para reduzir a necessidade de manutenção. Quando essa não é uma preocupação, passarelas formadas por blocos de pedra podem ser uma opção.
- Para fauna de médio porte, as passarelas devem ter largura mínima de 30 cm e distância até o teto mínima de 60 cm. É importante que as passarelas tenham conexão com a margem seca dos cursos de água, considerando situações de nível de água igual à altura da passarela e conectando também à borda da cerca direcionadora, quando houver.

- A adaptação de rampa de acesso serve para garantir a efetividade da plataforma seca. Sua largura e sua inclinação não podem dificultar o acesso do animal, sugerindo-se que essa medida tenha 16% de inclinação ou menos, se possível.
- Idealmente, as passarelas secas devem ser implantadas nas duas laterais da OAC, seguindo as duas margens dos cursos de água, mas essa opção depende da dimensão da desembocadura da OAC.
- É necessário reduzir a velocidade da água nos emboques da OAC e a queda da água para suavizar a transição de ambientes, tornando o ambiente mais receptivo para a fauna.
- Em época de estiagem, os emboques não podem apresentar degraus ou impeditivos para o acesso da fauna.
- A manutenção deve ser periódica e prevista no projeto, para desobstruir as OACs e manter a integridade das passarelas secas e seus acessos.

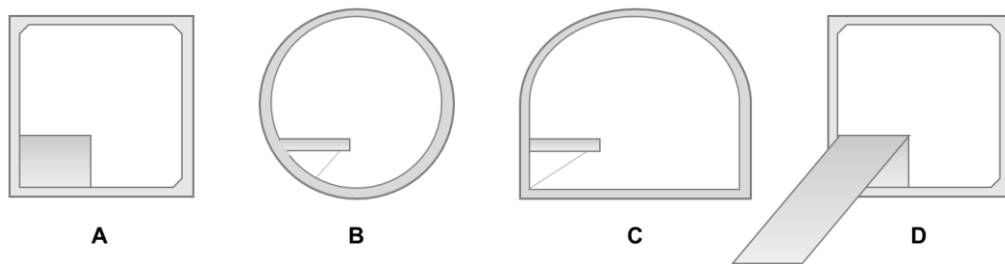


Figura 13. Esquema com exemplos de diferentes tipos de Obras de Arte Corrente com plataforma seca para passagem de fauna: A. Celular. B. Tubular. C. Arco. D. Celular com rampa de acesso. Fonte: ICAS/Projeto Bandeiras e Rodovias.

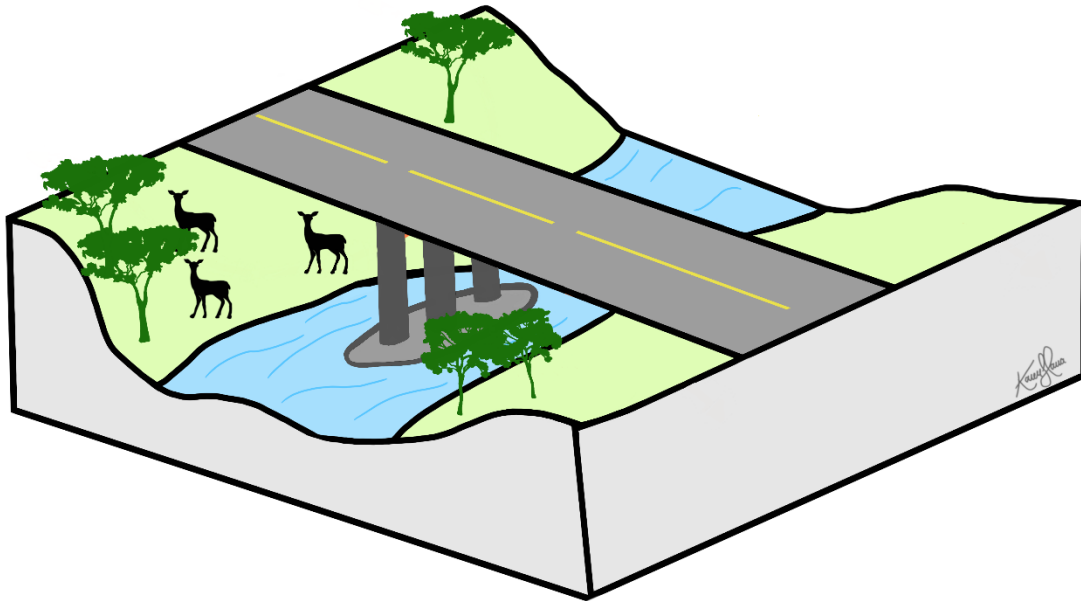


Figura 14. Exemplo de galeria de 1,5 m x 1,5 m com plataforma seca: capivara (animal semiaquático) utilizando a parte úmida. Foto: Robson Siqueira.



Figura 15. Exemplo de galeria de 1,5 m x 1,5 m com plataforma seca: cachorro-do-mato (animal terrícola) utilizando a parte seca. Foto: Robson Siqueira.

5.4.4 Adequação de Obras de Arte Especiais (OAE)



- As OAE, como viadutos, elevados, pontes e pontilhões, são estruturas que permitem a conectividade do ambiente e a permeabilidade da rodovia para a fauna, desde que implantadas com vão seco junto às cabeceiras.
- É recomendado que essas estruturas ofereçam passagem seca por baixo para a travessia de animais de médio e grande porte, mesmo em períodos de cheia.
- Recomenda-se associar essas estruturas com cercas, considerando as características de implantação das cercas apresentadas neste manual.
- A manutenção deve ser periódica e prevista no projeto, para detectar eventual dano à estrutura da OAE e às cercas, para que o uso pela fauna não seja prejudicado.



Figura 16. Vão de ponte com as laterais secas junto às cabeceiras para passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.



Figura 17. Cerca com portão de acesso instalada em ponte na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.

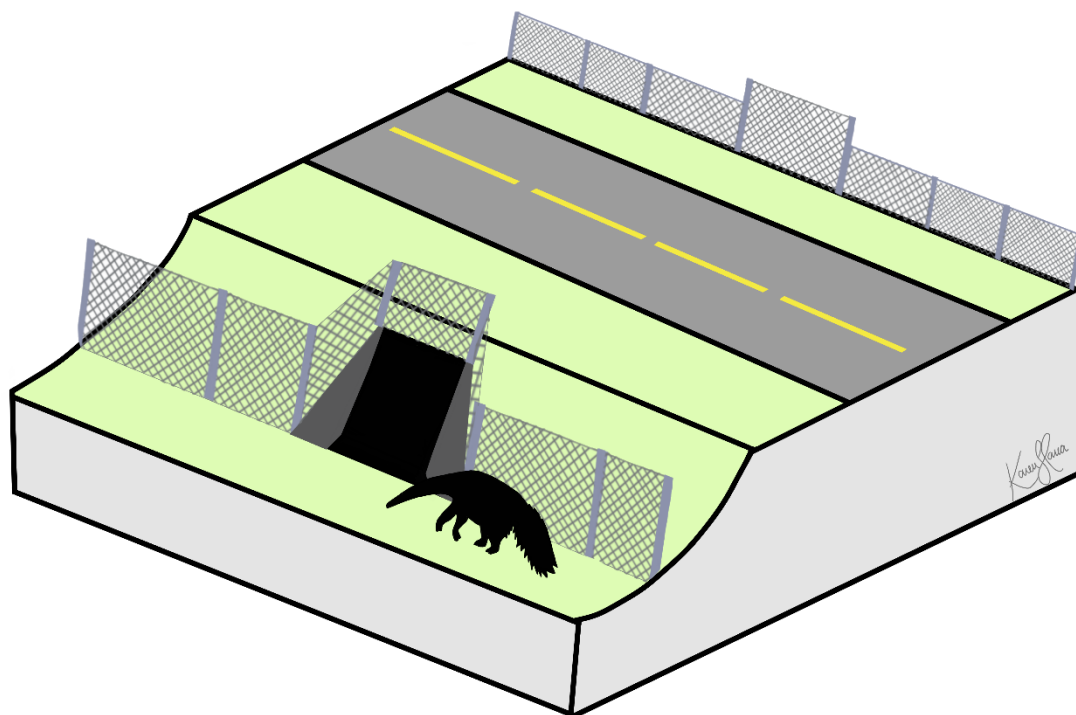


Figura 18. Vão de ponte com as laterais secas junto às cabeceiras para passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.



Figura 19. Vão de ponte com as laterais secas junto às cabeceiras para passagem de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.

5.4.5 Passagem inferior de fauna de médio e grande porte



- Passagens inferiores de fauna são estruturas do tipo bueiros celulares de concreto (simples, duplos ou triplos), com dimensionamento condizente à fauna local. Para animais de grande porte, como anta, pumas e onças, recomendam-se galerias de 2 m x 2 m.
- Outras estruturas de passagem inferior de fauna podem apresentar formato tubular ou em arco com dimensionamento condizente à fauna local.
- As estruturas podem ser secas ou mistas, sendo que o dimensionamento deve ser adequado ao grupo-alvo, de acordo com o pico histórico de vazão.
- Em estruturas secas, o substrato deve ser preferencialmente semelhante ao substrato no exterior da passagem.
- Em ambientes alagados, recomenda-se adaptar o interior da estrutura com uma plataforma seca, construindo nos emboques rampas de acesso secas ou degraus laterais que fiquem secos durante todo o ano, sem comprometer a vazão da estrutura e sem dificultar o acesso da fauna.
- As passagens inferiores devem obrigatoriamente ser associadas a cercamento de fauna (vide detalhamento de cerca nos itens anteriores) com no mínimo 500 m para cada lado da passagem inferior.
- Os emboques das estruturas para a fauna devem ser nivelados com o terreno lindeiro para evitar desníveis e dificuldades de uso dos animais.

- Enriquecimentos ambientais (por exemplo: galhos, rochas, entre outros) podem ser adicionados para incentivar o uso por espécies de menor porte, desde que não obstruam a passagem dos animais de pequeno a grande porte.
- Deve-se evitar iluminação artificial próxima às passagens, para diminuir a evitação do grupo-alvo e a atração de insetos.
- Caso a passagem seja longa (por exemplo, em rodovias duplicadas com presença de canteiro central), é recomendável prever uma abertura na metade de sua extensão, para a entrada de iluminação artificial, tipo claraboia. Essa abertura deve ser cercada conforme as especificações presentes neste manual.
- A manutenção deve ser periódica e prevista no projeto, para detectar eventual obstrução por resíduos ou vegetação.



Figura 20. Passagem de fauna seca celular associada a cercamento. Foto: Fernanda Abra. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.



Figura 21. Passagem de fauna seca de concreto associada a cercamento na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.

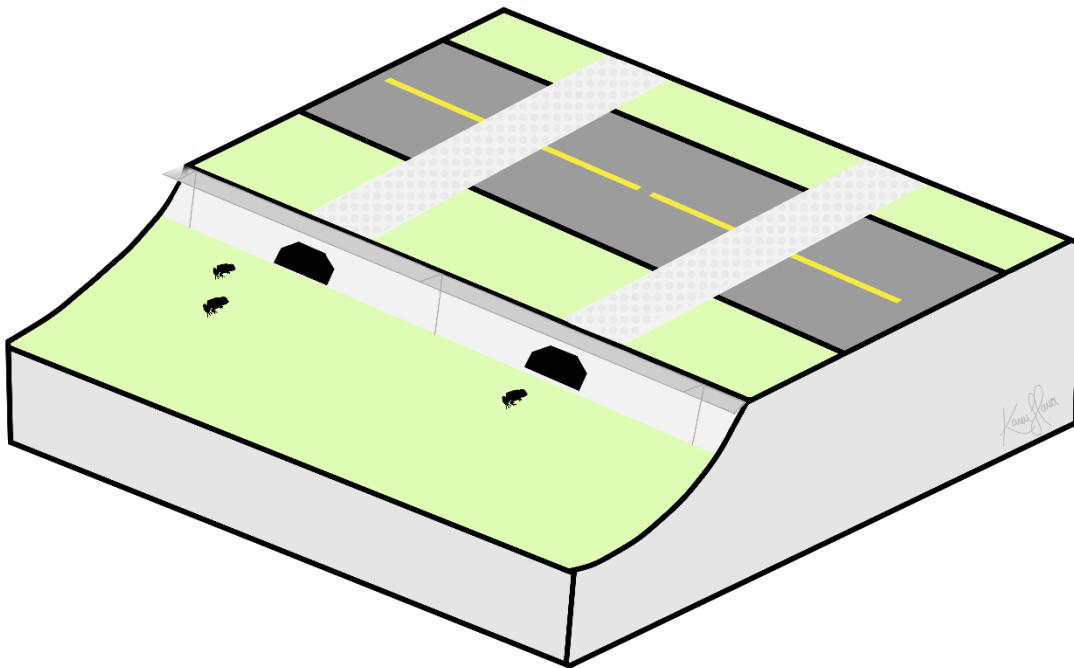


Figura 22. Passagem de fauna mista com passarela, associada a cercamento na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.



Figura 23. Passagem de fauna mista com passarela, associada a cercamento na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco. Neste caso, recomenda-se que a cerca seja implantada sobre a ala de concreto da embocadura, para que não exista vão entre a cerca e a estrutura de passagem.

5.4.6 Passagem inferior de fauna de pequeno porte ou criação de micro-habitat para animais pequenos em estruturas maiores



- Animais pequenos podem utilizar a passagem de faunas grandes, no entanto, tendem a utilizar com mais frequência estruturas de menor porte.
- Para maior efetividade, as passagens inferiores para animais pequenos devem ser instaladas em segmentos de alta mortalidade por atropelamento na rodovia e/ou em segmentos com locais de reprodução nos ambientes marginais da rodovia e/ou em segmentos que interceptam rotas de dispersão e migração.
- As passagens inferiores para animais pequenos costumam ter até 0,9 m de largura, em formato de túnel ou celulares.
- Uma alternativa é o uso de passagens de concreto polímero resistente a tráfego elevado, especialmente desenhadas para esse grupo e implantadas no nível da pista de rodagem. Essa estrutura garante homogeneidade climática com o exterior e maior uso pela fauna de pequeno porte, devido à presença de orifícios na parte superior, sendo também chamada de túnel climático.
- As passagens devem ser instaladas com cercas direcionadoras, que conduzem o animal até a estrutura (vide detalhamento de cerca nos itens anteriores).
- Em trechos críticos de alta mortalidade, essas passagens devem ser instaladas em intervalos de 100 m diminuindo o deslocamento necessário para que a fauna de pequeno porte encontre uma travessia segura.
- Deve-se evitar iluminação artificial próxima às passagens, para diminuir a evitação do grupo-alvo e a atração de insetos.

- A manutenção deve ser periódica e prevista no projeto, para detectar eventual obstrução por resíduos ou vegetação.
- Outra estratégia é a criação de micro-habitat dentro de estruturas maiores (passagens para animais de médio e grande porte, bueiros grandes etc.), com rochas, troncos ou galharias que promovem esconderijos e facilitam a utilização dos animais, especialmente os pequenos roedores.
- Nesse caso, a manutenção também deve ser periódica e prevista no projeto, para manter o micro-habitat funcional.



Figura 24. Implantação de túnel climático em concreto polímero para anfíbios na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.



Figura 25. Instalação de túnel climático em concreto polímero para anfíbios na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.

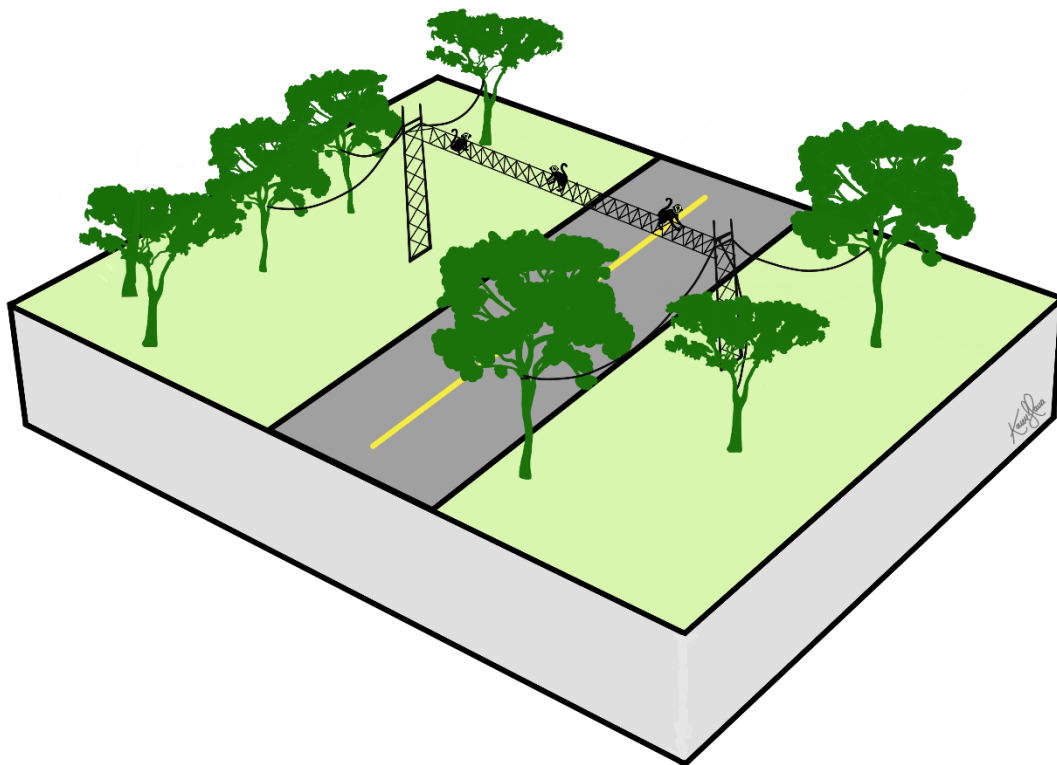


Figura 26. Túnel climático em concreto polímero para anfíbios com cercamento na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.



Figura 27. Parte superior do túnel climático em concreto polímero para anfíbios. Note cercamento ao fundo da imagem, na Rota do Sol/RS. Foto: Caroline Zank.

5.4.7 Passagem superior de fauna



- Passagem superior de fauna, ou pontes de dossel, são estruturas aéreas (flexíveis ou rígidas) fixadas no chão por estruturas artificiais ou em árvores robustas, que devem conectar os fragmentos florestais em cada lado da rodovia permitindo o acesso dos animais à estrutura a partir da copa das árvores.
- A topografia do terreno deve ser preferencialmente em corte, nível ou em pequenos aterros.
- A estrutura deve ser preferencialmente fixada em dispositivos permanentes como postes de sustentação independentes, de concreto, madeira ou fibra de vidro (altura do gabarito de no mínimo 5,5 m acima do leito rodoviário ou de acordo com as especificações viárias locais).
- A estrutura pode ser ancorada diretamente em árvores de grande porte, capazes de sustentar o peso da estrutura e com altura de no mínimo 5,5 m.
- No caso do uso de postes de concreto exclusivos para travessia de fauna, recomenda-se a instalação de uma plataforma de 50 cm de largura (em torno do eixo do poste) para servir de apoio para a travessia.
- No caso desses postes, múltiplas cordas de pelo menos 2 cm de diâmetro (cordas de atracação de embarcações) devem ligar a plataforma às árvores da vegetação do entorno.

- Os materiais das pontes de dossel podem ser cordas navais, cabos de aço galvanizados, madeira, entre outros.
- Um fator importante é a estabilidade das estruturas, sobretudo quando utilizados cabos de aço ou cordas, que devem impedir que ocorram torções ou balanço excessivo, provocando a queda do animal.
- A estrutura deve ser instalada longe de fios elétricos para evitar o risco de os animais serem eletrocutados.
- Caso esteja próxima à rede elétrica, é recomendável que os fios e cabos sejam isolados.
- A manutenção deve ser periódica e prevista no projeto, para avaliar a condição da ancoragem, das cordas de sustentação e da estabilidade da estrutura como um todo.



Figura 28. Exemplos de *design* de passagens superiores de fauna. Fonte: ViaFAUNA.

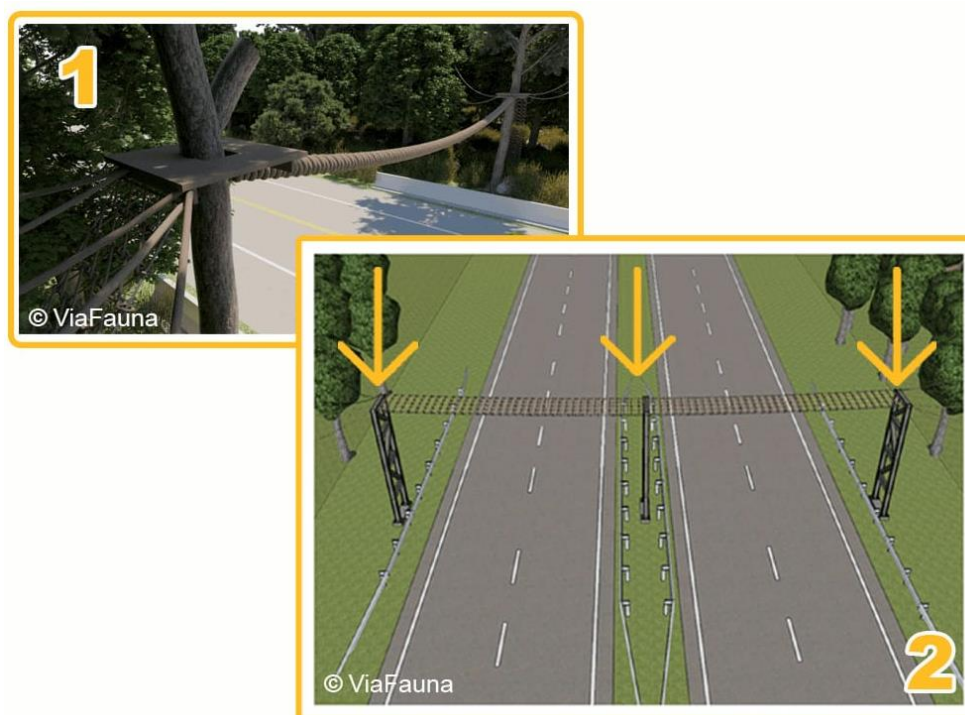


Figura 29. Exemplos de passagem de dossel ancorada em (1) árvore e (2) poste permanente de sustentação. Fonte: adaptado de ViaFAUNA.



Figura 30. Passagem superior de fauna na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.



Figura 31. Passagem superior de fauna com múltiplas cordas ligadas às árvores da vegetação do entorno na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.

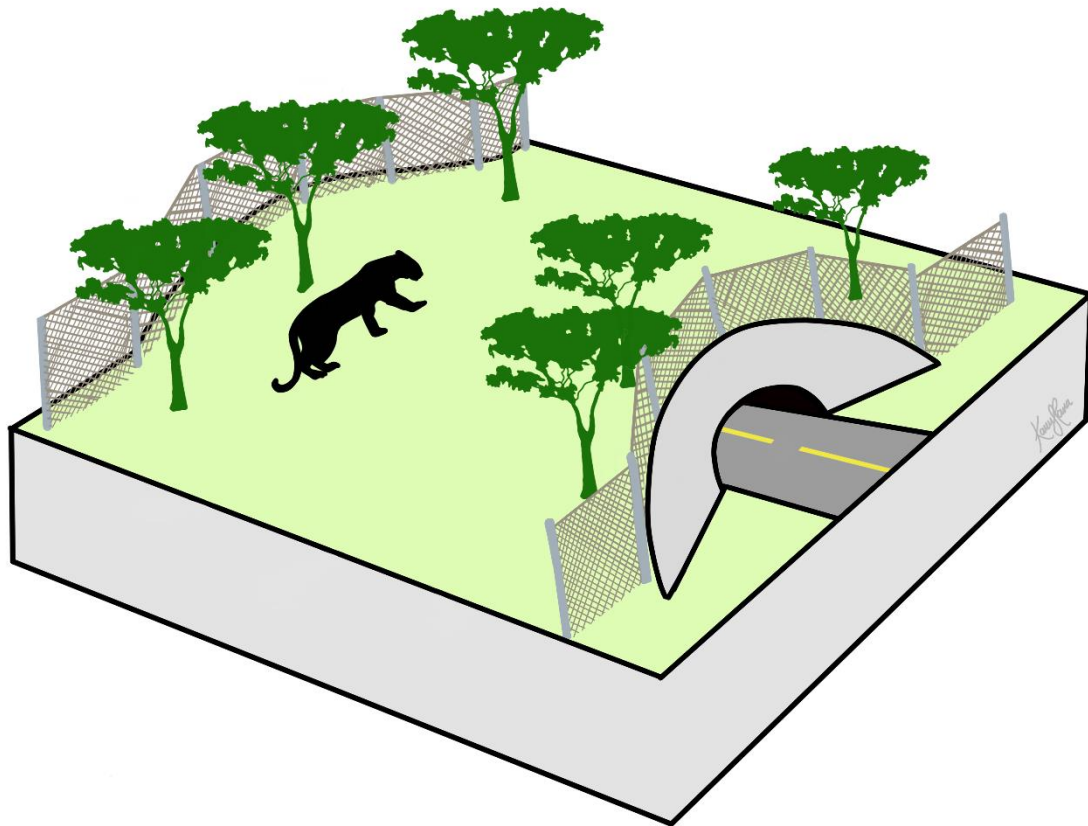


Figura 32. Detalhe das estruturas que ligam a passagem superior de fauna às árvores da vegetação do entorno na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.



Figura 33. Detalhe das estruturas que ligam a passagem superior de fauna às árvores da vegetação do entorno na BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.

5.4.8 Viaduto vegetado para fauna



- O viaduto vegetado é uma estrutura de grande porte construída sobre a rodovia para manter a conectividade de *habitat* de uma margem à outra, servindo tanto como passagem de fauna como *habitat* intermediário para pequenas espécies.
- O viaduto vegetado é recomendado apenas em casos de abordagem multi-espécies ou de espécies ameaçadas de extinção que adotam rotas previsíveis de deslocamento na paisagem permeável a elas e que dificilmente utilizam as passagens inferiores.
- O viaduto deve ser construído em locais com topografia favorável, como em cortes de relevo em ambiente em que é frequente a presença da fauna nas duas margens da rodovia.
- É importante que a passagem apresente tipos diferentes de vegetação, combinando cobertura herbácea, arbustiva e arbórea para estimular a utilização por uma maior variedade de animais, mantendo as características dos ambientes presentes em ambos os lados da rodovia.
- Deve ser construído em local com pouca interferência humana e evitar iluminação artificial.
- Deve ser construído em locais estratégicos da rodovia, em que haja garantia da manutenção e preservação das características das áreas de interesse no entorno para uso contínuo pelas espécies-alvo.

- Para maior efetividade, devem ser instaladas cercas que impedem o acesso da fauna à pista e direcionam a travessia para o viaduto (vide detalhamento de cerca nos itens anteriores).
- Tendo em vista os elevados custos do viaduto vegetado, é necessário esgotar as possibilidades de adoção de dispositivos alternativos com finalidade similar.
- A manutenção deve ser periódica e prevista no projeto, para detectar eventual dano à estrutura e acompanhar o sucesso no estabelecimento da vegetação.



Figura 34. Viaduto vegetado sobre a BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.

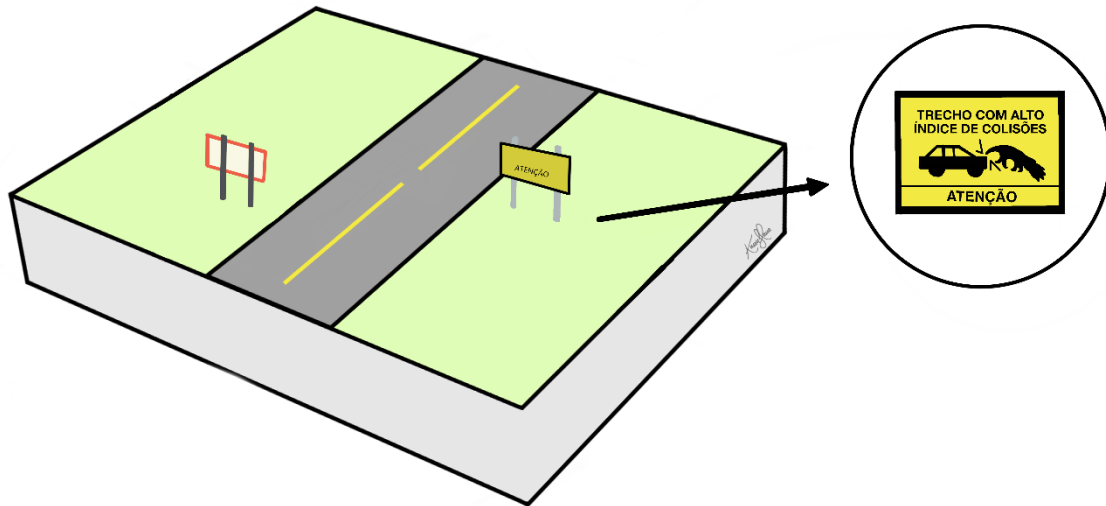


Figura 35. Cercamento com portão de acesso ao viaduto vegetado sobre a BR-101/RJ. Foto: Helio Secco.



Figura 36. Viaduto para a fauna sobre a Rodovia dos Tamoios/SP-99. Foto: Erica Naomi Saito.

5.4.9 Sinalização viária



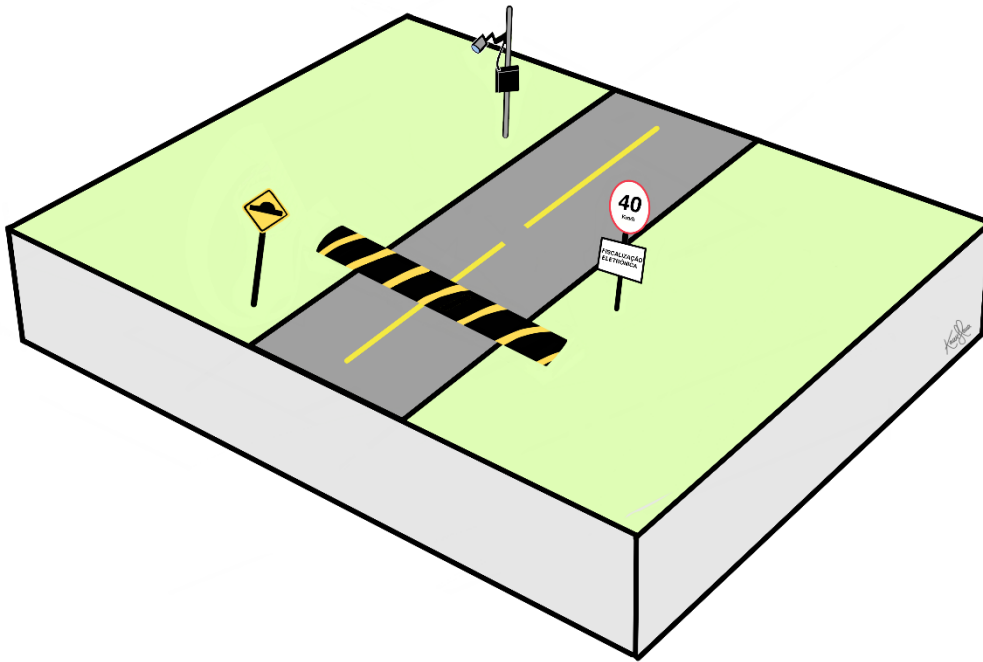
- Sinalizações de travessia de animais silvestres visam informar e alertar os motoristas sobre a possibilidade de animais na via, estimulando-os a prestar mais atenção ou a reduzir a velocidade.
- A sinalização viária, apesar de ser importante por sua função educativa e informativa, tem se mostrado pouco efetiva como medida mitigadora para reduzir colisões com fauna silvestre (LAUXEN, 2012; IBRAM, 2013).
- Seu uso deve estar presente junto com outras medidas, indicando a presença de passagem de fauna, cercamento, redução da velocidade, entre outros. Além da sinalização convencional, o uso de imagens impactantes e mensagens educativas podem ser utilizadas, como nos exemplos a seguir.
- A resposta comportamental do motorista não está relacionada à presença da sinalização em si, mas ao efeito sensibilizante que ela traz ao condutor. Elementos como *design*, mensagem, cor e tamanho podem influenciar na sua efetividade.
- Condutores que não percebem ou não se convencem de que a situação é potencialmente perigosa podem não adotar comportamentos de cautela. Assim, tais sinalizações devem conter elementos indicando a natureza do risco ao qual o motorista está exposto, da forma mais concisa, precisa e direta possível.
- O uso de elementos pictóricos (i.e., desenhos) aumentam a probabilidade de a sinalização ser percebida, compreendida e melhora a memória do alerta, mas tendem a perder seu efeito com a habituação do usuário, sendo, portanto, interessante alterar o desenho das sinalizações quando for preciso trocá-las.

- Informar o comportamento que se espera do condutor é essencial. Placas com mensagens educativas pouco claras (e.g. “Proteja os animais”) podem não ser bem compreendidas e, portanto, não gerar as respostas comportamentais esperadas.
- Mensagens que indicam maior precisão espacial do risco (“... próximos X km” / “trecho com alto índice de acidentes”) diminuem a sensação de aleatoriedade e aumentam a confiança na mensagem.
- O uso excessivo de placas faz com que os condutores prestem menos atenção em cada uma delas, pela demasia de estímulos. Assim, placas com mensagens educativas ou de conteúdo não relacionado à percepção de risco devem, se possível, ser colocadas fora de trechos com alto índice de colisões com fauna.
- Placas luminosas são bem aceitas e parecem despertar a atenção do motorista, desde que não estejam em curvas, nem sejam grandes demais a ponto de assustá-lo. Painéis luminosos com informações sobre número de animais mortos, acidentes, locais e horários críticos costumam ser bem avaliados.
- Avisos sonoros para áreas com maior chance de colisão com animais, contidos em aplicativos de *smartphone*, podem ser uma medida de mitigação complementar a ser considerada.



Figura 37. Modelos de sinalização vertical de fauna: A. Placa padrão A-36 animais selvagens. B, C e D. Modelos conceituais de placas mais chamativas. Fonte: ICAS/Projeto Bandeiras e Rodovias.

5.4.10 Redutores de velocidade



- A limitação da velocidade é um fator chave na redução de atropelamentos, porém, como revisado por Lauxen (2012), uma redução dos limites máximos incompatível com a geometria da rodovia não gera redução de velocidade para a maioria dos condutores, podendo ainda provocar situações de risco por ocasionar diferenças acentuadas de velocidade entre motoristas.
- Redutores de velocidade devem ser utilizados dentro das possibilidades legais, variando de baixo a alto custo e beneficiando a maioria das espécies, no entanto, não diminuem atropelamentos intencionais e de pequenos animais que não reagem a veículos (ASHLEY et al., 2007; BOUCHARD et al., 2009; KINDEL et al., 2016), além de gerar outros problemas como dificuldade de manutenção e rejeição pública (LAUXEN, 2012).
- Apesar disso, em longos trechos da rodovia, onde se percebe o acúmulo de áreas relevantes para fauna, a limitação de velocidade por meio dessas ações pode ser considerada (GLISTA et al., 2009).
- Os redutores de velocidade estão dentro da categoria de medidas de mitigação que visam alterar o comportamento do motorista e são mais indicados em trechos curtos com alta probabilidade de ocorrência de animais na pista.
- Entre os principais redutores utilizados estão: radares eletrônicos de velocidade, sonorizadores e lombadas. Seja qual for o redutor instalado, é necessário que seja sempre precedido por sinalização vertical indicando o dispositivo e a regulamentação de velocidade.

- No caso de radares eletrônicos, estudos mostram que limitar a velocidade reduz a taxa de mortalidade de animais na pista. No entanto, o raio de abrangência dessa medida é de, no máximo, 500 m, o que reforça a recomendação de que a instalação deve ocorrer apenas em trechos curtos com alta frequência de colisões com animais (SOBANSKI, 2016). Uma alternativa para abranger trechos maiores é a instalação de radares em sequência (por exemplo, com distância de 1 km entre eles), para que o raio de ação em conjunto seja maior.
- Os sonorizadores são ranhuras ou ondulações na pista que visam provocar trepidação no veículo, para aumentar a atenção do motorista em um trecho específico e alertar para a redução de velocidade. A instalação deve ser precedida de estudo prévio por profissionais, de modo a não aumentar a chance de acidentes de trânsito.
- As lombadas são elevações transversais à pista com marcas de destaque em amarelo que objetivam reduzir a velocidade dos veículos. Também só devem ser instaladas após estudo prévio por profissionais e com diversas sinalizações verticais de velocidade e advertência, pois a redução repentina de velocidade, pode causar acidentes de trânsito e prejuízos ao veículo.



Figura 38. Radar eletrônico na rodovia BR-262. Foto: Miriã Ribeiro Costa.



Figura 39. Radar eletrônico na rodovia BR-262 com sinalização sobre a velocidade máxima permitida. Foto: Miriã Ribeiro Costa.

5.5 COMO MITIGAR? ESCOLHA DO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS

A definição da localização geográfica das medidas de mitigação deve seguir uma escala de prioridade em relação ao objetivo central da medida a ser implementada. Esse objetivo pode estar relacionado à segurança humana, no caso de alta incidência de colisões com animais de médio e grande porte, à conservação da biodiversidade e à conectividade de ambientes. Quando da ocorrência de espécies ameaçadas na região do empreendimento, o objetivo deve incluir a conservação da biodiversidade. Deve-se dar especial atenção às áreas que apresentam alto grau de conectividade de ambientes utilizados pela fauna, vinculando seu objetivo à conservação da biodiversidade, principalmente se existem informações disponíveis sobre a densidade de populações, já que espécies raras com ocorrência em baixas densidades são mais suscetíveis aos efeitos deletérios causados por colisões veiculares.

Além de se estabelecer o objetivo, é necessário considerar que, em primeira instância, se desconhece a natureza das colisões veiculares em determinado local. Com isso, cabem ao empreendedor o esforço inicial na exploração de bases de dados espaciais através de técnicas de geoprocessamento, que possam fornecer uma visão geral da rodovia onde o empreendimento será implantado, e o investimento em diagnósticos pertinentes, que permitam o estabelecimento correto das medidas.

A decisão sobre os locais da rodovia que necessitam de mitigação de colisões veiculares com fauna (CVF) deve ser tomada com base na disponibilidade de informações para esse processo. O empreendedor deve, desse modo, seguir uma hierarquia espacial para a tomada de decisão quanto à alocação das medidas de mitigação. Assim, recomenda-se um modelo de hierarquia de acordo com o fluxograma descrito abaixo (Figura 41). Com base no modelo, o empreendedor inicialmente deve observar quais são as informações espaciais disponíveis sobre a probabilidade das CVF para a tomada de decisão. Foram definidos três níveis de complexidade e qualidade das informações que podem ser usados com esse propósito, e, idealmente, deve-se priorizar o nível mais completo (nível 3).

Cabe reforçar que após a pavimentação, o fluxo de veículo e a velocidade de tráfego tendem a aumentar, elevando o risco de colisões com fauna. Contudo, isso não significa que estradas de terra não ofereçam risco de colisão. É importante que todas as obras rodoviárias sejam avaliadas, de forma a selecionar a melhor medida de mitigação no contexto da paisagem. Quando embasado por registros de atropelamento e de agregação de trechos com maior quantidade de atropelamentos, é muito importante que as medidas indicadas aqui para estradas pavimentadas também sejam estendidas para estradas de terra.

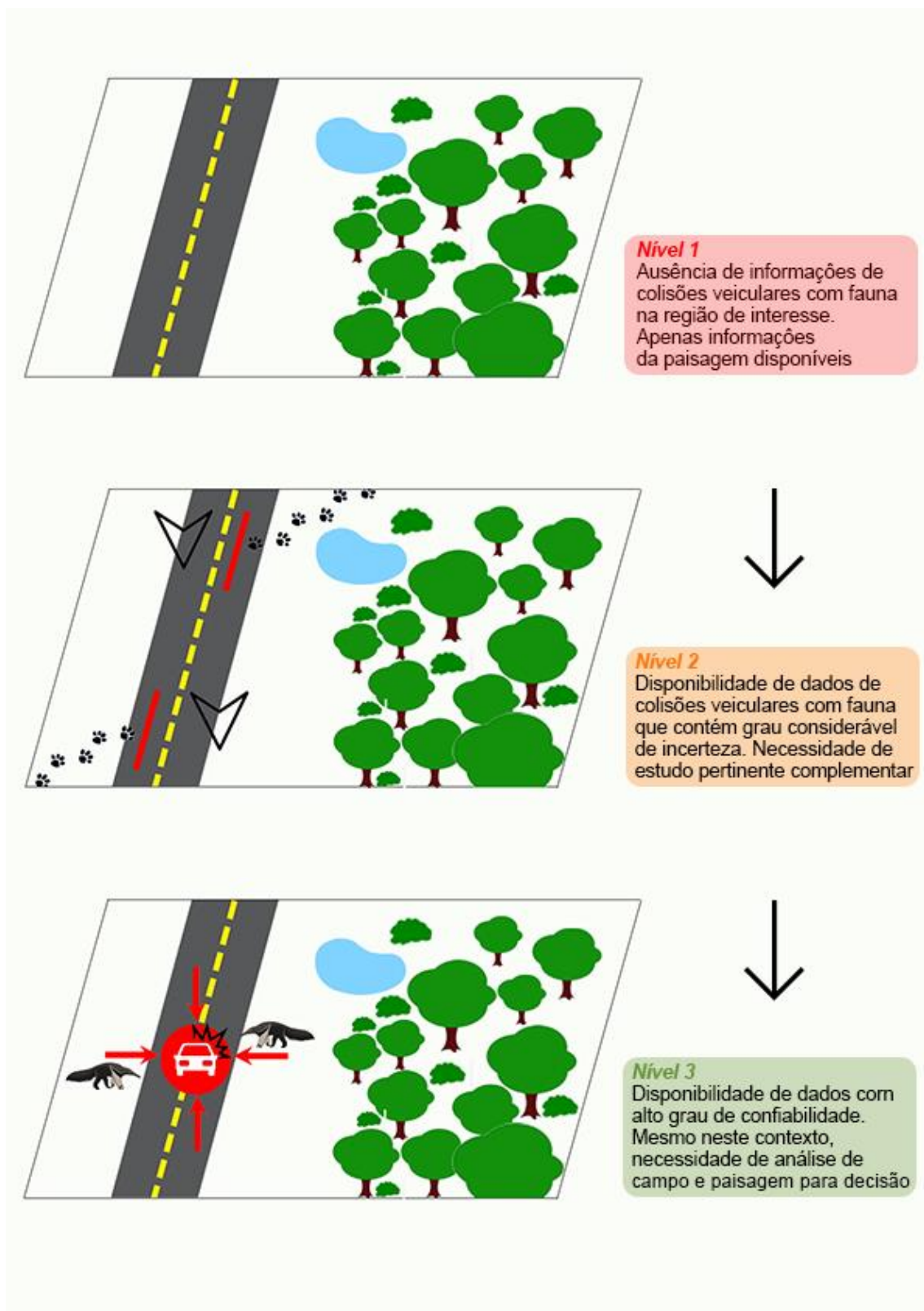


Figura 40. Fluxograma com níveis de disponibilidade de informações espaciais relativas a colisão veicular com fauna (CVF).
 Nível 1: camadas comumente úteis podem ser (LAUXEN, 2012): traçado da rodovia, imagem aérea, hipsometria, hidrografia, áreas prioritárias para conservação, remanescentes de vegetação nativa, registros de atropelamentos, Unidades de Conservação, potencial agrícola e áreas urbanas.

Nível 1: O nível 1 se refere à região em que o empreendimento está localizado e à ausência total de informações relacionadas à CVF. Nessa situação, especificamente, qualquer decisão tomada está sujeita à incerteza relacionada à falta de dados pertinentes. Esse tipo de região é aqui tratado como área de lacuna de informação. Nesse caso, recomenda-se o investimento em estudos para preencher essa lacuna e, quando não for possível, o empreendedor deve assumir os riscos e a responsabilidade quanto à decisão na alocação das medidas de mitigação. Ao detectar a existência de uma área de lacuna de informação, o empreendedor deve, a partir de análise pertinente por profissional habilitado, utilizar camadas de dados geográficos disponíveis para localizar fatores de paisagem comumente associados à CVF. Neste manual, recomenda-se (ver item 5.5.1) uma série de bases de dados geográficos abertas para consulta e utilização na detecção de regiões potencialmente importantes para mitigação, incluindo camadas de dados de fragmentos florestais, áreas de preservação permanente, áreas úmidas, áreas de interesse para fauna, Unidades de Conservação, corredores ecológicos oficiais ou indicados via literatura científica ou por analista ambiental com competência para tal tarefa. É recomendável também o investimento em estudos que identifiquem fatores ecológicos de espécies ameaçadas ou de interesse para segurança humana, como estado das populações, densidade, ocupação das áreas de interesse, entre outros. Idealmente, também é recomendado que seja realizada análise multicriterial, que consiste em técnicas de geoprocessamento, de sobreposição de camadas espaciais para determinação das áreas de interesse, considerando as camadas que sejam importantes na dinâmica de CVF. Por se tratar de uma análise simples, é preciso que seja acompanhada de verificação in loco para a validação das regiões importantes para mitigação. Vale ressaltar que, quando existem lacunas de informação, existe a necessidade de investimento do empreendedor na coleta de dados e monitoramento das CVF na área de interesse. Medidas mitigadoras definidas em áreas de lacuna de informação podem ter eficiência reduzida, devido ao grau de incerteza associado a essas regiões. Desse modo, a inclusão de um programa de monitoramento ou de estudo da fauna local é essencial para melhoria na alocação dos recursos destinados à mitigação pelo empreendedor.

Nível 2: O nível 2 se refere ao cenário em que existe informação disponível sobre as CVF, porém, ainda não determinante para alocação de medida de mitigação, por exemplo, há dados colhidos de forma não sistematizada, como informativos sobre CVF observada, observações indicadas por moradores locais, veículos midiáticos, entre outros; estudos com determinados grupos taxonômicos ou para um objetivo muito específico, como levantamentos ecológicos, estudos de população ou movimento de uma espécie, entre outros. Mesmo que estes estudos incluam predições, essas representam apenas parcialmente a realidade de determinada região. Nesse cenário, a aplicação de modelagem de dados e as predições estatísticas, com base em cenários análogos, podem ser utilizadas como indicativas de regiões importantes para compreensão da dinâmica das CVF. Porém, visto que a implementação de medidas de mitigação é um processo criterioso com diferentes abordagens, em função do grupo-alvo a ser selecionado, indica-se ao empreendedor que,

quando for o caso, é preciso que estudos baseados em dados existentes sejam utilizados exclusivamente como determinantes para alocação de recursos de monitoramento e compreensão aprofundada sobre CVF. Todavia, o empreendedor poderá utilizar as informações contidas nesse material e a validação em campo para alocação das medidas mitigadoras com embasamento técnico pertinente. Enfatiza-se que, nesse cenário, assim como no nível anterior, existe insegurança na tomada de decisão, considerando-se que estudos preditivos podem não corresponder exatamente à localização de maior incidência de CVF. Ainda no nível 2, estão incluídos casos em que existem dados relacionados a CVF, mas não devidamente analisados. Dados brutos representam a primeira etapa no tratamento e análise e, portanto, devem ser utilizados com a devida cautela já que também possuem alto nível de incerteza, uma vez que se desconhece a agregação espacial das ocorrências por grupo-alvo da fauna.

Nível 3: O nível 3 se refere ao cenário em que existe a maior e mais completa disponibilidade de dados. Nesses casos, há disponibilidade de registros de CVF com análise de agregação aplicada e programa de monitoramento instaurado, podendo haver indicativos/preditivos ou não, que complementam a informação. Mesmo com a análise de agregação disponível, a localização de regiões importantes para mitigação de CVF pode estar sujeita a alterações temporais ou sazonais e, com isso, o programa de monitoramento é indispensável. Aqui, ainda se inclui a necessidade de utilizar informações espaciais para identificação de locais apropriados para implementar as medidas de mitigação, como a análise multicriterial de camadas da paisagem (descrita no nível 1). Além disso, cabe ao empreendedor a decisão sobre as medidas adotadas em função dos objetivos e grupos-alvo para a medida de mitigação.

Dada a complexidade na decisão em relação a locais prioritários para implementação de medidas de mitigação, este manual e o modelo hierárquico apresentado devem ser tomados como base para a decisão do empreendedor, mas não ser considerados fatores determinantes para a escolha dos locais de mitigação, havendo sempre necessidade de estudos complementares atualizados e informações técnicas de qualidade disponíveis.

5.5.1 Locais prioritários para implementação de medidas de mitigação de colisões veiculares com fauna

Levando em consideração os níveis descritos anteriormente, foram listados os pontos importantes para a hierarquização de camadas espaciais. No entanto, não é possível estabelecer uma ordem fechada para essa hierarquização, já que fatores diversos agem para determinar os locais onde as CVF podem ocorrer. Desse modo, este manual aponta fatores a serem considerados ao listar as camadas disponíveis para determinar os locais de mitigação.

Em primeiro lugar, as áreas de maior interesse são as adjacentes à rodovia. Assim, fatores ambientais e espaciais relacionados à abundância, riqueza e diversidade da fauna

nessas áreas devem entrar como as primeiras camadas a se considerar, por exemplo, mapas de remanescentes de vegetação nativa, cursos de água, mapas de distribuição e densidade populacional de espécies ameaçadas de extinção, áreas de Unidades de Conservação, entre outras.

Em segundo lugar, deve-se priorizar camadas que indiquem a estabilidade do ambiente, como o uso do solo de uma determinada região. É necessário investigar se a dinâmica da paisagem ao redor das rodovias, de algum modo, será alterada com o passar do tempo por ter potencial para o uso agrícola ou a especulação imobiliária. Essas regiões podem sofrer alterações na abundância, distribuição e movimentação da fauna, afetando assim o sucesso das medidas de mitigação implantadas e consequentemente comprometer os investimentos aplicados.

Em terceiro lugar, recomenda-se que as camadas espaciais indiquem, de algum modo, o tipo de medida que poderá ser implementada em determinado trecho da rodovia, bem como a capacidade de esse trecho comportar determinada estrutura ou intervenção.

Assim, para realizar essa análise multicriterial, recomenda-se a utilização das seguintes camadas georreferenciadas de dados:

- locais conhecidos como trechos de agregação de atropelamento e/ou de travessia de animais silvestres;
- trechos das rodovias na zona de amortecimento que tangenciam ou que interceptam Áreas Protegidas como Unidades de Conservação, Zonas Úmidas, Terras Indígenas e Quilombolas;
- remanescentes de vegetação nativa em ambos os lados da via (por exemplo: fragmentos de áreas nativas típicas dos biomas presentes no estado: Mata Atlântica, Pantanal e Cerrado);
- intersecção com corpos de água, áreas úmidas e outras Áreas de Preservação Permanente;
- áreas de reprodução, dessedentação e dispersão de animais silvestres;
- distribuição ou dados de ocorrência de espécies ameaçadas;
- áreas com potencial agrícola e áreas urbanas.

Por fim, para filtrar a tomada de decisão, deve-se levar em conta dados inerentes à engenharia do projeto rodoviário como: estudos hidrológicos; projeto básico de terraplenagem; projeto básico de drenagem; projeto básico de pavimentação; projeto básico de obras de arte especiais; projeto básico de sinalização; projeto básico de paisagismo; projeto de iluminação da rodovia; presença de túneis de vento (velocidade dos veículos); e estatísticas de acidentes junto à Polícia Rodoviária e/ou concessionária.

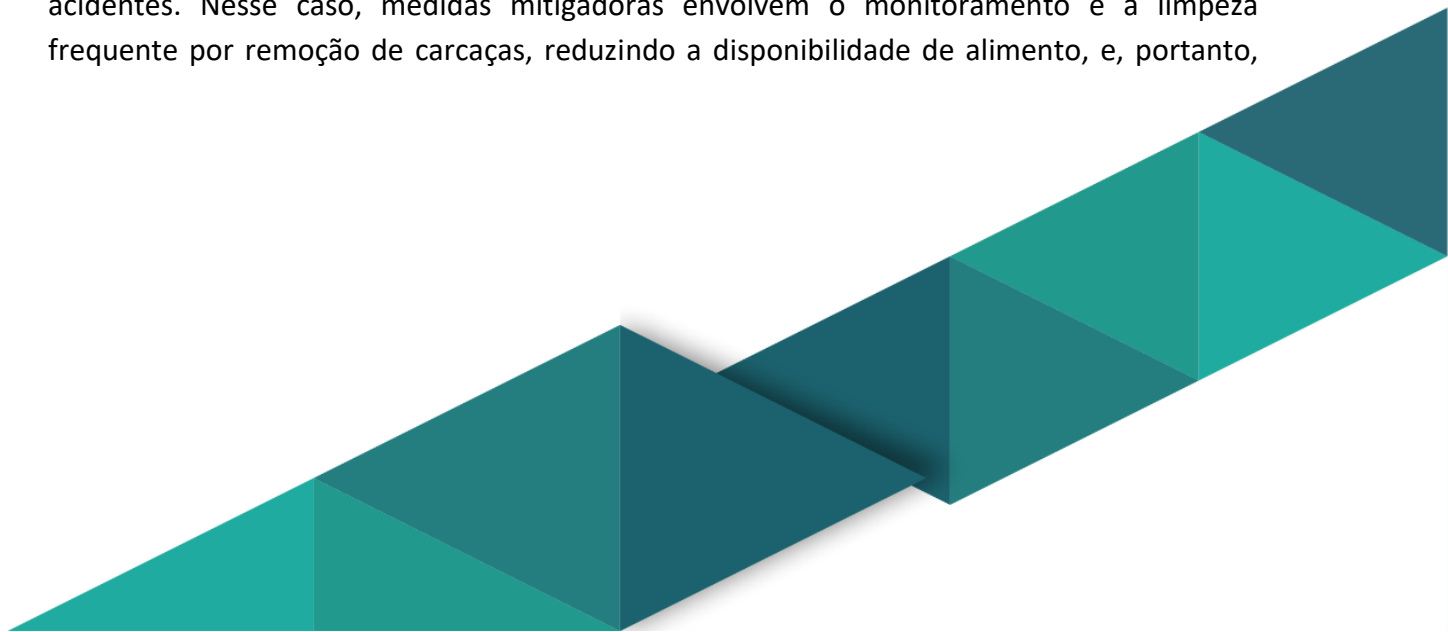
6 PLANEJAMENTO E ESCALONAMENTO DAS MEDIDAS FÍSICAS E AÇÕES DE MANEJO

Para viabilizar a implantação das medidas de mitigação, é necessário que o empreendedor apresente um plano de mitigação, com estrutura modular e implantação gradual, estabelecendo a sequência cronológica de implementação das medidas de mitigação e hierarquizando as medidas a serem implantadas (quais, quantas, onde e quando) para cada grupo-alvo.

Além das medidas estruturais descritas para redução das colisões veiculares com fauna, há medidas de manejo e de gerenciamento ambiental, como exposto a seguir.

Manejo do *habitat*: engloba medidas que desestimulem o uso ou a aproximação de espécies silvestres na faixa de domínio ou que as guiem para locais seguros. O manejo da vegetação adjacente às rodovias é de baixo custo e beneficia muitas espécies, dando também mais segurança a pedestres e ciclistas, exigindo, no entanto, manutenção frequente (LAUXEN, 2012). A presença de espécies de plantas frutíferas funciona como atrativo para diversas aves, primatas e cutias, aumentando o risco de atropelamentos desses grupos, não sendo recomendado seu plantio na faixa de domínio ou nos canteiros centrais (JACOBSON, 2005). A poda e o uso de vegetação rasteira, preferencialmente pouco palatáveis, na faixa de domínio resulta em menor atração de fauna e aumenta a visibilidade por parte dos motoristas, permitindo um maior tempo de reação a partir do avistamento da fauna. Já o plantio de espécies adequadas pode servir como guia para direcionar a fauna às passagens existentes, assim como torná-las mais atrativas ao uso, sua utilização é recomendada principalmente para proteger visualmente passagens superiores de fauna, absorver ruídos e iluminação emanados da rodovia, além de elevar a altura de voo de aves, minimizando a chance de colidirem com veículos (CLEVENGER & HUIJSER, 2011).

Limpeza da rodovia: alguns animais podem ser atraídos por restos de alimentos jogados nas estradas por motoristas, por derramamento de grãos, por lixões a céu aberto, lixeiras mal vedadas e por cadáveres de animais atropelados. A remoção de carcaças tende a evitar a atração por espécies carniceiras, principalmente aves como urubus e rapinantes, mas também alguns mamíferos, que têm o comportamento de forragear em busca de carcaças ao longo de rodovias (JACOBSON, 2005), podendo se tornar vítimas de atropelamentos e causar graves acidentes. Nesse caso, medidas mitigadoras envolvem o monitoramento e a limpeza frequente por remoção de carcaças, reduzindo a disponibilidade de alimento, e, portanto,



desestimulando o forrageamento, diminuindo assim as chances de colisão. Outras medidas importantes que envolvem a redução de colisões com fauna silvestre são a regularização de lixões próximos à rodovia, o transporte que evite o derramamento de grãos, a conscientização e a mudança do comportamento de usuários da rodovia e integrantes das comunidades lindeiras, que tendem a descartar resíduos às margens da pista, atraindo animais às proximidades da rodovia.

Campanhas educativas: podem ser ferramentas importantes para a sensibilização da sociedade e abranger vários assuntos como: segurança do trânsito, informando trechos e horários com maior probabilidade de acidentes; conduta adequada do motorista; procedimentos a serem adotados ao avistar um animal ferido na pista ou próximo a ela; importância da conservação dos animais e desmistificação sobre animais considerados perigosos ou menos carismáticos para evitar o atropelamento intencional (como já demonstrado para serpentes no Brasil – SECCO et al., 2014); descarte e acondicionamento adequado de resíduos sólidos, abandono de animais domésticos da rodovia, entre outros. Atenção especial deve ser voltada à conscientização de trabalhadores das frentes de serviços e canteiros de obra, tendo em vista que em determinados contextos socioculturais, a caça pode ser um fator existente, devendo-se, assim, atentar à inibição do atropelamento intencional para consumo do animal. Porém, apesar de campanhas educativas serem amplamente utilizadas, a sua efetividade é dificilmente mensurada (LAUXEN, 2012). Por isso, é muito importante planejar as ações educativas dentro de um cronograma amplo que prevejam indicadores para uma avaliação qualitativa e quantitativa. Além de sempre considerar que a aprendizagem é processual, ou seja, demanda tempo e não pode ser esperada em ações educativas pontuais e desconexas.

Controle de animais domésticos: é de grande importância promover a conscientização da comunidade lindeira para manter os animais domésticos dentro de suas propriedades e para coibir o abandono de animais na rodovia (considerado crime segundo Lei Federal nº 14.064/20). É de responsabilidade do proprietário manter seus animais dentro da propriedade, havendo a possibilidade de este ser responsabilizado em caso de acidente com colisão na rodovia, assim como a administradora da rodovia. Além do risco de atropelamento, animais domésticos de grande porte como vacas, bois e cavalos podem se envolver em graves acidentes com danos econômicos relevantes e riscos à segurança dos usuários. Cães e gatos podem tanto estar envolvidos em colisões veiculares, representando risco de acidentes, como impactando a fauna local, ao caçar e matar animais nativos.

Participação da comunidade lindeira: durante o planejamento, a implantação e o funcionamento de medidas para redução de colisões veiculares com fauna, o envolvimento da comunidade que vive às margens da rodovia é importante. Em alguns casos, determinadas estruturas podem atrapalhar o cotidiano da comunidade local. Em outros casos, as pessoas podem fazer mau uso das estruturas, por exemplo: cercas podem ser rompidas por dificultarem o acesso e o trânsito das pessoas e placas de sinalização podem ser vandalizadas ou furtadas. Por isso, a combinação entre inclusão da comunidade lindeira, educação

ambiental e fiscalização é importante para a efetividade das medidas que visam reduzir as colisões veiculares com fauna.

Por fim, visando diminuir a ocorrência de colisões veiculares com fauna e os impactos negativos que podem causar à segurança viária e às populações faunísticas em ambientes interceptados por rodovias, existe uma série de medidas mitigadoras estruturais e não estruturais que têm sido propostas e implantadas de forma isolada ou associada. A maioria dessas medidas foi projetada e testada em países desenvolvidos como Canadá, Estados Unidos e da União Europeia, e mais recentemente passaram a ser difundidas em países em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina, entre eles o Brasil (PINTO et al., 2020; LAUXEN, 2012). Tendo em vista a diversidade faunística e paisagística no estado do Mato Grosso do Sul e a carência de estudos sobre a efetividade das medidas mitigadoras, são necessários a avaliação e o acompanhamento pré e pós instalação de medidas mitigadoras, visando a análise da efetividade das ações e possibilidade de melhorias, além de monitoramento de longa duração das populações focais pré e pós-implantação das medidas. Assim, é possível acompanhar a efetividade das ações e também promover modificações quando necessário (PINTO et al., 2020).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da crescente importância das colisões veiculares com fauna nos últimos anos, ainda existem lacunas de conhecimento e deficiências no processo de mitigação desse impacto, representando um prejuízo para a sociedade e para o meio ambiente. Contudo, não é possível esperar que essas lacunas sejam totalmente preenchidas para reduzir e prevenir essas colisões, devido aos riscos para a segurança dos usuários da rodovia e à ameaça à biodiversidade do estado e do Brasil, visto que Mato Grosso do Sul possui muitas espécies em tamanho populacional não mais existentes em outros lugares do país, incluindo de fauna ameaçada de extinção. A decisão sobre o tipo de medida mitigadora e onde implantar as estruturas deve ser tomada com base na disponibilidade de dados existentes. No entanto, quanto maior o investimento em estudos especializados para embasar a implantação de medidas de mitigação, maior o nível de certeza na tomada de decisão, seguindo argumentos técnicos e factíveis.

Vale ressaltar que o uso de diferentes estruturas, tanto associadas quanto intercaladas, pode ser extremamente positivo ao beneficiar diferentes espécies e grupos faunísticos. Contudo, apenas implantar medidas de mitigação não é suficiente, é preciso que essas sejam efetivas. Por isso, é necessário que essas medidas sejam monitoradas, que sejam realizadas manutenção frequente e melhorias das estruturas. Além disso, é preciso adotar medidas não estruturais que envolvem o manejo do ambiente adjacente à rodovia e a gestão ambiental. E que o aprendizado de uma obra seja levado para as obras seguintes.

As orientações deste manual foram baseadas em informações técnicas e científicas, elaboradas para fornecer informações relevantes, para orientar o planejamento e a tomada de decisões, bem como para detalhar as estruturas de mitigação nas rodovias do Mato Grosso do Sul, tornando-as mais seguras para os animais e para os usuários. A elaboração deste manual consolida a importância da colaboração entre diferentes instituições em prol de um bem comum e demonstra que, com parcerias e vontade política, é possível encontrar a informação necessária e colocar o conhecimento em prática, para construir estradas mais seguras para todos.



8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F. D. et al. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. **Heliyon**, 7(1): e06015, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06015>. Acesso em: nov. 2021.

ABRA, F. D. et al. Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. **PLoS ONE**, 14(4): e0215152, 2019. Disponível <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215152>. Acesso em: nov. 2021.

AGESUL. AGÊNCIA ESTADUAL DE GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS. **Sistema Rodoviário do Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS, 2021a. Disponível em: https://www.agesul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/SREMS_2021.pdf. Acesso em: nov. 2021.

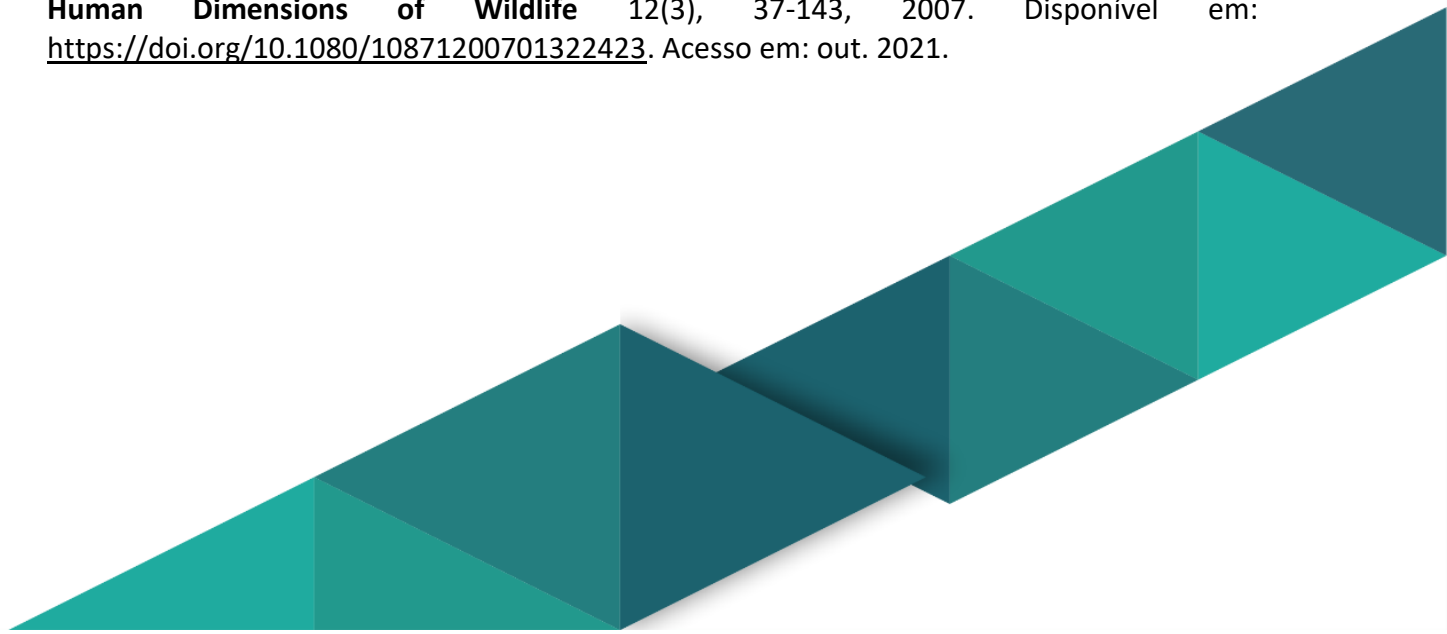
AGESUL. AGÊNCIA ESTADUAL DE GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS. **Mapa Rodoviário do estado de Mato Grosso do Sul por regionais**. Campo Grande, MS, 2021b. Disponível em: <https://www.agesul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Mapa-MS-2021-Regionais.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

AHMED, S. E. **Road Development in the Brazilian Amazon and its Ecological Implications**. 2013. Tese (Doutorado) – Division of Ecology and Evolution, Department of Life Sciences. Imperial College London. Londres, Inglaterra, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/76990027.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

AHMED, S. E.; SOUZA, C. M.; RIBEIRO, J.; EWERS, R. M. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon. **Regional Environmental Change** 13 (5): 927-937, 2013. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/large-scale-spatiotemporal-patterns-of-road-development-in-the-amazon-rainforest/A5AF19359875B8C2D0ED70C1F5DA3646>. Acesso em: nov. 2021.

ASCENSÃO, F. et al. Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short-medium term. **Biological Conservation** 253: 108902, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108902>. Acesso em: out. 2021.

ASHLEY, E. P.; KOSLOSKI, A.; PETRIE, S. A. Incidence of Intentional Vehicle – Reptile Collisions. **Human Dimensions of Wildlife** 12(3), 37-143, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10871200701322423>. Acesso em: out. 2021.



BATES, K. L. et al. **Design of road culverts for fish passage**. Washington Department of Fish and Wildlife, 2003.

BERGALLO, H. G.; VERA Y CONDE, C. F. A Estrada do Colono e o Parque Nacional do Iguaçu. **Ciência Hoje**, 29 (174): 37-39, 2001.

BOUCHARD, J.; FORD, A. T.; EIGENBROD, F. E.; FAHRIG, L. Behavioral responses of northern leopard frogs (*Rana pipiens*) to roads and traffic: implications for population persistence. **Ecology and Society**, 14(2): 23, 2009. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art23/>. Acesso em: nov. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de proteção e defesa do consumidor e legislação correlata**. 5. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2012. 106 p.

BRASIL. **Lei nº 9605, de 3 de junho de 1998**. Lei de Crimes Ambientais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1998, seção 1, p.1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2014a. **Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014**. Lista Nacional Oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 dez. 2014, seção 1, p.121-126.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014**. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 dez. 2014, seção 1, p.126-130.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 455, de 5 de outubro de 2021**. Programa Nacional de Resgate de Fauna Silvestre: Resgate+. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 out. 2021, seção 1, p. 86.

BUJOCZEK, M.; CIACH, M.; YOSEF, R. Road-kills affect avian population quality. **Biological Conservation** 144 (3): 1036-1039, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.022>. Acesso em: ago. 2021.

CARR, L. W.; FAHRIG, L.; POPE, S. E. Impacts of landscape transformation by roads. In: GUTZWILLER, K. J. (Ed.). **Applying landscape ecology in biological conservation**. New York: Springer-Verlag. p. 225-243, 2002.

CBEE. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. **Atropelômetro**. 2021. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/porta/atropelometro>. Acesso em: nov. 2021.

CLEVENGER, A. P.; HUIJSER, M. P. **Wildlife crossing structure handbook**: design and evaluation in North America. Publication no. FHWA-CFL-TD-11-003. Federal Highway Administration. Central Federal Lands Highway Division. Lakewood, CO, United States, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277003400_Wildlife_Crossing_Structure_Handbook_Design_and_Evaluation_in_North_America. Acesso em: out. 2021.

CLEVENGER, A.P.; KOCIOLEK, A. V. **Highway median impacts on wildlife movements and mortality: state of the practice survey and gap analysis**. A report prepared for the State of California, Department of Transportation. Sacramento, California, 2006. Disponível em: <http://www.elkhornsloughctp.org/uploads/files/1182459531highway%20median%20impacts.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

D'EON, R. G.; GLENN, S. M.; PARFIT, I.; FORTIN, M. J. Landscape connectivity as a function of scale and organism vagility in a real forested landscape. **Conservation Ecology**, 6(2): 10, 2002. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol6/iss2/art10/>. Acesso em: out. 2021.

DESBIEZ, A. L. J.; BERTASSONI, A.; TRAYLOR-HOLZER, K. Population viability analysis as a tool for Giant anteater conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation** 18(2): 124-131, 2020. Disponível em: <https://www.perspectacolconserv.com/en-population-viability-analysis-as-tool-articulo-S2530064420300213>. Acesso em: dez. 2021.

DULAC, J. **Global land transport infrastructure requirements**: Estimating road and railway infrastructure capacity and costs to 2050. Paris: OECD/IEA, 2013.

EGR. Empresa Gaúcha de Rodovias. **Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna**. Versão 2. Canoas, RS, 2021.

FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 29: 207-231, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>. Acesso em: out. 2021.

FORMAN, R. et al. **Road Ecology: science and solutions**. Island Press, EUA, 2003.

GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L.; DEWOODY, J. A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**, 91(1), 1-7, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.11.001>. Acesso em: out. 2021.

GONZÁLEZ-SUÁREZ, M.; ZANCHETTA FERREIRA, F.; GRILO, C. Spatial and species-level predictions of road mortality risk using trait data. **Global Ecology and Biogeography**, 27(9), 1093-1105, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/geb.12769>. Acesso em: nov. 2021.

GUNSON, K.; TEIXEIRA, F. Z. Road-wildlife mitigation planning can be improved by identifying the patterns and processes associated with wildlife-vehicle collisions. In: VAN DER REE, R; SMITH, D. J.; GRILO, C. **Handbook of Road Ecology**. John Wiley, 2015. p. 101-109.

IBRAM. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. **Projeto RODOFAUNA**. Diagnóstico e Proposição de Medidas Mitigadoras para Atropelamento de Fauna. Brasília/DF, 2013.

ICAS. Instituto de Conservação de Animais Silvestre. **Projeto Bandeiras e Rodovias**: Principais resultados da fase 1. Campo Grande, 2021. Disponível em: <https://www.icasconservation.org.br/projetos/bandeiras-e-rodovias/>. Acesso em: out. 2021.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Planos de Ação Nacional**. Brasília: ICMBio, 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/planos-de-acao-nacional>. Acesso em: nov. 2021.

IPÊ. Instituto de Pesquisas Ecológicas. **Atropelamentos de antas em rodovias do MS aumentam significativamente em um ano**. Nazaré Paulista, 6 abr 2020. Disponível em: <https://ipe.org.br/ultimas-noticias/1748-atropelamentos-de-antas-em-rodovias-do-ms-aumentam-significativamente-em-um-ano>. Acesso em: nov. 2021.

JACOBSON, S. L. Mitigation measures for highway-caused impacts to birds. In: RALPH, C. J.; RICH, T. D. (Ed.). **Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas: Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference**. 20-24 March 2002. Albany, California: Department of Agriculture, U. S. Forest Service, Pacific Southwest Research Station. U.S. Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191, v. 2, p 1043-1050, 2005. Disponível em: <https://www.fws.gov/migratorybirds/pdf/management/jacobsen2005highwaymeasures.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

KINDEL, A. et al. **Mortalidade de Fauna nas Rodovias de acesso aos Parques Nacionais de Aparados da Serra e da Serra Geral**: Plano de mitigação. Versão 1 – CS-012. Realização: NERF-UFRGS, ICMBio e Instituto Curicaca, 2016. Disponível em: <http://docplayer.com.br/87259670-Mortalidade-de-fauna-nas-rodovias-de-acesso-aos-parques-nacionais-de-aparados-da-serra-e-da-serra-geral-plano-de-mitigacao.html>. Acesso em: nov. 2021.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology & Evolution**, 24(12), 659-669, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534709002067>. Acesso em: out. 2021.

LAURANCE, W. F. et al. A global strategy for road building. **Nature**, 513: 229-232, 2014.

LAUXEN, M. S. A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: **Um guia de procedimentos para tomada de decisão**. 2012. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Diversidade e Conservação da Fauna. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72378/000877896.pdf?sequence=1>. Acesso em: nov. 2021.

LEITE, R. M. S. et al. Atropelamento de mamíferos silvestres de médio e de grande porte nas rodovias PR-407 e PR-508, Planície Costeira do estado do Paraná, Brasil. In: Bager, A. (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas**. Lavras: UFLA, 2012. p. 193-206.

MARTINELLI, M. M.; VOLPI, T. A. Mamíferos atropelados na Rodovia Armando Martinelli (ES-080), Espírito Santo, Brasil. **Natureza on line**, 9(3): 113-116, 2011. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/04_martinellimm&volpita_113_116.pdf. Acesso em: nov. 2021.

OLIVEIRA Neto, T.; NOGUEIRA, R. J. B. Por uma integração rodoviária da Amazônia. **Revista de Geopolítica** 7(2): 1-24, 2016. Disponível em: <http://www.revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/161/156>. Acesso em: out. 2021.

OLIVEIRA, E. A.; ROCHA, O. H.; SANTOS, F. S. Propostas para redução da mortalidade por atropelamento da fauna silvestre na Avenida Itavuvu, Sorocaba - SP. **Scientia Vitae**, 3 (11): 28-44, 2016. Disponível em: <http://www.revistaifpsr.com/erikjan16.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

OLIVEIRA, P. A. S.; SOUSA, E. F.; SILVA, F. B. Levantamento de animais vertebrados vítimas de atropelamentos em trechos das rodovias MG-223, MG-190 e BR-352. **GETEC**, 6 (14): 128-148, 2017. Disponível em: <https://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/1163/829>. Acesso em: nov. 2021.

PERZ, S. G. et al. Unofficial road building in the Brazilian Amazon: dilemmas and models for road governance. **Environmental Conservation**, 34(2): 112-121, 2007.

PINHEIRO, P. F. **Entendendo o viés de detecção nos atropelamentos de fauna**: avaliação de método, variação entre os observadores e atributos das carcaças. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 29 p. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/150636>. Acesso em: out. 2021.

PINTO, F. A.; CLEVENGER, A. P.; GRILO, C. Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. **Environmental Impact Assessment Review**, 81: 106-337, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>. Acesso em: out. 2021.

ROSA, C. A.; BAGER, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. **Oecologia Australis**, 17 (1): 208-221, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufrrj.br/index.php/oa/article/view/8251>. Acesso em: out. 2021.

RYTWINSKI, T. et al. How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-Analysis. **PLoS ONE**, 11(11): e0166941, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166941>. Acesso em: nov. 2021.

SABATINI, J. Improved Animal Crossings Show a Huge Decline in Wildlife Collisions -

Keeping critters off the road and out of your grille. In: **Car and Driver**, 7 ago. 2018. Disponível em: <https://www.caranddriver.com/features/a22654629/these-animal-crossings-show-decline-in-wildlife-collisions/>. Acesso em: nov. 2021.

SANTOS, S. M.; CARVALHO, F.; MIRA, A. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. **PLoS One**, 6(9): e25383, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>. Acesso em: out. 2021.

SEILER, A., HELLDIN, J.O. Mortality in wildlife due to transportation. In: DAVENPORT, J.; DAVENPORT, J. L. (Org.). **The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment**. Berlin: Springer, 2006. p. 165–189.

SEMAGRO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar de Mato Grosso do Sul. **Estudo da Dimensão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul – Regiões de Planejamento**. Campo Grande, 2015.

SLATER, F. M. An assessment of wildlife road casualties—the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. **Web Ecology**, 3(1), 33-42, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257429640> An assessment of wildlife road casualties - The potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. Acesso em: nov. 2021.

SOBANSKI, M. B. **Avaliação do uso de controladores eletrônicos de velocidade como medida de mitigação de atropelamentos de animais silvestres na rodovia BR-262, trecho de Anastácio a Corumbá, Mato Grosso do Sul**. 2016. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: https://itti.org.br/wp-content/uploads/2017/06/marcela-barcelos-sobanski_dissertacao-mestrado-maui.pdf. Acesso em: jun. 2021.

TEIXEIRA, F. Z.; COELHO, A. V. P.; ESPERANDIO, I. B.; KINDEL, A. Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. **Biological Conservation**, 157: 317-323, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.006>. Acesso em: nov. 2021.

TEIXEIRA, F. Z. Ecologia de estradas: impactos na fauna e mitigação. In: PINHÃO, F. L.; MELLO, L. S.; SANTORI, R. T. (Org.) **Conversas com a ciência: cadernos temáticos educação e ciências da natureza**. 1. ed. São Gonçalo, RJ: UERJ, FFP, 2021. p. 73-84.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, 14 (1): 18-30, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Acesso em: out. 2021.

VIEIRA, R. L. A.; COSTA, C. M.; SOUZA, H. R.; CERQUEIRA, L. S. O Impacto das Rodovias Sobre a Biodiversidade de Fauna Silvestre no Brasil. **Natureza online**, 17(2): 63-75, 2019. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/NOL20190602.pdf>. Acesso em: novembro de 2021.

WOODROFFE, R.; GINSBERG, J. R. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. **Science**, New Series, 280 (5372): 2126-2128, 1998.

WRAY, S.; REASON, P.; WELLS, D.; CRESSWELL, W.; WALKER, H. Design, installation and monitoring of safe crossing points for bats on a new highway scheme in Wales. In: IRWIN, C. I.; GARRETT, P.; MCDERMOTT, K. P. (Ed.). **Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation**. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, p. 369-379, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314154591_Bat_mitigation_measures_on_roads_-_a_guideline. Acesso em: out. 2021.

SEINFRA
Secretaria do Estado
de Infraestrutura



**GOVERNO
DO ESTADO**
Mato Grosso do Sul



ICAS Instituto de Conservação
de Animais Silvestres

UEMS
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

PARA MAIS INFORMAÇÕES

www.seinfra.ms.gov.br
www.agesul.ms.gov.br
www.estradaviva.ms.gov.br