



UnB

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Economia, Administração e
Contabilidade
Departamento de Economia
Centro de Estudos em Economia, Meio
Ambiente e Agricultura

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA
DO MEIO AMBIENTE

**Análise Custo-Benefício de Projetos Rodoviários nos
Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental:
alternativas de valoração dos benefícios das passagens de
fauna**

Leandro Eustáquio Tito Muniz

Brasília - DF

2017



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Economia, Administração e
Contabilidade
Departamento de Economia
Centro de Estudos em Economia, Meio
Ambiente e Agricultura

**Análise Custo-Benefício de Projetos Rodoviários nos
Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental:
alternativas de valoração dos benefícios das passagens de
fauna**

Leandro Eustáquio Tito Muniz

Dissertação apresentada ao Departamento
de Economia da Universidade de Brasília
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Economia – Gestão Econômica
do Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Madeira
Nogueira

Brasília - DF

2017

“Análise Custo-Benefício de Projetos Rodoviários nos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental: alternativas de valoração dos benefícios das passagens de fauna”.

Dissertação Aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia, Gestão Econômica do Meio Ambiente. Curso oferecido pelo Programa de Pós-Graduação em Economia – Departamento de Economia da Universidade de Brasília, por intermédio do Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura (CEEMA). Comissão examinadora formada por:

Brasília, 27 de julho de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, Laércio e Susana, especialmente ao meu pai que sempre me apoiou e que infelizmente nos deixou durante o meu mestrado.

Agradeço a minha esposa Adrienne pela força e pelas palavras de incentivo.

Agradeço ao Professor Jorge Madeira Nogueira, meu orientador, pelo apoio e por acreditar no meu trabalho.

Agradeço aos colegas de mestrado e principalmente aos colegas do DNIT pela contribuição ao trabalho.

RESUMO

A Análise Custo-Benefício - ACB de projetos rodoviários no âmbito dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEAs visa identificar todos os custos e benefícios envolvidos no empreendimento a ser desenvolvido. Com o crescimento da preocupação ambiental no mundo e no Brasil, cada vez mais os projetos rodoviários buscam mitigar os impactos da construção e da operação das rodovias, visando à sustentabilidade do empreendimento. Por outro lado, são adotadas ações ambientais visando a sustentabilidade da rodovia que, em geral, não são contabilizadas nas ACBs dos EVTEAs de projetos rodoviários. O presente trabalho revisa algumas ACBs de projetos rodoviários no Brasil e no mundo, faz uma contextualização com a legislação ambiental, e, por fim, apresenta alternativas de valoração de uma ação ambiental aplicada ordinariamente nas rodovias federais sob jurisdição do DNIT, a instalação de passagens de fauna.

Palavras-chave:

Análise Custo-Benefício, Setor de Transportes, Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental, Passagens de Fauna

ABSTRACT

The Cost-Benefit Analysis (CBA) of road projects under the Technical, Economic and Environmental Feasibility Studies (EVTEAs) aims to identify all the costs and benefits involved in the project to be developed. With the growing environmental concern in the world and in Brazil, road projects increasingly seek to mitigate the impacts of highway construction and operation, aiming at the sustainability of the project. On the other hand, environmental actions are adopted aiming at the sustainability of the highway, which, in general, are not accounted for in the ACBs of EVTEAs of road projects. This paper reviews some CBAs of highway projects in Brazil and in the world, contextualizes with environmental legislation, and, finally, presents alternative valuation of an environmental action ordinarily applied on federal highways under DNIT jurisdiction, the installation of passages of fauna.

Keywords:

Cost Benefit Analysis, Transport Sector, Fauna Passages, Assessment of Economic, Social and Environmental Project Feasibility

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO E MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL 21	
1.1 Teoria do Bem Estar e ACB.....	21
1.2 Características Básicas de uma ACB	24
1.3 As especificidades de uma ACB de projetos rodoviários.....	25
1.4 Destacando pontos fundamentais e limitações da ACB	27
1.5 Métodos de valoração ambiental	28
2 ACBEMESTUDOS DE VIABILIDADE DE PROJETOS RODOVIÁRIOS E GESTÃO AMBIENTAL RODOVIÁRIA.....	32
2.1 Estudos de Viabilidade de Projetos Viários: exemplos internacionais	33
2.1.1 O exemplo chileno.....	33
2.1.2 O exemplo australiano.....	36
2.1.3 O manual de Hans A. Adler (1987).....	38
2.2 Estudos de Viabilidade de Projetos Viários no Brasil	40
2.3 Estudos de Viabilidade de Rodovias do DNIT	43
2.3.1 EVTEA da BR-282/SC.....	45
2.3.2 EVTEA da BR-381/MG.....	47
2.3.3 EVTEA da BR-448/RS.....	49
2.4 Licenciamento e Gestão Ambiental de rodovias.....	51
2.5 Regularização Ambiental	56
3 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DA INSTALAÇÃO DAS PASSAGENS DE FAUNA 60	
3.1 O atropelamento de fauna	60
3.2 Monitoramento de atropelamento de fauna nas rodovias federais brasileiras	62
3.3 A instalação de passagens de fauna nas rodovias	64

3.4	Análise do Custo-Benefício e valoração das passagens de fauna pelo Método de Custos Evitados	73
3.5	Aplicação do Método de Valoração Contingente no atropelamento de fauna	85
3.6	Avaliação dos resultados e aplicação nas ACBs dos EVTEAs de projetos rodoviários.....	90
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-BR-381/MG – Avaliação Econômica da Alternativa A com 300,2 km.....	48
Tabela 2 - BR-381/MG – Avaliação Econômica da Alternativa B com 346,8 km.....	48
Tabela 3-BR-448/RS - Síntese dos Resultados da Avaliação Econômica	49
Tabela 4 - Custos de acidentes entre veículos e animais em valores de 2007 (veado, uapiti e alce).....	75
Tabela 5 - Valores por medida de mitigação com redução estimada em 80%.....	78
Tabela 6 - Custo total e médio por gravidade do acidente - rodovias brasileiras 2014	82
Tabela 7 - Tipo versus gravidade dos acidentes nas rodovias federais (2014).....	82
Tabela 8 - Segmentos críticos para acidentes com animais segundo dados da PRF 2015/2016	84
Tabela 9 - Custos de Passagem de Fauna - SICRO MG 2017	85
Tabela 10 - Resultados da DAP nos pontos de pesquisa	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Foto de um veado-catingueiro (<i>Mazama gouazoubira</i>) atropelado na BR-381/MG. Fonte: Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-381/MG	63
Figura 2 - Passagem seca em ponte. Fonte: CLEVINGER & HUIJSER, 2011	65
Figura 3 - Corte transversal de diferentes tipos de bueiros e exemplos de plataformas para passagem seca. Corte transversal de diferentes tipos de bueiros e exemplos de plataformas para passagem seca. a, g, h, i, j) celular; b, e) circular; c) tubular em arco; d, f) arco. O bueiro celular (a) apresenta em seu interior, à direita, plataforma sobre bueiro circular servindo como passagem seca, solução adotada pelo DNIT em alguns projetos de rodovias federais. Em g, cerca direcionadora, com detalhe em h. Em i e j, detalhes de passagem seca no interior do bueiro celular. Observa-se a ausência de rampas de saída para facilitar o acesso da fauna no bueiro apresentado em j. Fonte: LAUXEN, 2012	66
Figura 4 - Passagem de Fauna em Bueiro com passagem seca na rodovia BR-101/NE. Fonte: DNIT, 2016	66
Figura 5 - Passagem de fauna subterrânea na BR-101/NE na Paraíba. Fonte: DNIT, 2017	67
Figura 6 - Passagem aérea instalada na rodovia SC-450, Praia Grande. Foto: Rodney Schmidt – IBAMA. Fonte: LAUXEN, 2012.....	68
Figura 7 - Passagem de Fauna na Interestadual 75 Marion County, Florida, EUA. Fonte: CLEVINGER & HUIJSER, 2011 a partir do Google Earth.	69
Figura 8 - Registro de dois espécimes de <i>C. thous</i> utilizando a passagem de fauna nº 6. Fonte: DNIT, 2017.....	71
Figura 9 - Espécime de <i>Procyon cancrivorus</i> registrado pelas armadilhas fotográficas. Fonte: DNIT, 2017	72
Figura 10 - Gráfico com os benefícios e custos por espécie e taxa de desconto ao longo dos anos. Fonte: (HUIJSER et. al. 2009).....	80
Figura 11- Registro de acidente na BR-262/MS, trecho de Anastácio a Corumbá, envolvendo uma anta. Fonte: SOBANSKI, RATTON e RATTON, 2013	81

LISTA DE ABREVIATURAS

ACB - Análise Custo-Benefício

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

B/C - Relação entre o Benefício e o Custo

BIRD - Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento

CBEE - Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

DAP – Disposição A Pagar

DAC – Disposição A receber Compensação

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EB – Escopo Básico

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ES – Especificação de Serviço

EVTEA - Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental

GEIPOT - Grupo Executivo para Integração de Políticas de Transportes

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias

IS -Instrução de Serviço

MPOG - Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão

MT – Ministério dos Transportes

MCE –Método de Custos Evitados

MVC – Método de Valoração Contingente

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PNV – Plano Nacional de Viação

PRAD - Programas de Recuperação de Áreas Degradadas

PRF- Polícia Rodoviária Federal

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SNV – Sistema Nacional de Viação

TIR - Taxa Interna de Retorno (TIR)

VERA - Valor Econômico do Recurso Ambiental

VNU - Valor de não-uso

VO - Valor de Opção

VPL - Valor Presente Líquido

VPLU - Valor Presente Líquido Unitário

VU - Valor de Uso

VUD - Valor de Uso Direto

VUI - Valor de Uso Indireto

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O objetivo básico da pesquisa acadêmica que fundamenta esta dissertação é avaliar métodos de valoração ambiental que possam estimar os benefícios econômicos da instalação das passagens de fauna em projetos de infraestrutura de rodovias. Por meio de uma análise crítica de estudos que utilizam métodos de valoração econômica dessas passagens, verifica-se a possibilidade de calcular os tais benefícios e a inserção desses cálculos no âmbito da ACB dos EVTEAs de projetos rodoviários brasileiros.

A melhoria da infraestrutura de transportes é uma das maiores demandas no Brasil, uma vez que ela é, na atualidade, considerada um dos gargalos para o crescimento econômico do país. Dentre os investimentos necessários para melhorar a infraestrutura de transportes do país merecem destaque os projetos de ampliação de capacidade de rodovias. Os projetos de melhoramento e de duplicação de rodovias são imprescindíveis para aliviar o tráfego em rodovias estratégicas do país, facilitando o transporte de mercadorias e usuários.

O transporte rodoviário possui algumas vantagens sobre os demais modais de transporte, oferecendo rapidez e regularidade, com atendimento a uma diversidade de pontos de origem e destino (FOGLIATTI, FILIPPO e GOUDARD, 2004). As operações de carga e descarga do transporte rodoviário são mais simplificadas e com menor custo, bem como o seu atendimento é feito de porta a porta (FOGLIATTI, FILIPPO e GOUDARD, 2004).

Considerando dados de 2016 o modal rodoviário permanece sendo a preferência na movimentação de pessoas e bens no Brasil: na matriz de transporte de cargas, possui a maior participação (61,1%), seguido pelos modais ferroviário (20,7%), aquaviário (13,6%), dutoviário (4,2%) e aéreo (0,4%). Na matriz de transporte de passageiros, o modal predomina com 95% de participação (CNT, 2016).

O volume de investimentos demandados pelo sistema rodoviário do Brasil representa um desafio na avaliação dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEAs, ao passo que cada barreira criada na aprovação de empreendimentos deixa o país mais distante do seu objetivo de ser mais competitivo na economia mundial. A falta de investimentos em melhorias nas rodovias federais tem consequências ainda mais graves que são as vidas perdidas em acidentes

rodoviários.

Por outro lado, apesar de suas vantagens econômicas e de benefícios diretos para os usuários, as obras rodoviárias podem provocar impactos ambientais relevantes. Contudo, diferentemente das obras rodoviárias do passado, as obras atuais buscam evitar, mitigar e compensar ao máximo os impactos ambientais. Essa nova realidade está relacionada por um lado com o surgimento e aperfeiçoamento da legislação ambiental, mas também com a conscientização ambiental cada vez maior dos empreendedores em geral.

A maior parte da infraestrutura de transportes brasileira foi concebida em meados do século XX, no período desenvolvimentista, quando não havia as discussões ambientais atuais (ROSCOE, 2011). Com isso, as rodovias foram construídas sem as preocupações ambientais básicas, sem dispositivos que pudessem mitigar os impactos ambientais, inclusive sobre a fauna. Somente com a promulgação de leis ambientais e com o aperfeiçoamento dos projetos foi possível conceber as primeiras rodovias com um potencial menor de impactar o meio ambiente.

Uma das alterações na legislação e na concepção dos projetos rodoviários está relacionada com o planejamento do empreendimento. Nas últimas décadas, antes de iniciar um projeto rodoviário é preciso avaliar a sua viabilidade, o que é feito por meio do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA. Nos EVTEAs, em geral, são estudadas as questões técnicas de implantação do empreendimento, são apurados os custos e os benefícios econômicos e por fim são identificados os impactos sobre o meio ambiente.

Esse é o conceito geral de EVTEA, porém uma análise mais aprofundada revela que a viabilidade de um projeto depende principalmente de sua Análise Custo-Benefício - ACB. O objetivo de uma Análise Custo-Benefício é avaliar os custos e os benefícios envolvidos numa tomada de decisão, avaliados sob o ponto de vista da sociedade. Projetos, programas ou políticas propostas pela sociedade podem ter seus custos e benefícios avaliados por meio de uma ACB, utilizando para tanto termos comparáveis pelo instrumento de medição comum, o valor monetário (ARAÚJO, 2002). Porquanto, para realizar uma ACB é preciso colocar todos os custos e benefícios na mesma “moeda”, de forma que seja possível calcular o resultado final. Portanto, a ACB precisa incluir os impactos positivos e negativos gerados pelo empreendimento rodoviário no meio ambiente, valorando esses impactos.

Por outro lado, a ACB de um empreendimento rodoviário precisa superar uma

série de dificuldades para ser bem realizada. A dificuldade inicial é a identificação de todos os custos e benefícios relacionados com o projeto rodoviário, especialmente os benefícios que serão gerados após a instalação da nova rodovia. Essa dificuldade está relacionada com a escala do empreendimento rodoviário que apresenta uma sensibilidade significativa para os resultados da ACB, em função da grande extensão linear da rodovia, a qual interage com um mosaico social, ambiental, econômico de difícil delimitação (ROSCOE, 2011).

Outra dificuldade é inerente à mensuração de benefícios e custos, considerando as inúmeras formas de cálculo de custos e benefícios (CONTADOR, 2012). O cálculo dos benefícios e dos custos no âmbito de uma ACB precisa considerar os efeitos para a sociedade como um todo, com um viés econômico e não puramente financeiro. Por isso, é necessário considerar as falhas de mercado e sua influência sobre a avaliação, em especial na identificação dos preços sociais (CONTADOR, 2012).

Existe ainda a dificuldade de inserção das variáveis ambientais na ACB, considerando a complexidade existente na monetarização dos impactos sobre o meio ambiente. Nem todos os impactos sobre o meio ambiente são quantificáveis, pois são caracterizados por um conjunto de difícil quantificação tais como natureza, extensão, permanência, reversibilidade e magnitude (ROSCOE, 2011). Contudo, a inserção de variáveis ambientais nas ACBs de empreendimentos rodoviários é cada vez mais cobrada, considerando o aumento da preocupação ambiental no mundo e o aperfeiçoamento da legislação relacionada ao meio ambiente.

A comunidade internacional tem exigido cada vez mais um desenvolvimento sustentado, gerando normas em nível global que visam diminuir a degradação ambiental (FOGLIATTI, FILIPPO e GOUDARD, 2004). Considerando esse aumento da preocupação mundial com o meio ambiente, os empreendimentos rodoviários estão sendo cobrados cada vez mais para serem sustentáveis ambientalmente, com aplicação de tecnologias verdes e com redução de impactos sobre o meio ambiente. Nesse ínterim, os projetos rodoviários são acompanhados atualmente de medidas ambientais que visam garantir que a intervenção humana na natureza seja a menor possível (FOGLIATTI, FILIPPO e GOUDARD, 2004).

A aplicação de tecnologias de construção que visam à reutilização de materiais, a utilização de materiais com menor impacto sobre o meio ambiente e a execução de medidas mitigadoras nas obras rodoviárias compõem o conceito de rodovias verdes,

ou rodovias sustentáveis (SODERLUND, 2008). Para atender os órgãos de controle, bem como para buscar a certificação de rodovia sustentável, os responsáveis pelos projetos rodoviários têm criado instruções internas que visam inserir nas obras rodoviárias medidas de mitigação, compensação e controle dos impactos sobre o meio ambiente.

Esse anseio da sociedade por rodovias mais sustentáveis é especialmente interessante para projetos rodoviários de melhoramentos e de duplicação de rodovias. Esses projetos serão implementados em rodovias já existentes que foram concebidas numa época em que não havia as exigências da legislação ambiental atual e não havia esse anseio por sustentabilidade. Por isso, são necessárias medidas ambientais para adequar as rodovias antigas às novas exigências, além de medidas para mitigar quaisquer impactos das obras da nova rodovia.

Um dos impactos das estradas nas populações de vida selvagem é o atropelamento de fauna, acidentes que implicam inclusive na segurança dos motoristas (CLEVENGER & HUIJSER, 2011). A instalação de estruturas para passagem de animais selvagens destina-se a aumentar a conectividade ambiental de estradas e reduzir colisões de veículos com animais (CLEVENGER & HUIJSER, 2011).

A instalação de passagens de fauna nas obras rodoviárias pode ser significativa para o meio ambiente, e, por isso, deve ser contemplada nas ACBs dos EVTEAs de projetos de rodovias. Por outro lado, algumas medidas ambientais estão relacionadas diretamente com os impactos das obras e não devem ser consideradas como benefícios, pois são apenas ações de mitigação de impactos que não existiriam se não fosse o processo de implantação do projeto de duplicação ou melhoramento da rodovia existente. Essas medidas mitigadoras não são permanentes e apenas compõem os custos obrigatórios para mitigar os impactos ambientais do empreendimento.

Tendo em vista que a ACB é feita a partir da avaliação com e sem o empreendimento, e considerando que as rodovias antigas foram implantadas sem os cuidados necessários ao meio ambiente, percebe-se que os projetos rodoviários atuais podem representar uma melhoria da situação ambiental das rodovias já existentes e essa melhoria pode ser evidenciada na ACB do projeto. Nesse sentido, acredita-se que nos EVTEAs, mais especificamente no capítulo ambiental desses estudos, deve ser realizada a ACB da medida de instalação de passagens de

fauna, caso esteja inserida no projeto, uma vez que pode tornar a rodovia mais sustentável, gerando benefícios ambientais.

Apontar as medidas ambientais que podem representar benefícios da implantação do projeto rodoviário como a instalação de passagens de fauna é a primeira contribuição para as ACBs dos EVTEAs, a segunda contribuição, que é bem mais complicada, é valorar esses benefícios de forma a comporem o cálculo final da ACB. Para tanto, é necessário identificar formas de valoração dos benefícios a partir da teoria econômica. O presente trabalho busca alternativas de valoração da instalação de passagens de fauna nas rodovias.

Inserir o cálculo do benefício ambiental relacionado com uma medida ambiental amplamente aplicada nas obras rodoviárias atuais do Brasil e do Mundo, como é o caso da instalação de passagens de fauna, é uma forma de incentivar ainda mais a adoção dessa medida, dando-lhe o devido reconhecimento econômico. Desta forma, o presente trabalho busca a partir da literatura e de documentos atuais das obras rodoviárias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes -DNIT, verificar a mensuração de benefícios ambientais no âmbito das ACBs dos EVTEAs de rodovias federais, utilizando como exemplo a instalação de passagens de fauna como medida ambiental passível de ter os seus benefícios inseridos numa ACB.

Para calcular os benefícios ambientais da instalação das passagens de fauna é preciso buscar os conceitos e métodos de valoração ambiental. No presente trabalho são apresentados estudos de valoração das passagens ambientais que utilizam métodos diferentes, sendo o primeiro elaborado principalmente a partir do Método de Custos Evitados e o segundo a partir do Método de Valoração Contingente. Destaca-se a dificuldade existente na mensuração dos benefícios das passagens de fauna, uma vez que o seu principal resultado ecológico é a preservação da vida do animal, e na literatura ainda é escasso o volume de trabalhos que buscam valorar a vida dos animais.

A título de exemplo, o presente trabalho analisa três manuais de Análise Custo-Benefício de projetos de transportes de diferentes países, analisa os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental elaborados pelo DNIT para três rodovias federais, bem como revisa toda a legislação brasileira relacionada, buscando identificar a inserção das variáveis ambientais nas ACBs realizadas. Em sequência apresenta dados de estudos e de relatórios ambientais que visam demonstrar os benefícios da instalação de passagens de fauna nos projetos rodoviários, além de

apresentar formas de valoração dessa medida ambiental.

Conforme exposto, o objetivo geral deste trabalho é a apresentação de alternativas de valoração dos benefícios ambientais gerados pela instalação de passagens de fauna nos projetos rodoviários. Além de sugerir a inserção desses benefícios nas Análises Custo-Benefício dos Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental dos projetos rodoviários de duplicação e melhoramento de rodovias.

Como objetivos específicos, o presente trabalho apresenta a necessidade de revisão dos EVTEAs elaborados pelo DNIT, a importância do DNIT aprofundar as pesquisas sobre a eficácia das passagens de fauna, bem como apresenta uma lacuna na literatura para aperfeiçoar o cálculo dos benefícios ambientais da redução no atropelamento de fauna.

O presente trabalho está estruturado em três capítulos, mais as considerações iniciais e finais. Em considerações iniciais é apresentado o problema de pesquisa, são apontados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, apresenta-se a metodologia utilizada e por fim expõe-se a presente estruturação do trabalho. É introduzido o conceito de Análise Custo-Benefício de projeto rodoviário, o seu papel preponderante nos EVTEAs de empreendimentos rodoviários, e em continuidade é apresentado um resumo das especificidades dos projetos rodoviários atuais, principalmente em relação aos cuidados ambientais exigidos pela legislação. Nesse contexto, é destacada a inserção da medida ambiental de instalação de passagens de fauna.

No primeiro capítulo é realizada a revisão do conceito de Análise Custo-Benefício sob a ótica da teoria econômica neoclássica. Demonstra-se que os fundamentos da ACB estão ancorados na teoria do bem estar, ou seja, na relação entre ganhadores e perdedores, nos excedentes do consumidor e do produtor. Apresenta-se uma visão geral da ACB de projetos rodoviários, destacando as suas especificidades como a dificuldade na identificação de custos e benefícios, ganhadores e perdedores, bem como a complexidade da valoração de todas as variáveis relacionadas com a implantação de um projeto rodoviário. Além de apresentar uma breve revisão dos métodos de valoração ambiental, especialmente os métodos de valoração de custos evitados e avaliação contingente.

No segundo capítulo é aprofundada a análise das ACBs realizadas para projetos viários no âmbito de Manuais de Avaliação Econômica de Projetos Viários e

de EVTEAs. São exemplificados três manuais de avaliações econômicas de projetos viários de diferentes países, sendo exemplificados o clássico Manual Americano do Adler, o Manual Chileno e um Manual Australiano. A análise de manuais internacionais tem por objetivo avaliar se em outros países estão sendo identificados todos os custos e benefícios ambientais relacionados com os projetos rodoviários. Em relação aos EVTEAs apresentados, todos foram elaborados para rodovias federais do Brasil sob jurisdição do DNIT, além dos referidos estudos é exposta toda a legislação relacionada com os EVTEAs no Brasil, incluindo instruções de serviços de órgãos e ministérios. Em seguida, faz-se a contextualização da legislação ambiental da época de instalação da maior parte da malha rodoviária brasileira e a legislação ambiental atual, demonstrando a evolução da preocupação ambiental e a inserção do conceito de rodovias verdes ou rodovias sustentáveis. Apresenta-se as técnicas de mitigação que já fazem parte do normativo do DNIT, que é a autarquia responsável pela implementação da política de infraestrutura do Sistema Federal de Viação - SNV, sendo obrigatórias para os seus empreendimentos.

No terceiro capítulo é exemplificada a medida ambiental de instalação de passagens de fauna, uma medida que pode contribuir para tornar a rodovia mais sustentável. A instalação de passagens de fauna visa melhorar a situação ambiental da rodovia em sua fase operação, ou seja, é um benefício ambiental relacionado com a implantação do novo projeto rodoviário de duplicação e/ou melhoramento. É analisada a eficácia das passagens de fauna e as formas de valoração dos seus benefícios, utilizando os métodos de valoração de custos evitados e de avaliação contingente.

Importante ressaltar que um empreendimento rodoviário de duplicação ou de melhoramento implica em diversos benefícios para os usuários da rodovia e para a população em geral, bem como representa diversos custos sociais e ambientais que podem ser identificados e mensurados. Muitos desses benefícios e custos, sejam eles ambientais ou não, não considerados nas ACBs dos EVTEAs realizados atualmente. Contudo, o presente trabalho não tem por objetivo identificar e valorar esses diversos benefícios e custos relacionados com o empreendimento rodoviário, uma vez que tal pesquisa demandaria um tempo muito maior do que o permitido para o presente trabalho.

Sendo assim, o presente trabalho selecionou o benefício ambiental relacionado com a instalação das passagens de fauna nos empreendimentos de duplicação e/ou

melhoramento de rodovias, em função da relevância do tema na atualidade. Desta forma, a pesquisa está limitada na análise do benefício dessa medida ambiental, como forma de contribuição para as futuras ACBs de EVTEAs a serem realizadas nos projetos rodoviários.

1 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO E MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL

1.1 Teoria do Bem Estar e ACB

A ACB é uma comparação entre ganhos e perdas de um projeto ou uma política, com todos os ganhos e perdas sendo medidos na mesma unidade. Como a ACB precisa ter o viés econômico, a avaliação a ser realizada é dita como social e está baseada na teoria do bem-estar (HANLEY & BARBIER, 2009). Por esse ponto de vista, os projetos precisam ser avaliados pelo enfoque de quais projetos proporcionarão uma melhoria no bem-estar geral.

A unidade de medida da ACB é monetária, contudo a base conceitual é de utilidade, que é o termo utilizado por economistas para representar os fatores que tornam as pessoas felizes, ou que explicam as escolhas das pessoas (HANLEY & BARBIER, 2009). Para realizar uma análise econômica a partir da ideia de utilidade é necessário quantificá-la, para tanto é preciso descobrir uma medida que indique o quanto um bem é mais desejável que o outro. Para atender esse anseio é utilizada a disposição máxima a pagar de um indivíduo, uma medida monetária que indica o nível de preferência de um indivíduo por um determinado bem (HANLEY & BARBIER, 2009).

No mesmo sentido, para as perdas a serem avaliadas numa ACB, pode-se utilizar a medida de disposição mínima a aceitar uma compensação, que avalia a disposição de um indivíduo de abrir mão de alguma situação. As disposições a pagar e receber são medidas de bem-estar, que foram inicialmente propostas no contexto de alterações de preços nos bens de consumo, contudo, para as análises ambientais a aplicação está mais relacionada com as mudanças na qualidade ambiental (HANLEY & BARBIER, 2009).

Na ACB o que se pretende é medir os custos e benefícios sociais, ou seja, os custos e benefícios para todos os membros da sociedade. Em muitos casos, os custos e benefícios sociais são iguais aos privados, o que significa que os preços de mercado representam os custos e benefícios sociais marginais (HANLEY & BARBIER, 2009). Contudo, em outros casos tal fato não se aplica, para esses casos os economistas culpam as “falhas de mercado”.

Os preços de mercado não podem ser usados como regra, um dos motivos é que os custos e benefícios externos não são incorporados nos preços, distorcendo a

avaliação. Um exemplo importante dessa situação são os denominados “bens públicos”, produtos que possuem as características de consumo não excludente ou de consumo não rival, ou em alguns casos possuem ambas as características. Para produtos com essas características é inviável possuir um valor de mercado (HANLEY & BARBIER, 2009).

Além dos bens que não possuem valor de mercado, há bens que possuem um valor de mercado incorreto, contaminados por falhas de mercado que distorcem o seu valor. Outro fator que pode distorcer os valores dos produtos é a intervenção do governo, que pode ocorrer, por exemplo, por meio de subsídios (HANLEY & BARBIER, 2009). Por isso, a ACB precisa levar em conta os denominados preços sociais que tendem a ser bem diferentes dos preços observados no mercado.

Contador (2012) aponta que preços sociais não são diretamente observáveis, só seriam se existisse de fato a concorrência perfeita sem as referidas falhas de mercado. Contador (2012) coloca ainda a diferença entre preços de mercado, que representam os benefícios e custos de oportunidade para as empresas, grupos de indivíduos, etc, e os preços sociais refletem os custos de oportunidade para a economia como um todo.

Numa ACB é necessário incorporar essas mudanças nos preços, para tanto é preciso identificar o máximo que os consumidores estão dispostos a pagar e o máximo de compensação necessária para manter a utilidade de um bem, não deixando o seu preço subir.

Outra situação é que a ACB precisa incorporar elementos como as externalidades geradas pelo projeto em análise, sejam elas positivas ou negativas. As externalidades podem ser entendidas como os impactos causados a terceiros, pelos quais o projeto não está sendo onerado, ou os benefícios a terceiros que não geram receitas para o projeto. O ideal é que essas externalidades sejam quantificadas monetariamente sempre que possível.

Segundo Contador (2012) os três postulados, nos quais se baseia a teoria moderna, são os seguintes:

Primeiro, os benefícios obtidos com o consumo de um produto ou com o emprego e um fator podem ser mensurados através da curva da demanda.

Segundo, o custo de oportunidade dos fatores e recursos envolvidos numa mudança na produção pode ser medido através da curva de custo marginal, com fatores avaliados a seus preços sociais e

incluídas as externalidades.

Terceiro, o postulado mais polêmico, de que os benefícios e custos incorridos por indivíduo ou agente de produção possam ser adicionados, sem maiores preocupações com a equidade social. (CONTADOR, 2012, p. 80)

As curvas de oferta e de demanda e os excedentes do consumidor e do produtor são conceitos fundamentais para entender a composição de preços de produtos e serviços. Os excedentes do consumidor e do produtor compõem a teoria do bem-estar, e são importantes para entender o teste de compensação de Kaldor-Hicks, que é uma das chaves da ACB (HANLEY & BARBIER, 2009). O teste de Kaldor-Hicks examina se um projeto representa uma melhora no Potencial de Pareto. Explicando melhor, o teste indica se o projeto irá alterar a máxima disposição a pagar ou a mínima disposição a receber, ou seja, se irá mudar a relação entre benefícios sociais e custos sociais (HANLEY & BARBIER, 2009).

O teste de Kaldor-Hicks analisa a relação entre ganhadores e perdedores a partir da implantação de um projeto, avaliando se os potenciais ganhadores podem compensar os potenciais perdedores e ainda reter um benefício líquido, bem como comparando a soma dos benefícios com a soma dos custos. Ressalta-se que, a busca por eficiência tem por objetivo alcançar o ponto ótimo de satisfação, tanto de consumidores como de produtores, aumentando o excedente total e alcançando a alocação eficiente dos recursos (HANLEY & BARBIER, 2009).

Os autores Benakouche & Cruz (1994) exemplificam bem o critério de Kaldor-Hicks conforme a seguir:

Sejam, por exemplo, dois agentes diante de uma mudança de situação x para uma outra y ; mudança na qual o ganhador tem uma expectativa de conseguir \$6 e o perdedor de renunciar a \$2. Segundo o critério de Kaldor, qualquer valor superior a \$2 será o suficiente para compensar o perdedor e garantir ao ganhador um benefício. Segundo o critério de Hicks, se o ganhador tem uma probabilidade de obter \$6 e o perdedor de privar-se de \$2, se este último não puder evitar essa mudança, a situação de ambos será melhorada.

A integração dos dois critérios – feita por Scitovsky – indica que x é socialmente preferível a y se os beneficiados puderem subornar os perdedores para aceitar a mudança, e isso sem que o inverso seja verdadeiro. Vale dizer que a mudança é aceitável se o beneficiado puder oferecer ao perdedor um valor de cerca de \$2 para garantir o seu benefício e o perdedor não puder oferecer mais de \$2 para evitar essa mudança (BENAKOUCHE & CRUZ, 1994, p. 26).

A avaliação de um projeto requer a identificação de ganhadores e perdedores, contudo cada indivíduo tem uma percepção dos ganhos e perdas, nesse sentido, pode-se utilizar pesos para cada indivíduo. No teste de Kaldor-Hicks assume-se que os pesos utilizados para os indivíduos são iguais, porém em países com desigualdades sociais acentuadas é recomendável a utilizações de pesos para analisar impactos sobre ricos e pobres (HANLEY & BARBIER, 2009).

1.2 Características Básicas de uma ACB

A ACB é um processo composto por várias etapas que se relacionam. Usando como referência os passos estabelecidos por Hanley e Spash (1993) uma ACB deve envolver as seguintes etapas:

- definir o projeto, os recursos e os entes envolvidos na execução, identificando os ganhadores e perdedores;
- identificar os impactos do projeto, tanto os positivos quanto os negativos;
- definir os impactos economicamente relevantes;
- quantificar fisicamente os impactos relevantes;
- realizar uma avaliação monetária dos efeitos importantes;
- realizar o desconto do fluxo de custos e benefícios;
- aplicar o teste do valor presente e por último a análise de sensibilidade.

Além das complexidades relacionadas ao cálculo do valor monetário de custos e benefícios citadas no tópico anterior, lembra-se que os benefícios e os custos distribuem-se no tempo. Nesse sentido, a ACB precisa considerar valores incrementais futuros, por isso é necessário ajustá-los em função do tempo no qual se materializarão, realizando o cálculo do Valor Presente, que incorpora o custo de oportunidade do capital investido (ROSCOE, 2011). O ajuste é feito por meio de desconto, de forma que a soma algébrica entre benefícios e custos, ambos descontados, fornece a medida do benefício líquido (ARAÚJO, 2002).

A análise dos custos e benefícios em relação ao tempo do projeto prevê a aplicação de indicadores de viabilidade tais como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Relação entre o Benefício e o Custo (B/C), bem como a

Análise de Sensibilidade, na qual se majora os custos simultaneamente com a minoração dos benefícios. Os critérios Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Relação entre o Benefício e o Custo (B/C) são critérios para aprovação de projetos. Segundo Contador (2012), esses critérios se juntam a *Payback* ao Valor Presente Líquido Unitário como sendo os principais indicadores de aprovação de projetos.

1.3 As especificidades de uma ACB de projetos rodoviários

Destaca-se que do ponto de vista privado a viabilidade de um projeto é determinada por meio de uma análise financeira que comprove que suas receitas esperadas serão maiores do que os seus custos de investimento e de operação. Do ponto de vista da sociedade, no entanto, os benefícios futuros de um projeto têm abrangência mais ampla do que apenas a geração de receitas, e podem incluir fatores como o desenvolvimento econômico de um setor, de uma região, melhoria da qualidade de vida, benefícios de redução de tempo de transporte, de acidentes e outros (DALBEM, BRANDÃO & MACEDO-SOARES, 2010).

Numa ACB de empreendimento rodoviário é importante avaliar todas as implicações geradas por sua implantação. Avaliar quem ganha e quem perde é fundamental para identificar se ele atenderá a objetivos tais como o de distribuição mais igualitária de riqueza (DALBEM, BRANDÃO & MACEDO-SOARES, 2010).

Por outro lado, a mensuração de benefícios de projetos rodoviários envolve problemas bem mais complexos do que a mensuração dos custos. Os motivos são destacados por Adler (1987):

First, some benefits, even though direct—such as the increased comfort and convenience made possible when a road is improved or the time savings made possible when a bridge replaces ferry service—are difficult to express in monetary terms since there are usually no market prices to indicate what people are willing to pay for them. Second, benefits in the form of reduced transport costs accrue to a wide range and a great number of people over a long period of time; this makes it difficult to forecast and trace their impact. Third, many benefits from improved transport are indirect, such as the stimulation of the economy; for these benefits to materialize, investments in fields other than transport are often necessary, but they are not always assured (ADLER, 1987, p. 27).

Conforme apontado por Adler (1987), o cálculo monetário dos benefícios

derivados de um projeto rodoviário que melhore a via, gerando maior conforto aos usuários, e a redução do tempo de percurso, é complexo de ser realizado, ainda mais sem saber quantos usuários serão beneficiados no tempo e qual é exatamente a percepção do benefício por cada um deles. Ao mesmo tempo, a identificação de todos os benefícios gerados pelo projeto rodoviário nem sempre é possível, o que dificulta ainda mais o cálculo da ACB.

Para identificar os benefícios econômicos de um investimento em transportes, como um projeto rodoviário, é necessário fazer o exercício de com e sem o empreendimento, estimando as possíveis diferenças. O exercício de com e sem o projeto rodoviário é diferente da ideia de antes e depois, como bem explica Adler (1987):

The basic criterion for measuring the economic benefits of a transport investment is the "with and without" test: what will the costs be with the investment, and what would they have been without it? Innumerable project appraisals, however, a quite different standard is mistakenly applied—the "before and after" test: what were the costs before the new facility was constructed, and what will they be afterward? While in some cases the difference between the two standards might be small, the "before and after" test usually leads to a serious underestimate of economic benefits (ADLER, 1987, p. 30).

A visão do **com e sem** empreendimento rodoviário permite calcular os benefícios econômicos relacionados, por exemplo, com o escoamento da produção de uma mina ou da produção agrícola, calculando o tempo gasto entre o local de produção e o porto de exportação com e sem o projeto rodoviário. Outra situação possível é o cálculo da redução de acidentes na rodovia, a partir do melhoramento das condições de tráfego. Sobre a redução de acidentes, Adler (1987) aponta dois passos a serem seguidos, o primeiro é estimar a possível redução de acidentes. Para tanto, é necessário comparar, por exemplo, a taxa atual de acidentes da rodovia de pista simples que receberá o projeto de duplicação com a taxa de acidentes de outra rodovia já duplicada no mesmo país ou até mesmo em outro país (ADLER, 1987).

O segundo passo é estimar o valor da redução de acidentes, sendo necessário considerar três tipos de conseqüências do acidente: danos materiais, danos pessoais e fatalidades. O valor dos danos materiais é o mais fácil de ser obtido, as empresas de seguros de veículos possuem dados sobre os custos relacionados com reparos de veículos acidentados em rodovias (ADLER, 1987). Já o cálculo do benefício da redução de acidentes com danos pessoais, especialmente sobre a redução de

acidentes fatais, envolve questões filosóficas e econômicas, ao passo que seria necessário valorar a vida humana (ADLER, 1987).

Adler (1987) aponta que projetos rodoviários podem representar benefícios secundários, para os quais não é geralmente utilizado o cálculo monetário. Segundo Adler, esses benefícios podem ser considerados intangíveis, como por exemplo a melhora de acesso a serviços de saúde por uma comunidade pobre, que estava isolada antes do projeto rodoviário. O investimento em transportes pode gerar também efeito multiplicador na economia, o que é difícil de identificar e mensurar ante a variedade de fatores que influenciam a economia. No mesmo sentido, acredita-se que a contabilização de efeitos indiretos nos empreendimentos rodoviários, apesar de válida especialmente diante da ocorrência de externalidades, pode resultar em problemas de dupla contabilização e de introdução de vieses na análise (ROSCOE, 2011).

1.4 Destacando pontos fundamentais limitações da ACB

O projeto rodoviário pode gerar reduções de custos para os usuários e induzir aumento de tráfego, o que representa um ganho para a sociedade. No entanto, os projetos rodoviários geram impactos fiscais, ainda mais quando utilizam recursos públicos que têm um custo marginal. Nesse ínterim, o projeto que faz uso líquido de recursos públicos tem o seu valor presente líquido econômico diminuído por esse efeito, enquanto um projeto que é gerador líquido de recursos públicos tem seu VPL econômico aumentado (DALBEM, BRANDÃO & MACEDO-SOARES, 2010).

As ACBs realizadas para projetos de transportes em geral consideram custos e benefícios econômicos, apenas recentemente custos e benefícios ambientais passaram a ser inseridos no cálculo. Contudo, custos e benefícios ambientais não são traduzidos por preços de mercado (MUELLER, 2007). Para estimar os benefícios ambientais é necessário o emprego de técnica e métodos especiais de avaliação. Tais métodos são genericamente denominados métodos e técnica de valoração ambiental e buscam estimar valores para os ativos ambientais e para os bens e serviços por eles gerados (FARIA & NOGUEIRA, 1999).

A utilização de ACB para avaliar um projeto, programa ou política recebe diversas críticas, como as relacionadas às dificuldades nos cálculos de preços sociais e externalidades. Outra crítica está relacionada a percepção de alguns observadores de que a ACB constitui uma tentativa de frustrar o processo de discussão e de tomada

de decisão política ao redor de potenciais programas e projetos públicos (ARAÚJO, 2002). Por outro lado, em relação a avaliação social de projetos, na qual a ACB pode se enquadrar, Contador (2012) afirma que:

Enfim, deve ficar claro que avaliação social de projetos não se destina a perfeccionistas, o que não significa que a teoria econômica deva ser abandonada. O mais importante é adotar simplificações aceitáveis da realidade, sem perder a capacidade de tratar de problema mais complexo. O meio termo é uma questão de prática, tempo, muita observação, em mais importante, humildade para reconhecer a posteriori os erros cometidos, visando a um constante aperfeiçoamento. (CONTADOR, 2012, p.27)

Realmente são muitas as críticas à aplicação da ACB nos projetos, inclusive críticas ao ponto de vista antropocêntrico da avaliação, afinal só tem valor aquilo que tem algum valor para os seres humanos, sendo descartado o valor da natureza por si só. Ainda nesse ponto de vista, a ACB apresenta uma característica totalmente subjetiva, pois a valoração sempre será feita a partir de um ponto de vista. Essa dificuldade de captar os valores ecossistêmicos é destacada por Da Motta (1997), contudo ele faz a seguinte ressalta:

Mesmo assim, a ACB é um importante método para orientar decisões de investimentos. Antes de discutir como poderemos integrar a ACB ao critério ecológico, é válido mencionar que a avaliação de alguns benefícios de um dado investimento em biodiversidade pode ser suficiente para demonstrar que estes benefícios, mesmo subvalorizados, já estão excedendo os custos. Apesar disso não ser suficiente para assegurar que a sociedade está adotando a melhor alternativa de uso de seus recursos econômicos, os tomadores de decisão podem, pelo menos, garantir que a eficiência econômica não decrescerá em função desse investimento ambiental (DA MOTTA, 1997, p.6).

Apesar das críticas a ACB é largamente utilizada e funciona como ponto determinante nos Estudos de Viabilidade. Por isso, pretende-se no presente trabalho avaliar os benefícios ambientais gerados pelos empreendimentos rodoviários no âmbito da ACB realizada nos EVTEAs de projetos rodoviários do DNIT.

1.5 Métodos de valoração ambiental

Conforme apontado nos parágrafos anteriores deste trabalho, a ACB de um projeto rodoviário precisa apontar os custos e os benefícios socioambientais do empreendimento, considerando a sua contribuição ao bem-estar das pessoas. Esse

cálculo da ACB é a base da teoria microeconômica do bem-estar e dela derivam os métodos de valoração monetária dos recursos ambientais (DA MOTTA, 1997). Segundo Da Motta (1997) “estes métodos propõem justamente essa forma de análise de custo-benefício, em que os valores sociais dos bens e serviços são considerados de forma a refletir variações de bem-estar e não somente seus respectivos valores de mercado” (DA MOTTA, 1997. p.2).

A valoração econômica de recursos ambientais é uma ferramenta importante para subsidiar as decisões de política ambiental e de desenvolvimento sustentável ao permitir a conexão entre a provisão dos recursos naturais e a estimativa econômica de seus benefícios (MAIA *et.al.*, 2004).

Para valorar bens e serviços ambientais é necessário avaliar o seu consumo pela sociedade, pois os atributos são definidos a partir do consumo, ou seja, do seu uso pelos indivíduos. Por isso, conforme Da Motta (1997) “é comum na literatura desagregar o valor econômico do recurso ambiental (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU)” (DA MOTTA, 1997. p.11).

Ainda segundo Da Motta (1997) os valores de uso e valores de não uso podem ser desagregados em:

- Valor de Uso Direto (VUD) - quando o indivíduo se utiliza atualmente de um recurso, por exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto;
- Valor de Uso Indireto (VUI) - quando o benefício atual do recurso deriva-se das funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas;
- Valor de Opção (VO) - quando o indivíduo atribui valor em usos direto e indireto que poderão ser optados em futuro próximo e cuja preservação pode ser ameaçada. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas em florestas tropicais.
- O valor de não-uso (ou valor passivo) representa o valor de existência (VE) que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva-se de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo.

A definição dos valores de uso e de não uso dos recursos ambientais é essencial para entender como deve ser definido o método de valoração, uma vez que a tarefa de valorar está relacionada com a medida de bem-estar das pessoas, a partir

da variação da quantidade dos bens ambientais (DA MOTTA, 1997). Em sequência, para definir o método de valoração é importante ter conhecimento e dados sobre o bem ambiental, compreendendo sua dinâmica ecológica (DA MOTTA, 1997).

São utilizados diferentes métodos de valoração ambiental, alguns estimam o preço do recurso natural por meio de uma função de produção, fazendo a relação da provisão do recurso com o preço de bens de mercado, outros criam um mercado hipotético para captar a disposição a pagar da população pelo recurso ambiental (MAIA *et.al.*, 2004).

Os métodos de valoração ambiental podem ser classificados em diretos e indiretos. Os métodos diretos visam identificar as preferências da população com a utilização de mercados hipotéticos ou de mercados de bens complementares para obter a disposição a pagar dos indivíduos pelo bem ou serviço ambiental. Os métodos indiretos utilizam uma função de produção relacionada com preços de mercado para obter o valor do recurso ambiental (MAIA *et.al.*, 2004).

Os métodos de valoração podem ser classificados em métodos da função de produção e métodos da função de demanda. Os denominados métodos da função de produção podem ser desagregados em: métodos da produtividade marginal e de mercados de bens substitutos (reposição, gastos defensivos ou custos evitados e custos de controle). Os métodos da função de demanda por sua vez são divididos em: métodos de mercado de bens complementares (preços hedônicos e do custo de viagem) e método da valoração contingente (DA MOTTA, 1997).

A ideia dos métodos de valoração da função de produção é de que, sendo o recurso ambiental um insumo ou um bem substituto de um bem de mercado, é possível estimar o valor econômico do bem ambiental a partir dos valores de mercado. Especificamente a respeito do método de mercados substitutos, em especial, o método de custos evitados, o cálculo de valoração é feito a partir dos gastos que seriam incorridos pelos usuários em bens substitutos para não alterar o produto final que por sua vez depende do recurso ambiental (DA MOTTA, 1997). Conforme aponta Da Motta (1997) um exemplo de valoração por custos evitados está em “os gastos com medicamentos para remediar efeitos na saúde causados pela poluição” (DA MOTTA, 1997, p.19)

No caso de medidas ambientais em projetos rodoviários e precisamente no caso do exemplo deste trabalho, que é a instalação das passagens de fauna, o cálculo do benefício ambiental das passagens de fauna pode ser realizado a partir dos custos

evitados pelos usuários ao evitar colisões com a fauna na rodovia. Os acidentes com atropelamento de animais geram prejuízos econômicos de cálculo simples que seriam evitados com uma medida ambiental.

Sobre os métodos de valoração da função da demanda a ideia é de que a variação da disponibilidade do recurso ambiental pode alterar a Disposição a Pagar - DAP ou Disposição a receber Compensação - DAC dos agentes econômicos em relação aquele recurso ou seu bem privado complementar (DA MOTTA, 1997). No que tange o Método da Valoração Contingente - MVC, seu conceito está baseado na criação de um mercado hipotético para o bem ambiental e na reação dos agentes em relação a melhora ou a perda de bem-estar (DA MOTTA, 1997).

A ideia do MVC é procurar determinar a disposição dos usuários para pagar ou receber por um determinado serviço ambiental. O MVC tem sua base teórica baseada nas preferências do consumidor, via função de utilidade individual, sendo que o cálculo pode ser feito por DAP ou DAC, e/ou pelas medidas de excedente do consumidor (*marshalliana*) ou medidas de compensação *hicksianas* (NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000).

No cálculo da disposição a pagar são aplicados questionários a uma amostra representativa da população, em que o usuário é solicitado a fornecer valores monetários para uma lista de benefícios. Ressalta-se que podem existir dificuldades inerentes à aplicação de um questionário a população.

Por fim, as externalidades de um projeto rodoviário podem ser calculadas por outros métodos como o Hedonista que parte do pressuposto de que o valor de um bem imobiliário não é determinado única e exclusivamente por suas características materiais, mas também por atributos ambientais, como o nível de poluição local (BENAKOUCHE E CRUZ, 1994). Desse ponto de vista, um projeto rodoviário que melhore o tráfego de uma rodovia, reduzindo o ruído e a poluição naquele ponto, pode gerar uma valorização dos imóveis limítrofes, o que representaria a externalidade positiva do empreendimento.

2 ACBEMESTUDOS DE VIABILIDADE DE PROJETOS RODOVIÁRIOS E GESTÃO AMBIENTAL RODOVIÁRIA

O Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental - EVTEA de Projetos Viários busca analisar primeiro se a ideia inicial do projeto rodoviário é viável tecnicamente, ou seja, se com a tecnologia atual é possível concretizá-lo. Segundo, o EVTEA irá analisar se o projeto é viável economicamente, ou seja, se os custos envolvidos estão dentro do esperado, possibilitando a sua aprovação. Terceiro, o EVTEA irá avaliar possíveis danos ambientais a serem causados pela implantação do projeto e pela operação do empreendimento, inclusive nas áreas de amortecimento, irá avaliar também as medidas que serão tomadas a fim de mitigar os danos ambientais, de forma a identificar algum impeditivo ambiental para a aprovação do projeto (BRASIL, 2009).

Nesse contexto, o EVTEA de projetos viários é composto por um conjunto de estudos desenvolvidos com a pretensão de avaliar os custos e benefícios sociais e econômicos decorrentes do investimento em implantação de novas vias ou melhoramentos de vias já existentes. A avaliação apura se os benefícios estimados superam os custos com os projetos e execução das obras previstas (BRASIL, 2009).

Nesse íterim, mesmo que um projeto rodoviário tenha um elevado custo para sua consecução ele pode ser implantado, desde que os benefícios sejam igualmente elevados. O mesmo vale para a avaliação ambiental, que depende mais do cálculo dos benefícios gerados pelo empreendimento, do que uma análise de impactos não mitigáveis, desde que os impactos sejam compensáveis de alguma forma. Por isso, num EVTEA, salvo quando as questões técnicas definem, o que sempre tem maior peso para a definição da sua viabilidade é a Análise Custo-Benefício do projeto.

Ressalta-se que os estudos de viabilidade têm por objetivo quantificar os benefícios e custos de um projeto, durante e após sua implantação, reunindo na análise os aspectos técnicos, sociais e ambientais (BRACARENSE, *et al*, 2015). Os primeiros estudos sobre metodologias de avaliação iniciaram na década de 1950 nos Estados Unidos e Europa, já no Brasil os estudos são mais recentes, sendo os métodos inspirados nos modelos precursores (BRACARENSE, *et al*, 2015).

Em relação à inserção do requisito ambiental nos estudos de viabilidade, aponta-se a lei norte-americana de 1968, a *National Environmental Policy Act* (NEPA), como a primeira no mundo a estabelecer a obrigatoriedade da Avaliação de Impacto

Ambiental para projetos, programas e atividades do governo federal dos Estados Unidos da América com possibilidade de gerar efeitos nocivos sobre o meio ambiente (BRACARENSE, et al, 2015).

Os estudos de viabilidade para projetos de infraestrutura rodoviária são definidos como o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais e econômicos decorrentes dos investimentos em implantação, pavimentação de novas rodovias, ou melhoramento nas rodovias já existentes (DNIT, 2015). A própria definição de EVTEA no setor de transportes ressalta a importância da Análise Custo-Benefício na composição dos estudos de viabilidade.

Neste capítulo serão abordadas as metodologias utilizadas nos estudos de viabilidade para avaliar os custos e os benefícios ambientais decorrentes de projetos de infraestrutura rodoviária, com alguns exemplos no mundo e no Brasil. Além de apresentar a legislação e o histórico relacionado com os estudos de viabilidade no Brasil e com o licenciamento ambiental de obras rodoviárias.

2.1 Estudos de Viabilidade de Projetos Viários: exemplos internacionais

2.1.1 O exemplo chileno

O primeiro manual abordado é da Comissão de Transportes Urbanos do Chile, que por meio de sua Secretaria Executiva, publicou em 1988 o “*Manual de diseño y evaluación social de proyectos de vialidad urbana*”, que serve de referência para análise e avaliação de diferentes projetos, homogeneizando a avaliação por meio de um conjunto de normas e procedimentos pré-determinados. O manual chileno apresenta todos os aspectos relacionados com avaliação econômica de projetos de transportes urbanos, incluindo a avaliação dos impactos sociais e ambientais dos projetos.

O manual do Chile apresenta os principais benefícios econômicos dos projetos rodoviários urbanos, dentre eles a redução no tempo de viagem, a redução no consumo de combustível e a redução em outros custos operacionais dos veículos, todos derivados da melhoria no tráfego. O cálculo dos benefícios é realizado a partir de preços sociais, ou seja, considerando o custo de oportunidade social de cada item analisado (CHILE, 1988).

Segundo o manual chileno, a valoração dita econômica é realizada comparando as alternativas com projeto e sem projeto. Em alguns casos a valoração

social será estimada pela variação na margem da curva da demanda do recurso (disponibilidade a pagar, eventualmente corrigida por fatores de equidade), em outros casos será pela variação na margem da curva de oferta (custos de produção menos transferências).

Sobre a valoração de impactos, o manual em referência lista as seguintes situações (CHILE, 1988):

- Impactos com dificuldades de estimação por não possuírem uma unidade clara de medida (por exemplo, efeitos estéticos);
- Impactos com dificuldade de previsão (por exemplo, ruído, contaminação do ar, acidentes);
- Impactos sobre bens não comerciais, pelos quais não há preço de mercado (por exemplo, vida humana, tempo de viagem, etc).

O manual chileno aborda a avaliação dos impactos ambientais dos projetos de infraestrutura, destacando a necessidade de identificação dos impactos mais importantes e da escolha do método de valoração adequado. Segundo o manual chileno, os impactos ambientais mais comuns de projetos de transportes são a contaminação do ar, geração de ruídos e vibrações e poluição visual.

Ao apresentar o impacto de contaminação do ar, o manual em questão deixa claro que o quantitativo de emissão de poluentes está diretamente relacionado com a velocidade média dos veículos na via. Segundo o manual, a emissão de poluentes está relacionada com o ciclo de aceleração e desaceleração dos veículos, sendo que o cálculo pode ser feito por meio do modelo denominado “*TRANSYT*”, utilizando um procedimento similar ao usado para estimar o consumo de combustíveis(CHILE, 1988).

Os dados apresentados nas tabelas do manual demonstram que para percorrer 100 km de via um veículo com velocidade média de 24,14 km/hora emitirá muito mais poluentes do que um veículo a 72,41 km/hora, em especial monóxido de carbono - CO. Destaca-se que o manual chileno apontou como um dos principais benefícios dos projetos viários a melhoria no tráfego, o que implica diretamente no aumento da velocidade média dos veículos. A única ressalva é que na fase de obras da nova via o manual destaca o impacto negativo para o meio social de aumento do tráfego, devido às paralisações constantes no fluxo de veículos, que são necessárias para a

consecução das obras.

Apesar dos dados sobre emissão de poluentes deixarem claro que a melhoria no tráfego pode representar um fator de redução na emissão, o manual não aponta em nenhum momento que o projeto viário pode representar esse benefício para o meio ambiente. A avaliação é feita unicamente pensando na redução dos custos com combustíveis para os usuários.

No quesito meio ambiente, o manual apresenta uma metodologia para a estimação de preços para cada um dos contaminantes emitidos pelos veículos, visando a criação de uma tarifa para ser cobrada no acesso às áreas mais contaminadas, incentivando o uso de dispositivos de controle das emissões nos veículos dos usuários(CHILE, 1988). Conforme o manual, a Comissão de Transporte Urbano indicou as seguintes tarifas:

CO: \$ 0.00879 por grama emitida

HC: \$ 0.1275 por grama emitida

NOx: \$ 0.586 por grama emitida

A respeito do impacto de geração de ruídos, o manual do Chile indica que mudanças no desenho de vias urbanas podem representar um aumento na geração de ruídos e vibrações. Segundo o manual o ruído aumenta em etapas de frenagens e acelerações e em velocidades altas, além de quando as vias estão em mal estado de conservação(CHILE, 1988).

Em consonância ao impacto de emissão de poluentes, o manual indica o impacto de geração de ruídos como um ponto negativo da obra viária, sem ressaltar que o projeto viário após implementado pode representar uma redução nas frenagens e acelerações, além de uma melhoria no pavimento, o que conseqüentemente irá reduzir a geração de ruídos(CHILE, 1988).

O manual chileno não aborda a instalação de passagens de fauna ou outros mecanismos que visem a redução do atropelamento de animais. Considerando a data do manual chileno (1988), sabe-se que nessa época não havia o nível de divulgação atual dos dispositivos para proteção da fauna. Contudo, o manual chileno já traz a possibilidade de considerar no estudo de viabilidade o benefício ambiental da redução na emissão de gases poluentes.

2.1.2 O exemplo australiano

O segundo manual analisado é do Departamento de Transportes do Estado Australiano de Nova Gales do Sul, que publicou em março de 2013 o documento *“Principles and Guidelines for Economic Appraisal of Transport Investment and Initiatives”* com objetivo de unir os princípios e orientações para as análises econômicas de projetos de transportes. O manual australiano indica a Análise Custo-Benefício como um dos principais métodos para avaliações de projetos, ressaltando que tem sido utilizada há muito tempo em todo mundo.

O manual da Austrália lista os principais benefícios gerados pela implementação de projetos de transportes que são considerados numa análise de custo-benefício, dentre eles: a redução no tempo de viagem, redução no custo operacional de veículos, redução nos acidentes, incentivos à viagem, melhorias no meio ambiente, melhoria na confiança dos serviços e melhoria no conforto dos usuários. Além desses benefícios, os autores destacam os benefícios puramente econômicos como a atração de capitais, redução de custos e incentivo às vendas (AUSTRÁLIA, 2013).

Destaca-se o fato do manual australiano apontar como benefício do projeto de transporte a melhoria do meio ambiente, segundo o manual a mudança do modal de transporte e a redução no congestionamento podem gerar benefícios ambientais e economia de custos sociais vinculados, com redução das emissões associadas com gases de efeito estufa. Esses benefícios são percebidos pelos usuários da rodovia e pela comunidade como um todo (AUSTRÁLIA, 2013).

Por outro lado, o manual australiano destaca a importância de considerar as externalidades, integrando-as no processo de avaliação mais ampla. De acordo com o manual em questão, o objetivo é internalizar as externalidades no processo de tomada de decisões, considerando que o meio ambiente é parte importante da avaliação. Sobre externalidades os autores apontam:

“Examples of externalities are inconvenience caused to pedestrians by traffic, effects of noise and air pollution on nearby properties, and productive gains that result from eliminating dust by sealing roads”(AUSTRÁLIA, 2013, p.81).

O manual australiano ressalta que os benefícios e custos gerados pelos projetos de transportes no meio ambiente não são negociados em mercado, sendo

necessários métodos de valoração. Conforme os autores do manual, os métodos de valoração atualmente em uso podem ser classificados como a seguir:

- Para impactos com efeitos e preços no mercado: neste caso é possível basear a avaliação em valores de mercado, porém caso os preços estejam distorcidos por fatores como monopólio, regulação ou dificuldade na internalização das externalidades, será necessário utilizar os “preços-sombra”;
- Efeitos ou preços que podem ser inferidos a partir de observações quase-mercado: neste caso os valores podem ser inferidos a partir do comportamento humano a partir das preferências reveladas;
- Efeitos que podem ser deduzidos por meio dos preços de aluguel: neste caso, indicadores como o custo de substituição de ativos perdidos podem ser utilizados para indicações de valores mínimos e máximos;
- Efeitos mensuráveis apenas por uso de medidas quantitativas: neste caso são utilizadas medidas como unidades de ruído;
- Efeitos mensuráveis por uso de medidas qualitativas: neste caso é feita uma avaliação qualitativa como o nível de aborrecimento derivado do ruído.

O manual australiano destaca que todo empreendimento rodoviário com potencial impacto sobre o meio ambiente precisa ter uma Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Considerando que a AIA tem início ainda na fase de planejamento, há de se considerar que os dados da AIA estarão disponíveis para inclusão na análise custo-benefício. Do mesmo modo, os dados da ACB devem ser inseridos na AIA, compondo as informações necessárias para análise do órgão responsável pelo licenciamento do empreendimento (AUSTRÁLIA, 2013).

Em relação aos impactos gerados pelos empreendimentos rodoviários ao meio ambiente estão: geração de ruídos e vibrações, poluição visual, impactos relacionados à construção como poluição da água, do ar e perturbação local (AUSTRÁLIA, 2013). Sobre atropelamentos de fauna, o manual australiano apresenta uma tabela com todos os custos de acidentes, entre eles a colisão com animais, com o custo de \$54,9 dólares australianos para o meio urbano e de \$67,2 dólares australianos para o meio rural em valores corrigidos para o ano de 2014 (AUSTRÁLIA, 2013).

Em outra passagem, o manual australiano cita os impactos dos projetos viários

em pequenas comunidades que são separadas pela rodovia, atrapalhando o fluxo de pedestres. Nessa mesma passagem, o manual em questão destaca que o impacto também ocorre em corredores de vida selvagem (AUSTRÁLIA, 2013). Entretanto, o manual australiano não aprofunda sua análise nos custos e benefícios relacionados com a mitigação desse impacto, apesar da Austrália ser um país com plena adoção das passagens de fauna.

2.1.3 O manual de Hans A. Adler (1987)

O terceiro manual analisado é o do já citado Adler (1987), o qual apresenta em seu trabalho os seguintes estudos de caso de projetos rodoviários:

- Pavimentação de Rodovia em Leito Natural;
- Alargamento do Pavimento de Rodovia;
- Construção de uma Rodovia Principal;
- Construção de uma Rodovia de Desenvolvimento;
- Construção de uma Ponte;
- Programa de Manutenção de rodovia.

Para cada estudo de caso, Adler 1987 aponta os custos e benefícios envolvidos. No caso da Pavimentação de Rodovia em Leito Natural, Adler aponta como um dos benefícios a redução nos custos de operação de veículos, considerando que ao transitar pela rodovia pavimentada o usuário terá custos menores em relação ao combustível, desgaste do pneu e manutenção do veículo.

Outro benefício importante apontado por Adler é a redução nos custos para a manutenção da rodovia. Com a previsão do aumento do tráfego de veículos e considerando as condições do solo e do clima, o custo de manutenção da rodovia em leito natural passaria por um aumento significativo nos próximos anos. Uma vez pavimentada a rodovia, os custos de manutenção irão sofrer uma redução significativa no curto e médio prazo. No manual, Adler aponta ainda outros benefícios como a redução do tempo de percurso e a redução da poeira gerada na rodovia durante a estação seca. O último benefício citado é particularmente interessante, pois pode ser considerado um benefício ambiental, ao passo que a pavimentação irá por consequência reduzir a sedimentação dos cursos hídricos que atravessam a rodovia.

O segundo estudo de caso exemplificado por Adler 1987 é referente ao projeto de alargamento do pavimento da rodovia, o qual prevê a alteração da faixa de 12 pés para 20 pés, ou seja, de 3,65 metros para 6,09 metros. A largura total do pavimento da rodovia é ampliada de 9,75 metros para 14,63 metros.

O alargamento do pavimento da rodovia de acordo com Adler 1987 resultará numa redução dos custos de operação dos veículos e de manutenção da rodovia. A redução na operação dos veículos está relacionada com a melhora na fluidez do trânsito, tendo em vista perspectiva de aumento no número de veículos que utilizarão a rodovia nos próximos anos.

A redução nos custos de manutenção da rodovia está relacionada também com a perspectiva do aumento no número de veículos. Segundo dados apontados por Adler 1987, a redução no custo com a manutenção da rodovia com 20 pés (6,08 metros) de largura é percebida quando são registrados mais de mil veículos por dia.

O terceiro exemplo apresentado por Adler 1987 é a construção de uma rodovia principal ligando duas cidades. A rodovia terá duas faixas de 12 pés (3,65 metros) para cada sentido, além de acostamento de cascalho de 10 pés (3,04 metros). A velocidade da via será de 70 milhas por hora, ou seja, 112km/hora, e não será permitido o trânsito de veículos lentos na pista.

Os benefícios apontados por Adler 1987 para a nova rodovia principal são a redução nos custos de operação dos veículos e a redução no tempo de viagem de passageiros e cargas. Neste caso, não há redução significativa dos custos de manutenção da rodovia e por isso o cálculo não foi apresentado.

Adler explica que na nova rodovia principal os veículos mais lentos não precisam utilizar os acostamentos para dar passagem aos veículos mais rápidos, tal fato contribui para a redução do consumo de combustível, de pneus e na manutenção dos veículos. Na análise também está considerada a perspectiva de aumento no número de veículos que utilizarão esse percurso entre as duas cidades, de forma que sem a construção de uma nova rodovia haverá congestionamento na via atual.

O quarto exemplo dado por Adler 1987 é referente a construção de uma rodovia de desenvolvimento, em outras palavras é a implantação de uma nova rodovia visando a economia local. O primeiro objetivo da rodovia é favorecer a exploração de calcário na região, melhorando o transporte que antes era só feito por hidrovia. Outros benefícios econômicos citados no exemplo são o aumento da produção de arroz na região, o aumento da venda externa de vegetais e verduras e por fim o aumento do

valor agregado do peixe que será vendido mais fresco com a nova rodovia.

Nesse exemplo, o autor indica claramente os benefícios econômicos da construção da nova rodovia, um benefício que impacta diretamente o meio socioeconômico e que muitas vezes é difícil de mensurar em função das diferentes variáveis que influenciam a economia de um determinado local.

O quinto e último exemplo de obra rodoviária é a construção de uma ponte para eliminar o serviço de balsa utilizado para atravessar um determinado rio. Análise Custo-Benefício precisa considerar os custos de manutenção da ponte ao longo dos anos e os custos do serviço de balsa nesse mesmo período. Além da avaliação apontar que os custos com a manutenção da ponte são bem menores, o serviço da ponte é bem mais rápido e mais conveniente do que o serviço prestado pela balsa.

2.2 Estudos de Viabilidade de Projetos Viários no Brasil

No Brasil, a partir da Constituição de 1934, foi definida a necessidade de se elaborar planos de viação abrangendo os diferentes modos de transporte de forma racional. Na década de 1970, com o advento da Lei 5.917/1973, foram inseridos nos planos de viação os critérios para embasar investimentos em projetos de infraestrutura dos transportes. Mesmo não mais vigente, a Lei 5.917/1973 conserva a importância de ter sido a primeira a estabelecer critérios para embasar investimentos em projetos de infraestrutura dos transportes. Segundo a Lei 5.917/1973:

b) os planos diretores e os estudos de viabilidade técnico-econômica devem visar à seleção de alternativas mais eficientes, levando-se em conta possíveis combinações de duas ou mais modalidades de transporte devidamente coordenadas e o escalonamento de prioridades para a solução escolhida;

e) a execução das obras referentes ao Sistema Nacional de Viação, especialmente as previstas no Plano Nacional de Viação, deverá ser realizada em função da existência prévia de estudos econômicos, que se ajustem às peculiaridades locais, que justifiquem sua prioridade e de projetos de engenharia final. (Lei nº 5.917/1973).

O governo brasileiro em atendimento ao Relatório da Situação Atual e Expectativa da Economia, de 1965, elaborado pela Missão do Banco Mundial, criou um órgão capaz de formular e centralizar uma política de planejamento dos transportes, denominado Grupo Executivo para Integração de Políticas de Transportes – GEIPOT. Durante quase quatro décadas, foram realizados vários

estudos relacionados à questão dos transportes, tanto na área de planejamento, quanto na formação e capacitação de técnicos, mudando a forma de pensar e executar o planejamento em transportes (ARAÚJO, 2013).

A criação do GEIPOT foi uma contrapartida do Governo Brasileiro a um acordo celebrado com o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD, com objetivo de financiar uma série de estudos de transportes para o Brasil. O referido acordo previa a formação de um quadro técnico específico e a capacitação deste em metodologias de planejamento de transportes, especialmente a elaboração de Planos Diretores e os estudos de viabilidade econômica e de engenharia (ARAÚJO, 2013).

O GEIPOT também trouxe ao Brasil vários técnicos estrangeiros que vieram trabalhar em conjunto com os profissionais locais, para repassar seus conhecimentos, formando e capacitando novos técnicos brasileiros. Estes técnicos vindos do exterior eram especialistas nas mais diversas áreas como, projetos geométricos (traçado da via), projetos de pavimentação, estudos de viabilidade, custo e benefício, e taxas de retorno (ARAÚJO, 2013).

Isto posto, conclui-se que o GEIPOT foi fundamental para a divulgação no Brasil da Análise Custo-Benefício para projetos de transportes, bem como de outras metodologias de análise de viabilidade econômico-financeira de projetos de transportes e de previsão de demandas. Por outro lado, o GEIPOT teve sua atuação impactada por questões políticas, ao apontar a inviabilidade econômico-financeira de empreendimentos do interesse do governo, como por exemplo a ferrovia Norte-Sul que era uma das prioridades do Governo do Presidente José Sarney (ARAÚJO, 2013).

O GEIPOT foi extinto no ano de 2001 a partir da reforma administrativa do governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso. Para preencher parte da lacuna no planejamento dos transportes deixada pela extinção do GEIPOT, o Governo de Dilma Roussef, por meio da Lei 12.743, de 19 de dezembro de 2012, criou a Empresa de Planejamento e Logística S. A. (EPL), para organizar e executar os planos logísticos do país.

Os estudos de viabilidade de projetos de infraestrutura passaram a compor a legislação do Plano Plurianual de investimentos a partir de 2008. A Lei nº 11.653 de 07 de abril de 2008, que dispõe sobre o Plano Plurianual 2008/2011 de investimentos do governo brasileiro, regulamentou por meio do seu artigo 10, parágrafo 4º, a obrigatoriedade de apresentação de estudo de viabilidade técnica e socioeconômica para aprovação de projetos de grande vulto, assim classificados quando os recursos

passam de 100 (cem) milhões de reais para as estatais de capital aberto e quando passam de 50 (cinquenta) milhões reais os recursos exclusivos do orçamento fiscal.

O Decreto nº 6.601, de 10 de outubro de 2008, que dispõe sobre a gestão do Plano Plurianual 2008/2011, determinou em seu artigo 10, que o início da execução dos projetos de grande vulto fica condicionado à avaliação favorável de sua viabilidade técnica e socioeconômica. A avaliação da viabilidade desses empreendimentos ficou para a Câmara Técnica de Projetos de Grande Vulto – CTPGV.

Em julho de 2009, o Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG lançou o Manual de Apresentação de Estudos de Viabilidade e Projetos de Grande Vulto. O manual busca orientar os órgãos públicos como apresentar os estudos de viabilidade à Câmara Técnica de Projetos de Grande Vulto – CTPGV.

Em relação ao aspecto ambiental, o manual ressalta que é necessário descrever os malefícios ambientais causados pela implantação e operação do empreendimento. Os impactos ambientais negativos de um projeto rodoviário devem ser sempre apontados nos EVTEAs, com intuito de avaliar a viabilidade ambiental do empreendimento. No mesmo sentido, segundo o manual os custos associados com a mitigação ambiental devem estar contidos nos itens gastos com implantação e/ou gastos com operação do empreendimento (BRASIL, 2009).

Os estudos ambientais desenvolvidos na fase de planejamento consistem essencialmente em avaliar previamente os impactos ambientais potenciais mais significativos do empreendimento, ao longo de todas as suas etapas de implementação e funcionamento, além daqueles da própria fase de planejamento. Esses estudos apresentam um caráter mais geral, enfocando os principais aspectos ambientais que, nesta primeira etapa de análise ambiental do empreendimento, se destacam como mais sensíveis e susceptíveis na área de influência do empreendimento, em função das características ambientais e restrições legais da área, bem como da natureza da intervenção planejada (BRASIL, 2009).

Os objetivos dos estudos ambientais desenvolvidos, nesta fase de planejamento do empreendimento, visam:

- Descartar as alternativas de solução (ou eventualmente o próprio empreendimento) que, por razão de sua criticidade em termos ambientais, tendem a ser inviabilizadas, seja em função da não concessão de licença

ambiental, seja em virtude do vultoso dispêndio de recursos necessários à implementação de medidas corretivas, preventivas ou compensatórias;

- Reduzir a possibilidade de re-elaboração ou adequação significativa nos projetos de engenharia, para a regularização ambiental, que poderão resultar em ônus sobre os recursos financeiros destacados e o cronograma previsto.
- Subsidiar ou orientar a definição e a programação de estudos ambientais, a serem desenvolvidos em fase subsequente;
- Prever e indicar as medidas de preservação e de recuperação ou mitigação de impactos que devam ser incorporadas e desenvolvidas na fase de Projeto Básico de Engenharia;
- Orientar os trabalhos concernentes à elaboração do Plano de Trabalho, a ser desenvolvido para a elaboração do Plano Básico Ambiental;
- Considerar quando o empreendimento for uma via existente a ser duplicada, melhorada ou restaurada, também, a implantação de medidas corretivas, envolvendo a recuperação parcial ou total dos passivos e áreas degradadas que porventura ocorram.

2.3 Estudos de Viabilidade de Rodovias do DNIT

O DNIT é o órgão responsável pela condução dos principais investimentos em infraestrutura rodoviária no Brasil. O DNIT é responsável pela gestão de cerca de 100 (cem) mil quilômetros de rodovias federais, considerando rodovias pavimentadas, em leito natural e implantadas. Neste cenário, o DNIT tem desenvolvido instruções internas para padronizar a elaboração de Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de rodovias.

O DNIT publicou o Escopo Básico – EB-101 - Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de Rodovias, no ano de 2006, contendo orientações para a elaboração do EVTEA. O EB-101 destaca que é imprescindível a realização de estudos relativos ao impacto da rodovia sobre o meio ambiente, contemplando os impactos sobre os aspectos físicos, bióticos e antrópicos na área de influência do empreendimento. O EB-101 realça ainda que deverão ser identificadas e ponderadas as áreas protegidas por lei (Reservas Biológicas e Indígenas, Unidades de Conservação, etc.).

O DNIT publicou em 2007 a Instrução de Serviço nº 006, a qual reforçou a

aplicação das diretrizes do EB-101 nos empreendimentos do DNIT, bem como estabeleceu normas para elaboração e avaliação dos Estudos de Viabilidade, com objetivo de acelerar o andamento dos processos para construção, adequação ou execução de melhoramentos no sistema de transportes gerido pelo DNIT (DNIT, 2007).

O EB-101 ressalta que o EVTEA precisa verificar a adequação ambiental do empreendimento e apresentar, se necessário, soluções destinadas a eliminar ou minimizar os impactos potenciais. Segundo o EB-101, os custos com as medidas de proteção ambiental precisam ser considerados no cálculo geral dos custos, somando-se aos custos relativos à desapropriação, construção, manutenção, conservação e operação da rodovia (DNIT, 2006b).

Em relação ao cálculo dos benefícios, o EB-101 distingue benefícios diretos e indiretos conforme a seguir:

- Benefícios diretos: resultantes de investimentos que impliquem em minimização os custos de transporte, considerando a redução dos custos operacionais dos veículos, e ainda do tempo de viagem, custos de manutenção e número de acidentes (DNIT, 2006b);
- Benefícios indiretos: decorrentes do desenvolvimento social e econômico da região em face dos investimentos rodoviários realizados. Os benefícios indiretos se expressam em termos do crescimento líquido da produção local, da valorização real das propriedades localizadas na área de influência da rodovia, e, sobretudo, da evolução social, da renda e da redistribuição adequada da população domiciliada na região estudada. Quando necessário para melhor representar os custos deverá ser adotada a teoria de *shadow-prices*(DNIT, 2006b).

Segundo o EB-101 os benefícios diretos serão calculados a partir de análise comparativa entre os custos operacionais dos veículos, custos de manutenção viária, de acidentes e de tempo de viagem, apurados nas alternativas existentes e os mesmos custos esperados em face da implantação da nova rodovia ou dos melhoramentos implementados na rodovia já existente, calculados para cada alternativa estudada (DNIT, 2006b).

Por outro lado, os benefícios indiretos serão calculados por meio da análise

comparativa de valores de áreas situadas em outras regiões semelhantes, que já disponham de transporte adequado. De acordo com o EB-101, os valores dos custos e dos benefícios envolvidos na análise deverão ser os respectivos valores econômicos, ou seja, já deduzidos dos impostos.

Ressalta-se que nem todos os empreendimentos recentes do DNIT foram precedidos de Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, uma vez que o Governo Federal emitiu a Portaria Interministerial nº 283/MP/MF/CC, de 23 de agosto de 2007, substituída pela Portaria Interministerial nº 353/MP/MF/CC, de 31 de outubro de 2007, que dispensou a obrigatoriedade de avaliação e aprovação, pela Comissão de Monitoramento e Avaliação do PPA -CMA, dos Estudos de Viabilidade para obras do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC. Com isso, o DNIT emitiu a Portaria nº 1.562, de 26 de dezembro de 2008, na qual estabeleceu o seguinte:

Art. 1º Reconhecer e declarar como de relevante interesse social, inadiáveis, as obras de infra-estrutura de transportes, sob jurisdição do ministério dos Transportes e, sob gerenciamento e administração do DNIT, constantes do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, dispensando-as dos estudos de viabilidade técnica e econômica (DNIT, 2008, p.1).

Além dessa dispensa do EVTEA para empreendimentos do Programa de Aceleração do Crescimento- PAC, o que pode representar uma falta de planejamento por parte do governo federal, outros empreendimentos iniciados no começo do século XXI não foram precedidos por EVTEAs, em parte pelo vácuo deixado pelo GEIPOT, até que fossem redefinidas as regras para os EVTEAs. O empreendimento BR-101/NE é uma das obras realizadas pelo DNIT sem que fosse realizado um EVTEA do projeto.

2.3.1 EVTEA da BR-282/SC

O EVTEA para adequação de capacidade, melhoria da segurança e eliminação dos pontos críticos da rodovia BR-282/SC, apresenta duas alternativas de projeto comparando-as com a situação de apenas ser efetuada a manutenção e conservação rotineira do DNIT na rodovia, durante o período de 20 (vinte) anos. O Estudo apresenta os custos das melhorias e os benefícios decorrentes do empreendimento, indicando o método de cálculo de cada benefício identificado.

O EVTEA indicou os seguintes custos como integrantes da análise do empreendimento BR-282/SC, tendo em vista as três alternativas propostas:

- a) custo de construção;
- b) custo de conservação;
- c) custo de manutenção;
- d) custo de infraestrutura operacional da rodovia;
- e) custo de operação de veículos; e,
- f) custo de tempo de viagem.

As alternativas de implantação do empreendimento consideram naturalmente os custos de construção, além de custos referentes ao projeto, supervisão da obra, gerenciamento da obra, desapropriação e da gerenciadora ambiental. No EVTEA da BR-282/SC, os custos da gerenciadora ambiental foram estimados em 3% do valor da construção. Ressalta-se que os custos relativos ao componente ambiental e Programas de Recuperação de Áreas Degradadas – PRADs foram internalizados nos custos da construção (DNIT, 2015).

O EVTEA da BR-282/SC apresenta os custos referentes aos impactos sobre o meio ambiente, sem apresentar o cálculo de qualquer benefício gerado pela implantação do empreendimento. No tomo destinado ao Estudo Ambiental do EVTEA da BR-282/SC é destacado que o empreendimento apresenta impactos negativos na construção e positivos na operação para o meio biótico.

“O meio biótico será o mais afetado negativamente na fase de construção e o mais beneficiado na fase de operação. Esta inversão certamente ocorre porque durante a supressão de vegetação haverá interferência em áreas com vegetação em estágio médio de regeneração, com redução de habitats, além da ocorrência de atropelamentos e afugentamento da fauna. Porém estes impactos podem (e devem) ser compensados e minimizados, através da implantação de dispositivos de passagem de fauna, recuperação das áreas degradadas e revegetação das matas ciliares, além da compensação ambiental sobre a supressão de vegetação, exigida pelo órgão ambiental no processo de licenciamento.

Entretanto, para que isso ocorra é necessário que, durante a construção, as medidas que se destinam a minimizar os impactos previstos indicados no Projeto Ambiental sejam implantadas e que, durante a fase de operação da rodovia, os Programas de monitoramento da recuperação ambiental de áreas degradadas pelas

obras e dos passivos ambientais sejam implementados” (DNIT, 2015, p.92).

O Estudo Ambiental do EVTEA da BR-282/SC indica ainda os benefícios que serão gerados pela implantação do empreendimento para o meio antrópico, destacando a sua importância dentro da análise econômica construída:

Nota-se a magnitude dos impactos positivos previstos para o meio antrópico. Isso se deve, principalmente, à adequação das travessias urbanas, cruzamentos e acessos e à própria duplicação da rodovia, que melhora as condições de segurança e trafegabilidade, reduz a emissão de gases e ruídos em áreas urbanizadas, garantindo uma melhor fluidez no trânsito e uma melhoria nas condições de vida da população diretamente beneficiada pelo empreendimento (DNIT, 2015, p.91).

Percebe-se, portanto, que nem todos os benefícios indicados no Estudo Ambiental para o meio antrópico são considerados na Análise Econômica do EVTEA da BR-282/SC. Os benefícios relacionados à melhoria da trafegabilidade são calculados por meio dos custos do tempo de viagem e custos operacionais dos veículos, por outro lado os benefícios do aumento da segurança, redução na emissão de gases e na geração de ruídos não fazem parte dos cálculos indicados na análise econômica (DNIT, 2015).

Apesar de apontar a instalação de passagens de fauna como uma medida ambiental positiva para o meio biótico na fase de operação da BR-282/SC, não foi apresentada uma forma de cálculo desse benefício. Considerando que o EVTEA é definido pela ACB de todos os aspectos envolvidos no projeto, é uma falha não apresentar o valor monetário do benefício derivado da medida ambiental positiva.

2.3.2 EVTEA da BR-381/MG

Um segundo exemplo de EVTEA é o referente ao Projeto de Ampliação da Capacidade e Modernização da ligação rodoviária entre Belo Horizonte e Governador Valadares, em Minas Gerais. A avaliação econômica foi realizada para duas alternativas de traçado denominadas alternativas A e B, sendo a alternativa A com 300,2 km e alternativa B com 346,8, considerando a inclusão da Variante de Santa Bárbara. O cálculo foi realizado considerando a taxa de crescimento do tráfego de 2,5% a.a e os resultados estão descritos nas tabelas 01 e 02:

Tabela 1-BR-381/MG – Avaliação Econômica da Alternativa A com 300,2 km.

Item	Total	Valor Presente 2006	B-C	B/C	TIR
Redução Custo Operacional	3.934.592,0	828.317,6	850.680,0	2,4	26,4%
Redução Tempo de Viagem	536.623,2	111.974,2			
Redução Tempo de Carga	14.343,1	3.027,8			
Redução Acidentes	2.348.480,4	510.548,8			
Custo do Investimento	936.962,6	603.188,4			
Benefício Líquido	5.897.076,1				

Fonte: EVTEA BR-381/MG DNIT, 2012

Tabela 2 - BR-381/MG – Avaliação Econômica da Alternativa B com 346,8 km

Item	Total	Valor Presente 2006	B-C	B/C	TIR
Redução Custo Operacional	6.614.453,6	1.420.486,6	1.142.301	2,3	25,4%
Redução Tempo de Viagem	463.920,4	99.738,7			
Redução Tempo de Carga	12.771,8	2.792,9			
Redução Acidentes	2.348.480,4	510.548,8			
Custo do Investimento	1.346.601,3	891.265,9			
Benefício Líquido	8.093.024,9				

Fonte: EVTEA BR-381/MG DNIT, 2012

Conforme demonstrado nas Tabelas 01 e 02, os benefícios considerados no EVTEA da BR-381/MG foram a redução do custo operacional, redução no tempo de viagem, redução no tempo de transporte de cargas e redução de acidentes. Portanto, não foram apontados benefícios relacionados com o meio ambiente ou com programas previstos no licenciamento ambiental.

O capítulo ambiental do EVTEA da BR-381/MG apresentou uma série de impactos do empreendimento sobre os meios físico, biótico e antrópico. Em relação ao meio físico foram citados os impactos sobre os solos, sobre os cursos hídricos,

poluição do ar, ruídos e vibrações. Sobre o meio biótico foram destacados os impactos sobre a vegetação que será suprimida e sobre a fauna que ocupa as áreas que serão interferidas. No meio antrópico os impactos das desapropriações foram os mais relatados (DNIT, 2012).

O EVTEA da BR-381/MG indica uma série de programas ambientais que deverão ser executados para a mitigação dos impactos identificados. O EVTEA prevê a realização de um Programa de Proteção a Fauna e a Flora e um Programa de Controle de Gases, Ruídos e Material Particulado que deverão ser detalhados no Estudo de Impacto Ambiental – EIA/RIMA do empreendimento. Outro programa sugerido é referente ao Reassentamento da População de Baixa Renda, já pensando na população que ocupa irregularmente a faixa de domínio da BR-381/MG (DNIT, 2012).

O EVTEA da BR-381/MG não detalhe as medidas ambientais de proteção da flora e da fauna, com isso deixa de apontar possíveis benefícios relacionados com essas medidas. O projeto da BR-381/MG atualmente em construção prevê a instalação de passagens de fauna para mitigar o atropelamento de animais em pontos previamente definidos. A ausência de valoração dos benefícios dessas medidas ambientais faz com que o recurso utilizado nas passagens de fauna pareça mais um custo do licenciamento do que um benefício do projeto.

2.3.3 EVTEA da BR-448/RS

O EVTEA elaborado para o projeto de construção da rodovia BR-448/RS nos municípios de Porto Alegre, Canoas e Esteio e Sapucaia do Sul no Rio Grande do Sul indica a viabilidade do empreendimento, ao considerar que os benefícios para a sociedade serão superiores aos custos. Para confirmar a viabilidade econômica do empreendimento, o EVTEA apresenta os seguintes indicadores:

Tabela 3-BR-448/RS - Síntese dos Resultados da Avaliação Econômica

Indicador	Valor
Valor Presente Líquido – VPL	R\$ 615,29 milhões
Taxa Interna de Retorno – TIR	33,52% a.a.
Benefício/Custo – B/C	2,47

Pay Back	Ano 2014
----------	----------

Fonte: DNIT, 2008

Os impactos ambientais apontados no EVTEA da rodovia BR-448/RS estão divididos por meio físico, meio biótico e meio antrópico. Em relação ao meio físico, o EVTEA destaca o impacto na qualidade do ar, considerando o fluxo de veículos, finalidade primordial do empreendimento, e a conseqüente movimentação de máquinas para obras, são inevitáveis e todas elas passíveis de lançarem poeiras e gases na atmosfera. O EVTEA da BR-448/RS destaca que esta condição cabe às empresas construtoras a adoção de medidas mitigadoras para que o impacto causado pela atividade seja minimizado (DNIT, 2008).

Ainda no meio físico o EVTEA da BR-448/RS destaca o cuidado necessário para a instalação do sistema de drenagem, tendo em vista as características de solo mole da região e do nível freático próximo a superfície ou aflorante. Destaca ainda o possível impacto em determinados trechos da mata ciliar do rio dos Sinos.

Sobre os impactos no meio biótico o EVTEA destaca a necessidade de supressão da vegetação localizada em áreas alagadas próximas ao Rio dos Sinos, uma vez que a rodovia BR-448/RS será implantada na margem do rio. A supressão irá impactar a fauna que está abrigada nas áreas úmidas próximas ao Rio.

Nos impactos sobre o meio antrópico é destacada a ocupação irregular ao longo do sistema de diques que circundam a cidade de Canoas junto ao Complexo Deltáico do Rio Jacuí, principalmente nas proximidades da extensão do canal das Garças, que parece ser o trecho mais crítico (DNIT, 2008).

O EVTEA da BR-448/RS ressalta que em áreas urbanas a interferência da rodovia irá acarretar a adequação em relação aos equipamentos públicos existentes (rede de esgoto, água, luz, etc.), além da remoção da população nas áreas de risco com ocupações irregulares ao longo dos diques do sistema de proteção contra as cheias em Canoas. Essa última ação é considerada um impacto positivo do empreendimento no EVTEA, o qual aponta a melhoria das condições de vida desses moradores de áreas de risco (DNIT, 2008).

No EVTEA da BR-448/RS estão listadas diversas medidas para mitigar e para compensar os impactos ambientais identificados. Entre as medidas estão a instalação de cercas na rodovia para evitar o atropelamento de fauna, limitação de velocidade

da rodovia para reduzir a emissão de CO₂ e o pagamento de indenizações como medida compensatória para os moradores afetados(DNIT, 2008).

A respeito dos benefícios considerados no cálculo da Análise Custo-Benefício, o EVTEA divide em Benefícios Diretos e Benefícios Indiretos. Os benefícios diretos considerados foram: a redução do custo operacional de transporte, redução do tempo de viagem e redução dos acidentes de trânsito. Por sua vez, os benefícios indiretos apontados foram: recuperação urbana e valorização imobiliária e benefício do efeito geração emprego e renda(DNIT, 2008).

Apesar de prever medidas de proteção da fauna, o EVTEA da BR-448/RS não apresenta os cálculos dos benefícios relacionados com essas medidas. No mesmo sentido, o projeto rodoviário da BR-448/RS implicou no reassentamento de muitas famílias que viviam em péssimas condições nas áreas próximas ao rio dos Sinos.

2.4 Licenciamento e Gestão Ambiental de rodovias

No Brasil, o primeiro empreendimento a requerer um estudo ambiental foi a Usina Hidroelétrica de Sobradinho, em 1972, por tido sido financiada pelo Banco Mundial (BRACARENSE, *et al*, 2015). O requisito ambiental foi incluído pela influência da legislação nos países desenvolvidos, em especial a lei norte americana de 1968, que passou a determinar a obrigatoriedade de elaboração de estudo de impacto ambiental para aprovar projetos, programas e atividades. Contudo, a incorporação da avaliação de impactos na estrutura legal brasileira só ocorreu com a promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938 de 1981.

A promulgação da Lei 6.938/81, Política Nacional de Meio Ambiente, criou uma estrutura institucional/legal, definindo as responsabilidades das diversas entidades encarregadas de sua aplicação, e instituindo a obrigatoriedade do licenciamento ambiental de todas as atividades potencialmente causadoras de impacto, condicionada à apresentação de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e de sua versão sintética, destinada ao público, denominada Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.A Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, em seu art. 2º, determinou que o licenciamento de estradas depende de estudos de impacto ambiental.

A Constituição Brasileira de 1988 dedicou capítulo específico para as questões ambientais e para questões relacionadas à autorização do Estado para execução de atividades potencialmente causadoras de significativa degradação ou poluição

ambiental, recepcionando a PNMA e toda legislação anterior que não a confrontava. Durante a década de 1990, com o auge da RIO 92, foram criados outros mecanismos legais e os órgãos ambientais foram sendo estruturados. Ressalta-se que é uma atribuição do Estado, por meio das limitações que pode impor ao direito individual em nome do direito coletivo (poder de polícia), analisar a viabilidade ambiental de um empreendimento e conceder ou não a Licença Ambiental.

A criação de dispositivos legais conduziu à obrigatoriedade da incorporação, ao Projeto de Engenharia Rodoviária, da variável ambiental – traduzida, em termos práticos, pela definição de um “tratamento ambiental” a ser implementado/implantado, com a finalidade de promover, principalmente, a eliminação/mitigação/compensação de impactos ambientais negativos, suscetíveis de ocorrer, em toda a sua abrangência, como decorrência de processo construtivo ou da operação da via (DNIT, 2006). Nesse ínterim, o Decreto Presidencial nº 95.733/88, de 12 de fevereiro de 1988, determina que se identificados efeitos negativos de natureza ambiental, cultural e social, os órgãos e entidades federais incluirão, no orçamento de cada projeto ou obra, dotações correspondentes, no mínimo, a 1 % (um por cento) do mesmo orçamento destinadas à prevenção ou à correção desses efeitos.

A participação do Estado nos investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil, no período recente, as discussões socioambientais e, tecnicamente, a gestão ambiental passaram a compor um conjunto de procedimentos que orientam para uma atuação de governança mais eficiente, desde o licenciamento ambiental até a implantação dos programas ambientais referentes ao projeto, isto é, todo o gerenciamento ambiental do projeto e sua execução (SILVA, 2012).

A internalização das questões ambientais nas cinco fases do empreendimento rodoviário – planejamento, projeto, implantação, manutenção e operação - somente ocorreu em 1996, quando o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER publicou documentos que abordavam a questão ambiental, a saber: Corpo Normativo Ambiental para Empreendimentos Rodoviários; Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais; Instrução de Proteção Ambiental da Faixa de Domínio e Lindeiras das Rodovias Federais; Manual para Ordenamento do Uso do Solo na Faixa de Domínio e Lindeiras das Rodovias Federais.

A Lei nº 10.233 de 05 de junho de 2001, responsável pela criação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, em seus princípios gerais determina que o gerenciamento de infraestrutura de transporte deve

compatibilizar os transportes com a preservação do meio ambiente. A partir da criação do DNIT agruparam-se num único órgão as discussões sobre a internalização das questões ambientais nos projetos de infraestrutura de transportes. A publicação da Política Ambiental do Ministério dos Transportes em 2002 reforçou ainda mais a discussão das questões ambientais nas obras de infraestrutura de transportes.

A Política Ambiental do Ministério dos Transportes é fundamentada nos princípios da viabilidade ambiental dos empreendimentos de transportes, do respeito às necessidades de preservação ambiental e da sustentabilidade ambiental dos transportes, os quais estão desdobrados em diretrizes ambientais, que servem de orientação para o programa de gestão ambiental do Ministério dos Transportes (MT, 2002).

Tratando especificamente das questões ambientais nos projetos rodoviários, o DNIT, por meio do Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, publicou em 2006 o Manual Para Atividades Ambientais Rodoviárias, com objetivo de instruir os técnicos rodoviários quanto às normas de gerenciamento dos aspectos ambientais do empreendimento rodoviário, considerando a legislação ambiental vigente, a dinâmica técnica da engenharia civil e os preceitos de otimização econômica (DNIT, 2006).

O empreendimento rodoviário, como qualquer empreendimento público, gera uma gama considerável de benefícios, os quais são auferidos em especial pelos usuários das vias (e repassados para a sociedade, como um todo) e pelas comunidades lindeiras, localizadas na área de influência direta do empreendimento. Tais benefícios, em linguagem ambiental, se traduzem em impactos ambientais positivos favorecendo, em especial, o meio antrópico (DNIT, 2006).

Conforme exposto, o processo de construção rodoviária tende a gerar impactos ambientais negativos diversos, por isso deve ser submetido a adequado tratamento ambiental. Deve ser buscada a adequada eliminação/mitigação/ compensação de impactos ambientais negativos, suscetíveis de ocorrer, em toda a sua abrangência, como decorrência do processo construtivo e da posterior operação da via.

Com objetivo de normatizar o tratamento ambiental que deve ser dado às obras de infraestrutura de transportes, o DNIT publicou em 2011 a Instrução de Serviço/DG nº 03, de 04 de fevereiro de 2011, que dispõe sobre a Responsabilidade Ambiental das Contratadas, o que permite ao DNIT fiscalizar as construtoras e fazê-las cumprir procedimentos, atividades e critérios relativos à segurança rodoviária e ambiental, minimização e prevenção de impactos e demais assuntos relativos ao cumprimento

das condicionantes ambientais (DNIT, 2011). No mesmo objetivo, o DNIT publicou em 2013 a Instrução de Serviço/DG nº 03/2013, que tem por objetivo instruir a elaboração dos Requisitos Ambientais dos Projetos de Engenharia Rodoviária, Ferroviária e Aquaviária para atender a legislação ambiental vigente.

As duas instruções de serviços estruturam o Componente Ambiental das obras rodoviárias. O Componente Ambiental compõe as disciplinas do Projeto de Engenharia, ou seja, é parte integrante do Termo de Referência do Edital de contratação, integrando a planilha de orçamento, sendo alvo de medição como as demais disciplinas.

O Componente Ambiental é composto na fase de planejamento por estudos sobre a caracterização do empreendimento, a caracterização ambiental e o cadastro ambiental. No cadastro ambiental devem ser levantadas antigas áreas de uso degradadas, áreas com erosões e ocupações irregulares da faixa de domínio, entre outros fatores. Ainda na fase de planejamento, o Componente Ambiental aborda as condicionantes do Licenciamento Ambiental do Empreendimento e as Interferências do empreendimento.

Resta claro que o Componente Ambiental não se restringe aos impactos do novo empreendimento, trata também dos impactos já existentes na rodovia, passivos ambientais gerados numa época em que o tratamento ambiental não era abordado nos projetos de engenharia. A inserção dos passivos ambientais existentes na rodovia no Projeto de Engenharia do empreendimento é uma forma do DNIT corrigir os danos ambientais gerados na implantação das rodovias, fato anterior ao advento do licenciamento e do controle ambiental, considerando a escassez de recursos e de estrutura do órgão para regularizar ambientalmente toda a sua malha rodoviária.

Nesse sentido, considerando os normativos atuais, ao realizar uma obra de duplicação, melhoramento ou pavimentação de uma rodovia, o DNIT estará ao mesmo tempo regularizando ambientalmente essa rodovia, corrigindo todos os seus passivos e tornando-a ambientalmente mais adequada. Além do Componente Ambiental é necessário considerar o processo de licenciamento ambiental inerente aos empreendimentos com potencial impacto ao meio ambiente.

Em geral, a implantação dos Programas Ambientais, cujas respectivas ações e atividades estão vinculadas à execução das obras, é efetivada por parte do empreiteiro contratado pelo DNIT para a execução das obras. A implementação dos Programas Ambientais, cujas respectivas ações e atividades não estão vinculadas à

execução das obras é efetivada por empresas, entidades ou Órgãos Específicos, através de contratos ou convênios firmados com o DNIT.

A execução dos programas ambientais visa o estrito cumprimento da licença ambiental e demais documentos vinculados às obrigações da construtora. São executados os programas exigidos pela Licença de Implantação, cuja denominação pode variar de licença para licença. Contudo, mesmo não existindo um padrão no nome dos programas ambientais, o escopo global é sempre o mesmo, para obras de implantação e pavimentação de rodovias.

Para a comprovação do cumprimento dos programas ambientais e do PAC, o DNIT envia relatórios com as atividades executadas ao órgão ambiental competente. A periodicidade dos relatórios, usualmente, é semestral, podendo, em casos especiais, ser exigida apresentação trimestral dos relatórios.

Os programas e planos ambientais desenvolvidos no âmbito das obras rodoviárias visam à gestão ambiental dos impactos positivos e negativos, bem como atendimento aos requisitos legais (condicionantes gerais e específicas das licenças, autorizações e legislações aplicáveis). Tais programas são desenvolvidos por uma equipe multiprofissional e interdisciplinar que atua em vários campos de atuação, dentre eles os meios físico, biótico, social e econômico.

Nesse contexto, o DNIT publicou ainda no ano de 2006, também por meio do IPR, o documento “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários - Escopos Básicos/Instruções De Serviço”, o qual apresenta escopos básicos e instruções de serviços para orientar a execução dos diversos programas ambientais que compõem o licenciamento e a gestão ambiental dos empreendimentos do DNIT. O documento apresenta a Instrução de Serviço nº11 que trata do Programa de Proteção à Flora e à Fauna, dividido em Subprograma de Proteção à Flora e Subprograma de Proteção à Fauna.

Considerando o tema de interesse do presente trabalho, o Subprograma de Proteção à Fauna contido na IS-11 apresenta as diretrizes para a execução do monitoramento da fauna atropelada e principalmente sobre a definição das áreas/locais a serem contempladas com a implantação de estruturas para mitigação de atropelamentos. Sobre essas medidas de mitigação o documento diz o seguinte:

Tais locais deverão ser definidos com base na análise do diagnóstico de atropelamentos e indicados em apresentação tabular, com a

identificação da área, as coordenadas respectivas, as justificativas e estratégias estabelecidas, bem como as modalidades de obras respectivas, incluindo a sua vinculação aos dispositivos de drenagem constantes do Projeto de Engenharia. (DNIT, 2006B, p.208)

No anexo 02 da IS-11 são exemplificadas diversas estruturas de travessia de fauna, dentre elas a travessia de gado, travessia para anfíbios, travessia para pequenos animais associada com tela de proteção e travessias mistas. Em complemento às passagens de fauna, o DNIT publicou a Especificação de Serviço – ES nº 077/2006, que trata especificamente sobre cerca viva ou tela de proteção da fauna. A ES nº 077/2006 tem por objetivo definir e fixar a sistemática a ser usada na execução da proteção da fauna nos corredores ecológicos interceptados pelas rodovias do DNIT, com intuito de evitar o atropelamento de animais e reduzir os riscos de acidentes rodoviários para os usuários (DNIT, 2006c). A ES nº 077/2006 aponta ainda que a mitigação dos atropelamentos está baseada na implantação de mecanismos de proteção para a fauna, como túneis, pontes, cercas, bem como, placas de sinalização para os usuários.

Destaca-se que, em levantamento realizado por este autor nos arquivos disponíveis na Coordenação Geral de Meio Ambiente – CGMAB da Diretoria de Planejamento e Pesquisa do DNIT e com base no documento Parecer Técnico nº114/2015, assinado por analistas em infraestrutura de transportes do órgão, o DNIT realiza atualmente programas de fauna em 5.514,63 km de rodovias, o que corresponde a 6,1% da malha rodoviária federal (90.048 km). Desse quantitativo sob estudo da fauna, estão instaladas ou em instalação cerca de 500 passagens de fauna.

As rodovias contempladas com medidas ambientais de proteção da fauna são as seguintes: BR-116/RS, BR-448/RS, BR-116/392/RS, BR-101/RS/SC, BR-386/RS, BR-280/SC, BR-470/SC, BR-050/MG, BR-101/RJ, BR-163/PA, BR-230/PA, BR-429/RO, BR-442/PA, BR-101/PE/AL/SE/BA, BR-101/PE/PB/RN, BR-235/BA, BR-158/MT, BR-242/MT, BR-262/MS, BR-060/GO, BR-381/MG e BR-290/RS.

2.5 Regularização Ambiental

O Decreto nº 4.340 em 2002, que regulamentou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, também dispôs, em seu art. 34, a obrigatoriedade do licenciamento corretivo para os empreendimentos que entraram em operação sem

licença ambiental até a data de publicação do referido Decreto, dada a necessidade de regulação das compensações ambientais para financiamento do SNUC.

Entre as diretrizes da Política Ambiental do Ministério dos Transportes de 2002 está o licenciamento ambiental, a recuperação dos passivos ambientais e a gestão ambiental das rodovias federais. Nesse contexto, criou-se, por meio da Portaria Interministerial do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério dos Transportes nº 273/2004, o Programa Nacional de Regularização Ambiental de Rodovias Federais – PROFAS.

No entanto, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA publicou a **Instrução Normativa nº 02/2010** que disciplinou os procedimentos para a regularização ambiental das rodovias federais. Assim, já em 2011, como resultado de intensas discussões sobre o licenciamento corretivo, foi publicada uma nova Portaria Interministerial MMA/MT de nº 423, que instituiu o PROFAS – Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis. Apesar dos avanços existentes na Portaria nº 423, houve a necessidade de uma nova revisão que culminou na publicação da Portaria Interministerial MMA/MT nº 288 de 16 de julho de 2013, quando de fato teve início o programa, com a assinatura do DNIT em dezembro de 2014 de 138 Termos de Compromisso com o IBAMA.

Com relação ao DNIT, as medidas iniciais para o atendimento da Portaria nº 289 foram iniciadas pela autarquia para 138 rodovias federais, perfazendo um total de aproximadamente 52.000 km. Para tanto, o DNIT firmou termo de compromisso para realização de estudos ambientais (Relatório de Controle Ambiental) e a execução do Plano de Controle Ambiental por meio de: Programa de Prevenção, Monitoramento e Controle de Processos Erosivos; Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna; Programa de Recuperação de Áreas Degradadas; Programa de Mitigação dos Passivos Ambientais; Programa de Gerenciamento de Riscos e Planos de Ação de Emergência –PAE; Programa de Educação Ambiental e Programa Comunicação Social; Plano de Gestão Ambiental.

Cumprir destacar, por fim, o significado de passivo ambiental rodoviário como o conjunto de alterações ambientais adversas decorrentes de: a) construção, conservação, restauração ou melhoramentos na rodovia, capazes de atuar como fatores de degradação ambiental, na faixa de domínio ou fora desta, bem como de irregular uso e ocupação da faixa de domínio; b) exploração de áreas de "bota-foras", jazidas ou outras áreas de apoio; e c) manutenção de drenagem com o

desenvolvimento de processos erosivos originados na faixa de domínio (BRASIL, 2013a).

Na mesma data de 16 de julho de 2013, o Ministério do Meio Ambiente publicou a Portaria Ministerial MMA nº 289, a qual apresenta as regras para a regularização ambiental das rodovias federais e os procedimentos para o licenciamento ambiental de obras rodoviárias. A Portaria nº 289/2013 deixa claro que o requerimento para a Licença de Instalação deverá ser acompanhado do Projeto Básico Ambiental, com o detalhamento dos programas ambientais, além dos seguintes elementos do projeto citados pela referida portaria:

- “I - projeto geométrico plotado sobre imagem aérea ou ortofotocarta, com projeção do eixo estaqueado, faixa de domínio, projeções de offset, obras de arte especial e correntes, passagens de fauna e áreas de preservação permanente;
- II - projeto em perfil, com seções transversais da plataforma rodoviária;
- III - ante projeto de drenagem (incluindo as obras de arte especial e correntes, e contemplando, no mínimo, localização, tipo de dispositivo, arquitetura, seção transversal e gabarito do vão) e de passagens de fauna;
- IV - locação de áreas de empréstimo e de deposição de materiais, canteiros de obras e áreas de apoio; e
- V - cronograma de obras” (BRASIL, 2013b, p.7)

Nesse sentido, o MMA determinou a obrigatoriedade de apresentação das passagens de fauna nos projetos rodoviários no procedimento de licenciamento ambiental. A própria Portaria nº 289/2013 vislumbra a possibilidade de inserção das passagens de fauna em conjunto com o sistema de drenagem. Destaca-se ainda que no processo de regularização ambiental, no âmbito da execução do Programa de Monitoramento do Atropelamento da Fauna na regularização ambiental, a instalação de passagens de fauna é uma das medidas possíveis de serem solicitadas pelo órgão ambiental. Contudo, a instalação de passagens de fauna por meio do processo de regularização ambiental somente irá ocorrer após a entrega dos Relatórios de Controle Ambiental – RCAs, sendo que o DNIT tem o prazo de 20 anos para entregar esses estudos ambientais para o IBAMA para a totalidade da malha rodoviária federal pavimentada. Nesse sentido, a instalação de passagens de fauna por meio de projetos de duplicação e melhoramento representa um ganho significativo para o meio ambiente.

3 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DA INSTALAÇÃO DAS PASSAGENS DE FAUNA

3.1 O atropelamento de fauna

O atropelamento de animais silvestres é um dos principais impactos de empreendimentos rodoviários sobre a fauna (LAUXEN, 2012). O impacto de atropelamento de animais de grande porte pode ainda gerar inúmeros prejuízos como acidente fatais, lesões corporais, danos aos veículos, etc. Dados do IPEA (2015) apontam que ocorreram mais de 3.000 colisões de veículos com animais em território brasileiro no ano de 2014, o que representa 1,9% do total de acidentes no país, com média de 2,6 óbitos humanos a cada 100 acidentes (IPEA, 2015).

São diversos os fatores que influenciam no aumento na taxa de atropelamento de animais silvestres nas rodovias, desde a existência de áreas preservadas, Unidades de Conservação próximas às rodovias, questões de visibilidade do motorista e do animal. (COSTA, 2015). Outro fator é a questão cultural como o atropelamento proposital de algumas espécies consideradas prejudiciais ao humano, como as serpentes (PRADA, 2004).

As rodovias podem ser atrativas para determinados animais, alguns por serem ectotérmicos, animais que usam as estradas para regular suas temperaturas corpóreas, além de outros animais que são atraídos pela disponibilidade de alimentos na pista ou próxima dela (OLIVERIA et. al., 2015). Destaca-se que o animal atropelado tende a atrair outros animais, o que pode gerar um ciclo de atropelamentos (OLIVEIRA et. al., 2015).

Os primeiros estudos de atropelamento de fauna datam do início da era automotiva, já em meados do século XIX, o autor Henry David Thoreau descreveu os problemas gerados pela colisão de uma roda de vagão com uma tartaruga (FREITAS, 2009). Durante o século XX foram realizados muitos estudos em diversos países sobre os impactos do atropelamento de fauna, comprovando que os atropelamentos de fauna são um sério problema em malhas rodoviárias desenvolvidas e em desenvolvimento ao redor do mundo (FREITAS, 2009 *apud* SAEKI & MACDONLAD, 2004).

O atropelamento de fauna nas rodovias pode afetar determinadas espécies no nível de população, reduzindo a probabilidade de sobrevivência da população em função da mortalidade nas rodovias, aliada aos impactos do efeito de barreira e

fragmentação de hábitat (HUIJSER et. al., 2009). Em levantamento realizado na Inglaterra, o atropelamento foi considerado a principal causa da morte de texugos (*Meles meles*), sendo que em um ano foram encontrados mortos 84 animais mortos nas estradas do sudeste e sudoeste do país (FREITAS, 2009 *apud* DAVIES et. al., 1987).

No Brasil são escassas as publicações que tratam do atropelamento de animais silvestres nas rodovias. Segundo Turci&Bernade (2009), a maioria dos estudos está concentrada na região sul e sudeste e aborda o atropelamento de mamíferos. No estudo realizado por Turci&Bernade (2009) na rodovia estadual RO-383 em Rondônia foram registrados espécimes de vertebrados atropelados nas 30 viagens realizadas em um trecho de 110km entre o período de maio de 2004 a abril de 2005, totalizando 3.300km percorridos. No estudo foram registrados 259 espécimes de vertebrados atropelados, perfazendo uma frequência de 0,078 espécimes por quilômetro percorrido (TURCI & BERNADE).

Segunda a pesquisa de Turci&Bernade (2009), os anfíbios representam o grupo mais amostrado, com 68 espécimes (26,3%), seguido de aves com 67 (25,9%), répteis com 63 (24,3%) e mamíferos com 61 (23,5%), sendo que foram encontradas 34 espécies (répteis 13 aves 12, mamíferos 7 e anfíbios 2) (TURCI & BERNADE, 2009). Esses dados demonstram a importância do aprofundamento da pesquisa para os diversos grupos faunísticos segundo os autores em questão.

Outro fator a ser observado nos registros de atropelamento de fauna é a influência das estações seca e chuvosa, ou seja, observar se a variação dos registros tem uma sazonalidade. Em estudo realizado por Santos, Rosa e Bager (2012), identificou-se uma sazonalidade nos registros de atropelamento de répteis na MG-354 no sul de Minas Gerais, em pesquisa realizada entre abril de 2007 a março de 2008, num percurso total de 468 km. De acordo com os dados da pesquisa, o número de atropelamentos de répteis aumentou consideravelmente no verão, época que esses animais possuem eventos de dispersão e reprodução, o que favorece a presença deles nas proximidades da pista, elevando o número de atropelamentos (SANTOS, ROSA e BAGER, 2012).

Em estudo realizado na BR-153/GO-060 identificou-se a maior frequência de atropelamentos na área de influência do Parque Altamiro de Moura Pacheco, o que é gerado, segundo os autores, pela existência de ambientes preservados que, em função da fragmentação provocada pela rodovia, favorecem aos indivíduos de várias

espécies o deslocamento entre estes fragmentos (PRADO, FERREIRA e GUIMARÃES, 2006).

3.2 Monitoramento de atropelamento de fauna nas rodovias federais brasileiras

A realidade brasileira indica que as rodovias estão localizadas em diferentes condições ambientais e possuem diferentes aspectos de engenharia. Por isso, nas rodovias sob gestão pública federal o DNIT realiza diagnósticos da fauna silvestre na área de influência dos trechos rodoviários que serão objeto de obras, visando identificar as espécies mais suscetíveis a atropelamentos (BONET&CUNHA, 2012). Esse trabalho é feito por uma equipe de biólogos com pesquisa em campo, a partir de parcelas de amostragem de mata nativa previamente definidas, no âmbito do Programa de Monitoramento de Fauna Bio-indicadora (BONET&CUNHA, 2012). Além desse estudo inicial, nas rodovias já implantadas e que serão duplicadas ou melhoradas é realizado o Programa de Monitoramento de Fauna.

O IBAMA tem instrução específica (Instrução Normativa nº13 de 19 de julho de 2013) para o Programa de Monitoramento do Atropelamento de Fauna, a qual determina a metodologia do programa, a velocidade média que o veículo da equipe técnica deve percorrer a rodovia para garantir o máximo de registros possível. Segundo a IN nº 13/2013 do IBAMA a velocidade máxima que a equipe técnica deve percorrer a rodovia é de 40 km/h, além de selecionar trechos aleatórios que deverão ser percorridos a pé para correção estatística. Obviamente que são muitos fatores que atrapalham a contagem dos atropelamentos de fauna como a retirada das carcaças dos animais da pista por usuários e a difícil visualização de carcaças num veículo em movimento.

Na identificação da fauna atropelada é feita a classificação ecológica das espécies considerando a tolerância à presença humana (aloantrópicas, periantrópicas e sinantrópicas). As espécies aloantrópicas não toleram a presença humana, quando essa se traduz na alteração do ambiente, sendo indicadora da qualidade do meio em que vive. As espécies periantrópicas são aquelas que ocupam sistemas descaracterizados pela ação humana, embora sua ocorrência não seja fortemente relacionada com a presença do homem. Por fim, as espécies sinantrópicas são caracterizadas por se beneficiarem das condições ecológicas criadas pela atividade humana no processo de urbanização (OLIVEIRA et. al., 2015)

Na Gestão Ambiental das obras da BR-381/MG, trecho entre Governador Valadares e Belo Horizonte/MG, as campanhas de atropelamento de fauna tiveram início em 2015, todos os dados são lançados em fichas e num sistema de informações. Os dados apurados estão sendo utilizados para indicar futuras passagens de fauna na rodovia.



Figura 1- Foto de um veado-catingueiro(Mazamagouazoubira) atropelado na BR-381/MG.
Fonte: Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-381/MG

Outro exemplo de monitoramento e atropelamento de fauna são as campanhas realizadas nas obras da BR-101/NE. No Plano Básico Ambiental da BR-101/NE, o DNIT incluiu a realização do Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna como uma das medidas ambientais das obras de duplicação da rodovia. O trecho da BR-101/NE tem início no estado do Rio Grande do Norte, no entroncamento com a rodovia estadual RN-063 (acesso a Ponta Negra), prosseguindo por 81,4 km até a divisa RN/PB. Atravessa todo o estado da Paraíba, onde percorre 129,0 km. Após a divisacom Pernambuco segue por 188,5 km até o seu ponto final, no entroncamentocom a estadual PE-126, na localidade de Palmares.

Na campanha de atropelamento de fauna é percorridotodo o trecho da rodovia BR-101/RN/PB/PE uma vez em cada sentido com dois observadores e o veículo em baixa velocidade,no máximo 60 km/h para busca ativa de animais atropelados, além de percorrer, pelo menos, 1% do trecho a pé (DNIT, 2017). Quando possível, as carcaçasdos animais atropelados são identificadas ao nível específico e, em seguida,fotografadas. Além disso, são anotadas referências àestaca e o lado da rodovia,bem como a localização por GPS do indivíduo na rodovia (DNIT, 2017).

Segundo o documento 19º Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-101/NE, sempre que ocorre visualização ou indício de animal atropelado na rodovia ou em sua faixa de domínio, o deslocamento é interrompido para que a equipe obtenha as informações constantes no "Formulário para Registro de Atropelamentos de Espécies da Fauna". Todo animal encontrado atropelado é marcado, visando evitar a recontagem (DNIT, 2017).

Ainda sobre a metodologia do Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna da BR-101/NE, os dados levantados são analisados para identificar as potenciais áreas de atropelamento. Os trechos percorridos são divididos em unidades amostrais, sendo que o número de atropelamentos é dividido pela extensão de cada unidade, de forma a obter o índice de atropelamento (IA) por km. Além do índice de atropelamento, na análise são calculadas a abundância relativa de atropelamento por cada espécie e a frequência relativa de atropelamento por espécie. Na abundância relativa é feita a relação com o número total de registros de todas as espécies e na frequência relativa é feita a relação com o número total de campanhas amostrais (DNIT, 2017). A título de exemplo, nas 6 campanhas realizadas entre os meses de janeiro à junho de 2016 foram registrados 214 indivíduos atropelados, representados por 40 espécies diferentes, no trecho em estudo da rodovia BR-101/RN/PB/PE.

Para mitigar esse impacto são adotadas diversas medidas tais como; estruturas de transposição denominadas de passagens de fauna, sinalização, redutores de velocidade, refletores de aviso de vida selvagem ou espelhos, cercas de vida selvagem e sistemas de detecção de animais (HUIJSER et. al., 2009). O DNIT adota a instalação de passagens de fauna e de cercas direcionadoras, como medidas para mitigar o atropelamento de fauna. Outra ação é a realização de campanhas educativas com os usuários da rodovia para um comportamento de direção defensiva em relação a fauna, bem como com os moradores lindeiros para preservarem as cercas direcionadoras (BONET&CUNHA, 2012).

3.3 A instalação de passagens de fauna nas rodovias

As estruturas para transposição de fauna visam tanto prevenir a morte direta de indivíduos quanto restabelecer a conectividade de habitats, mitigando dois impactos rodoviários sobre a fauna (LAUXEN, 2012). Existe uma diversidade de modelos de estruturas concebidas para atender uma espécie em particular, um grupo

funcional ou toda a comunidade local (LAUXEN, 2012).

Conforme informado anteriormente, o programa de monitoramento de atropelamento de fauna irá apontar os pontos para inserção das passagens de fauna na rodovia, o segundo passo será a definição de como será feita a travessia de fauna. Em geral, são utilizadas estruturas que permitem a conectividade entre os dois ambientes separados pela rodovia como bueiros e pontes. Para essas estruturas são recomendadas adaptações como alargamento dos bueiros, substituição do método construtivo e a inserção de passagens secas tanto para bueiros como para pontes.

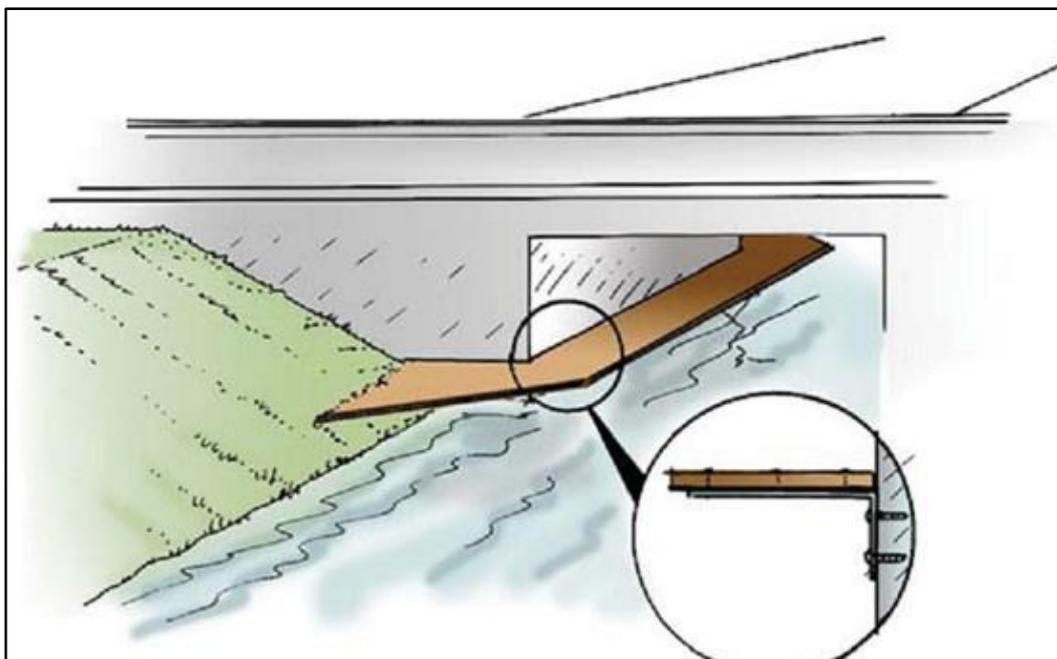


Figura 2 - Passagem seca em ponte. Fonte: CLEVINGER & HUIJSER, 2011

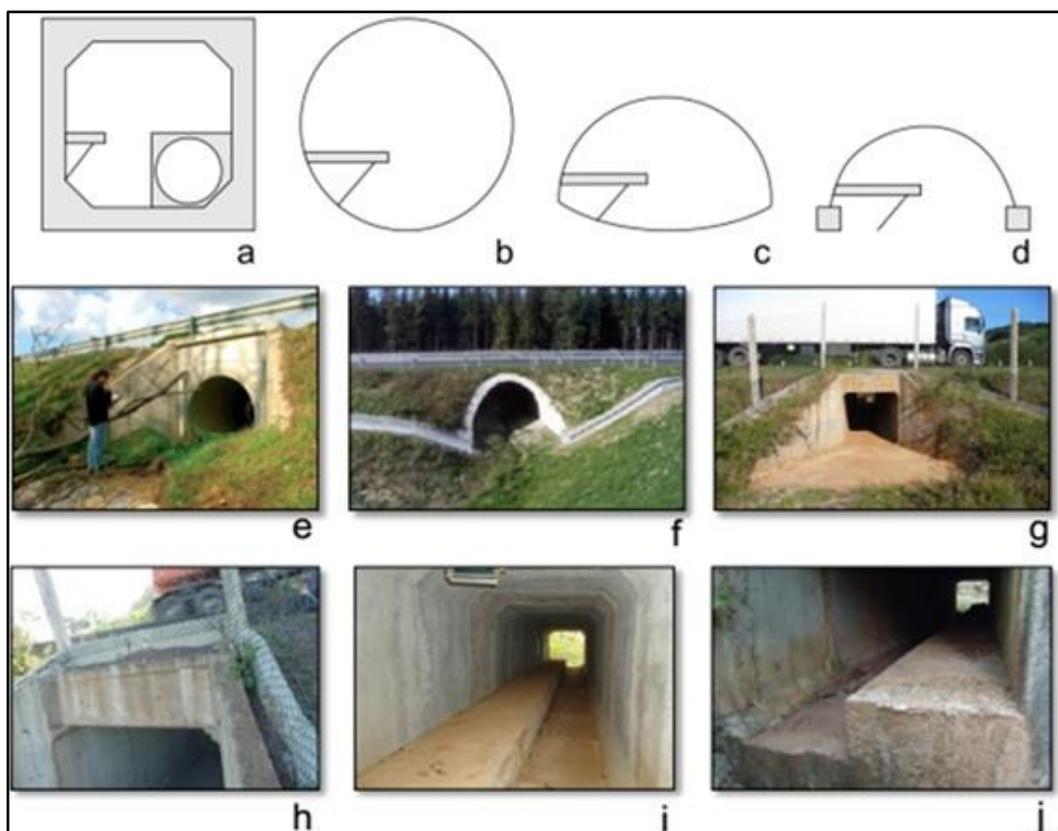


Figura 3 - Corte transversal de diferentes tipos de bueiros e exemplos de plataformas para passagem seca. Corte transversal de diferentes tipos de bueiros e exemplos de plataformas para passagem seca. a, g, h, i, j) celular; b, e) circular; c) tubular em arco; d, f) arco. O bueiro celular (a) apresenta em seu interior, à direita, plataforma sobre bueiro circular servindo como passagem seca, solução adotada pelo DNIT em alguns projetos de rodovias federais. Em g, cerca direcionadora, com detalhe em h. Em i e j, detalhes de passagem seca no interior do bueiro celular. Observa-se a ausência de rampas de saída para facilitar o acesso da fauna no bueiro apresentado em j. Fonte: LAUXEN, 2012



Figura 4 - Passagem de Fauna em Bueiro com passagem seca na rodovia BR-101/NE. Fonte: DNIT, 2016

Além das adaptações nas obras de arte correntes e nas obras de arte especiais, são construídas pelo DNIT passagens de fauna subterrâneas exclusivas, geralmente próximas aos bueiros. Tanto para as passagens adaptadas, quanto para as passagens subterrâneas exclusivas, são utilizadas cercas direcionadoras para incentivar a travessia da fauna pelas passagens construídas. Outra ação realizada principalmente nas passagens de fauna exclusivas é a construção de aberturas gradeadas na parte superior, instaladas em geral no canteiro central das rodovias duplicadas, de forma a aumentar a iluminação natural da estrutura, permitindo o crescimento da vegetação, o que é um fator de atração para a fauna.



Figura 5 - Passagem de fauna subterrânea na BR-101/NE na Paraíba. Fonte: DNIT, 2017

O DNIT também avalia a instalação de passagens superiores que são estruturas instaladas sobre as rodovias, de forma a permitir a travessia da fauna, especialmente os grandes mamíferos que muitas vezes não utilizam as passagens inferiores. Contudo, outros grupos, tais como pequenos e médios mamíferos, anfíbios, répteis, e mesmo aves e invertebrados, utilizam essas passagens, sendo recomendada a continuidade do hábitat circundante, com a inserção de vegetação similar na estrutura (LAUXEN, 2012). Outra forma de passagem de fauna sobre a rodovia é a passagem aérea, geralmente composta por redes que interligam as copas das árvores, favorecendo o trânsito de primatas que habitam essas árvores. A própria poda das árvores pode ser realizada visando a inserção de passagens aéreas naturais.

Além da instalação das passagens de fauna, o DNIT implanta sinalização de advertência para os usuários e redutores de velocidade para mitigar o atropelamento da fauna. Outras ações são campanhas educativas com usuários e moradores limítrofes das rodovias.



Figura 6 - Passagem aérea instalada na rodovia SC-450, Praia Grande. Foto: Rodney Schmidt – IBAMA. Fonte: LAUXEN, 2012

Importante ressaltar que, apesar das passagens de fauna representarem medidas destinadas a proteção da fauna silvestre, adaptações podem ser realizadas para permitir o trânsito da fauna doméstica. Caso no monitoramento de atropelamento de fauna, no registro de acidentes, ou mesmo visualmente, seja identificada a presença de gado, equinos ou animais doméstico, as estruturas podem ser adaptadas para a travessia desses animais. Uma adaptação comum realizada pelo DNIT é a inserção de caminhos de boi ao lado das pontes, com o prolongamento da obra de arte especial, permitindo uma faixa maior de área seca sob a rodovia.

Destaca-se que as passagens de fauna no Brasil ainda são incipientes se compararmos com passagens construídas nos EUA, Canadá, Europa e Austrália. Nos países desenvolvidos as passagens de fauna estão cada vez mais complexas, utilizando todo o aparato possível para estimular o uso dos animais e aumentar a sua eficácia. Além de passagens de fauna, os países desenvolvidos utilizam outros mecanismos para evitar o atropelamento de fauna como o sistema de detecção de animais.

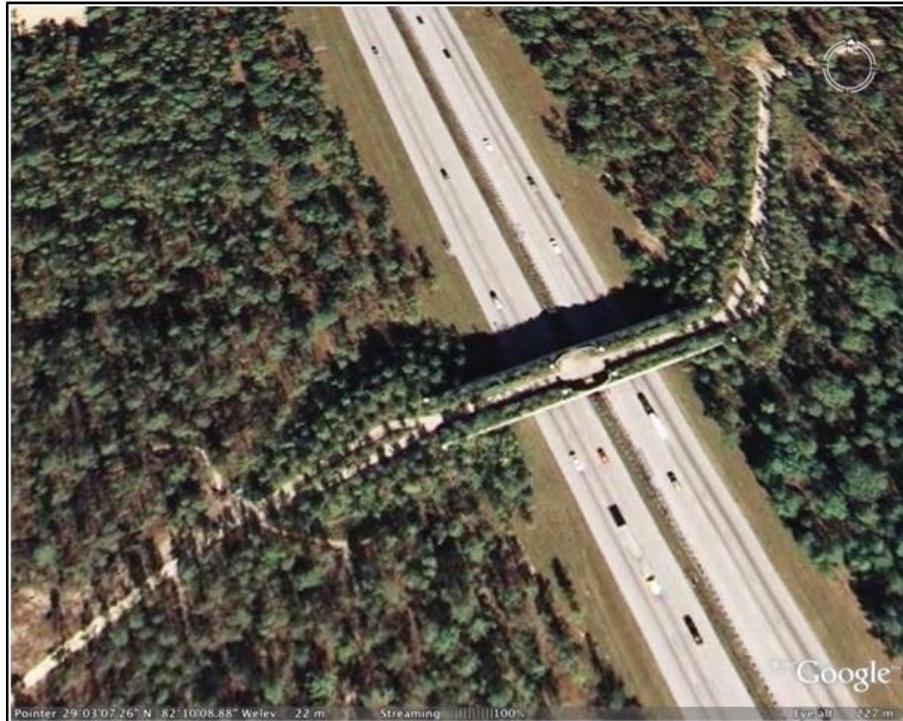


Figura 7 - Passagem de Fauna na Interestadual 75 Marion County, Florida, EUA. Fonte: CLEVENGER & HUIJSER, 2011 a partir do Google Earth.

Em relação à utilização das passagens de fauna pelos animais, ressalta-se que a eficácia desses dispositivos pode ser estimada a partir do Programa de Monitoramento de Passagens de Fauna. As passagens de fauna instaladas pelo DNIT na BR-101/NE estão sendo monitoradas desde o processo de construção, sendo que foram realizadas diversas campanhas. O monitoramento das passagens de fauna tem como objetivo:

- Identificar as espécies de vertebrados que utilizam as passagens de fauna instaladas;
- Determinar as variações sazonais no uso das passagens de fauna;
- Verificar a presença de áreas secas durante o ano inteiro sob todas as pontes do empreendimento;
- Avaliar a eficácia das passagens de fauna como mecanismo de transposição da rodovia.

Segundo o 19º Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-101/NE, elaborado pelo Consórcio Skill/STE contratado pelo DNIT, em todo o trecho são monitoradas 28 passagens subterrâneas, uma passagem aérea e 06 pontes e 02 bueiros.

O Programa de Monitoramento de Passagens de Fauna tem como ferramentas a busca de vestígios, a instalação de armadilhas fotográficas e de armadilhas de pegadas. Em cada passagem de fauna é feita também uma verificação das condições ambientais circundantes como a presença de mata ciliar, o estado de conservação da vegetação, etc(DNIT, 2017).

As ferramentas apresentadas permitem a coleta de dados em campo sobre a utilização das passagens de fauna. Os dados levantados em campo são analisados e tabelados pela equipe técnica. A partir dos dados são estimados os seguintes descritores para passagens de fauna e pontes (DNIT, 2017):

- Abundância absoluta = n° total de registros de cada espécie e total geral;
- Abundância relativa (AR): $AR = n^{\circ}$ de registros da espécie / n° total de registros;
- Frequência relativa (FR): $FR = n^{\circ}$ de passagens com registros da espécie / n° total de passagens monitoradas;
- Riqueza total = n° total de espécies registrado nas passagens monitoradas;
- Riqueza média = média da riqueza por passagem;
- Abundância média = média da abundância por passagem.

Uma forma de avaliar as medidas mitigadoras é realizando o cruzamento de informações da utilização das passagens de fauna pelas diferentes espécies e os registros de atropelamentos na campanha de atropelamento de fauna. Esse cruzamento de informações pode ser um indicador da efetividade das passagens de fauna.

Segundo as informações do Relatório do Consórcio Skill/STE, a análise do uso da passagem de fauna compara a abundância absoluta de atropelamento das espécies (n° de atropelamentos) com a abundância dos registros das espécies nas passagens de fauna. É realizada uma análise de regressão, onde o n° de atropelamentos é a variável dependente e o n° de registros em passagens, a independente; para a análise foi considerada a probabilidade de significância $\leq 0,05$, sendo utilizado o software PAST v. 3.0, que é um software especializado em estatística. (DNIT, 2017).

Ao considerar os dados para todas as espécies registradas, os resultados do cruzamento dos dados de atropelamentos com os dados das passagens de fauna acabam não sendo significativos (DNIT, 2017). De acordo com o Relatório Semestral da BR-101/NE, várias espécies são registradas nos dados de atropelamentos, mas não são registradas utilizando as passagens, como o *Cerdocyon. Thous* (Graxaim) que está entre os mais atropelados e com poucos registros em passagens de fauna. Por outro lado, o *Procyon. Cancrivorus* (Mão Pelada) possui uma situação inversa, tendo poucos registros de atropelamentos e maior número de registros em passagens, o que pode indicar uma redução na mortalidade dessa espécie por atropelamento.



Figura 8 - Registro de dois espécimes de *C. thous* utilizando a passagem de fauna nº 6.
Fonte: DNIT, 2017



Figura 9 - Espécime de *Procyon cancrivorus* registrado pelas armadilhas fotográficas. Fonte: DNIT, 2017

Ainda em relação ao uso das passagens, pode-se destacar o uso dos dispositivos por indivíduos do gênero *Salvator* sp. (Teiú) e da espécie *Hydrochoerus hydrochaeris* (Capivara), dos quais há mais registro de uso nas passagens do que registro de atropelados, enquanto os espécimes de *Coragyps atratus* (Urubu-da-cabeça-preta) se destacam no número de atropelados e não são registrados nas passagens de fauna, tendo em vista que se trata de uma ave de hábito carniceiro que sobrevoa frequentemente a rodovia e é alvo fácil dos atropelamentos (DNIT, 2017).

Segundo o Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-101/NE, considerando os dados acumulados das campanhas de monitoramento das passagens de fauna realizadas nos meses de janeiro, março e maio de 2016, nas passagens de fauna foram registrados 89 animais utilizando os dispositivos, sendo *Procyon cancrivorus* (Mão Pelada) a espécie mais abundante e frequente nas passagens, seguida dos indivíduos do gênero *Tropidurus* (calango). Nas passagens mistas ao todo foram obtidos 07 registros de uso dos passadouros, em que *H. hydrochaeris* (capivara) foi a espécie mais abundante e frequente ao longo das campanhas (DNIT, 2017).

O estudo de Bager e Fontoura (2013) avaliou a eficácia das passagens de fauna instaladas na BR-471/RS, localizada próxima a Estação Ecológica do Taim, no Rio Grande do Sul. Na pesquisa realizada na BR-471/RS só foi identificada uma redução significativa no número de atropelamento de animais nos locais onde foram instaladas as telas direcionadoras de fauna (BAGER e FONTOURA, 2013). O estudo lembra que a instalação de telas ou cercas, bem como sua manutenção constante, é um fator essencial para o sucesso na mitigação do atropelamento de fauna.

O uso das passagens de fauna por diferentes espécies não apresenta como único benefício evitar um provável atropelamento e por consequência a morte do indivíduo, o uso das travessias de fauna é benéfico para a biodiversidade ao favorecer a troca genética entre os ambientes separados pela rodovia. Contudo, para avaliar o benefício das passagens de fauna para a biodiversidade é necessário levantar dados sobre a troca genética, ao passo que os estudos recentes demonstraram que os animais utilizaram as estruturas de cruzamento, contudo o uso não implica necessariamente na troca de genes e processos demográficos e ecológicos melhorados, o que caracteriza a conectividade funcional (CLEVINGER & SAWAYA, 2010).

3.4 Análise do Custo-Benefício e valoração das passagens de fauna pelo Método de Custos Evitados

A tomada de decisão quanto à adoção ou não das medidas mitigadoras e quanto à escolha de qual medida será implantada está diretamente relacionada com a Análise Custo-Benefício do empreendimento. De acordo com Huijser *et. al.* (2009) as colisões entre animais selvagens e veículos, nem sempre são incluídas nas análises de segurança pelas agências de transporte, muito menos em análises custo-benefício.

Segundo Huijser *et. al.* (2009) o número total de colisões de grandes mamíferos com veículos foi estimado entre um e dois milhões nos Estados Unidos e em 45.000 no Canadá anualmente. Ainda segundo Huijser *et. al.* (2009) nos Estados Unidos, estima-se que as colisões com grandes mamíferos causam anualmente 211 mortes humanas, 29.000 feridos humanos e mais de um bilhão de dólares norte-americanos em danos aos veículos.

O estudo elaborado por Huijser *et. al.* (2009) apresentou ACBs para as medidas mais utilizadas na mitigação de atropelamentos de cervídeos nas estradas dos EUA

e Canadá. O trabalho foi realizado para cervos, uapitis e alces que possuem diferenças no tamanho e peso. Os autores esclarecem que as medidas de mitigação de atropelamento possuem valores “passivos” de difícil cálculo, pois servem de conexão entre fragmentos florestais, favorecendo a troca de genes entre indivíduos de uma mesma espécie, o que é muito favorável para a conservação da fauna. Diante dessa dificuldade de cálculo, os autores dão preferência para a análise do custo-benefício a partir dos dados registrados de colisões entre carros e cervídeos.

O método de valoração dos benefícios das passagens de fauna utilizado por Huijser *et. al.* (2009) emprega para a maior parte dos cálculos o método função de produção, mais especificamente os métodos de mercados de bens substitutos (reposição, gastos defensivos ou custos evitados e custos de controle). No estudo em questão são levantados os custos de reparação de veículos, lesões humanas, fatalidades humanas, reboque, atendimento de acidentes e investigação, valor monetário dos animais na perspectiva do caçador e custos de remoção e eliminação de carcaças dos animais atropelados.

Os custos relacionados com acidentes ocasionados por atropelamento de animais podem ser entendidos como produtos substitutos às passagens de fauna, o que caracteriza o Método de Custos Evitados – MCE. O cálculo dos custos que serão evitados a partir da redução de acidentes relacionados com o atropelamento de animais é uma forma de valorar as passagens de fauna. Nesse sentido, o valor monetário dos danos evitados é uma *proxy* do valor ambiental das passagens de fauna, que tem por função principal evitar a morte de animais silvestres, um bem ambiental sem valor de mercado.

Em relação ao valor monetário dos animais o autor em referência poderia incluir benefícios associados à caça ou à visualização dos animais ou os valores de uso passivo para a existência do animal nos cálculos realizados. Contudo, de acordo com Huijser *et. al.* (2009) os valores de uso passivo são provavelmente locais e específicos da população, e a literatura sobre valores de visão da vida selvagem não é extensa. Por isso, os autores decidiram incluir apenas os valores relacionados à caça no estudo (HUIJSER *et. al.*, 2009).

Os custos médios com valores de 2007 identificados para a reparação dos veículos foram estimados para as três espécies partir de dados de seguradoras de veículos. Os valores para lesões humanas foram extraídos do estudo do

Departamento de Trânsito dos EUA de 1994 e consideram perda de ganhos, produção doméstica perdida, custos médicos, serviços de emergência, atraso de viagem, reabilitação, custos no local de trabalho, administrativo, legal e dor e perda de qualidade de vida (HUIJSER *et. al.*, 2009).

Os custos médios para fatalidade humana sempre envolvem uma questão ética de valorar a vida humana, contudo os autores adotaram os valores do estudo do Departamento de Trânsito dos EUA de 1994. Os valores de custo médio de reboque, atendimento a acidentes e investigação foram obtidos com empresas do segmento. O valor monetário de cada animal foi estimado a partir da percepção dos caçadores, a partir de pesquisa com os caçadores. Por fim, foi calculado o custo de retirada das carcaças dos animais da rodovia. Os valores estimados estão apresentados na tabela04:

Tabela 4 - Custos de acidentes entre veículos e animais em valores de 2007 (veado, uapiti e alce).

Descrição	Veado US\$	Uapiti US\$	Alce US\$
Custos de reparação de veículos	2.622	4.550	5.600
Lesões humanas	2.702	5.403	10.807
Fatalidades humanas	1.002	6.683	13.366
Reboque, atendimento de acidentes e investigação	125	375	500
Valor monetário dos animais	116	397	387
Custos de remoção e eliminação de carcaças	50	75	100
Total	6.617	17.483	30.760

Fonte: HUIJSER *et. al.* 2009 adaptado pelo autor

Os valores apresentados na tabela 04 demonstram que os acidentes relacionados com Alce geram prejuízos maiores em função do seu porte. Por outro lado, para identificar os custos das medidas de mitigação de atropelamento de fauna os autores realizaram revisão da literatura e entrevistas com pesquisadores e fabricantes. Os autores levantaram os custos de diversas medidas de mitigação de atropelamento de animais. Especificamente ao que se refere o presente trabalho,

Huijser *et. al.* (2009) levantaram os custos das passagens de fauna instaladas na reserva de Montana/EUA. Os custos das cercas com valores de 2006 variaram conforme a seção da rodovia em: US\$ 26, US\$ 38, US\$ 41 por metro, considerando o custo do material e da instalação. Inclui-se o custo da cerca de malha mais fina que foi instalada no solo em algumas seções, a um custo adicional de US\$12 por metro (HUIJSER *et. al.*, 2009). Por fim, para valores de 2007, os autores consideraram o valor US\$ 48 por metro para cada lado da rodovia, totalizando em US\$96.000 por km da rodovia os custos das cercas (HUIJSER *et. al.*, 2009).

Segundo Huijser *et. al.* 2009, dados extraídos de estudos anteriores realizados por diversos autores sobre a efetividade das medidas de mitigação de atropelamento de fauna apontam que se houvesse 10 colisões relatadas com cervídeos por quilômetro por ano em uma seção de estrada, então a implementação de uma combinação de barreiras para a vida selvagem, passagens subterrâneas e passagens superiores poderia reduzir essas colisões em 86%, ou seja, a 1.4 colisões relatadas por quilômetro por ano. Para colocar em valores a eficácia das medidas de mitigação de atropelamentos, os autores calcularam um valor médio da colisão, utilizando os valores das colisões com mortes de seres humanos e colisões com apenas prejuízos ao patrimônio, bem como calcularam o valor das colisões evitadas.

No trabalho de Huijser *et al.* (2009) foram utilizados os valores reais constantes de 2007, com taxas de desconto reais, ou seja, para comparar corretamente os elementos de benefício e de custo, que são distribuídos assimetricamente ao longo do tempo, os autores calcularam os valores atualizados descontados e amortizados em termos anuais equivalentes. Isso porque os custos de construção são orientados para o presente, enquanto os benefícios são distribuídos de forma mais uniforme ao longo da vida, nesse sentido a taxa de desconto simplesmente corrige o valor de tempo do dinheiro (HUIJSER *et. al.* 2009). Posto isto, a discussão dos autores passa a ser sobre qual taxa de desconto aplicar, considerando o mesmo ponto que já foi colocado neste trabalho sobre a questão intrageneracional da taxa de desconto, ou seja, a visão de sacrificar as gerações futuras quando são usadas taxas de desconto elevadas. Por fim, Huijser *et. al.* (2009) decidiram utilizar as taxas de 1%, 3% e 7% para realizar as simulações.

Após definirem os custos e as taxas de desconto, os autores calcularam quanto de benefício cada medida de mitigação precisa gerar num período de 75 anos para que os benefícios extrapolem os custos. Na equação (1) a seguir é demonstrado o

método utilizado pelos autores para estimar os custos:

$$A_j = \left[\sum_{t=1}^n \frac{C_{tj}}{(1+d)^t} \right] \left[\frac{(1+d)^n * d}{(1+d)^n - 1} \right] \quad (1)$$

Conforme aponta Huijser *et. al.* (2009), o primeiro termo da equação (1) é simplesmente o valor presente dos custos ao longo do período t do ano 1 ao ano n com taxa de desconto igual a d e custos anuais (C_{tj}) no ano t para a medida de mitigação j . O segundo termo é um fator de amortização. O produto dos dois termos é igual a A_j , que é o custo anual real amortizado ao longo do período n para a medida de mitigação j (HUIJSER *et. al.*, 2009). Os benefícios anuais são dados pela equação(2) a seguir:

$$B_j = r_j k \sum_{i=1}^m \alpha_i c_i + \sum_{i=1}^m v_{ij} \quad (2)$$

Segundo os autores, os benefícios anuais são a soma da redução dos custos de colisão direta para as espécies i (iguais a 1 a m) e quaisquer valores anuais de não utilização ou de utilização passiva v_{ij} para estas espécies. Com relação aos custos de colisão direta, r_j é a redução de colisões de veículo com a fauna considerando a medida de atenuação j (r é uma razão) e k é o nível inicial de pré-mitigação de colisões de animais selvagens por quilômetro por ano para a seção de interesse de rodovia (HUIJSER *et. al.* 2009). Em consequência, o termo rk é a redução do número de colisões entre animais selvagens e veículos.

Por sua vez, de acordo com Huijser *et. al.* (2009) o custo médio ponderado por espécie e por colisão é o somatório da proporção de colisões (α_i) à espécie i , vezes os custos de colisão específicos da espécie c_i . O produto somado da redução de colisões e do custo médio por colisão ($\alpha_i c_i$) dá os benefícios associados a uma determinada medida de mitigação. Ajustando os benefícios anuais para a medida de mitigação j e resolvendo para k , resulta o nível de equilíbrio de colisões pré-mitigação, que os autores designaram de k_j^* , acima do qual os benefícios anuais excederão os custos, ou seja, os benefícios líquidos são positivos (HUIJSER *et. al.* 2009). Esse cálculo é demonstrado na equação(3):

$$k_j^* = \frac{A_j - \sum v_{ij}}{(r_j * \sum \alpha_i c_i)} \quad (3)$$

Como já era esperado pelos autores, o número de colisões necessárias é diretamente proporcional ao custo da medida de mitigação escolhido, ou seja, quanto mais altos forem os custos, mais colisões serão necessárias para justificar a adoção (HUIJSER et. al. 2009). Por outro lado, o número de colisões necessárias é inversamente proporcional ao benefício (redução de colisões) alcançado pela medida de mitigação (HUIJSER et. al. 2009). Na medida em que existam benefícios anuais de uso passivo (v_{ij}), estes reduzem os custos anuais. De acordo com os autores, para o caso simplificado de uma única espécie e sem valores de uso passivo, o valor de equilíbrio é apresentado conforme a equação(4):

$$k_j^* = \frac{A_j}{r_j c_i} \quad (4)$$

Ainda segundo as explicações dos autores, o termo à direita é simplesmente o custo total anual da medida de mitigação dividido pelos benefícios (custos evitados) por colisão. Se expressar r_j em termos de redução percentual, então A_j / r_j é o custo de uma redução de 1% nas colisões.

Os cálculos realizados por Huijser *et. al.* (2009) identificaram que os custos com as medidas de mitigação são superados pelos benefícios conforme o número de colisões evitadas cresce a cada ano. Na tabela 05 constam os valores de custo por km e por ano identificados pelos autores para as medidas de mitigação de atropelamento de fauna, bem como o número de colisões evitadas para cada espécie por km e por ano, suficientes para compensar o custo.

Tabela 5 - Valores por medida de mitigação com redução estimada em 80%.

Valores /espécies	Taxa de Desconto	Cerca	Cerca e passagem inferior	Cerca, passagem superior e inferior
US\$/km/ano	1%	\$5.223	\$12.437	\$15.975
US\$/km/ano	3%	\$6.304	\$18.123	\$24.230
US\$/km/ano	7%	\$8.931	\$32.457	\$45.142

Veado/km/ano	1%	0.9	2.2	2.8
Veado/km/ano	3%	1.1	3.2	4.3
Veado/km/ano	7%	1.6	5.7	7.9
Uapiti/km/ano	1%	0.4	0.8	1.1
Uapiti/km/ano	3%	0.4	1.2	1.6
Uapiti/km/ano	7%	0.6	2.2	3.0
Alce/km/ano	1%	0.2	0.5	0.6
Alce/km/ano	3%	0.2	0.7	0.9
Alce/km/ano	7%	0.3	1.2	1.7

Fonte: HUIJSER *et. al.*, 2009 adaptado pelo autor.

Na tabela 05 percebe-se que quanto maior a taxa de desconto mais colisões evitadas são necessárias para compensar os custos das medidas de mitigação de atropelamento de fauna. A taxa de desconto está relacionada com o custo de oportunidade, ou seja, quanto maior a taxa maior a percepção do custo de oportunidade atual. A partir dos valores identificados para cada espécie os autores elaboraram o seguinte gráfico demonstrando o número de colisões evitadas necessário.

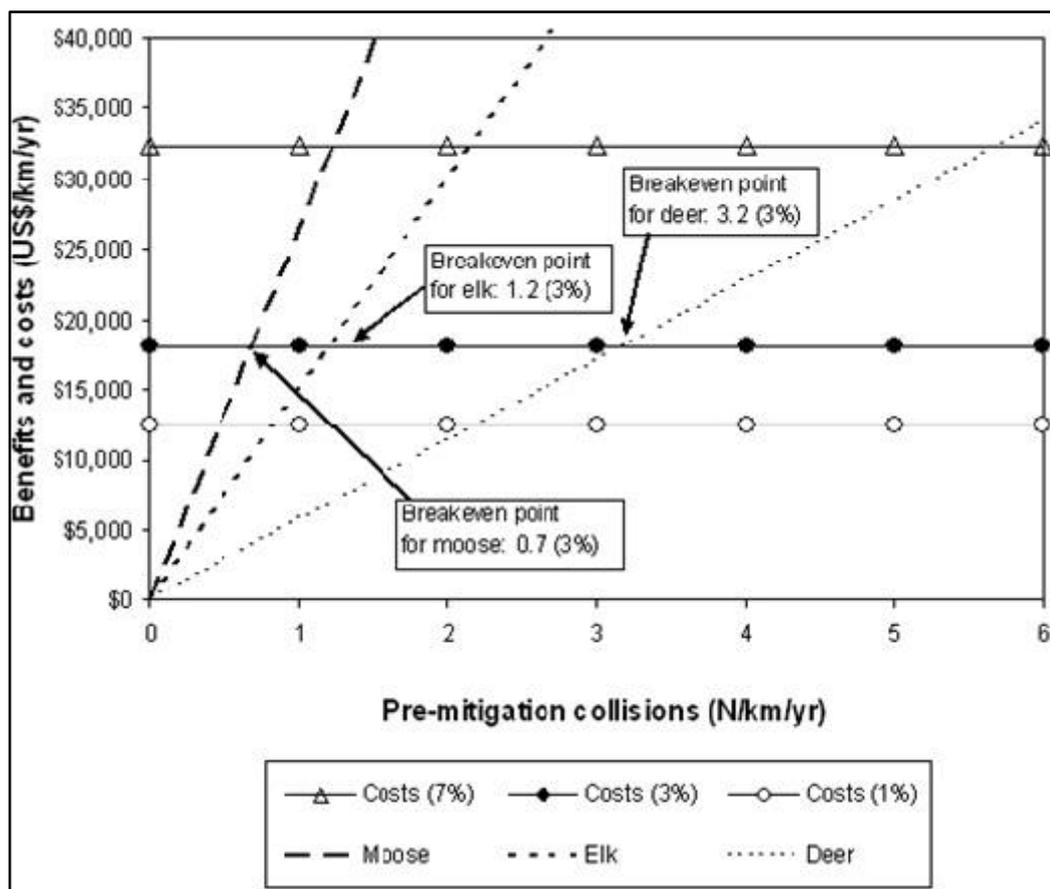


Figura 10 - Gráfico com os benefícios e custos por espécie e taxa de desconto ao longo dos anos. Fonte: HUIJSER *et. al.* 2009.

O estudo de HuijserHUIJSER *et al.* (2009) pode ser adaptado para a realidade brasileira, inclusive com o uso das fórmulas apresentadas para os dados de acidentes rodoviários com a fauna apurados no Brasil. Os autores Sobanski, Ratton e Ratton (2013) levantaram os dados de acidentes com animais na BR-262/MS, entre os municípios de Anastácio e Corumbá, durante o período de junho de 2011 a maio de 2012. Entre os animais de maior porte registrados em acidentes com veículos estão: Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) (n=25), capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (n=66), anta (*Tapirus terrestris*) (n=6), veado (*Mazama spp.*) (n=4), queixada (*Tayassu pecari*) (n=12), onça-pintada (*Panthera onca*) (n=1) e ema (*Rhea americana*) (n=2).



Figura 11- Registro de acidente na BR-262/MS, trecho de Anastácio a Corumbá, envolvendo uma anta. Fonte: SOBANSKI, RATTON e RATTON, 2013

Os autores Sobanski, Ratton e Ratton (2013) utilizaram as informações do banco de dados de acidentes rodoviários do DNIT do período de 2005 a 2011. Os dados de acidentes na rodovia BR-262/MS, no trecho de Anastácio a Corumbá, somam 1.054 registros. Quanto ao tipo de acidente, os maiores registros são de saída da pista com 43% (n=451) e atropelamentos de animais com 23% (n=242). Acredita-se que grande parte dos registros de saída da pista seja decorrente de manobras na tentativa de desviar de algum animal que estava atravessando a rodovia (SOBANSKI, RATTON e RATTON, 2013). Acidentes com batidas laterais de veículos também podem ser ocasionados pela presença de animais na rodovia, especialmente em condições de baixa visibilidade.

Em 2015, foram registrados 121.438 acidentes em rodovias federais brasileiras fiscalizadas pela Polícia Rodoviária Federal (CNT, 2016). Os acidentes nas rodovias representam altos custos para a sociedade, ainda que não seja possível mensurar o valor monetário da perda de uma vida humana. Contudo, é possível estimar as perdas monetárias com os acidentes de trânsito, tanto que o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) atualizou no ano de 2015, conjuntamente, com a Associação de Transportes Públicos (ANTP) e o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) o custo dos acidentes com base em metodologia desenvolvida pelas instituições, produzindo o estudo “Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras: caracterização, tendência e custo para a sociedade”.

Segundo o estudo, os cerca de 170 mil acidentes de trânsito ocorridos nas

rodovias federais brasileiras no ano de 2014 geraram um custo para a sociedade de R\$ 12,3 bilhões, sendo que 64,7% desses custos estavam associados às vítimas dos acidentes, como cuidados com a saúde e perda de produção devido às lesões ou morte, e 34,7% estavam associados aos veículos, como danos materiais e perda de cargas, além dos procedimentos de remoção dos veículos acidentados (IPEA, 2015).

O DNIT publicou, por meio do IPR, em 2004 o estudo “Custos de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais”, no qual levantou todos os custos relacionados com acidentes rodoviários. Nesse estudo, o DNIT teve como objetivo buscar a valoração monetária para os acidentes ocorridos nas rodovias federais, de forma a subsidiar estudos, projetos, programas e políticas de segurança viária (DNIT, 2004). A partir de ampla pesquisa em diferentes bases de dados, o estudo identificou um valor de custo médio para acidentes com mortes, um para acidentes com feridos e um para acidentes sem vítimas. O IPEA em conjunto com a Polícia Rodoviária Federal – PRF realizou o mesmo levantamento no ano de 2015, identificando os valores apresentados na tabela 06:

Tabela 6 - Custo total e médio por gravidade do acidente - rodovias brasileiras 2014

Gravidade do acidente	Quantidade de acidentes	Custo total R\$	Custo médio R\$
Com fatalidade	6.742	4.360.475.739	646.762,94
Com vítimas	62.458	5.632.631.496	90.182,71
Sem vítimas	99.953	2.305.213.306	23.062,97
Total	169.153	12.298.320.541	760.008,62

Fonte: IPEA, 2015

O estudo do IPEA e PRF de 2015 apresenta ainda o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras em 2014 por tipo de acidente, conforme a tabela 07. Os acidentes relacionados com atropelamento de animais geraram 82 mortes, sendo que cada acidente com fatalidade tem um custo médio de R\$646.762,94.

Tabela 7 - Tipo versus gravidade dos acidentes nas rodovias federais (2014)

Tipo de acidente	Acidentes		Feridos		Mortos		Acidentes graves		Mortes/100 acidentes
	Fi	Fri (%)	Fi	Fri (%)	Fi	Fri (%)	Fi	Fri (%)	

Colisão frontal	6.875	4,1	10.678	10,6	2.774	33,7	3.884	15,4	40,4
Atropelamento de pessoa	4.148	2,5	3.952	3,9	1.204	14,6	2.835	11,3	29,1
Colisão com bicicleta	1.345	0,8	1.381	1,4	207	2,5	678	2,7	15,4
Capotamento	7.427	4,4	7.157	7,1	344	4,2	1.255	5	4,6
Colisão transversal	17.944	10,6	14.568	14,5	770	9,4	3.641	14,5	4,3
Queda de motocicleta/bicicleta/veículo	5.774	3,4	6.650	6,6	221	2,7	1.697	6,7	3,8
Saída de pista	25.226	14,9	16.186	16,1	929	11,3	2.980	11,8	3,7
Colisão com objeto móvel	1.370	0,8	414	0,4	40	0,5	124	0,5	2,9
Atropelamento de animal	3.174	1,9	1.299	1,3	82	1	362	1,4	2,6
Colisão com objeto fixo	9.149	5,4	3.949	3,9	231	2,8	884	3,5	2,5
Tombamento	6.804	4	4.218	4,2	169	2,1	768	3,1	2,5
Colisão lateral	27.940	16,5	11.626	11,5	554	6,7	2.589	10,3	2
Colisão traseira	49.386	29,2	18.354	18,2	689	8,4	3.397	13,5	1,4
Danos eventuais	841	0,5	113	0,1	6	0,1	34	0,1	0,7
Incêndio	870	0,5	66	0,1	5	0,1	16	0,1	0,6
Derramamento de carga	890	0,5	64	0,1	2	0	14	0,1	0,2
Total	169.163	100	100.810	100	8.227	100	25.158	100	4,9

Fonte: IPEA, 2015 Obs.: Fi é a frequência simples absoluta – quantidade de casos –; e Fri (%) é a frequência simples relativa – percentual de ocorrências.

O levantamento do DNIT não tem o detalhamento do estudo feito por Huijser *et al.* (2009), que foi feito exclusivamente para acidentes com animais silvestres, com o detalhamento dos acidentes por espécie. Nesse sentido, cabe aos órgãos responsáveis um melhor detalhamento dos acidentes gerados pelo atropelamento de fauna, especificando as espécies envolvidas, sendo possível inclusive o cruzamento desses dados com as informações de atropelamento de fauna nas rodovias com a execução desse programa.

Por outro lado, os dados do DNIT podem servir de base para um cálculo inicial dos benefícios que podem ser gerados pela instalação das passagens de fauna. Benefícios que podem compor as Análises Custo-Benefício dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do DNIT.

A respeito dos custos referentes à instalação de passagens de fauna, esses

dados já existem no próprio DNIT. O DNIT desenvolveu em 2017 o estudo “Proposta de Programa de Tratamento de Segmentos Críticos”, no programa o DNIT identificou a partir da base de dados da PRF os segmentos com maior número de registros de acidentes, inclusive atropelamento de fauna, propondo medidas para reduzir esses acidentes. Segundo o DNIT segmento corresponde a extensão de 1 km da rodovia, já segmento crítico são os locais concentradores de acidentes que tiveram 8 ou mais acidentes no biênio 2015/2016. A tabela 08 apresenta os segmentos rodoviários que apresentaram o maior número de registros de atropelamento de animais ou de acidentes relacionados com a presença de animais na pista.

Tabela 8 - Segmentos críticos para acidentes com animais segundo dados da PRF 2015/2016

UF	BR	KM
AL	104	34
BA	407	124
BA	101	514
BA	101	237
BA	418	80
MA	222	631
PA	010	1
PB	230	467
RJ	465	17
RJ	356	152
RJ	101	484
SP	459	26

Fonte: DNIT 2017b adaptado pelo autor.

Nos segmentos críticos de atropelamento de fauna o DNIT propôs a instalação de passagens de fauna, para tanto levantou todos os custos correspondentes para a instalação das passagens de fauna em rodovias já existentes a partir do Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO conforme a tabela 09.

Tabela 9 - Custos de Passagem de Fauna - SICRO MG 2017

Descrição	Preço Total (R\$) Pista Simples	Preço Total (R\$) Pista Dupla
Terraplenagem	47.335,01	47.335,01
Pavimentação	103.596,69	147.305,14
Demolições	1.460,55	1.460,55
Drenagem e obras de arte correntes	44.690,62	44.690,62
Execução de cercas	8.018,99	8.018,99
Enleivamento	15.902,46	15.902,46
Sinalização	271.491,11	276.538,89
Outros	157.604,94	173.206,93
Total	650.100,37	714.458,59

Fonte: DNIT 2017b adaptado pelo autor

Ressalta-se que no método de custos evitados os “gastos defensivos” devem ser substitutos perfeitos para a qualidade ambiental (NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000). Nesse sentido, as passagens de fauna precisam ser eficazes, garantindo a redução nos acidentes gerados pelo atropelamento de animais, inclusive para animais domésticos, pois só dessa forma poderão ser utilizados os valores dos acidentes calculados pelo DNIT/IPEA.

3.5 Aplicação do Método de Valoração Contingente no atropelamento de fauna

Conforme apontado no capítulo 01 deste trabalho, o método de avaliação contingente é um método direto que visa obter a disposição a pagar de indivíduos, sendo o único método capaz de obter alguma estimativa dos valores de não uso dos atributos ambientais, muito relacionados com o comportamento ético, cultural ou

altruísta dos indivíduos (MAIA, *et al.*, 2004). Em função dessas características, Freitas (2009) escolheu o método de valoração contingente para obter a Disposição a Pagar (DAP) dos usuários das rodovias MG-428 e SP-334 em relação ao atropelamento de vertebrados e suas consequências.

O autor Freitas (2009) contabilizou os atropelamentos de vertebrados no trecho entre Araxá (MG) e Franca (SP), nas duas rodovias citadas, durante o ano de 2007, entre os meses de janeiro a dezembro. No período de março de 2008 a janeiro de 2009, o citado autor realizou 601 entrevistas com os usuários das duas rodovias. Na entrevista foi utilizado um questionário estruturado com a identificação do motorista, dados sócio-econômicos, e duas perguntas sobre o atropelamento da fauna e a disposição a pagar (FREITAS, 2009). As entrevistas foram realizadas em quatro pontos diferentes do trecho em estudo, em diferentes horários e com entrevistadores treinados. De acordo com o autor, não foi feita qualquer distinção de veículo, justamente para levantar o perfil do usuário comum das rodovias em estudo (FREITAS, 2009).

A pergunta feita era quanto o usuário estaria disposto a pagar em forma de pedágio ecológico para evitar o atropelamento de animais nas rodovias em estudo (FREITAS, 2009). De acordo com o autor, na pesquisa foi explicado ao usuário que as medidas adotadas para evitar o atropelamento da fauna possuem custo elevado. O valor médio identificado nos quatro pontos da pesquisa, excluídas as repostas de “não sei”, foi entre R\$2,17 e R\$2,53, conforme a tabela 10:

Tabela 10 - Resultados da DAP nos pontos de pesquisa

Valores de DAP em R\$	SP-334		MG-428	
	Polícia Rodoviária Pedregulho Km 440	Posto de Abastecimento Jeriquara Km 418	Polícia Rodoviária Araxá Km 14	Posto de Abastecimento Sacramento Km 89
Média	1,79	2,19	1,94	2,60

Desvio Padrão	1,83	2,37	1,76	3,39
Mínima	0,00	0,00	0,00	0,00
Máxima	10,00	10,00	10,00	20,00
Mediana	1,00	1,00	1,00	2,00
Número	101	97	196	195

Por rodovia	SP-334	MG-428	Total
Média	1,98	2,26	2,17
Desvio Padrão	2,12	2,69	2,53
Mínima	0,00	0,00	0,00
Máxima	10,00	20,00	20,00
Mediana	1,00	2,00	1,00
Número	198	391	589

Fonte: FREITAS 2009 adaptado pelo autor

Considerando o valor de DAP identificado na pesquisa e o Volume Diário Médio (VDM; DER-MG, 2008; DER-SP, 2009) de veículos, total de 3.475,5 na SP-334 e total de 1.611 na MG-428, levantado pelo autor, o valor que poderia ser arrecadado no “pedágio ecológico” ficaria entre R\$2.143.862,00 e R\$2.892.311,00 na SP-334 e entre R\$1.170.150,00 e R\$1.481.798,00, totalizando um valor entre 3,3 e 4,4 milhões de reais anuais para serem aplicados em medidas de mitigação do atropelamento de fauna, principalmente em passagens de fauna (FREITAS, 2009).

A pesquisa coletou os dados socioeconômicos dos motoristas e perguntou sobre a frequência de uso das rodovias em questão para analisar se essas informações poderiam guardar alguma correlação com a DAP, contudo os resultados apontaram que os diferentes usuários contribuem da mesma forma com a DAP, independente do seu nível de renda, escolaridade e frequência de uso das rodovias (FREITAS, 2009).

Segundo o autor Freitas (2009) a disposição a pagar dos usuários muda conforme o motorista apresenta conhecimento do tema, especialmente se o motorista já atropelou algum animal silvestre numa das rodovias estudadas. Essa influência na

DAP pelo pedágio ecológico de motoristas que já atropelaram animais anteriormente pode estar relacionada com os danos materiais sofridos no veículo do entrevistado, ou seja, a valoração do motorista pode estar mais relacionada com o dano material do veículo do que com a intenção de conservar a fauna que está sendo atropelada.

Por outro lado, segundo Freitas(2009) outro fator de mudança na DAP está relacionado com o conhecimento da importância da fauna que está sendo atropelada, o que pode demonstrar a preocupação da população em geral com a conservação das espécies (FREITAS, 2009). Considerando a valoração específica da fauna, os autores Tisdell e Wilson (2003) entrevistaram cerca de 200 australianos para levantar a DAP para a conservação de cangurus das árvores. A intenção da pesquisa era mais do que somente levantar a DAP, mas verificar a alteração da DAP do entrevistado quando lhe são passadas informações sobre a espécie em estudo (TISDELL e WILSON, 2003).

A pesquisa de Tisdell e Wilson (2003) identificou que após a provisão de informações, os entrevistados estão dispostos a pagar mais do que 70 dólares australianos por ano para apoiar a conservação do canguru da árvore, em valores de 2003. Segundo os autores, se os resultados pudessem ser extrapolados para toda a população adulta da Austrália, isso indicaria um apoio financeiro considerável para a conservação de cangurus das árvores (TISDELL e WILSON, 2003).

No Brasil, a aplicação do método de valoração contingente tem acontecido mais para a valoração de áreas protegidas, como Unidades de Conservação, do que para a valoração da fauna em si. O trabalho de Serra *et. al.* (2004), buscou a DAP dos usuários para realizar melhoramentos na Estrada Parque Pantanal, conhecida também pelas siglas MS-228 e MS-184, que possui 120 km de extensão e está localizada entre os municípios de Corumbá e Buraco de Piranha/MS. A estrada é utilizada principalmente por turistas e os melhoramentos visam permitir o seu uso durante todo o ano (SERRA *et. al.*,2004).

Conforme apontado por Serra *et. al.*,(2004) o método de valoração contingente pode criar um ativo ambiental, mas não necessariamente reduz a degradação ambiental, o que se espera é que a partir da valoração ambiental sejam criados mecanismos para obtenção de recursos, como o pedágio ecológico. Assim, a partir dos recursos obtidos, podem ser implementados programas que visem à redução dos impactos ambientais (SERRA *et. al.*, 2004).

Apesar do seu uso recorrente, o método de valoração contingente tem diversas limitações que são apontadas nos estudos que utilizam essa técnica. Entre essas limitações está a situação em que os entrevistados tendem a exagerar a sua verdadeira demanda pela qualidade ambiental, até que chegue o momento de pagar de fato, por outro lado alguns entrevistados podem estar dispostos a pagar uma quantia maior do que a declarada para determinado bem, mas em razão das restrições no seu orçamento não expressam esse valor (SERRA *et. al.*, 2004).

Outra crítica ao método de valoração contingente está relacionada à atribuição de valores monetários a bens e a serviços que podem não ter valor de uso, mas possuem valor cultural para determinados grupos (SERRA *et. al.*, 2004). Uma ulterior crítica é apontada por Serra *et. al.* (2004):

Além disso, seria injusto com aqueles ainda por nascer, atribuir valores avaliados por usuários atuais dos benefícios de serviços de ecossistemas, tais como a biodiversidade, que só podem gerar valores de uso para a sociedade em um prazo muito longo. (SERRA *et. al.*, 2004, p.196).

A aplicação do MVC pode implicar em resultados distintos da realidade em função de erros na realização da pesquisa. Esses erros podem ser derivados do uso de cenários que influenciam a DAP (viés estratégico e viés do entrevistador), uso de cenários que estimulam o entrevistado (viés do ponto inicial, viés de relação e viés de importância), uma descrição incorreta e/ou incompleta de aspectos importantes (viés de especificação teórica, viés de especificação da qualidade e viés de especificação do contexto) e desenho inadequado da amostra (viés da escolha da população e o viés da seleção amostral) (NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000).

Para que MVC obtenha uma DAP realista é necessário que o entrevistado tenha conhecimento do bem ambiental que está sendo avaliado, nesse sentido a sociedade precisa estar mais envolvida, possuindo a noção da grandiosidade do bem a ser valorado (CASTRO, 2015). Porém, na maioria das vezes o entrevistado não tem conhecimento suficiente sobre o bem valorado, confundindo com outros bens que estão relacionados.

Considerando as críticas ao MVC, entende-se que existe uma dificuldade para extrapolar os dados da pesquisa de Freitas (2009) para outras rodovias. Para estimar o benefício ambiental das passagens de fauna no âmbito dos EVTE seria

necessário realizar uma pesquisa de disposição a pagar para cada rodovia, uma vez que os resultados podem variar muito em função do perfil do entrevistado.

3.6 Avaliação dos resultados e aplicação nas ACBs dos EVTEAs de projetos rodoviários

Conforme demonstrado neste capítulo 03, o estudo de Huijser *et. al.* (2009) apresentou uma fórmula para calcular do número de colisões evitadas entre fauna e veículo suficiente para compensar os custos com a instalação de passagens de fauna. As colisões evitadas acima do número suficiente para compensar os custos representam benefício das passagens de fauna. A fórmula proposta por Huijser *et. al.* (2009) pode ser utilizada para as rodovias brasileiras, já que os problemas são semelhantes. O DNIT possui os custos médios relacionados com acidentes gerados pelo atropelamento de fauna e possui os custos médios da instalação de passagens de fauna com a instalação de cercas direcionadoras.

Por outro lado, diferentemente do estudo de Huijser *et. al.* (2009), o Brasil ainda carece de dados mais detalhados para realizar uma análise com segurança. Os dados do DNIT de custos médios valem para qualquer tipo de acidente, não sendo específicos sequer para atropelamento de animais, diferentemente do estudo de Huijser *et. al.* (2009) que tem os custos para os acidentes com o atropelamento de cada espécie de cervídeo em análise. Outra situação é que nos EUA e Canadá existe uma vasta literatura a respeito da eficácia das passagens de fauna para as espécies locais, sendo que no Brasil as informações disponíveis sobre a eficácia das passagens de fauna são incipientes.

Em relação aos resultados apresentados neste capítulo, o custo médio da instalação de uma passagem de fauna para pista simples é de R\$ 650.100,37, valor próximo ao valor de um acidente com vítima fatal que é de R\$ 646.762,94, sendo que no ano de 2014 ocorreram 82 mortes humanas relacionadas com acidentes de trânsito com atropelamento de animais. Sob esse aspecto, o custo da instalação de uma passagem de fauna já seria compensado com um acidente fatal evitado.

Ressalta-se que os dados de acidentes com atropelamento de animais não diferenciam animais silvestres de animais domésticos. A ausência de dados mais detalhados sobre os acidentes de trânsito com animais, especialmente essa diferenciação entre animais silvestres e domésticos é um complicador na realização da análise do benefício econômico das passagens de fauna, considerando ponto de

vista ambiental. Ecologicamente interessa a preservação da vida da fauna silvestre, sendo os custos evitados em acidentes uma *proxy* para valoração.

A diferenciação de animais silvestres e domésticos é uma melhoria possível de ser realizada no registro de acidentes de trânsito com atropelamento de animais, uma vez que em muitos registros é possível diferenciar animais domésticos de silvestres. Cabe ao DNIT discutir junto com a PRF uma adequação nos registros, com intuito de coletar melhor esses dados.

Considerando a ausência atual de dados oficiais da Polícia Rodoviária Federal sobre o número de acidentes envolvendo animais silvestres, é necessário estimar esse número a partir de outras fontes. Os autores Freitas e Barszcz (2015) pesquisaram notícias sobre acidentes com animais no Brasil em sites durante cinco anos (janeiro de 2007 a fevereiro de 2012) e contabilizaram 125 acidentes, que envolveram 135 animais, tendo como consequência 66 pessoas mortas, 166 feridos e 73 animais mortos (FREITAS & BARSZCZ, 2015). No levantamento realizado pelos autores citados, 88 (70%) envolveram animais domésticos (equinos, bovinos, javalis e cachorro) e 37 (30%) envolveram animais silvestres (capivaras, tamanduás, tatus, sucuri e onça), contudo, os acidentes envolvendo animais silvestres acarretaram maior percentual de óbitos humanos (41, 62%), principalmente os acidentes com as capivaras que possuem o peso médio de 55 quilos (FREITAS & BARSZCZ, 2015).

Portanto, considerando que a instalação de passagens de fauna é uma medida capaz de reduzir os acidentes com atropelamento de animais e que ao evitar esse acidentes proporciona também um benefício ambiental, entende-se que o cálculo presente no estudo de Huijser *et. al.* (2009) serve como referência para o caminho que deve ser seguido para o cálculo dos benefícios das passagens de fauna nos projetos rodoviários. Conforme destacado, para calcular os custos evitados é necessário aprofundar a pesquisa sobre acidentes com animais e sobre a eficácia das passagens de fauna.

A inserção do cálculo dos benefícios ambientais da instalação das passagens de fauna pode ocorrer nos EVTEAs de projetos rodoviários no momento do cálculo dos benefícios de redução de acidentes, que é feito geralmente por meio de *softwares* específicos, no caso do DNIT o HDM4. Nesse *software* não há qualquer menção à instalação de passagens de fauna, não contemplando a redução de acidentes que essas estruturas podem representar. Lembra-se que os custos com as passagens de fauna geralmente são considerados no capítulo ambiental dos EVTEAs.

A respeito do cálculo realizado pelo Método de Valoração Contingente, destaca-se que em função das dificuldades na extrapolação dos resultados de uma pesquisa específica, bem como o custo elevado para realizar pesquisas para cada projeto rodoviário, considera-se uma alternativa de difícil aplicação. Nesse sentido, o presente trabalho conclui que a aplicação do Método de Custos Evitados tem melhor aplicação para valoração ambiental das passagens de fauna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme demonstrado neste trabalho, a valoração dos benefícios econômicos da instalação de passagens de fauna é possível. Ela, porém, apresenta algumas dificuldades para sua realização, por um lado pela ausência de estudos mais aprofundados sobre a efetividade das passagens de fauna e por outro lado pela ausência de dados sobre os acidentes gerados pelo atropelamento de animais silvestres. Nesse aspecto, nota-se a necessidade de futuras pesquisas sobre a efetividade das passagens de fauna, especialmente a respeito das passagens inferiores, concebidas a partir de adaptações no sistema de drenagem da rodovia, bueiros, galerias, pontes, etc, que são as mais aplicadas no Brasil atualmente.

Os benefícios das passagens de fauna podem ser calculados pelo Método de Custos Evitados, demonstrando que as travessias de animais aumentam a segurança da rodovia, reduzindo o número de acidentes e por consequência minimizando os custos relacionados. Por outro lado, os benefícios da preservação da vida dos animais também podem ser calculados pelo Método de Valoração Contingente, por meio da percepção dos usuários da rodovia do valor da vida de cada animal que é atropelado. Todavia, os resultados de Disposição a Pagar obtidos pelo MVC numa rodovia não podem ser utilizados como referência para um conjunto de rodovias, sob pena de gerar análises equivocadas, em função da diversidade de usuários de rodovias.

A revisão crítica das Análises Custo-Benefício dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental das rodovias sob jurisdição do DNIT indica que elas não contemplam todos os benefícios relacionados com os projetos rodoviários, especialmente as ações ambientais que são atualmente implementadas nas obras. Na verdade, conforme demonstra este trabalho, nem os Manuais de Transportes de três países pesquisados têm dado a devida atenção às ações ambientais envolvidas com os projetos rodoviários. A não inserção dos benefícios das ações ambientais pode gerar percepções e decisões incorretas por parte do empreendedor e demais partes envolvidas com o projeto rodoviário.

As rodovias atualmente instaladas foram concebidas numa época em que o licenciamento ambiental não possuía o grau de exigência atual. Desta forma, a maior parte da malha rodoviária instalada não possui mecanismos de mitigação dos impactos ambientais. O presente trabalho demonstra a evolução na concepção dos projetos rodoviários, principalmente com a inserção das variáveis ambientais. Essa

evolução está totalmente relacionada com o aprimoramento da legislação ambiental no mundo e no Brasil nos últimos anos. O aperfeiçoamento da legislação emana das preocupações cada vez maiores da população com o meio ambiente, exigindo empreendimentos mais sustentáveis, o que resulta no crescimento do conceito de rodovias sustentáveis ou rodovias verdes. Todos esses aspectos implicam na adoção de medidas ambientais nos projetos rodoviários, medidas essas que apresentam custos e benefícios que muitas vezes não são evidenciados.

Ao apresentar pesquisas e estudos realizados no Brasil e em outros países sobre os benefícios relacionados com as passagens de fauna, este trabalho busca contribuir para o aperfeiçoamento das ACBs realizadas nos estudos de viabilidade de rodovias. A inserção do cálculo dos benefícios dessa medida ambiental no âmbito dos EVTEAs de projetos rodoviários, incentiva a instalação de passagens de fauna e altera a percepção de que as estruturas de travessia da fauna são apenas mais um custo ambiental do empreendimento, o que muitas vezes acontece. A mudança nessa percepção tem especial importância na tomada de decisão e na relação do empreendedor com os órgãos ambientais e com as comunidades afetadas pelo projeto rodoviário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, Maria da Conceição Estrella. **Valoração Econômica do Meio Ambiente: O Método de Valoração Contingente no Brasil.** Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente, Brasília/DF, 2002

ADLER, Hans A. **Economic Appraisal of Transport Projects. A manual with case studies.** Baltimore. USA. 1987

ARAÚJO, Mariângela Borges de. **O uso da avaliação econômica e social no licenciamento ambiental de projetos de geração de energia.** Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente, Brasília/DF, 2002

ARAÚJO, Silvio Roberto França. **A contribuição do GEIPOT ao Planejamento dos Transportes no Brasil.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.

AUSTRÁLIA. "Principles and Guidelines for Economic Appraisal of Transport Investment and Initiatives". Sidney, Austrália. 2013.

BAGER, Alex. **Sumário executivo da estratégia nacional para a mitigação de impactos da infraestrutura viária na biodiversidade** Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - CBEE. Lavras. Universidade Federal de Lavras -UFLA, 2017.

BAGER, Alex; FONTOURA, Vanessa. Evaluation of the effectiveness of a wildlife Roadkill mitigation system in wetland habitat. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - CBEE. Lavras. Universidade Federal de Lavras -

BAKER, Calvin O; VOTAPKA, Frank E. **Fish passage through culverts. Report FHWA-FL-90-0006.** San Dimas, California: USDA Forest Service, 76p. Novembro. 1990.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; FILHO, José Vicente Caixeta. **Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso.** RESR. Piracicaba, SP, vol.46, n03, p.703-738, jul/set 2008.

BENAKOUCHE R.; CRUZ R. S. **Avaliação Monetária do Meio Ambiente.** São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994.

BRACARENSE, Lilian. Et al. **Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental aplicados a sistemas hidroviários.** XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, Ouro Preto, 9 a 13 de Novembro de 2015.

BRASIL. **Decreto nº 4.340/2002.** Brasília: 2002b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=374>>. Acesso em 12 dez. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 95.733/88**. Brasília. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d95733.htm Acesso 01 de jun. 2017

BRASIL, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Manual de Apresentação de Estudos de Viabilidade de Projetos de Grande Vulto**. Brasília, julho de 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério dos Transportes (MT). **Portaria interministerial nº 273/2004**. Brasília: 2004. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério dos Transportes (MT). **Portaria interministerial nº 423/2011**. Brasília, 2011a. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0002-180310.PDF>>. Acesso em 12 dez. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério dos Transportes (MT). **Portaria interministerial nº 288/2013**. Brasília, 2013a. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério dos Transportes (MT). **Portaria interministerial nº 289/2013**. Brasília: 2013b. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/PT0289-160713.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

BRASIL, Ministério do Planejamento e Ministério da Fazenda. **Portaria Interministerial nº 283/MP/MF/CC**, de 23 de agosto de 2007,

BRASIL, Ministério do Planejamento e Ministério da Fazenda. **Portaria Interministerial nº 353/MP/MF/CC**, de 31 de outubro de 2007

CASTRO, Joana D'arc Bardella. **Usos e abusos da valoração económica do meio ambiente: ensaios sobre aplicações do método de função demanda no Brasil**. Brasília, 2015. 251 p. Tese de Doutorado em Economia. Universidade de Brasília.

CHILE. **Manual de diseño y evaluación social de proyectos de vialidad urbana. Comision de Transporte Urbano**. Secretaria Ejecutiva. Santiago, Chile. 1988.

CLEVENGER, A. P. & M. P. HUIJSER 2011. **Wildlife crossing structure handbook: Design and evaluation in North America**. Washington, DC, Federal Highway Administration, 224p

CLEVENGER, A.P. & SAWAYA, M. A. **Piloting a Non-Invasive Genetic Sampling Method for Evaluating Population-Level Benefits of Wildlife Crossing Structures**. 2010. Ecology and Society 15(1): 7. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art7/>

CNT. Confederação Nacional de Transportes. Pesquisa CNT de rodovias 2015: Relatório Gerencial – Brasília : CNT : SEST : SENAT, 2015.

CNT. Confederação Nacional de Transportes. Pesquisa CNT de rodovias 2016: Relatório Gerencial. – 20.ed.– Brasília : CNT : SEST : SENAT, 2016.

CONTADOR, C. R. **Projetos Sociais: Avaliação e Prática**. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA, Roberta Maria. SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação do desempenho ambiental de obras de recuperação de rodovias**. Revista Escola de Minas, 63(2): páginas 247-254, abr. Jun. 2010.

COSTA, Aline Saturnino. **Efeito de escalas temporais na definição de medidas de mitigação de impactos de rodovias**. Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras. 2004.

DALBEM, Marta Corrêa; BRANDÃO, Luiz; T. DIANA, L. Van Aduard de Macedo-Soares. **Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil**. Revista de Administração Pública. Volume 44, jan/fev.2010. Rio de Janeiro-RJ.

DA MOTTA, Ronaldo Seroa. **Manual Para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq. Rio de Janeiro, setembro de 1997

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Custos de acidentes de trânsito nas rodovias federais: sumário executivo**. - Rio de Janeiro, 2004. 33p. (IPR. Publ., 733)

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias**. Rio de Janeiro: IPR, 2006a. 564p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Escopo Básico – EB-101 - Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental de Rodovias**. Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço. - 3. ed. - Rio de Janeiro, 2006b.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários. Escopos Básicos/instruções de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2006c. 413p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Especificação de Serviços – ES nº077/2006 - Cerca viva ou de tela para proteção da fauna**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. Rio de Janeiro, 2006d. 06 p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Instrução de Serviço nº006 de 20 de novembro 2007**. Brasília, 2007. 6p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA para implantação da rodovia federal BR-448/RS**. Brasília, junho de 2008.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **PORTARIA N1.562, DE 26 DE DEZEMBRO DE 2008**. Brasília, dezembro de 2008

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA para Ampliação de Capacidade e Modernização da BR-381/MG, trecho entre Governador Valadares e Belo Horizonte**. Belo Horizonte. 2012.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA para Adequação de Capacidade, Melhoria da Segurança, Eliminação dos Pontos Críticos da Rodovia BR-282/SC, no Estado de Santa Catarina**. Brasília.2015

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **02º Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-381/MG – Consórcio Skill/MPB**. Brasília, 2016.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **19º Relatório Semestral de Gestão Ambiental da BR-101/NE – Consórcio Skill/STE**. Brasília, 2017.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Proposta de Programa para Tratamento dos Segmentos Críticos**. Brasília. 2017b

DE VÉLEZ, Dainy Flores Vásquez. **Uso do Método Custo-Reposição para a Estimativa de Custos e Benefícios Ambientais do Tratamento de Esgotos por Lemnaceae**. Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente, Brasília/DF, 2001

FARIA R. C.; NOGUEIRA J. M. **Método de Valoração Contingente: Aspectos Teóricos e Testes Empíricos**. Brasília, 1998. (Mimeogr.).

FOGLIATTI, Maria Cristina; FILIPPO, Sandro; GOUDARD, Beatriz. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transportes**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FREITAS, Carlos Henrique. **Atropelamentos de vertebrados nas Rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos fatores condicionantes e valoração da fauna**. 2009. 85p. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Campos Rio Claro. Departamento de Zoologia

FREITAS, Simone Rodrigues de; BARSZCZ, Leonardo Beltrão. **A perspectiva da mídia *online* sobre os acidentes entre veículos e animais em rodovias brasileiras: uma questão de segurança?** Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Paraná. Vol. 33, abril 2015.

GALVÃO, Olímpio J. de Arroxelas. **Desenvolvimento dos Transportes e Integração Regional no Brasil – Uma perspectiva histórica**. Revista de Planejamento e Política Públicas, nº 13. Junho de 1996.

GILZA, Blasi. **Proposta de procedimentos para a elaboração de Relatórios de Controle Ambiental visando a regularização ambiental de rodovias federais em operação.** Dissertação (mestrado). Universidade de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2014.

HANLEY, N.; BARBIER, Edward B. **Princing Nature – Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy.** Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham. UK. 2009.

HANLEY, N.; SPASH, C. L. **Cost – Benefit Analysis and the Environment.** London: Edward Elgar, 1993.

HUIJSER, M. P., J. W. DUFFIELD, A. P. CLEVENGER, R. J. AMENT, AND P. T. MCGOWEN. **Cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada; a decision support tool.** *Ecology and Society* 14(2): 15. [online].2009 URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art15/>

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa nº 02/2010.** Brasília, 2010.Disponívelem www.ibama.gov.br. Acesso em 12 dez. 2013.

IPEA – Instituto de Pesquisa e Estatística Aplicada. **Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras: caracterização, tendência e custo para a sociedade.** Brasília. 2015.

IPEA - Instituto de Pesquisa e Estatística Aplicada; DENATRAN; ANTP. **Impactos sociais e econômicos dos acidentesde trânsito nas rodovias brasileiras.** [S.l.], 2006. 80 p.

LAUXEN, Mozart da Silva. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão.** Monografia de Pós Graduação em Biologia AnimalCurso de Especialização emDiversidade e Conservação da Fauna.UFGRS. Porta Alegre. 2012.

LISBOA, Marcos Vinícius. **Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia. São Paulo, 2002. 194 p.

MENDOZA, G. R.; CRUZ, O. B.; MÉNDEZ, J. C. **Manual de evaluación económica de proyectos de transporte.** Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. 2006.

NOGUEIRA, Jorge M.; PEREIRA, Romilson R. **Critérios e Análise Econômicos na Escolha de Políticas Ambientais.** ECO-NEPAMA, Brasília, [1999]

NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS,Marcelino Antônio Asano de; ARRUDA, Flávia Silva Tavares. **Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v17, n.2, p.81-115, maio/ago.2000.

MT. Ministério dos Transportes. **Política Ambiental do Ministério dos Transportes**. Brasília, 2002.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora UnB, 2007.

OLIVEIRA, Jefferson Barros de; ABREU, Carina da Luz de; SOUZA, Cynthia Diniz de; KOCOUREK, Bibiana; OLIVEIRA, Simone. **Definição dos pontos críticos de atropelamento da fauna silvestre no trecho sul da BR-101/NE**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental– IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Porto Alegre/RS,2015.

PANAZZOLO, Adriano Peixoto; PIMENTA, Aline F. F.; RIBEIRO, Sebastião. **Um novo caminho, uma nova vida – Programa de Reassentamento Populacional da Rodovia do Parque – BR-448/RS**. Canoas, Rio Grande do Sul : STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A., 2013.

PEREIRA, Luiz Andrei Gonçalves; LESSA, Simone Naciso. **O Processo de Planejamento e Desenvolvimento do Transporte Rodoviário no Brasil**. Caminhos de Geografia. Uberlândia v. 12, n. 40 dez/2011 p. 26 - 45

PINDYCK, Robert. S.;RUBINFELD, Daniel L. **Custos de Produção**. In:_____ **Microeconomia**. Tradução e revisão técnica: Professor Pedro Catunda. 1ª edição. São Paulo: MakronBooks, Cap. 7, p. 255-280, 1994.

PRADA, Cristiana de Santis. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos** .São Carlos : UFSCar, 2004. 129 p

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, Z. F. S. **Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados**. Acta ScientiarumBiologicalSciences, Maringá, v.28, n. 3, p. 237-241, 2006.

ROSCOE, Juliana Sarti. **A internalização de variáveis ambientais nas análises custo-benefício para projetos rodoviários: Utopia ou realidade?**Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente, Brasília/DF, 2011.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, André LuisPracucci; ROSA, Clarissa Alves da; BAGER, Alex. **Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil**. Biotemas, 25 (1), 73-79, março de 2012. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC- Florianópolis. SC

SILVA, Rafael Vieira da. **Gerenciamento ambiental no processo de reconstrução da rodovia BR-319 (manaus-porto velho): uma análise do EIA/RIMA sob a ótica do desmatamento evitado e da sustentabilidade ambiental no bioma Amazônia**.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de

Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2012.

SERRA, Maurício A; GARCIA, Eduardo M.; ORTIZ, Ramon A.; HASENCLEVER, Leonardo; MORAES, Gustavo Inácio de. **A valoração contingente como ferramenta de economia aplicada à conservação ambiental: o caso da estrada parque pantanal.** Instituto de Pesquisa e Estatística Aplicada - Planejamento e Políticas Públicas. n. 27 | jun./dez. 2004

SOBANSKI, Marcela Barcelos; RATTON, Eduardo; RATTON, Phillipe. **Segurança rodoviária e conservação da vida selvagem.** Artigo apresentado na 42^o Reunião Anual de Pavimentação e no 16^o Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. 2013. Gramado.RS.

SODERLUND, M; et al. **Green Roads: A Sustainability Rating System for Roadways.** TRB 2008 Annual Meeting CD-ROM

THOMAS J. M.; CALLAN S. J. **Economia Ambiental: fundamentos, políticas e aplicações.** São Paulo: Editora Cengage Learning, 2010

TISDELL, Clem; WILSON, Clevo. **The Public's Knowledge of and Support for Conservation of Australia's Tree-kangaroos by.** University of Queensland, Brisbane. Austrália. Fevereiro. 2003

TURCI, Carlos Batista; BERNARDE, Paulo Sérgio. **Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual RO-383 em Rondônia. Brasil.** Biotemas, 22(1): 121, março de 2009. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC- Florianópolis. SC.