MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

JOSÉ PEDRO FRANCISCONI JUNIOR

MODELO PARA ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM OBRAS RODOVIÁRIAS

Rio de Janeiro
2016

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

JOSÉ PEDRO FRANCISCONI JUNIOR

MODELO PARA ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM OBRAS RODOVIÁRIAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Marcelo de Miranda Reis - D.Sc.
Coorientador: Prof. José Carlos César Amorim - D. Ing.

Rio de Janeiro

2016

c2016

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha.

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22.290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmar ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

629.04	Francisconi Junior, José Pedro
F818m	Modelo para estimativa de emissões de gases de efeito estufa em obras rodoviárias / José Pedro Francisconi Junior; orientado por Marcelo de Miranda Reis, José Carlos César Amorim – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2016.
	219.: il.
	Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2016.
	1. Curso de Engenharia de Transportes – teses e dissertações. 2. Orçamento. 3. Gases de Efeito Estufa. 4. Obras Rodoviárias. 5. Mudanças Climáticas. I. Reis, Marcelo de Miranda. II. Amorim, José Carlos César. III. Título. IV. Instituto Militar de Engenharia.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

JOSÉ PEDRO FRANCISCONI JUNIOR

MODELO PARA ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM OBRAS RODOVIÁRIAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Marcelo de Miranda Reis – D.Sc.

Coorientador: Prof. José Carlos César Amorim – D. Ing.

Aprovada em 28 de janeiro de 2016 pela seguinte Banca Examinadora:

Tenente Coronel Marcelo de Miranda Reis – D.Sc. do IME - Presidente

José Carlos César Amorim, D. Ing. do IME

Maria Esther Soares Marques, D. Sc do IME

Marcelino Aurélio Vieira da Silva, D. Sc. da COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro

2016

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES **7**
LISTA DE TABELAS **8**
LISTA DE SIGLAS..... **9**

1. INTRODUÇÃO 14
1.1 Considerações Iniciais 14
1.2 Objetivos..... 16
1.2.1 Objetivo Principal 16
1.2.2 Objetivos Secundários 17
1.3 Justificativa 17
1.4 Estrutura do Trabalho 21

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 23
2.1 Mudanças Climáticas..... 23
2.2 Infraestrutura de Transportes e a Mudança no Clima..... 27
2.2.1 Considerações Iniciais 27
2.2.2 Emissões de GEE em Empreendimentos Rodoviários 32
2.3 Infraestrutura de Transportes no Brasil 44
2.3.1 Considerações Gerais 44
2.3.2 O Modo Rodoviário..... 48
2.3.2.1 Caracterização da Malha Rodoviária Nacional 48
2.3.2.2 Projeto de Engenharia Rodoviária 51
2.4 Licenciamento Ambiental..... 55
2.4.1 Considerações Iniciais 55
2.4.2 Licenciamento Ambiental e as Emissões de GEE 57
2.4.3 Licenciamento Ambiental Rodoviário..... 60
2.5 Emissões de GEE em Empreendimentos Rodoviários e as Agências de Fomento 64
2.6 Quantificação de Gases de Efeito Estufa (GEE) 68
2.6.1 Considerações Iniciais 68

2.6.2 Metodologias para Quantificação de GEE 73
2.7 Considerações Finais da Revisão Bibliográfica 79

3. MATERIAL E MÉTODOS 81
3.1 Considerações Iniciais 81
3.2 Orçamento de Emissões de GEE para Obras Rodoviárias 84
3.2.1 Identificação dos Usos do Orçamento 84
3.2.2 Definição dos Limites de um Orçamento de Emissões de GEE 85
3.2.2.1 Limites Geográficos 85
3.2.2.2 Limites Organizacionais 86
3.2.2.3 Limites Operacionais 86
3.2.3 Seleção do Ano de Referência do Orçamento 88
3.2.4 Identificando e Calculando Emissões de GEE 88
3.2.4.1 Identificar Fontes de Emissão 88
3.2.4.2 Escolher Fatores de Emissão 90
3.2.4.3 Aplicar Ferramentas de Cálculo 92
3.2.4.3.1 Considerações Iniciais 92
3.2.4.3.2 Cálculo das Emissões das Fontes Móveis e Estacionárias Utilizadas nas Obras Rodoviárias 92
3.2.4.3.3 Cálculo das Emissões nas Composições dos Serviços de Engenharia Utilizadas em Obras Rodoviárias 94
3.2.4.3.4 Cálculo de Emissões de GEE no Projeto de Engenharia 97
3.2.5 Análise de Incertezas 98
3.2.5.1 Considerações Iniciais 98
3.2.5.2 Incerteza nas Emissões de uma Fonte Individual 99
3.2.5.3 Incerteza nas Emissões de uma Obra 102
3.2.6 Ações Direcionadas à Compensação de Emissões 103
3.2.6.1 Cálculo do Número de Árvores 103
3.2.6.2 Cálculo da Área Necessária ao Plantio 103
3.2.6.3 Cálculo do Valor Financeiro para o Plantio 104
3.2.7 Elaboração do Relatório 104
3.3 Aplicação do Modelo de Estimativa de Emissões de GEE em Obras Rodoviárias 105

3.3.1 Dados Gerais 105
3.3.2 Ano de Referência do Orçamento 109
3.3.3 Limites Geográficos 109
3.3.4 Limites Organizacionais 109
3.3.5 Limites Operacionais 109
3.3.6 Fatores de Emissões 110
3.3.7 Cálculo de Emissões 111
3.3.8 Análise de Incertezas 117
3.3.9 Ações Direcionadas à Compensação de Emissões 118

4. RESULTADOS 119
4.1 Considerações Iniciais 119
4.2 Elaboração do Modelo 119
4.3 Aplicação do Modelo (Aplicação em Estudo de Caso) 122

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS 126

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 129

7 APÊNDICES 143
7.1 Apêndice 1: Guia Metodológico para Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Obras Rodoviárias 144
7.2 Apêndice 2: Relatório do Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa das Obras da BR 356/RJ (Contorno de Itaperuna) 197

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG.1.1 Emissões de CO_2e no setor de energia em 2013 19
FIG.1.2 Emissões de CO_2e dos transportes em 2013 19
FIG.2.1 Evolução das emissões de GEE no Brasil entre 1990 – 2013 (Mt CO_2e) 24
FIG.2.2 Emissões de GEE no Brasil por setor em 2013 (Mt CO_2e)..... 25
FIG.2.3 Matriz transporte de cargas em 2014 (%)..... 46
FIG.2.4 Malha rodoviária brasileira (km)..... 61
FIG.2.5 Exemplo de gerenciamento de GEE..... 79
FIG.3.1 Estrutura do capítulo 3 Material e Métodos 81
FIG.3.2 Classificação das fontes de emissão..... 87
FIG.3.3 Software Compor 90 – consumo de combustíveis..... 93
FIG.3.4 Exemplo de composição de serviço de engenharia rodoviária..... 96
FIG.3.5 Mapa de localização da rodovia BR 356/RJ (Contorno de Itaperuna)... 108
FIG.3.6 Limite operacional – Escopo 1..... 110
FIG.4.1 Emissões desagregadas por tipo de serviço (tCO2e)..... 124
FIG.4.2 Emissões desagregadas por tipo de intervenção (%)..... 124

LISTA DE TABELAS

TAB.1.1 Malha rodoviária brasileira (km) 18
TAB.2.1 Emissões por categorias de intervenção - *NJ Route* 47 38
TAB.2.2 Emissões por categorias de intervenção - *NJ Route* 35 39
TAB.2.3 Emissões de tCO_2e por tipo de rodovias 40
TAB.2.4 Emissões de tCO_2e por intervenção rodoviária em tipos de rodovias 41
TAB.2.5 Emissões de tCO_2e em diferentes categorias por tipo de rodovias 41
TAB.2.6 Malha rodoviária brasileira (km) 49
TAB.2.7 Normas licenciamento ambiental de rodovias 63
TAB.2.8 Divisão das fontes de emissões segundo MCTI 70
TAB.2.9 Normas legais que citam a metodologia GHG Protocol 75
TAB.3.1 Caracterização escopos de emissão para obras rodoviárias 89
TAB.3.2 Fatores de emissão para combustão móvel 90
TAB.3.3 Fatores de emissão para combustão estacionária 91
TAB.3.4 Incertezas recomendadas (%) 101
TAB.3.5 Dados gerais do projeto da BR 356 (Contorno de Itaperuna) 107
TAB.3.6 Limite operacional – Composições de serviço de engenharia 110
TAB.3.7 Composições diferentes do SICRO2 111
TAB.3.8 Composições com quantidades diferente do SICRO2 112
TAB.3.9 Composições de transporte por insumo 113
TAB.3.10 Composições de transporte 115
TAB.3.11 Composições do canteiro de obras 116
TAB.3.12 Composições corrigidas 117
TAB.3.13 Valores de incertezas adotados (%) 117
TAB.4.1 Equipamentos por tipo de combustível 120
TAB.4.2 Equipamentos por tipo de fonte 121
TAB.4.3 Composições com emissões de GEE estimadas 121
TAB.4.4 Procedimento adotado nas composições diferentes SICRO2 123
TAB.4.5 Resultados de emissões 123
TAB.4.6 Resultados finais 125

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFD	Agência Francesa de Desenvolvimento
ANPET	Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BB	Banco do Brasil
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIRD	Banco Mundial
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BR	Brasil
BRT	*Bus Rapid Transit*
CAF	Banco de Desenvolvimento da América Latina
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CENTRAN	Centro de Excelência em Engenharia de Transportes
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH_4	Metano
CIMA	Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CO_2	Dióxido de Carbono
CO_2e	Carbono equivalente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DEINFRA/SC	Departamento Estadual de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina
DER/SC	Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de Santa Catarina
DER/SP	Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São

	Paulo
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
EU	União Européia
EUA	Estados Unidos da América
EVTEA	Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica-Ambiental
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	*Greenhouse Gas*
GWP	*Global Warning Potential*
HDM 4	*Highway Development and Management Model*
HC	Gases Hidrocarbonetos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INEA	Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
IME	Instituto Militar de Engenharia
IPCC	*Intergovernmental Panel for Climate Change*
IPSS	*Infrastructure Planning Support System*
LP	Licença Prévia
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MT	Ministério dos Transportes
N_2O	Óxido de Nitrogênio
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PEMC	Política Estadual de Mudanças Climáticas
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNLT	Plano Nacional de Logística de Transportes
Programa BID VI	Programa de Infraestrutura Logística de Santa Catarina
PSTM	Plano Setorial de Transporte de Cargas e de Mobilidade

	Urbana para Mitigação da Mudança do Clima
RJ	Rio de Janeiro
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná
SICRO2	Sistema de Custos de Obras Rodoviárias
SINDUSCON/SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
SINDUSCON/TAP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba
SIT	Sistema de Informações em Transportes
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município do Rio de Janeiro
SNV	Sistema Nacional de Viação

RESUMO

A infraestrutura rodoviária é composta por empreendimentos motivadores de desenvolvimento que fomentam a mobilidade urbana, facilitadores do acesso a serviços públicos e privados e com grande importância para a manutenção das atividades econômicas. O setor rodoviário interage com as mudanças climáticas e gera impacto: aqueles originários pelo setor, como as emissões de gases de efeito estufa (GEE), que causam a mudança do clima, e aqueles causados pelas mudanças sobre o setor, como os que demandam a necessidade de adaptação na infraestrutura existente de forma a promover a adequação com as novas realidades climáticas. O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de estimativa de emissões de GEE em obras rodoviárias de forma a auxiliar os tomadores de decisão para descarbonização dos empreendimentos rodoviários. Para o desenvolvimento do modelo foram utilizados como base as informações do projeto de engenharia rodoviária – padrão Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) – e as orientações do Programa brasileiro *GHG Protocol*. Como resultado, foi desenvolvido um modelo de orçamento em formato de guia, característica *ex-ante*, para emissões de GEE no momento da execução da obra, com abrangência sobre as fontes de emissões móveis e estacionárias. Para aplicação do modelo desenvolvido, o mesmo foi aplicado no projeto de engenharia de construção da BR 356/RJ (Contorno de Itaperuna) com extensão de 12,5 km. Foi estimada a emissão de 4.002.183,34 kgCO_2e, sendo as 3 maiores categorias de emissão as atividades relacionadas a terraplenagem (33 %), pavimentação (30 %) e transporte (29 %). Em conclusão, o trabalho define que o modelo desenvolvido poderá ser utilizado como instrumento de análise em processos de licenciamento ambiental, na viabilização de financiamentos, na definição de traçados e tecnologias e na concepção dos empreendimentos rodoviários, além de servir como indicador de gerenciamento ambiental na fase de construção, contribuindo com diminuição das emissões de GEE. Por fim, ficou claro que a relação entre mudança do clima e empreendimentos rodoviários está inserida em um fluxo continuo de mútua influência, que a definição e a aplicação de um valor social e econômico sobre as medidas de mitigação das emissões de GEE no setor de transportes são um grande desafio e que a inserção de estudos sobre aspectos e impactos ambientais, além de suas medidas mitigadoras ou compensatórias desta relação, constituem fator essencial de sustentabilidade na concepção dos empreendimentos de transportes em todas as suas fases: planejamento, projeto, obra e operação.

ABSTRACT

The road infrastructure consists in drivers of development projects that promote the urban mobility, facilitates the access to public and private services and with great importance for the maintenance of the economic activities. The interaction between road transportation sector and the climate changes generates impacts which are originated either from this sector itself, such as greenhouse gas (GHG) emissions, that causes climate changes, or from observed changes on this sector, such as those which demand improvements on the existing infrastructure in order to promote its suitability to the new climate realities. The objective of this work is to develop a model for estimating GHG on road constructions in order to aid decision-makers towards the decarbonization on highway projects. To develop this model, the data used consist on informations from a road engineering project standardized by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT) and the Brazilian program *GHG Protocol* guidelines. As a result, it developed a budget model in tab format, ex-ante feature for GHG emissions at the moment of the road construction, which ranges fixed and stationary emissions sources. For application of the model, it was applied on the project of construction of the BR356/RJ (Itaperuna Contour), with a length 12,5 km. It was estimated an emission of 4.002.183,34 kgCO_2e, being that the three main emission activities are related to earth moving (33 %), pavement (30 %) and transportation (29 %). In conclusion, this work defines that the developed model can be used as a tool for analysis on the process of environmental licensing, on the definition of highway alignments and technologies, on the development of road projects, as well as being useful as an indicator of environmental management during construction phase, which contributes to the reduction of GHG emission levels. At last, it was enlightened that the relationship between climate changes and road constructions is contained in a mutual influence continuous flow, in which the definition and the assignment of a social and economic value on mitigating actions for GHG emissions on the field of transportation are a great challenge. Thus, the introduction of studies regarding environmental impacts and issues, in addition to their mitigating or compensatory actions from the relationship climate change-transportation infrastructure, constitutes an essential factor towards sustainability on the development of transportation projects all over their phases: planning, project, construction and operation.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A infraestrutura rodoviária compõe-se de empreendimentos motivadores de desenvolvimento que fomentam a mobilidade urbana, facilitam o acesso a serviços públicos e privados de saúde, educação, segurança, turismo, cultura, esporte, entre outros, e apresentam grande importância para a manutenção das atividades econômicas, propiciando uma melhor infraestrutura logística de transportes.

O empreendimento rodoviário inclui-se entre as realizações de maior importância para o desenvolvimento socioeconômico, detendo acentuado poder indutor de tal desenvolvimento e constituindo-se no principal elemento ou fator de integração socioeconômica (DNIT, 2006b).

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 do empreendimento (DNIT, 2006b). Dentre os benefícios ambientais, na fase de operação, destaca-se a redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em função do menor consumo de combustível quando os veículos transitam em rodovias com melhores condições.

O Dióxido de Carbono (CO_2), proveniente da queima de combustíveis fósseis, é o principal gás de efeito estufa (MATTOS, 2001). De acordo com LIMA (2013), os veículos que transitam nas rodovias contribuem com o aumento do efeito estufa produzindo uma importante parcela das emissões do seu principal gás, o Dióxido de Carbono (CO_2).

Sabe-se que o aquecimento global, proveniente do efeito estufa e de outros eventos naturais, intensifica as desigualdades sociais, penalizando, com maior intensidade, os países e as regiões mais pobres do planeta, provocando um fluxo de refugiados climáticos e aumentado as tensões e conflitos nas áreas mais atingidas

pela alteração do clima. A gravidade das mudanças climáticas que já podem ser identificadas atualmente, bem como daquelas que podem vir no futuro, configura uma ameaça às condições de vida e aos recursos naturais (adaptado RIBEIRO, 2007).

BARTHOLOMEU (2006) concluiu em seu trabalho que rotas com diferentes condições de infraestrutura resultam em custos de viagens distintos, relacionados ao consumo de combustível, sendo que rotas com melhores condições estruturais, como boa qualidade do pavimento, geometria de curvas adequadas, entre outras, resultam em benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

Entretanto, durante a execução das obras de construção ou reabilitação de empreendimentos rodoviários são causados uma série de impactos ambientais, como a emissões de GEE. Essas emissões são oriundas da queima de combustível no uso das máquinas e outros equipamentos, alteração no uso do solo (retirada de vegetação), utilização de insumos que demandam energia no processo de produção, geração de resíduos, entre outras fontes.

PARK *et al*. (2003) relatam que os insumos utilizados nas obras rodoviárias, bem como o combustível, a eletricidade utilizada nos equipamentos e instalações do canteiro de obras têm um impacto ambiental significativo na concepção do empreendimento rodoviário como um todo, como por exemplo as emissões de GEE.

O setor de transportes, portanto, apresenta interação com as mudanças climáticas, e gera impactos que podem ser agrupados em duas categorias: aqueles originários pelo setor, tais como as emissões de GEE e poluentes (efeitos negativos sobre o aquecimento global), e aqueles causados pelas mudanças climáticas sobre o setor de transporte, com a necessidade de adaptações na infraestrutura existente de forma a adaptá-las às novas realidades climáticas (adaptado PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC), 2014b).

A categoria – impactos gerados pelo setor – pode também ser subdividida em duas fases em relação ao modo: aqueles gerados na fase de operação propriamente dita, e aqueles gerados durante as obras (construção da infraestrutura).

Dada à importância do tema, instituições do setor de transportes, estão considerando maneiras de estimar a redução de GEE associadas com diferentes projetos de construção de rodovias através de abordagens para a aquisição de

material e fabricação e a tecnologia empregada na construção (CASS e MUKHERJEE, 2011).

As agências internacionais de fomento como Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Banco Mundial (BIRD), importantes parceiros do Brasil, dos estados e dos municípios no financiamento das obras de infraestrutura de rodoviária, estão avaliando as emissões de GEE durante o processo de análise de viabilidade ambiental dos empreendimentos (DEINFRA/SC, 2012; BANCO MUNDIAL, 2013; BREISINGER, 2012; BANCO MUNDIAL, 2010).

A análise de emissões de GEE nos processos de licenciamento ambiental é uma prática em evolução no Brasil, onde já se percebe uma série de iniciativas. Empreendimentos rodoviários são passíveis de licenciamento ambiental e tendem a ter sua relação com as mudanças climáticas inseridas nos estudos e projetos ambientais.

Para que se possa ter uma melhor precisão no cálculo da estimativa de emissões de GEE nos empreendimentos rodoviários, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologias sustentadas em diretrizes e dados técnicos confiáveis.

Os órgãos ambientais de licenciamento, agências de fomento e empreendedores do setor de infraestrutura de transporte rodoviária são os potenciais utilizadores no procedimento desenvolvido.

Este trabalho tem foco no aspecto ambiental, emissão de GEE, na categoria impactos gerados pelo setor na fase de obra (construção da infraestrutura rodoviária).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Principal

Desenvolver um modelo para estimar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em obras rodoviárias, com base nos dados constantes dos projetos de

engenharia, de forma a servir como apoio na tomada de decisão pelas partes interessadas e contribuir com a concepção de empreendimentos rodoviários de baixo carbono, diminuindo assim as causas do aquecimento global.

1.2.2 Objetivos Secundários

- Propor uma metodologia de cálculo para a estimativa das emissões de GEE em empreendimentos rodoviários na fase de obra;
- Conceber um procedimento para estimativa das emissões de GEE para obras rodoviárias com base na metodologia *GHG Protocol* que possa ser utilizado como instrumento de avaliação na concepção dos projetos, licenciamento ambiental, processo de viabilização de financiamento junto a agências de fomento, controle e monitoramento ambiental durante a execução da obra; e
- Aplicar o modelo desenvolvido no Projeto de Engenharia da BR 356/RJ (Contorno de Itaperuna) com a proposição de um mecanismo de compensação ambiental por plantio de árvores nativas.

1.3 Justificativa

De acordo com dados do Sistema Nacional de Viação (SNV) a malha rodoviária brasileira implantada até setembro de 2015 possui 211.169,9 km de rodovias pavimentadas, representando apenas 13,5 % do total de 1.563.199,6 km. No mesmo relatório é indicado um total de 21.604,4 km em obras de implantação, pavimentação ou duplicação na malha rodoviária brasileira. A TAB. 1.1 apresenta a distribuição da malha rodoviária (km) em 2015, conforme dados SNV nos três níveis de jurisdição (DNIT, 2015a). Dados atualizados em 22 de setembro de 2015.

TAB. 1.1 Malha rodoviária brasileira (km)

Jurisdição	Planejada	Não Pavimentada	Pavimentada	Total
Federal	43.937,0	11.510,8	64.596,2	120.044,0
Estadual	36.215,2	105.600,6	119.747,0	261.562,8
Municipal	77.381,9	1.234.918,3	26.826,7	1.339.126,9
Total	157.534,1	1.352.029,7	211.169,9	1.720.733,7

DNIT, 2015a

Dados do documento Evolução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (1970-2013): Setor de Energia e Processos Industriais (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015a) indicam que o segmento de transportes é o principal emissor de CO_2e do setor de energia no ano de 2013 representando 47 %, conforme apresentado na FIG. 1.1, e o que apresentou as mais elevadas taxas de crescimento do consumo de energia – 5,6 % a.a. entre 2003 e 2013. As emissões de CO_2e refletem esse comportamento do consumo energético, passando de 84,2 milhões de toneladas em 1990 para 212,2 milhões em 2013. É destacado que o perfil de demanda de energia nesse setor é caracterizado pela predominância do modo rodoviário, que responde por 93 % do consumo de energia em 2013, e pela pesada dependência dos combustíveis fósseis (81 % do consumo em 2013). Esta é uma situação que não se reverte no curto prazo. A necessária melhoria na infraestrutura das rodovias por certo propiciaria ganhos com a redução do consumo de energia e consequente menor emissão de GEE no setor como um todo (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2014). A FIG. 1.2 apresenta as emissões de CO_2e dos transportes em 2013 divididas por modos.

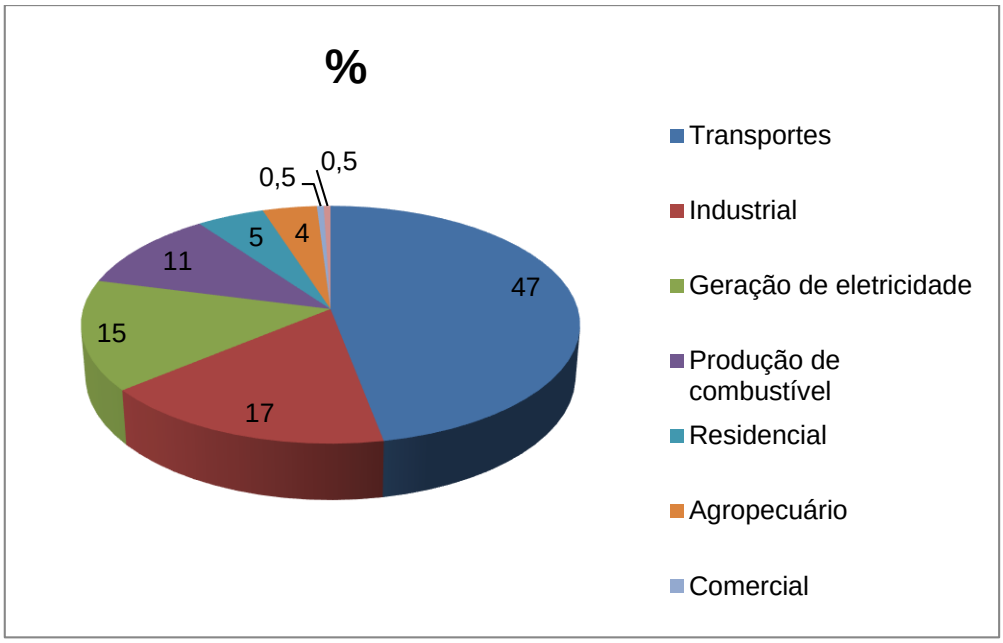

FIG. 1.1 Emissões de CO_2e no setor de energia em 2013
OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015

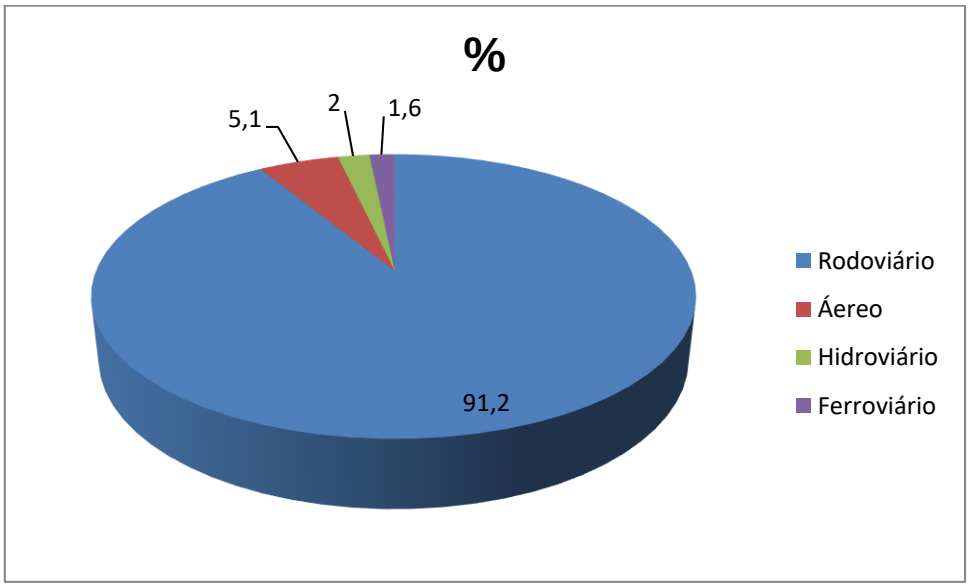

FIG. 1.2 Emissões de CO_2e dos transportes em 2013
OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015

O ciclo contínuo de mútua influência entre o setor de transportes e as mudanças climáticas sinaliza para a importância dos instrumentos de planejamento em diversos níveis, como medidas necessárias para o êxito de ações de mitigação e adaptação (PBMC, 2014b).

Conforme RIBEIRO (2003), todas as medidas que visem à redução das emissões de GEE pela queima de combustíveis fósseis são de extrema relevância para minimizar os efeitos do aquecimento global.

As ações de adaptação para o setor de transporte podem estar associadas às ações de mitigação e compensação dos impactos ambientais, que por sua vez, contribuirão para a melhoria da qualidade do ar e redução da emissão de GEE com impacto positivo na saúde das populações (PBMC, 2014b).

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ *et al*. (2015) destacam que os empreendedores, como órgãos responsáveis de obras públicas, devem liderar o processo de descarbonização dos empreendimentos de transportes, incluindo o estabelecimento de critérios ambientais, como as emissões de GEE na concepção dos projetos, em adição a outros critérios de construção sustentável. Os autores destacam a importância de que estes critérios sejam implementados nas fases de planejamento e projeto, numa perspectiva de ciclo de vida do empreendimento.

KOETSE e RIETVELD (2009), NEUMANN *et al.* (2015) relatam que as consequências da relação mudanças climáticas e o setor de transportes são significativas mas têm recebido pouca atenção e não são compreendidas completamente, continuando a ser uma área emergente para a pesquisa.

CASS e MUKHERJEE (2011) afirmam que este tipo de pesquisa é importante porque vai permitir que os tomadores de decisão possam fazer e responder perguntas críticas para identificar formas de melhorar as operações de construção, processos, métodos de seleção insumos, projeto de redução de emissões e impactos ambientais em longo prazo. Estas pesquisas contribuem para a melhoria dos métodos que fornecem uma base para a implementação de políticas para controlar e mitigar as emissões de GEE em empreendimentos de infraestrutura.

O fato de existirem poucas pesquisas realizadas no Brasil que apresentem dados relacionados ao consumo de energia e aos fatores de emissão do setor de transportes constitui-se em barreira que impacta diretamente na qualidade dos estudos ambientais (PBMC, 2014c).

A quantificação de emissões de GEE e de utilização de indicadores para gestão de emissões na área de engenharia e construção constitui prática ainda incipiente em todo o mundo e particularmente no Brasil (FÓRUM CLIMA, 2013).

A quantificação das emissões de forma organizada em inventários ou orçamentos é o primeiro passo para que as corporações possam contribuir para o combate às mudanças climáticas, fenômeno crítico que já aflige a humanidade neste início de século. Conhecendo o perfil das emissões, a partir do diagnóstico, qualquer organização pode dar o passo seguinte: o de estabelecer estratégias, planos e metas para redução, compensação e gestão das emissões de gases de efeito estufa, engajando-se na solução desse enorme desafio para a sustentabilidade global (adaptado *GHG PROTOCOL*, 2010).

A componente ambiental em transportes exige abordagem proativa, multi e interdisciplinar, e transversalidade entre todas as componentes de planos, programas e empreendimentos individuais (CENTRO DE EXCELÊNCIA EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES (CENTRAN), 2007).

O modelo a ser desenvolvido no âmbito da linha de pesquisa – Gestão Ambiental de Sistemas de Transportes do IME – orientado pela metodologia *GHG Protocol* e com base nos dados técnicos dos projetos de engenharia (padrão DNIT) será uma ferramenta para o cálculo da estimativa de emissão de GEE nos empreendimentos rodoviários. O objetivo é que a ferramenta sirva de apoio na tomada de decisão pelas partes interessadas na concepção do projeto, na viabilização dos financiamentos junto às agências de fomento, e como instrumento de medição de impacto no processo de licenciamento ambiental, de forma a orientar medidas de compensação ambiental.

1.4 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação foi estruturada em capítulos divididos de acordo com a descrição abaixo:

- Capitulo 1 – Introdução: é apresentado o tema proposto com comentários gerais, justificativa e objetivos da dissertação, além de indicar a estrutura do trabalho.
- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: são comentados os principais aspectos da relação mudança do clima e as infraestruturas de transportes de forma ampla

e a questão das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em obras rodoviárias, com apresentação das pesquisas realizadas, normas legais aplicadas a matéria, métodos de quantificação de GEE, atuação dos diferentes atores envolvidos, e as fases da concepção de um empreendimento rodoviário.

- Capítulo 3 – Material e Métodos: apresenta a metodologia desenvolvida, detalhando cada uma das etapas da elaboração e aplicação do modelo de estimativa de emissão de GEE em obras rodoviárias.
- Capítulo 4 – Resultados: apresentação dos resultados obtidos na elaboração e aplicação do modelo desenvolvido no Capítulo 3.
- Capítulo 5 – Conclusões: são feitas as conclusões acerca dos principais tópicos apresentados ao longo de todo o trabalho e sua relação com os resultados obtidos no modelo desenvolvido, além de apresentar recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mudanças Climáticas

Os efeitos da mudança do clima são sentidos de diversas formas no ambiente em toda parte do planeta terra. Como exemplo desses efeitos, podemos citar as alterações dos padrões e a ocorrência de eventos climáticos extremos de temperatura, precipitação, eólico, luminosidade, umidade, elevação do nível do mar, aumento dos processos de desertificação, entre outros.

O Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014b) destaca que o clima é o fator-chave na determinação de diferentes características e distribuição de sistemas naturais e antrópicos no ambiente. Salienta ainda que a situação atual do clima exige grandes mudanças no estilo de vida, uma revolução energética, a transformação do modo como lidamos com os recursos naturais, e que as adaptações são essenciais para se tentar reverter o panorama atual.

Segundo MARENGO (2006) a mudança do clima tem afetado a população, com grandes perdas de vidas humanas, impactando também a economia, agricultura, saúde, com impactos graves nos ecossistemas. Os efeitos da mudança do clima sobre as atividades econômicas afetadas tendem a ser amplos, uma vez que seus impactos repercutem tanto direta como indiretamente nas atividades econômicas (PBMC, 2014b).

O aquecimento global proveniente do efeito estufa e de outros eventos naturais intensifica as desigualdades sociais, penalizando, com maior intensidade, os países e as regiões mais pobres do planeta, provocando um fluxo de refugiados climáticos e aumentado as tensões e conflitos nas áreas mais atingidas pela alteração do clima. A gravidade das mudanças climáticas que já podem ser identificadas atualmente, bem como daquelas que podem vir a ocorrer no futuro, configura uma ameaça às condições de vida e aos recursos naturais (adaptado RIBEIRO, 2007).

No Brasil, entre 1990 e 2013, as emissões de GEE passaram de 1,83 bilhão de toneladas (Gt CO_2e) para 1,59 Gt CO_2e – uma queda de 15 %. Neste intervalo de tempo analisado tivemos períodos distintos de crescimento e redução de emissões, superando 2,8 Gt CO_2e em 1995 e 2004, e caindo quase à metade desse valor (1,4 Gt CO_2e) em 2012. As emissões no mundo, no mesmo período (1990-2013), cresceram de forma quase contínua mais de 35 %, alcançando cerca de 52 bilhões de toneladas (Gt CO_2e) em 2013. As variações de emissões ao longo do tempo no Brasil são explicadas especialmente pelas alterações do uso da terra, em especial pela diminuição do desmatamento na Amazônia, que já chegou a representar mais de dois terços das emissões brasileiras e atualmente caiu para um terço do total. Quando consideradas as emissões brutas, as mudanças de uso da terra representam ainda a maior fonte de emissões de gases de efeito estufa no Brasil (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015b). A FIG. 2.1 apresenta a evolução das emissões de GEE no Brasil por setor entre 1990 e 2013 (Mt CO_2e). A FIG. 2.2 apresenta emissões de GEE no Brasil por setor em 2013 (Mt CO_2e).

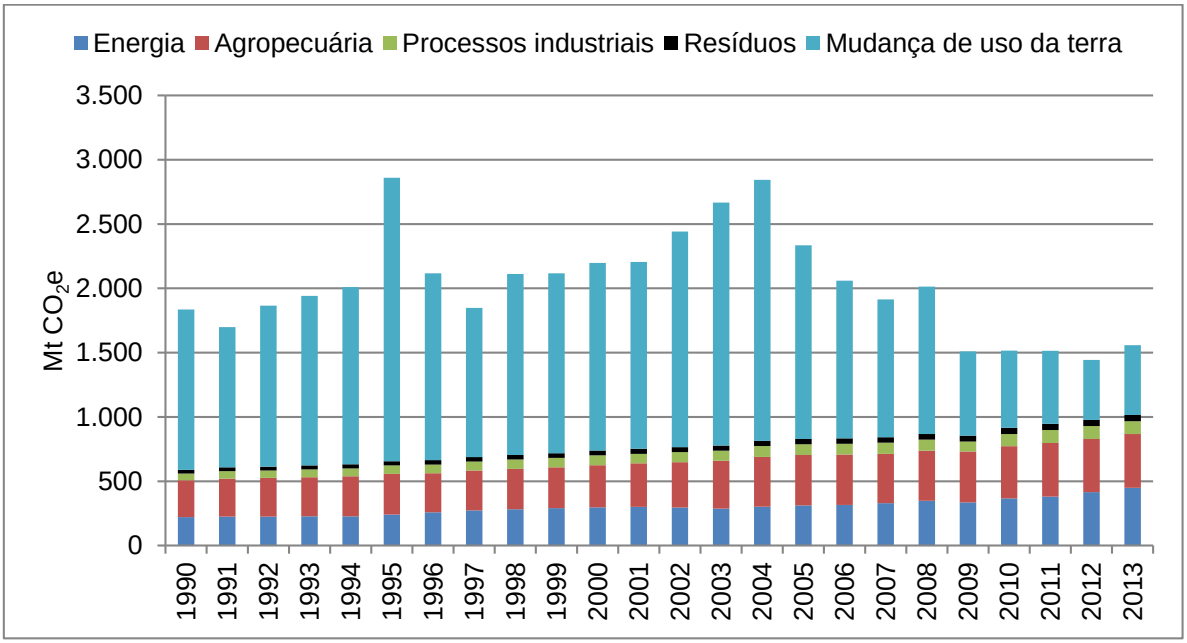

FIG. 2.1 Evolução das emissões de GEE no Brasil entre 1990 – 2013 (Mt CO_2e)
OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015b

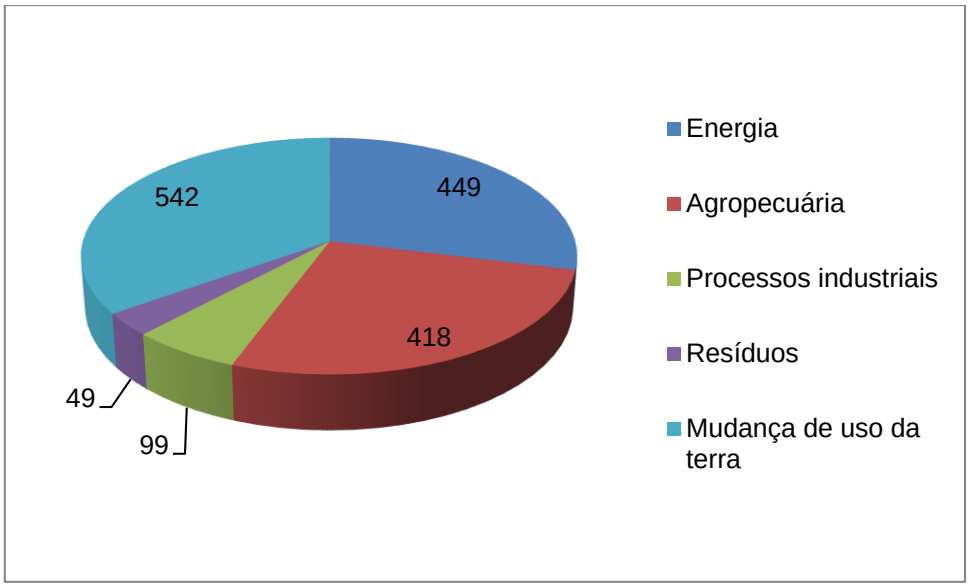

FIG. 2.2 Emissões de GEE no Brasil por setor em 2013 (Mt CO_2e)
OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015b

Quando considerada a evolução dos setores separadamente, o setor de mudanças de uso da terra apresentou uma queda de 56 % nas emissões no período de 1990 a 2013, enquanto os demais demonstraram uma tendência nítida de aumento. O setor de energia foi o que apresentou maior pressão, com incremento de 103 %, seguido de processos industriais e resíduos, com aumentos de emissões em 93 % e 68 %, e do setor agropecuário, cuja alta registrada foi de 46 % no período de 1990 a 2013 (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2015b).

Nestes aspectos e impactos ambientais das mudanças climáticas temos dois grandes grupos de ação, a mitigação e a adaptação. A mitigação envolve iniciativas para diminuir os efeitos causadores e aceleradores destas mudanças, como a diminuição ou neutralização das emissões de GEE pelas atividades antrópicas. Já na adaptação tem-se a adoção pela sociedade de iniciativas que resultem em melhor equilíbrio com a qualidade ambiental do planeta terra. Uma importante ação adaptativa da sociedade em relação às mudanças climáticas é a sua capacidade de resiliência frente aos eventos climáticos extremos.

SMIT e WANDEL (2006) indicam que a as iniciativas de adaptação tendem a se concentrar nos riscos que já são problemáticos atualmente, onde os efeitos do clima são considerados em conjunto com outros problemas ambientais e sociais, e que as adaptações são na sua maioria das vezes integradas em outra gestão de recursos,

como a preparação para desastres naturais, antrópicos e programas de desenvolvimento sustentável.

Vale destacar que a mudança no clima ocorreu e ocorre de forma natural, e que os impactos das atividades antrópicas são a causa do agravamento dos impactos destas mudanças. Entretanto, quando afirmado que as atividades antrópicas impactam nas mudanças climáticas, há um grau de incerteza devido à complexidade dos estudos das relações entre os diversos fatores que influenciam o clima na terra. O Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014a) assim aborda o tema:

> *Durante as últimas duas décadas, embora tenha havido melhorias substanciais na ciência do sistema terrestre (com formulações mais completas dos processos físicos, químicos e biológicos, incluindo suas complexas interações, dentro dos modelos do sistema climático global), aliado ao significativo avanço tecnológico em simulação computacional, as projeções climáticas e ambientais geradas pela modelagem climática trazem consigo diversos níveis de incertezas, cujas categorias principais são:* ***Incerteza sobre os cenários de emissões****: as emissões globais de GEE são difíceis de prever, em virtude da complexidade de fatores socioeconômicos, como demografia, composição das fontes de geração de energia, atividades de uso da Terra e do próprio curso de desenvolvimento humano em termos globais;* ***Incerteza sobre a variabilidade natural do sistema climático:*** *os processos físicos e químicos da atmosfera global são de natureza caótica, de forma que o clima pode ser sensível às mudanças mínimas (variações não-lineares) que são difíceis de serem mensuradas tanto nos dados observacionais como nos resultados dos modelos;* ***Incertezas dos modelos****: A capacidade de modelar o sistema climático global é um grande desafio para a comunidade científica, sendo fatores limitantes a representação ainda incompleta de processos como o balanço de carbono global e regional, o papel dos aerossóis no balanço de energia global, a representação dos ciclos biogeoquímicos e fatores antrópicos como desmatamento e queimadas. Por outro lado, ainda que sejam usados os mesmos cenários de emissões, diferentes modelos produzem diferentes projeções das mudanças climáticas (particularmente, os padrões regionais de precipitação), constituindo assim outra fonte de incerteza, a qual pode ser avaliada através da aplicação de conjuntos (ensembles) de modelos globais e regionais*.

A adaptação ao clima, com ou sem aquecimento global e outras mudanças antrópicas, deve ser uma das prioridades nacionais, principalmente em países em

desenvolvimento (PBMC, 2014a). Tanto a mitigação quanto a adaptação, representam desafios consideráveis (PBMC, 2014b).

2.2 Infraestrutura de Transportes e a Mudança no Clima

2.2.1 Considerações Iniciais

O setor de transporte apresenta interação com as mudanças climáticas, e gera impactos que podem ser agrupados em duas categorias: aqueles originários pelo setor, tais como as emissões de GEE e poluentes (efeitos negativos sobre o aquecimento global), e aqueles causados pelas mudanças climáticas sobre o setor de transporte, com a necessidade de adaptações na infraestrutura existente de forma a buscar conciliação com as novas realidades climáticas (adaptado de PBMC, 2014b).

A categoria – impactos gerados pelo setor – pode também ser subdividida em duas fases em relação ao modo: aqueles gerados na fase de operação propriamente dita, e aqueles gerados durante as obras (construção da infraestrutura).

Na categoria – mudanças climáticas sobre o setor – os impactos gerados pelas novas realidades climáticas demandarão obras relacionadas com a mudança de modos para determinada cadeia produtiva, mudança de traçado de determinado segmento em função da alteração do regime hídrico ou alteração geológica, aumento da capacidade de pontes, bem como alterações na fase de operação dos modos, entre outros exemplos.

Ambas as categorias estão diretamente interligadas, sendo um ciclo contínuo de mútua influência.

Com o aumento da ocorrência e intensidade de eventos climáticos extremos a infraestrutura deverá ser adaptada para suportar as novas condições adversas como forma de promover resiliência no setor de transporte às mudanças climáticas. As mudanças climáticas poderão afetar os sistemas de transporte (ferroviário, aéreo, rodoviário, hidroviário e o dutoviário) em todos os países, impedindo potencialmente

a mobilidade urbana, com consequência sobre o crescimento da economia e qualidade de vida das populações. Com relação às medidas de adaptação em transportes, citam-se: realocação de estradas e vias, mudanças nos projetos e substituição e adequação de estruturas, como pontes, estradas e pavimentos, de forma a suportar os possíveis efeitos que as condições meteorológicas e a mudança do clima poderão acarretar para o setor (PBMC, 2014b).

KOETSE e RIETVELD (2009) avaliaram de forma geral os impactos das mudanças climáticas sobre o transporte. Os autores ressaltaram que os impactos do aumento da temperatura irão demandar alterações nos padrões de transporte de passageiros e mercadorias nos setores de turismo e produção agrícola. Outros pontos abordados neste trabalho foram em relação ao aumento do nível do mar e a necessidade de adaptação dos sistemas de transportes das regiões costeiras, além da relação do aumento da intensidade das precipitações e a diminuição da segurança rodoviária e ferroviária. Ainda houve relato para os impactos da mudança do clima nos transportes aéreo e fluvial, com destaque para os prejuízos financeiros em decorrências de atrasos e cancelamentos de viagens. Os mesmos autores concluíram que as consequências das mudanças climáticas no setor dos transportes ainda têm recebido pouca atenção.

Em geral, os sistemas de transportes podem ser vulneráveis a diferentes condições de ambiente, dos quais, alguns deles podem ser agravados com as alterações climáticas. Muitos deles dizem respeito a condições meteorológicas extremas (por exemplo, tempestades, precipitações e temperaturas), que por sua vez podem resultar em consequências graves para o ambiente físico (por exemplo, inundações, deslizamentos de terra, tempestades...) e representam riscos para as infraestruturas e operações de transporte. Todos os modos e componentes dos sistemas de transportes da União Européia (EU) irão, até certo ponto, ser afetados por eventos climáticos extremos (NEMRY e DEMIREL, 2012).

NEUMANN *et al.* (2015) destacam que as infraestruturas de transportes dos Estados Unidos da América (EUA) irão sofrer impactos com o aumento do nível do mar, da temperatura e de índices de precipitação, especialmente na segunda metade do século 21, por afetar a sustentabilidade das infraestruturas de longa duração. Os mesmos autores destacam que os efeitos das mudanças climáticas

sobre as infraestruturas são importantes e que ainda não são compreendidos completamente e continuam a ser uma área emergente para a pesquisa.

SCHWEIKERT *et al.* (2014) avaliou o uso da ferramenta *Infrastructure Planning Support System* (IPSS) na relação impactos das mudanças climáticas na infraestrutura rodoviária. Segundo os autores, o IPSS tem a capacidade de analisar os impactos das mudanças climáticas em infraestruturas rodoviárias em qualquer localização geográfica no mundo. Além de alterações climáticas de temperaturas e precipitação, o IPSS relata uma abordagem holística em relação a enchentes, custos de transporte, impactos sociais e modelagem de impacto financeiro. Os autores concluem que o sistema IPSS apresenta-se como uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões políticas de forma mais sustentável e que as mudanças do clima representam, tanto a curto quanto em longo prazo, grandes desafios para os formuladores de políticas de infraestrutura de transporte.

No Brasil, o Plano Setorial de Transporte de Cargas e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima (PSTM) organizado pelos Ministérios dos Transportes e das Cidades, é um documento que norteia o setor de transportes de forma a incentivar o uso de modos mais eficientes energeticamente, contribuindo para a consecução dos compromissos assumidos voluntariamente pelo Brasil em relação a emissões de GEE. No transporte de cargas o escopo deste plano adota como marco o Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT) de 2011 onde foram considerados um conjunto de obras de infraestrutura e intervenções que poderão ser implantados sob responsabilidade de diferentes esferas de Governo. Os cenários de emissões e medidas de mitigação contempladas abrangem os modos: rodoviário, ferroviário, aquaviário (navegação interior e cabotagem). No transporte de passageiros foram considerados os investimentos dos projetos de mobilidade urbana associados à Copa do Mundo 2014 e referentes ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Mobilidade Grandes Cidades, além de iniciativas relevantes no âmbito de alguns Estados e Municípios, como o transporte individual motorizado (por veículos leves e motos), transporte público sobre pneus (corredor de ônibus, BRT (*Bus Rapid Transit*)) e o transporte público sobre trilhos (metrô, trem urbano, monotrilho, VLT (veículo leve sobre trilhos) e aeromóvel) (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013). Dentre as recomendações do referido plano, destacamos:

- Estruturação e implantação no Ministério dos Transportes de um Sistema de Informações em Transportes (SIT), que incorpore os conceitos e instrumentos de modelagem. O SIT será útil ao acompanhamento de ações e ao esforço de monitoramento das emissões de GEE evitadas.
- Elaboração de estudos sobre o impacto que as obras rodoviárias (ampliação da capacidade, pavimentação, contornos urbanos) podem ter no aumento da velocidade média da frota, na economia de combustíveis e, consequentemente, na emissão de GEE.
- Implantação do Programa de Inventários de Emissões de Gases do Setor Transportes.

A elaboração e manutenção do PSTM estão vinculadas ao Decreto n.° 7.390/2010, que regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima e é parte integrante da estratégia brasileira de mitigação e adaptação à mudança do clima. Vale destacar que o referido plano setorial dos transportes não abrange as emissões de GEE das obras e nem os impactos das mudanças climáticas sobre o setor.

FERREIRA (2011) destaca que muitos são os obstáculos a serem superados para o estabelecimento de políticas públicas com o objetivo de mitigar as emissões de gases de feito estufa do setor de transportes. O autor justifica esta afirmação em função de que o setor de transportes apresenta como característica uma enorme dispersão de partes interessadas e de abrangência geográfica de atividades, além de estar intimamente relacionado com a economia e as características de distribuição territorial das atividades em cada região.

Estudos têm sido realizados com objetivo de avaliar as emissões de GEE dos diferentes modos de transporte na fase de operação dos mesmos. Podemos citar os trabalhos de HANSON e NOLAND (2015a) em que avaliaram as emissões relacionadas aos veículos em diferentes formas de interrupção do tráfego nas obras de reabilitação de rodovias no EUA; GABRIELE *et al*. (2013) que compararam a eficiência ambiental dos modos de transporte rodoviário e ferroviário no contexto internacional; BARTHOLOMEU e CAIXETA FILHO (2008) que avaliaram os Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras; PINHEIRO (2012) com o uso de programação linear estimou a redução das emissões de GEE através da intermodalidade no setor sucroenergético; MATTOS (2001) avaliou a importância do setor de transportes na emissão de GEE

para o Município do Rio de Janeiro; BORSARI (2009) caracterizou as emissões de GEE por veículos automotores leves no Estado de São Paulo; e ANDRADE *et al*. (2014) que analisaram o potencial de redução da emissão de GEE através de intermodalidade no corredor de carga geral Manaus-Santos. De forma geral estes trabalhos concluem que, rodovias em melhores condições emitem menos GEE e que o transporte rodoviário emite mais GEE quando comparado a outros modos.

Conforme PINHEIRO (2012) em um momento onde as questões ligadas ao aquecimento global e eficiência energética aparecem frequentemente nos debates em todos os segmentos da sociedade, é importante que o setor de transporte, que é considerado um dos vilões do atual cenário, busque alternativas eficientes e ecologicamente corretas.

SCHWEIKERT *et al.* (2014) destacam que apesar do crescente reconhecimento dos impactos da mudança climática nas infraestruturas de transportes, ainda se percebe pouca atenção em termos destes impactos.

O planejamento de sistemas de transportes deve considerar a análise de risco para o aumento de temperatura, aumento da frequência e intensidade de precipitação, inundações e tempestades, sendo importante uma integração das políticas de clima, transporte e desenvolvimento, bem como o monitoramento de dados climáticos e uma reavaliação das políticas e padrões os atuais para transportes (PBMC, 2014b).

Conforme RIBEIRO *et al.* (2003) é importante incluir no planejamento dos sistemas de transportes a avaliação dos custos ambientais e sociais, penalizando aqueles modos ou interferências mais agressivas ao ambiente, como exemplo os impactos da intensificação do efeito estufa.

Um melhor planejamento na concepção de empreendimentos de transportes nos países em desenvolvimento vai resultar em melhorarias no acesso a serviços sociais e uma infraestrutura mais robusta, que tanto servem para aumentar a resiliência da comunidade para os desafios de desenvolvimento e questões como as alterações climáticas emergentes (SCHWEIKERT *et al.,* 2014).

As opções para mitigação de emissões de GEE nos empreendimentos de transportes podem considerar políticas, práticas e opções tecnológicas que estejam relacionadas à redução ou à racionalização do uso de transportes motorizados, à promoção da transferência das viagens para equipamentos ou modos de maior

eficiência energética, a utilização de fontes de energia com menores taxas enquanto emissoras, além da adoção de estratégias de descarbonização da construção da infraestrutura (adaptado PBMC, 2014c).

A adoção de estratégias de adaptação aos impactos das mudanças climáticas de forma proativa minimiza a vulnerabilidade das infraestruturas de transportes e reduz a necessidade de custos com manutenção extra, aumento da interrupção do tráfego, e outros impactos associados com reparação de danos à infraestrutura (SCHWEIKERT *et al.*, 2015).

A inserção de estudos dos aspectos, impactos ambientais e suas medidas mitigadoras ou compensatórias da relação mudança do clima e infraestrutura de transporte é fator essencial de sustentabilidade na concepção dos empreendimentos de transportes em todas as suas fases: planejamento, projeto, obra e operação.

2.2.2 Emissões de GEE em Empreendimentos Rodoviários

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 do empreendimento (DNIT, 2006b). Dentre os benefícios ambientais, na fase de operação, destaca-se a redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em função do menor consumo de combustível quando os veículos transitam em rodovias com melhores condições de tráfego.

O Dióxido de Carbono (CO_2), proveniente da queima de combustíveis fósseis, é o principal gás de efeito estufa (MATTOS, 2001). De acordo com LIMA (2013), os veículos contribuem com o aumento do efeito estufa produzindo uma importante parcela das emissões do seu principal gás, o Dióxido de Carbono (CO_2).

BARTHOLOMEU (2006) concluiu em seu trabalho que rotas com diferentes condições de infraestrutura resultam em custos de viagens distintos, relacionados ao consumo de combustível, sendo que em rotas com melhores condições estruturais,

como boa qualidade do pavimento, geometria de curvas adequadas, entre outras, resultam em benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

Entretanto, durante a execução das obras de construções ou reabilitações, aumento de capacidade em empreendimentos rodoviários são causados uma série de impactos ambientais, como a emissões de GEE. Essas emissões são oriundas da queima de combustível no uso das máquinas e outros equipamentos, alteração no uso do solo, utilização de insumos que demandam energia no processo de produção, geração de resíduos, entre outras fontes.

Como anteriormente mencionado, as emissões de GEE em empreendimentos rodoviários podem ser organizadas em duas fases: obra e operação.

HANSON e NOLAND (2015a e 2015b) relatam que a maior parte das emissões de GEE do setor dos transportes e, em especial o transporte rodoviário, está associada a decisões feitas por usuários de veículos privados e os empreendedores das rodovias têm pouca capacidade de influenciar essas decisões. A atuação dos empreendedores do setor de construção rodoviária no curto prazo está na forma de como construir e manter as rodovias ao longo do tempo.

Na fase de operação, para estimar a emissão de GEE, os estudos (HANSON e NOLAND, 2015a, HANSON e NOLAND, 2015b, GABRIELE *et al*., 2013, BARTHOLOMEU e CAIXETA FILHO, 2008, PINHEIRO, 2012, MATTOS, 2001, BORSARI, 2009, ANDRADE *et al*., 2014) utilizam informações do consumo de combustíveis nos diferentes veículos nas distâncias percorridas. Com a quantidade de veículos e o tipo de combustível utilizado é possível estimar as emissões para determinado trajeto. Este método é bastante utilizado na realização de comparações de estimativas no uso de diferentes modos para o transporte de determinada carga ou pessoas no mesmo trajeto.

Por considerar que em rodovias com melhores níveis de eficiência na fase de operação as emissões tendem a ser menores, devido ao menor consumo de combustível quando comparado a rodovias com baixo nível de eficiência, estudos (BARTHOLOMEU e CAIXETA FILHO, 2008, DEINFRA/SC, 2012, BANCO MUNDIAL, 2013, CNT, 2014b) têm sido realizados para estimar as emissões na fase de operação da rodovia considerando a execução de melhorias na mesma. Nestes estudos, considera-se o novo comportamento do tráfego com a realização da obra

de pavimentação, restauração ou aumento de capacidade em comparação com a situação do tráfego atual.

Neste sentido, Departamento Estadual de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina DEINFRA/SC (2012) estimou a redução de 8,5 Mt CO_2e com a execução de 12 obras rodoviárias inseridas no Programa de Infraestrutura Logística de Santa Catarina, parcialmente financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Esta estimativa considerou o período de projeto de 20 anos para as obras de pavimentações e de 10 anos para as de restauração. Esta estimativa foi obtida com o uso do *software Highway Development and Management Model* (HDM 4).

Em relação à operação dos veículos, o modelo HDM 4 calcula a redução nas emissões de poluentes atmosféricos, tanto os gases do efeito estufa (CO_2 e N_2O), quanto os não relacionados ao efeito estufa (HC, CO, SO_2 e material particulado). A quantidade de poluentes emitida por tipos de veículos considerados nas análises é resultado, principalmente, da quantidade de combustível consumido em função da velocidade que pode variar devido às condições da superfície, características geométricas ou também do nível de serviço que a rodovia apresenta (DEINFRA/SC, 2012).

Segundo NUNES (2012), o programa HDM 4 pode ser considerado uma das ferramentas mais disseminadas mundialmente no que diz respeito ao auxílio a engenheiros em sistemas de gerência rodoviários, principalmente para análises econômicas de alternativas de investimentos. Isto porque, este é um modelo capaz de reunir as principais características do modo de transporte rodoviário (condições da rodovia, custos de manutenção, custos de operação, etc.) e apresentar um estudo de viabilidade econômica através dessas informações.

Entretanto, o HDM 4 não abrange as emissões lançadas durante a fase de obras, como exemplo o plantio de árvores nos projetos de compensações florestais, o desmatamento de novas áreas, consumo de combustível pelas máquinas e caminhões, uso de insumo como o cimento e aço, funcionamento da usina de asfalto, tratamento e destinação final dos resíduos, madeira utilizada nas obras de artes especiais e correntes, entre outras.

Assim, o Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo (DER/SP) para estimar a redução das emissões com a execução das obras rodoviárias previstas no Projeto de Transporte Sustentável do Estado de São Paulo,

parcialmente financiado pelo Banco Mundial, agrupou as emissões em dois tipos: i – fase construção; e ii – fase operação. Para o cálculo na fase de construção foram utilizadas as emissões estimadas com base nos insumos a serem utilizados nas obras identificados nos projetos detalhados, como cimento, asfalto, aço, diesel e a gasolina. Já na fase de operação foi utilizado o software HDM 4. O total estimado de redução nas emissões de GEE foi de 98 mil toneladas de CO_2 (BANCO MUNDIAL, 2013). A metodologia detalhada utilizada para estimar as emissões da fase de obra não foi divulgada.

Ainda na fase de operação, as emissões de GEE no sistema rodoviário podem ser reduzidas pela diminuição no consumo de combustível. Grande número de variáveis influi nas composições das emissões veiculares (DEINFRA/SC, 2012):

> *a) o tipo de motor, ciclo Otto (ignição à faísca) ou do ciclo Diesel (combustão espontânea);*
> *b) o tipo de combustível, gasolina, álcool, diesel, gás natural veicular (GNV) ou biodiesel, que geram diferentes composições de emissões. Além disso, um determinado combustível pode ter diferentes constituições. É o caso da gasolina, em função de diferentes porcentagens de álcool misturado e do diesel em função dos teores de enxofre presentes;*
> *c) o estado de conservação e idade do veículo, pois à medida que os componentes do motor e os sistemas de filtros e catalisadores se desgastam, aumentam os níveis de emissões;*
> *d) características das vias. Vias que propiciam melhores condições de fluxo do tráfego, no que diz respeito a características como condições de pavimento, traçado geométrico e soluções para transposição das interseções possibilitam o aumento da velocidade média de percurso, com menor número de interrupções, o que contribui para a diminuição das emissões por km;*
> *e) operação do veículo, pois diversos experimentos e medidas de campo têm mostrado que as emissões veiculares ocorrem em maior quantidade nas fases de aceleração e desaceleração. Assim, estilos de condução mais ou menos agressivos, têm influência direta no total de poluentes emitidos. Com isso, o total de emissões pode ser significativamente diferente caso se considere o percurso com velocidade média constante ou com velocidades variando em torno dessa média e caracterizando diferentes combinações ao longo do tempo de regimes de aceleração, desaceleração, cruzeiro ou parado.*

Em relação à diminuição de emissões em função da melhoria da eficiência das rodovias, conforme a pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) no ano de 2014 onde apontou que 49,9 % das rodovias possuem pavimento regular,

ruim ou péssimo, este fato representa um aumento do consumo de combustível dos veículos que por elas trafegam, tendo reflexos diretos nos custos das viagens e nas emissões de poluentes. O mesmo estudo aponta que caso estas rodovias fossem classificadas como boas ou ótimas, considerando o consumo de caminhões e ônibus rodoviários que por elas trafegam, haveria uma economia de 737 milhões de litros de óleo diesel, em 2014. Isso representaria uma economia de R$ 1,79 bilhão, com uma redução de emissões de GEE de 1,96 Mt CO2 no mesmo ano (CNT, 2014b).

HANSON e NOLAND (2015a) indicam que a adoção de estratégias de interrupção planejada de tráfego em obras de construção e manutenção rodoviárias podem minimizar as emissões de GEE pelos veículos que trafegam na rodovia.

FERREIRA (2011) sugere quatro linhas de ação para mitigação das emissões de GEE no setor de rodovias:

> *a) substituição de combustíveis fósseis: ampla adoção de biocombustíveis ou outras fontes de energia renovável em parcela muito significativa da frota, abandonando o uso de combustíveis fósseis;*
> *b) racionalização e mudança do modo: a redução das emissões através da migração para modos de transporte menos poluentes e através da racionalização e aumento da eficiência dos sistemas existentes;*
> *c) aprimoramento tecnológico: aumento da eficiência dos veículos no que se refere ao consumo de energia e emissões de GEE;*
> *d) gestão da demanda: redução da quilometragem total percorrida pelos veículos através de melhor controle e ordenamento das atividades no território.*

Na fase de execução da obra rodoviária, foco deste trabalho, temos as emissões referentes ao consumo de combustível fóssil e de biocombustíveis nas fontes móveis e estacionárias utilizadas nas mais diversas atividades durante execução da obra rodoviária, como máquinas, caminhões, usinas de asfalto, concreto e solos; alteração no uso do solo; utilização de insumos que demandam energia no processo de produção (cimento, material betuminoso, aço, madeira, brita e areia comercial...); geração de resíduos, entre outras fontes. O Plantio de árvores na implantação de sinalização, paisagismo e na recuperação de área degradas em atividades relacionadas à obra rodoviária contribuem para a remoção de CO_2.

PARK *et al*. (2003) relata que os insumos utilizados nas obras rodoviárias, bem como o combustível, a eletricidade utilizada nos equipamentos e instalações do

canteiro de obras têm um impacto ambiental significativo na concepção do empreendimento rodoviário como um todo, exemplo as emissões de GEE.

Embora as emissões de GEE da construção de rodovias representam apenas 5 - 10 % das emissões totais de GEE no setor, elas estão crescendo rapidamente devido a grandes programas rodoviários em curso para apoiar o desenvolvimento econômico (BANCO MUNDIAL, 2010).

HANSON e NOLAND (2015b) concluíram em seu estudo que as obras de construção emitem aproximadamente 20 % do total das emissões de GEE ao longo de 50 anos da operação da rodovia.

Dada à importância do tema, instituições do setor de transportes, como exemplos empreendedores, órgãos de ambientais, agentes financeiros, entre outros, estão considerando maneiras de estimar a redução de GEE associadas com diferentes projetos de construção de rodovias através de abordagens para a aquisição de material e fabricação, e a tecnologia empregada na construção (CASS e MUKHERJEE, 2011).

O BID desenvolveu uma metodologia de estimativa de emissões para ser utilizada nos processos de análise de viabilidade ambiental dos financiamentos de obras rodoviárias. A metodologia tem por base que em cada m² de obra de reabilitação em uma rodovia há emissão de 8,88 tCO_2. Para construção com pavimentação de uma rodovia há 182,99 tCO_2/m^2 (BREISINGER, 2012). Nesta estimativa estão inclusos as emissões dos equipamentos, máquinas utilizadas durante a obra e as emissões durante os processos industriais para confecção dos insumos, como cimento, materiais betuminosos, entre outros.

As emissões nos processos para confecção dos insumos englobam as fases de extração, beneficiamento, transporte e uso.

HANSON e NOLAND (2015a e 2015b) utilizaram a ferramenta GASCAP para estimar as emissões em obras no Estado de Nova Jersey (EUA). Esta ferramenta estima as emissões diretas de cada fase da construção e manutenção em empreendimentos rodoviários. Incluem as emissões associadas à produção dos insumos de construção, equipamentos, mobilização da construtora, interrupção do tráfego durante a construção e atividades de manutenção ao longo da fase operação. Os parâmetros utilizados como referência são aplicados aos EUA e têm diferentes fontes de pesquisa. As TAB. 2.1 e 2.2 apresentam as estimativas da

emissão de GEE por diferentes categorias de intervenção em obras rodoviárias. A obra da Nova Jersey *Route* 47 (TAB. 2.1) possui a extensão de 4,5 km com uma pista em cada lado. Já a obra na Nova Jersey *Route* 35 (TAB. 2.2) possui 6,5 km com duas pistas em cada sentido.

TAB. 2.1 Emissões por categorias de intervenção - *NJ Route* 47

Categoria	Emissões			
	Completa interrupção do tráfego		Interrupção intermitente do tráfego	
	($MtCO_2e$)	(%)	($MtCO_2e$)	(%)
Materiais	1.000,780	37,46	1.000,780	46,50
Equipamentos	118,402	4,43	118,402	5,50
Manutenção	793,144	29,69	793,144	36,85
Mobilização	59,637	2,23	59,637	2,77
Interrupção do tráfego	699,519	26,18	44,434	2,06
Gerador de energia	0	0,00	136,017	6,32
Total	2.671,483	100,00	2.152,415	100,00

HANSON e NOLAND, 2015a

Conforme apresentado na TAB 2.1, houve uma redução de 519,7 $MtCO_2e$ no cenário com interrupção intermitente de tráfego. Na definição deste cenário os autores acrescentaram o uso de geradores de energia para execução de trabalhos noturnos.

TAB. 2.2 Emissões por categorias de intervenção - *NJ Route* 35

Categoria	Emissões	
	($MtCO_2e$)	(%)
Materiais	26.639,7	76,20
Equipamentos	1008,1	2,88
Manutenção	3507,2	10,03
Mobilização	3804,4	10,88
Interrupção do tráfego	1,1	0,00
Total	34.960,5	100,00

HANSON e NOLAND, 2015b

Nas TAB 2.1 e 2.2 podemos perceber a diferença proporcional da categoria “materiais”, pois as obras da NJ *Route* 35 compõem-se de duas vias em cada sentido. Mesmo assim, em ambos os casos esta categoria representa o maior valor de emissões. Importante salientar que nesta categoria estão inseridas as emissões referentes ao transporte.

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ *et al*. (2015) com o uso da ferramenta CO_2NSTRUCT realizaram um estudo de estimativas de emissões nas obras da 4 *lane Highway* na cidade de Real (Espanha). A rodovia possui a extensão de 30,360 km com 2 pistas em cada sentido. O total estimado foi de 390.000 tCO_2e, na fase de construção da rodovia, e de 71.500 tCO_2e na fase de manutenção, em um horizonte de 50 anos de operação. Os autores indicam que a ferramenta CO_2NSTRUCT permite as análises dos resultados de forma contextualizada, tornando assim disponível um quadro adequado para avaliar a contribuição de diferentes elementos envolvidos e as alternativas possíveis dentro de um projeto rodoviário. Neste trabalho os autores concluem que na fase de construção o elemento mais importante para a redução das emissões são as grandes máquinas e que uma nova e melhor tecnologia de máquinas, combustíveis mais limpos e técnicas de construção mais eficientes podem ajudar a mitigar as emissões que ocorrem nesta fase, como exemplo as atividades de terraplanagem.

Com o objeto do desenvolvimento de uma ferramenta de planejamento, concepção e construção de estradas na região Asiática, com base na quantificação de emissões de GEE durante a fase de obras, o Banco Mundial (BIRD) elaborou

uma metodologia para que os tomadores de decisão pudessem ser mais e melhores informados e que resultem em rodovias de baixo carbono (BANCO MUNDIAL, 2010).

Nesse trabalho foi desenvolvida uma ferramenta de informática chamada de ROADEO capaz de estimar as emissões em obras rodoviárias. Como dados de entrada são utilizadas informações das características das rodovias e das máquinas a serem utilizadas. Nesta ferramenta, para caracterização das rodovias são necessários 26 parâmetros. As TAB 2.3, 2.4 e 2.5 apresentam os resultados quantitativos de emissões obtidos na calibração do programa ROADEO para as características das obras rodoviárias na Ásia. Na TAB. 2.3, conforme previsto, podemos visualizar que quanto maior a capacidade de tráfego da rodovia, maiores são as emissões relacionadas à quantidade de insumos e equipamentos envolvidos, além da área de impacto da obra. A construção de 1 km de via expressa emite o equivalente de toneladas de CO_2 para 4 km de rodovias nacionais, 15 km de rodovias estaduais e cerca de 33 km de rodovias rurais (BANCO MUNDIAL, 2010). Na TAB. 2.4 visualiza-se que as estruturas e obras de arte complementares representam quase 50 % (46,4 %) das emissões para a construção de uma via rápida. As definições destes itens no momento do projeto são de suma importância para minimizar as emissões de GEE da rodovia. Nas rodovias nacionais, as barreiras de segurança representaram um quarto das emissões globais durante a construção (BANCO MUNDIAL, 2010). A TAB. 2.5 nos mostra a importância da adoção de estratégias na definição de quais materiais serão utilizados nas obras, com preferência aos de baixo teor de carbono na extração, beneficiamento e com origem próxima ao local da construção da rodovia.

TAB. 2.3 Emissões de tCO_2e por tipo de rodovias

	Via expressa	Rodovias nacionais	Rodovias estaduais	Rodovias rurais[1]	Rodovias rurais[2]
Emissões (tCO_2e/km)	3.234	794	207	90	103

BANCO MUNDIAL, 2010

Nota: Via expressa: rodovia dividida por barreira física e usado pelo tráfego de alta velocidade com acesso controlado ou parcialmente controlada. Rodovias nacionais: geralmente financiado, construído, e operado pelo governo nacional ou, mais especificamente, o Ministério dos Transportes. Rodovias estaduais: geralmente financiado, construído e operado pelos governos estaduais. Rodovias rurais[1]: construída com apenas um desgaste de cascalho e operado pelos municípios. Rodovias rurais[2]: estrada com tratamento de superfície, geralmente uma importante via de acesso em áreas rurais (geralmente de maior qualidade do que rodovias rurais[1] por causa de seu maior e pesado tráfego).

TAB. 2.4 Emissões de tCO_2e por intervenção rodoviária em tipos de rodovias

Intervenção Rodoviária	Via expressa	Rodovias nacionais	Rodovias estaduais	Rodovias rurais[1]	Rodovias rurais[2]
Terraplenagem	161	16	12	3	3
Pavimentação	1.334	425	157	72	86
Obras de arte correntes	238	51	17	12	12
Estruturas	1.068	119	21	3	3
Obras de arte complementares	432	182	0	0	0
Total (tCO_2e/km)	3.234	794	207	90	103

BANCO MUNDIAL, 2010

TAB. 2.5 Emissões de tCO_2e em diferentes categorias por tipo de rodovias

Tipo Rodovia	Emissões (tCO_2e/km)			
	Transporte	Materiais	Equipamentos	Total
Via expressa	1.004	2.122	109	3.234
Rodovias nacionais	235	523	36	794
Rodovias estaduais	66	112	29	207
Rodovias rurais[1]	20	56	14	90
Rodovias rurais[2]	26	62	14	103

BANCO MUNDIAL, 2010

No desenvolvimento do ROADEO, foram levantadas as principais características e semelhanças de outros métodos aplicados à construção rodoviária, a saber:

a) Materiais: são utilizados fatores de emissão que abrangem a confecção dos insumos utilizados nas obras.

b) Transporte: emissões durante o transporte dos insumos.

c) Processo de construção: envolve as emissões dos equipamentos utilizados na construção.

d) Outros: em menor medida, como o transporte de pessoal, despesas de gestão, resíduos etc.

Neste aspecto a equipe técnica do BIRD concluiu que todas as ferramentas são ferramentas de cálculo simples que combinam as fontes de emissões, e adicionando-se emissões provenientes das diversas fases do processo de construção e de vários componentes das obras rodoviárias.

Outra característica importante, levantada pela equipe, foi que as quantidades de serviços utilizadas requerem informações detalhadas sobre o projeto da rodovia, tais como a quantidade, tipo e fator de produção de cada equipamento. Informações detalhadas de transportes, material da composição do pavimento, entre outras. Neste ponto, a equipe conclui que este nível de informação é muito pesado e muitas vezes não estão disponíveis, podendo restringir a utilização da ferramenta para os especialistas da área rodoviária.

A equipe ainda recomendou que os métodos de estimativas de emissões devem exercer grande cuidado na seleção de valores de referência a serem propostos nas ferramentas, e citam como exemplo o caso da eletricidade, que está relacionada com a forma sua produção (carvão, gasolina, gás, hidráulica, nuclear), o que são altamente influenciados pelos países.

Neste sentido, PARK *et al*. (2003) reforçam que a maioria das atividades de construção de rodovias é realizada com máquinas pesadas que consomem energia com origem em combustíveis fósseis e biocombustíveis. O consumo de energia das máquinas pode variar de acordo com a escala, a deterioração de máquinas e a habilidade dos operadores.

CASS e MUKHERJEE (2011) afirmam que diferentes tipos de construção e qualidade de equipamentos utilizados no local afetam significativamente a emissões totais do projeto.

Após obter as informações de emissões das construções, tem-se que tomar a decisão de forma a desenvolver soluções que promovam a construção rodoviária no

sentido de baixo carbono, possível pela escolha de materiais, tecnologias adequadas e pela compensação das emissões resultantes.

A escolha de materiais e técnicas para a construção e de manutenção tem uma ampla variedade de impactos que vão desde a poluição local e degradação ambiental à contribuição de gases com efeito de estufa e as alterações climáticas. A reciclagem do pavimento no final do ciclo de vida pode também proporcionar ganhos substanciais com a diminuição dos impactos ambientais, como exemplo a menor necessidade do uso de matéria prima virgem e menor emissão de GEE (BANCO MUNDIAL, 2010).

A análise das emissões de GEE usando uma abordagem de ciclo de vida no empreendimento rodoviário, a construção da infraestrutura de transporte confirma a relevância de sua contribuição para o aquecimento global e merece mais atenção (FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ *et al*., 2015).

Os esforços de mitigação são relativamente fáceis de gerenciar e podem ter impactos visíveis (o que é de interesse para as instituições financeiras internacionais como o Banco) em comparação com ações sobre o tráfego rodoviário (BANCO MUNDIAL, 2010).

A preocupação com as emissões de GEE e as mudanças climáticas impulsionou o desenvolvimento de ferramentas que contribuem para a tomada de decisão de forma transparente em diversos setores e transportes não é exceção. O desenvolvimento inicial de ferramentas e métodos foi focado nas atividades de transporte na fase de operação. Apenas recentemente é que estudos começaram a analisar as emissões de GEE dos empreendimentos rodoviários de forma abranger as fases de planejamento, projeto, construção, manutenção e própria operação, sendo que estas novas ferramentas estão apenas começando a ser desenvolvidas (BANCO MUNDIAL, 2010).

Algumas recomendações são feitas no desenvolvimento destas ferramentas (BANCO MUNDIAL, 2010):

- Facilidade na adição e alterações de características operacionais de equipamentos, materiais e fatores de emissão;
- A ferramenta deve ser fácil de usar auxiliando os usuários (incluindo não engenheiros) para avaliar as quantidades de GEE;

- A ferramenta deve ser útil para os planejadores e projetistas de forma a ser usada para avaliar e comparar as propostas ou definições de métodos construtivos do projeto;
- O relatório de saída deve ser útil para a tomada de decisões (engenharia, planejamento). Portanto, a ferramenta deve identificar impactos das decisões;
- A ferramenta deve ser usada para identificar, propor e avaliar o impacto das alternativas de construção ou de gestão.

Em relação ao incentivo no uso das práticas de redução de emissões, com base nos atuais valores do mercado de carbono, o BANCO MUNDIAL (2011) conclui que tais técnicas não satisfazem os critérios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e não seriam elegíveis para beneficiar créditos de carbono. Entretanto, salientam que caso seja adotado um valor social e econômico do carbono, as práticas de redução de emissão de GEE em obras rodoviárias podem ser atrativas sob o aspecto financeiro.

2.3 Infraestrutura de Transportes no Brasil

2.3.1 Considerações Gerais

O tamanho do Brasil, 5° país em extensão territorial do mundo, gera uma alta demanda de infraestrutura de transportes de forma atender a necessidade de movimentação de longas distâncias. O relatório do PBMC (2014c) cita ainda que o relativo isolamento do Brasil no hemisfério Sul requer uma infraestrutura de transporte intercontinental e inter-hemisférico de suas importações ou de suas exportações destinadas atender as demandas e ofertas ao redor do mundo, especialmente da América do Norte, Europa, Ásia e América do Sul.

A infraestrutura de transportes tem um impacto decisivo para a sustentabilidade econômica de um país, dada a capacidade de promover a ligação dos centros produtores e dos consumidores de produtos, além de proporcionar o transporte das pessoas, por garantir seu desenvolvimento (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES,

2013). FABIANO (2013) destaca que o setor de infraestrutura de transportes tem se mostrado de fundamental importância para o crescimento econômico do Brasil além da necessidade de altos investimentos para a retomada do crescimento e desenvolvimento do país.

COSTA (2010) relata que no Brasil o setor dos transportes é essencial para o desenvolvimento dos vários setores da economia, influenciando decisivamente nas atividades comerciais, industriais e de serviços, além do papel que exerce no bem-estar social pela acessibilidade que promove, tanto de mercadorias como de pessoas e nos seus efeitos multiplicadores, no que concerne à geração de emprego e renda.

Uma eficiente infraestrutura de transportes potencializa os ganhos das cadeias produtivas por fomentar maior integração dos agentes, fluxo de mercadorias, pessoas, além da diminuição do tempo de trânsito e na garantia da qualidade desejada. Assim, contribui com a geração de renda e emprego (BETARELLI JUNIOR, 2007).

Vale destacar que a eficiência das infraestruturas de transportes está diretamente relacionada a dois grandes fatores, a existência e disponibilidade nos locais e nas condições em que são demandadas e por sua adequação aos propósitos para os quais foram projetadas. Quando estas condições não são encontradas, os resultados causam impactos negativos na cadeia produtiva, como exemplos, entre outros, citam-se o aumento dos prazos de entrega, dos custos de frete, dos tempos de viagem, do número de perdas, do risco de avarias nas cargas, do preço final do produto a ser comercializado e do índice de emissão de poluentes e GEE (CNT, 2014a).

Dados do Plano CNT de transporte e logística do ano de 2014 apresenta a participação do modo rodoviário como predominante na matriz de transporte de cargas e de passageiros no Brasil. No transporte regional de cargas, em milhões de TKUs, sua participação é de aproximadamente 61,1 % do total. Na matriz de transporte de passageiros, o modo rodoviário predomina com 95 % de participação (CNT, 2015).

A FIG. 2.3 apresenta a distribuição no uso dos modos no transporte de carga no Brasil.

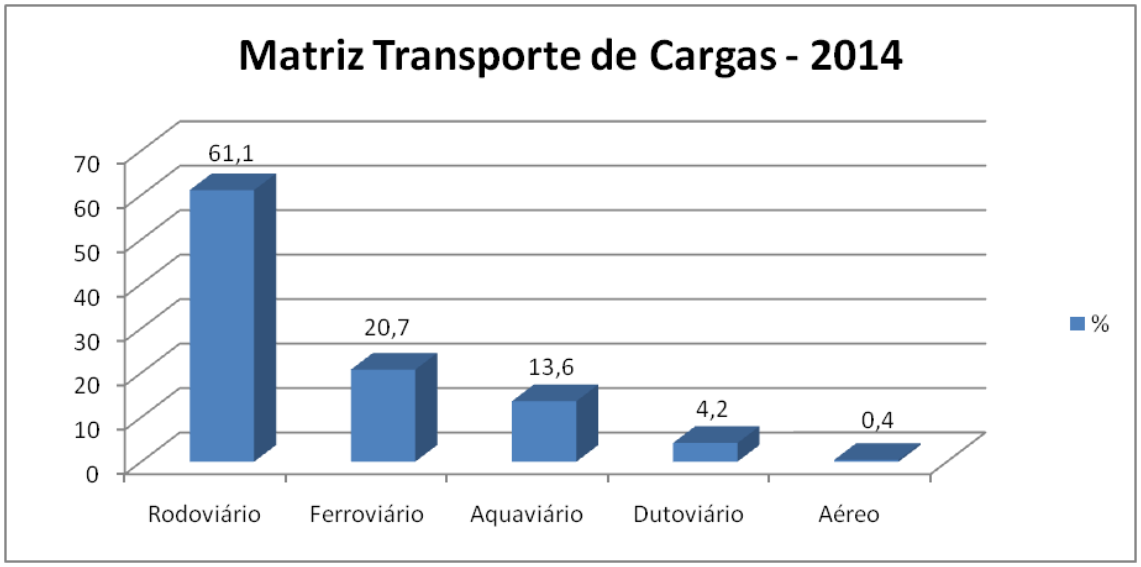

FIG. 2.3 Matriz transporte de cargas em 2014 (%)
CNT, 2014a

Esta predominância no uso do modo rodoviário alinhada a deficiências de projeto, má gestão e ausência de manutenção, resulta em desperdício de tempo e em impactos com elevados custos, tais como consumo de combustível, acidentes, poluição, desgaste e avarias nos veículos. Sendo que, a oferta inadequada de infraestrutura de transportes, energia e as telecomunicações no Brasil, são identificadas atualmente como o fator mais problemático para a realização de negócios, inibindo a competitividade global do país (CNT, 2014a).

Conforme o trabalho de ERHART e PALMEIRA (2006) que analisa os transportes no Brasil com vistas à competitividade econômica, é necessário aumentar e melhorar os investimentos nos sistemas de transportes rodoviários, ferroviário e aquaviário, de forma adequar a matriz de transportes, melhorando a eficiência e eficácia no escoamento da produção e assim, tornando o Brasil mais competitivo no mercado mundial.

A expansão da produção agrícola e mineral, em especial nas regiões Centro-Oeste e Norte do país, associada à crescente demanda internacional por bens primários, tem aumentado as pressões sobre a infraestrutura de transportes relacionada ao comércio exterior: rodovias, ferrovias e portos. Além disso, o crescimento econômico e a melhoria na distribuição de renda ocorridos na última década também contribuíram para um aumento da demanda por transporte regional de passageiros. Outro aspecto importante, a maior facilidade de aquisição de

automóveis também contribuiu para este aumento de demanda, por aumentar a necessidade de investimentos na melhoria e na expansão de capacidade das infraestruturas rodoviárias, aéreas (aeroportuária e aeronáutica) e ferroviária (adaptado DNIT, 2014).

Essa situação vem provocando congestionamentos e crises constantes, tanto nos itinerários rodoviários, quanto no transporte aéreo. Isso significa que a dinâmica da sociedade no Brasil tem sido mais rápida do que a capacidade das entidades ligadas à administração e à gestão das infraestruturas em entenderem que, sem adequados meios de transporte, não haverá desenvolvimento nos estados e no país (DEINFRA/SC, 2012).

Esta alta demanda por investimento na implantação, melhoria e manutenção das infraestruturas de transportes devido à melhoria de renda da população tende a diminuir com a atual crise que assola o Brasil. Entretanto, o investimento em infraestrutura de transporte de forma a tornar o Brasil mais competitivo nos custos de logísticas em relação a outros países, é alto, crescente e uma das estratégias que podem contribuir para a minimização dos impactos negativos da atual crise econômica.

Em relação aos desafios lançados pelas mudanças climáticas, o Brasil apresenta potencial de mitigação de emissões de dióxido de carbono no setor de transportes, principalmente por ter nele uma matriz desequilibrada que enfatiza o modo rodoviário, tanto para cargas quanto para passageiros. A transferência de modo pode trazer reduções consideráveis no consumo de energia e, consequentemente, no volume de CO_2 a ser emitido (PBMC, 2014c).

Por considerar que algumas regiões do Brasil poderão ter seus índices e padrões de temperatura e chuva alterados e a intensificação de eventos severos com o aquecimento global (PBMC, 2014b), a engenharia brasileira tem um papel essencial para promoção da sustentabilidade em todas as etapas que envolvem a concepção das infraestruras de transportes e sua interface com as mudanças climáticas – planejamento, projeto, implantação, manutenção e operação.

2.3.2 O Modo Rodoviário

2.3.2.1 Caracterização da Malha Rodoviária Nacional

O modo rodoviário lidera a matriz de transportes no Brasil e tem desempenhado o importante papel de promoção do desenvolvimento econômico-social e de fazer a integração entre os demais modos de transporte (CNT, 2014b).

GALVÃO (1996) ressalta que as rodovias emergiram na era moderna como a única modalidade de transportes que foi capaz de interligar efetivamente os vários espaços nacionais, por refletir nos padrões passados e atuais do desenvolvimento brasileiro.

A infraestrutura rodoviária é composta de empreendimentos motivadores de desenvolvimento que fomentam a mobilidade urbana, facilitando o acesso a serviços públicos e privados de saúde, educação, segurança, turismo, cultura, esporte, entre outros, e apresenta grande importância para a manutenção das atividades econômicas, propiciando uma melhor infraestrutura logística de transportes.

O empreendimento rodoviário inclui-se entre as realizações da maior importância para o desenvolvimento socioeconômico, detendo acentuado poder indutor de tal desenvolvimento e constituindo no principal elemento ou fator de integração socioeconômica (DNIT, 2006b).

A malha rodoviária brasileira com mais de 1,7 milhões de km tem a sua jurisdição exercida em três distintos níveis, federal, estadual e municipal. As rodovias federais, integrantes do plano rodoviário federal, estão sob a jurisdição do Ministério dos Transportes (MT), órgão encarregado de formular, entre outras, a política de transporte rodoviário do país. As rodovias pertencentes à União são administradas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), encarregado de executar a política de transporte rodoviário formulada pelo MT. No caso das rodovias federais outorgadas em concessão à iniciativa privada, esta jurisdição é exercida pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). As rodovias estaduais e municipais são administradas de forma semelhante às da

União, por meio de suas secretarias de infraestrutura de transportes, órgãos rodoviários, agências reguladoras de transportes e diretamente pelas prefeituras.

A TAB 2.6 apresenta a distribuição da atual malha rodoviária brasileira (km) conforme dados do Sistema Nacional de Viação (SNV) nos três níveis de jurisdição (DNIT, 2015a). Dados atualizados em 22 de setembro de 2015.

TAB. 2.6 Malha rodoviária brasileira (km)

Jurisdição	Planejada	Não Pavimentada	Pavimentada	Total
Federal	43.937,0	11.510,8	64.596,2	120.044,0
Estadual	36.215,2	105.600,6	119.747,0	261.562,8
Municipal	77.381,9	1.234.918,3	26.826,7	1.339.126,9
Total	157.534,1	1.352.029,7	211.169,9	1.720.733,7

DNIT, 2015a

Conforme apresentado na tabela acima, apenas 13,5 % da malha rodoviária brasileira implantada encontra-se pavimentada.

Conforme CNT, 2014b dentre a malha pavimentada, alguns trechos, oferecem condições de trafegabilidade com segurança e conforto para os usuários. Em outros, encontram-se em estado crítico, oferecendo risco para os usuários que nelas trafegam e necessitando de intervenções em maior ou menor escala.

Este estado crítico tem origem desde o ano de 1980, em que a malha rodoviária brasileira vem passando por um intenso processo de deterioração, devido à ausência das obras de conservação e manutenção, resultando no aumento dos níveis de acidentes, maiores custos de transporte de cargas e perda de competitividade do país. Uma alternativa para mudar este cenário são os programas de construção, recuperação e ampliação de capacidade de rodovias estaduais e federais, com o apoio das agências multilaterais de crédito, principalmente o BID, BIRD, e recentemente o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Banco do Brasil (BB) e a CAIXA. Além disso, a partir de 1995, o Ministério dos Transportes deu início ao processo de concessões de rodovias federais, transferindo à iniciativa privada a responsabilidade pela manutenção e melhoria da

qualidade de rodovias com alta densidade de tráfego, tentando, assim, suprir a crônica falta de recursos fiscais destinados às obras viárias (adaptado COSTA, 2010).

O transporte rodoviário apresenta em sua infraestrutura problemas decorrentes de deficiências no planejamento, na execução e na manutenção. A comparação tanto da extensão de rodovias pavimentadas como da extensão de rodovias com mais de uma faixa por sentido, com países de dimensões semelhantes, coloca o Brasil em uma grande desvantagem competitiva, estando situado abaixo dos valores médios – para o conjunto de países (CNT, 2014a).

Esta infraestrutura rodoviária deficiente impacta em diversas formas o ambiente, como por exemplo, o desperdício de tempo na realização de viagens, a elevação do custo operacional dos veículos, o incremento da emissão de material particulado e de gases de efeito estufa, o desgaste e as avarias nos veículos e a perda de competitividade do país, além do elevado número de acidentes nas rodovias brasileiras (CNT, 2014b).

Como resultado da pesquisa de verificação das condições da malha rodoviária brasileira pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), com uma abrangência de toda a malha rodoviária federal e as principais rodovias estaduais pavimentadas do País em mais de 100.000 km, verificou-se que 57,3 % apresentaram algum tipo de deficiência no estado geral (que inclui a avaliação conjunta do pavimento, da sinalização e da geometria da via), sendo que 6,3 % estavam em péssimo estado, 16,1 % ruim e 34,9 % regular. Possuem condições adequadas de segurança e desempenho 42,7 %, que tiveram classificação ótima ou boa no estado geral. Em relação ao pavimento, foram identificados 48,6 % da extensão com algum tipo de deficiência. A sinalização apresenta problemas em 51,4 % da extensão avaliada, e a geometria da via, em 77,2 %. Os problemas das rodovias brasileiras tornam-se ainda mais graves com a constatação de que 86,5% dos trechos avaliados apresentam rodovias simples de mão dupla (CNT, 2015).

Pela importância do modo rodoviário na movimentação de bens e pessoas no Brasil, a sua infraestrutura necessita de investimentos contínuos visando à manutenção, à recuperação e à ampliação da malha rodoviária pavimentada (CNT, 2014b).

A melhoria das rodovias brasileiras é fator essencial para aumentar significativamente o desempenho do transporte rodoviário. Com o aprimoramento das condições na infraestrutura rodoviária, reflexos positivos serão sentidos no desenvolvimento econômico do País, além de impactos ambientais positivos, o que justifica a necessidade de investimentos nesse importante agente da economia (CNT, 2015).

2.3.2.2 Projeto de Engenharia Rodoviária

O planejamento da construção de uma rodovia considera três estágios (DNIT, 2006a):

- Plano Diretor;
- Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica-Ambiental (EVTEA);
- Projeto de Engenharia.

O plano diretor é sustentado no Plano Nacional de Viação, o qual tem o objetivo de permitir o estabelecimento da infraestrutura de um sistema viário integrado, assim como as bases para planos globais de transporte que atendam, pelo menor custo, às necessidades do País, sob o múltiplo aspecto econômico-social-político-militar (BRASIL, 1973).

O EVTEA de rodovias é o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais, econômicos e ambientais decorrentes dos investimentos na implantação de novas rodovias ou melhoramentos de rodovias já existentes. A avaliação apura se os benefícios estimados superam os custos com os projetos e execução das obras previstas (DNIT, 2006a).

As atividades de projeto de engenharia traduzem a obra em um elenco de serviços, com as respectivas quantidades e unidades de medida, de tal forma que, realizados todos eles, a obra rodoviária projetada estará completa e acabada (DNIT, 2003). A obra rodoviária compreende, por exemplo, a construção e a pavimentação da plataforma e/ou da pista de rolamento e a construção de pontes e viadutos, serviços de manutenção da rodovia existente, entre outras intervenções (DNIT, 2006c).

O projeto de engenharia divide-se, conforme o nível de detalhamento e precisão, em duas etapas, básico e executivo.

A Lei Federal 8.666/1993, Art. 6°, conhecida como “Lei das Licitações” traz a definição destas duas etapas do projeto de engenharia:

> *IX – Projeto Básico - conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução...*
> *X – Projeto Executivo - o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.*

Conforme os tipos das intervenções rodoviárias, construção, restauração, duplicação, aumento de capacidade ou manutenção, os projetos de engenharia têm seus escopos orientados por normas específicas para cada situação.

No âmbito da malha rodoviária federal compete ao DNIT estabelecer padrões, normas e especificações técnicas para a elaboração de projetos e execução de obras rodoviárias (BRASIL, 2001). Nos Estados, os órgãos rodoviários possuem atribuições legais para normatizar as intervenções de sua competência. Entretanto, ressalta-se que as normas editadas pelo DNIT servem como orientação aos demais Estados e Municípios da nação.

Na elaboração dos projetos rodoviários são realizadas diversas atividades que envolvem uma integração de estudos e análises em diferentes áreas do conhecimento, como geológico, geotécnico, topográfico, hidrológico, tráfego, econômico, ambiental e de traçados. Como resultado destes estudos e análises são elaborados os projetos geométricos, terraplenagem, drenagem, pavimentação, obras de arte especiais, interseções, retornos e acessos, sinalização, obras complementares, desapropriação, paisagismo, canteiro de obras, acampamento do pessoal, ambiental e orçamento da obra (DNIT, 2006c).

Destaca-se que o estudo de traçados, elaborado com base no conjunto de informações dos outros estudos realizados, submete a uma avaliação comparativa entre as possibilidades para fins de definição do traçado a ser projetado.

Inicialmente é realizada uma comparação que abrange aspectos básicos técnicos (traçado, topografia), funcionais (controle de acesso, interseções, aumento de nível de serviço), econômicos (análise sucinta preliminar de alternativas entre si e a situação existente comparando custos de implantação com benefícios sob forma de redução nos custos operacionais, em tempos de percurso, em número de acidentes, sem pretender nesta fase análise muito detalhada), ambientais (melhorias do ambiente urbano), financeiros (possibilidades de adiamento de investimentos de vulto) e outros necessários (DEINFRA/SC, 2006).

Após esta etapa inicial, definiram-se as melhores alternativas de traçados para que seja realizada uma análise comparativa em um maior nível de precisão. Esta segunda etapa, consideram indicadores dos aspectos de geologia e geotécnica, terraplenagem, hidrologia e drenagem, obras de arte especiais, faixa de domínio, pavimentação, ambientais, entre outros. Na matéria ambiental, estes estudos têm por objetivo relacionar as características físicas das obras, identificar os segmentos críticos no que tange aos impactos ambientais significativos, as respectivas medidas mitigadoras e selecionar as alternativas em função dos custos de implantação e operação. A seleção da alternativa, em relação à dimensão ambiental, é realizada com base nos dados obtidos em função de perfil do relevo, características geológicas e hidrogeológicas, pluviosidade da região, tipos de cobertura vegetal e drenagem (adaptado DNIT, 2006c). O objetivo da análise ambiental no estudo de traçados é identificar a alternativa menos conflitante (DEINFRA/SC, 2006).

A interação durante a elaboração dos projetos de engenharia, estudos ambientais e o licenciamento ambiental caracteriza uma acentuada interface. Esta integração, que envolve principalmente a recepção das medidas de eliminação, mitigação e compensação dos impactos ambientais e das condicionantes impostas pelos órgãos licenciadores, é fator essencial de sucesso das fases de obra e operação da rodovia. Recomenda-se que haja um intenso processo interativo entre as equipes que desenvolvem as duas atividades (elaboração do Projeto de Engenharia e elaboração dos Estudos Ambientais) com o procedimento de licenciamento ambiental (adaptado DNIT, 2006c).

O escopo dos estudos desenvolvidos para os aspectos ambientais de um empreendimento rodoviário é variável, sendo definido em função da sua natureza,

características, peculiaridades, área de influência e dos estudos necessários ao processo de seu licenciamento. (DNIT, 2006c).

A variável ambiental de um projeto rodoviário é alcançada com base na elaboração de um elenco extremamente diversificado e complexo de estudos técnicos, econômicos e ambientais, desenvolvidos em estágios sucessivos, em conjunto com o desenvolvimento dos estudos pertinentes da engenharia rodoviária e em processo interativo. As soluções finais emergentes devem refletir, harmonicamente, o equilíbrio entre os condicionamentos ditados pelo atendimento ambiental e os preceitos de melhoria contínua e dos aspectos técnicos e econômicos da engenharia (que presidem as decisões inerentes ao poder público). A análise ambiental não pode ser limitada a um estudo ambiental de subsídio para o processo de licenciamento ambiental, ou seja, trata-se de encontrar as melhores soluções de engenharia que considerem com eficácia, a eliminação, mitigação e compensação de impactos indesejáveis ao meio ambiente e não de colecionar justificativas para as soluções padronizadas (DNIT, 2006c).

É no projeto executivo de engenharia que se materializa um elenco vasto e diversificado de ações ambientais, que se desenvolvem concomitantemente com a execução das obras que são traduzidas nos programas ambientais correlacionados com as atividades de construção e operação rodoviária. O elenco de programas ambientais é variável, em função das particularidades do meio ambiente em que se inserem o empreendimento e o tipo deste (DNIT, 2006c).

O DNIT (2006b) apresenta na publicação IPR 729 uma listagem de 22 programas ambientais de forma a promover o monitoramento da fase de obras. Um dos programas de monitoramento apresentado nesta lista é o IS-09 – Programa de Controle de Material Particulado, Gases e Ruídos. Este programa é executado com base em indicadores estabelecidos e identificações de atividades, situações prováveis de ocorrência de significativos efeitos ambientais adversos, onde são executados o monitoramento e o controle nas pedreiras, usinas de asfalto, caminhos de serviço e das frentes de terraplenagem e pavimentação.

No caso de obras públicas, os projetos de engenharia são os elementos essenciais de viabilização dos processos de licitação para contratação de empresas para execução das obras, devendo apresentar um orçamento detalhado em

planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários (BRASIL, 1993).

O projeto executivo é elaborado para preparar a execução da obra. Nele são assumidas as indicações do projeto básico e aprofunda-se em um elevado grau de detalhamento (exemplo: orçamento, quantitativos, plantas de obras de arte especiais, perfis transversais, etc.), de forma que possa servir como base segura para a licitação e a execução da obra (Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de Santa Catarina (DER/SC), 2000).

Na atividade de orçamento, parte integrante dos projetos, cabe estimar os custos de todos esses serviços, cuja soma corresponde ao custo direto da obra (DNIT, 2003).

O custo de obras e serviços rodoviários contratados e executados com recursos dos orçamentos da União é obtido a partir de composições de quantitativos e de custos unitários, previstas no projeto de engenharia, com base na tabela do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (SICRO2), administrada pelo DNIT.

2.4 Licenciamento Ambiental

2.4.1 Considerações Iniciais

O procedimento administrativo de licenciamento ambiental da construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental constitui o instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981 e BRASIL, 2011). O órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação destes empreendimentos, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (CONAMA 237/1997).

Durante o procedimento de licenciamento ambiental das atividades, com base nos estudos, projetos ambientais e atendimento das condicionantes impostas por

parte do empreendedor, os órgãos ambientais emitem três licenças (CONAMA 237/1997):

> *I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;*
> *II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;*
> *III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação*.

Os órgãos ambientais, observadas a natureza, características e peculiaridades da atividade ou empreendimento e, ainda, a compatibilização do processo de licenciamento com as etapas de planejamento, implantação e operação, poderão utilizar procedimentos específicos, como exemplo o licenciamento simplificado, com a emissão de uma única autorização ambiental (CONAMA 237/1997).

A avaliação de impactos ambientais, também instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, está contida nos estudos e projetos ambientais dos empreendimentos sendo uma das bases do procedimento de licenciamento ambiental. A Resolução CONAMA 01/1986 define como impacto ambiental:

> *... qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:*
> *I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
> *II - as atividades sociais e econômicas;*
> *III - a biota;*
> *IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*
> *V - a qualidade dos recursos ambientais.*

Estes estudos e projetos são todos e quaisquer documentos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento apresentado como subsídio para a análise da licença requerida (CONAMA 237/1997).

Conforme FERNANDES (2003), a avaliação de impactos ambientais deve estar inserida de forma articulada no processo de planejamento e projeto dos empreendimentos, a partir da incorporação dos custos ambientais à avaliação técnica e econômica.

A implantação e operação da infraestrutura de transportes são passiveis de licenciamento ambiental, por abrangerem nos estudos ambientais a avaliação dos impactos ambientais da atividade e suas medidas de eliminação, mitigação e compensação aplicáveis para as fases de construção, manutenção e operação.

2.4.2 Licenciamento Ambiental e as Emissões de GEE

A instituição da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) indicou a necessidade de inclusão na avaliação dos impactos ambientais de subsídios aos processos de licenciamento ambiental às questões relacionadas à mudança do clima. Podemos destacar os instrumentos da PNMC (Art. 6°): XVII – o estabelecimento de padrões ambientais e de metas quantificáveis e verificáveis, para a redução de emissões antrópicas por fontes e para as remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa; e XVIII – a avaliação de impactos ambientais sobre o microclima e o macroclima (BRASIL, 2009).

Vários Estados brasileiros também sancionaram leis que indicam as questões da mudança do clima nos processos de licenciamento ambiental (CETESB, 2015). Entretanto, percebe-se que houve na prática pouca regulamentação e aplicação destas leis.

ANTUNES e SANCHEZ (2013) salientam que os escopos das políticas estaduais de mudanças climáticas vigentes no País apresentam o objetivo comum de compatibilizar o desenvolvimento econômico com a proteção do sistema climático, visando especificamente controlar e reduzir as emissões de GEE através da implementação de medidas de mitigação e adaptação, para reduzir a participação das regiões nos efeitos adversos da mudança do clima.

Alguns órgãos públicos como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Companhia Ambiental do Estado de São

Paulo (CETESB), Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA), Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM), Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná (SEMA) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município do Rio de Janeiro (SMAC) possuem iniciativas relacionadas à gestão das emissões de GEE nos processos de licenciamento ambiental de atividades industriais e de construção civil.

Destacamos a Instrução Normativa n.° 12/2010 do IBAMA que determina a avaliação, nos processos de licenciamento de atividades capazes de emitir gases de efeito estufa, das medidas propostas pelo empreendedor, com o objetivo de mitigar estes impactos ambientais. Do mesmo modo, os termos de referência, elaborados pelo IBAMA para nortear os estudos de impacto ambiental destinados ao licenciamento de empreendimentos capazes de emitir gases de efeito estufa, contemplam medidas para mitigar ou compensar estes impactos ambientais em consonância com o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima.

No Estado de São Paulo, a Lei n.° 13.798/2009 que “Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC)” define:

> *§ 1º - A redução na emissão de gases de efeito estufa deverá ser integrada ao controle da poluição atmosférica e ao gerenciamento da qualidade do ar e das águas, instrumentos pelos quais o Poder Público impõe limites para a emissão de contaminantes locais.*

A Resolução SEMA n.° 058/2014 do Estado do Paraná prevê como incentivo aos empreendedores que aderirem ao registro de emissões de GEE a prorrogação automática em um ano das licenças de operação. No caso do Estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) n.° 151/2010 que regulamenta o "Programa de Registro Público Voluntário das Emissões Anuais de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais e dispõe sobre os incentivos à adesão”, estabelece que a FEAM, além de prorrogar a licença de operação ofereça também descontos financeiros nos custos de análises de requerimentos nos processos de licenciamento.

Ressaltamos ainda o nível de detalhamento da Resolução conjunta SMAC/SMU n.° 14/2009 (Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro) que apresenta como metodologia de cálculo da compensação das emissões de gases do efeito estufa oriunda das construções de edificações licenciadas pela Prefeitura ao somatório de:

> *I – Compensação das emissões oriundas de escavações: Uma muda de espécie arbórea para cada 25 m² de Área Total Construída – ATC em subsolo.*
> *II – Compensação das emissões oriundas de construção: Uma muda de espécie arbórea para cada 60 m² de Área Total Construída – ATC excedente a 180 m².*

O estudo realizado por LAERA *et al*. (2012) avaliou a aplicação da Resolução conjunta SMAC/SMU n.° 14/2009 no período do primeiro semestre de 2010. O objetivo desta pesquisa foi analisar a evolução do arcabouço legal e investigar a eficácia dos instrumentos legais à sua disposição, sob o ponto de vista ambiental, em relação à dinâmica do CO_2, com base na análise comparativa entre as estimativas de emissões geradas pelas construções licenciadas e a estimativa do total de carbono a ser sequestrado pelos plantios arbóreos consolidados, exigidos nos processos de licenciamento das construções. O trabalho concluiu que a legislação atual é ineficaz na compensação, através de plantios de árvores, das emissões geradas nas construções licenciadas no município do Rio de Janeiro. Os autores também propuseram a quantidade de 23 árvores a titulo de compensação para cada 60 m² de ATC excedente a 180 m².

Vale destacar que LAERA *et al*. (2012) reforçam que a oferta dos serviços ambientais específicos das árvores plantadas através de cumprimento de exigência legal, nos processos de licenciamento de construção, tem o potencial para fazer uma contribuição importante à redução de carbono atmosférico.

Grande parte dos empreendimentos passíveis de serem licenciados ambientalmente tem em suas atividades aspectos e impactos que potencializam a mudança do clima, por exemplo, as emissões de GEE. Por outro lado, temos que estes mesmos empreendimentos têm potencial de receber impactos negativamente com os efeitos da mudança do clima. Temos ainda os empreendimentos que provocam a mitigação dos impactos das mudanças climáticas, como por exemplo, a implantação de ciclovias, de usinas de produção de energia eólica, entre outros.

Os estudos e projetos que subsidiam os processos de licenciamento ambiental tendem a conter avaliações de impactos ambientais das mudanças climáticas contemplando as devidas estratégias de mitigação, adaptação e compensação.

É ressaltado que os órgãos ambientais, para a emissão das licenças ambientais de atividades que interagem com a mudança do clima, terão de justificar o porquê de

tê–las concedido ou não e apresentar as razões pelas quais os correspondentes impactos climáticos, ou a ausência deles, foram suficientes para afirmar a segurança do empreendimento (PBMC, 2014c).

2.4.3 Licenciamento Ambiental Rodoviário

Os empreendimentos rodoviários têm a suas atividades passíveis de licenciamento ambiental com nível de exigências conforme o seu potencial de impacto definido pelo órgão ambiental competente.

As diferentes fases que compõem o empreendimento rodoviário, projeto, construção e operação interagem com as fases previstas no procedimento de licenciamento ambiental, Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

A FIG. 2.4 apresenta um esquema de interação do licenciamento ambiental e a elaboração do projeto em um empreendimento rodoviário (DNIT, 2015b).

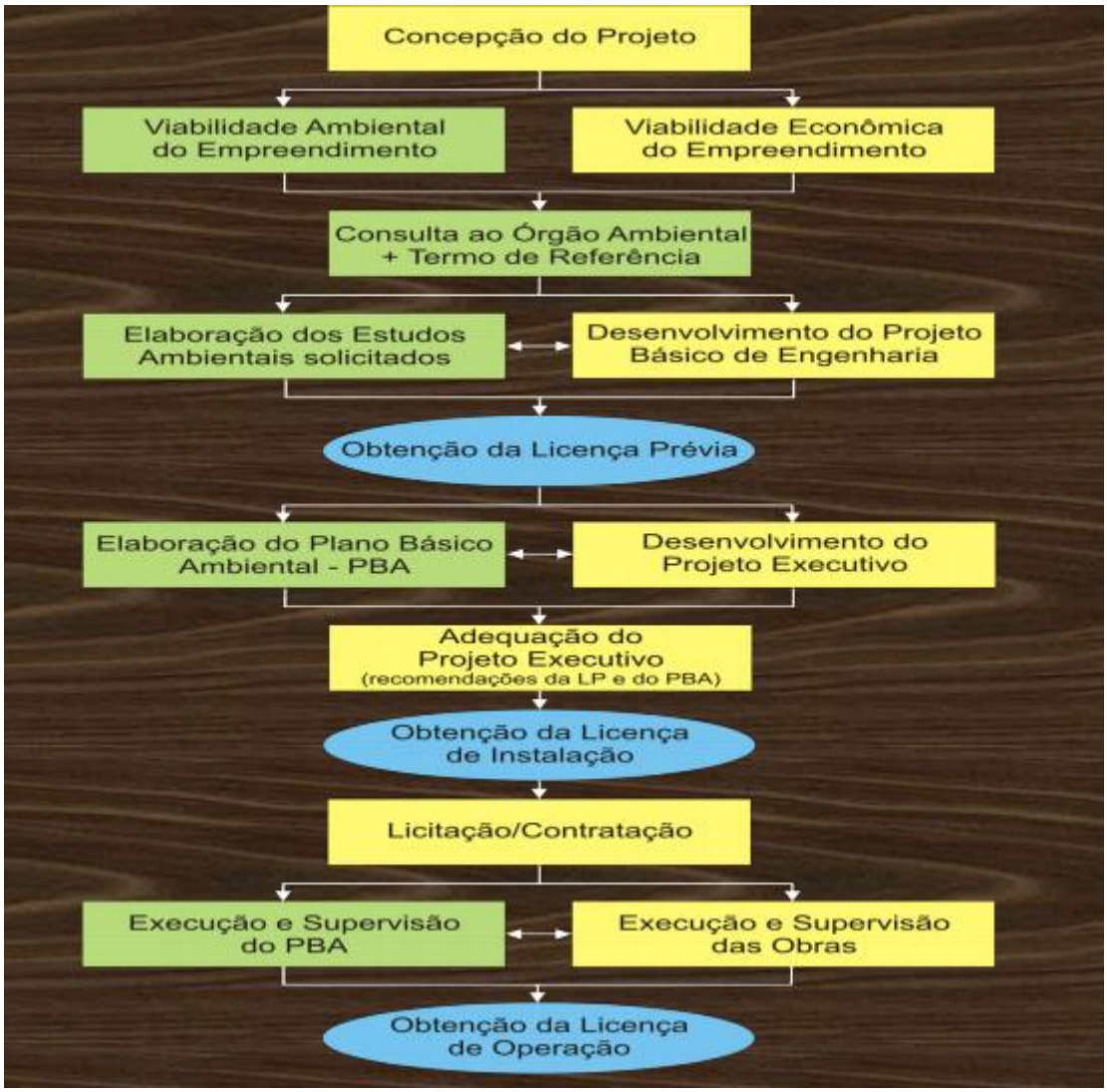

FIG. 2.4 Malha rodoviária brasileira (km)
DNIT, 2015b

Conforme apresentado na figura 2.4, temos o projeto básico engenharia como instrumento de solicitação da Licença Prévia (LP) e o projeto executivo para emissão da Licença de Instalação (LI).

A etapa do projeto básico é caracterizada pela realização de um conjunto de estudos que reúne elementos capazes de definir o empreendimento e as soluções básicas, como exemplo a definição do traçado, possibilitando a elaboração de estimativa de custo final e do prazo de execução (DNIT, 2006c).

Já a etapa do projeto executivo é caracterizada pela elaboração e apresentação do conjunto de todos os elementos necessários e suficientemente completos para a execução das obras ou serviços, sendo apresentado de forma objetiva, precisa e detalhada. São partes integrantes do projeto executivo: os estudos, desenhos,

plantas, notas de serviço de demarcação no campo, detalhes de execução de cada item de obra ou serviço, cálculos, memoriais, especificações e normas, cronogramas, plano de trabalho, quantidades e orçamentos. Relacionados aos aspectos ambientais são elaborados projetos específicos que serão incorporados aos projetos rodoviários, que além das medidas consideradas na fase de planejamento e projeto básico, detalham também os programas propostos nos estudos ambientais e atendem às exigências adicionais do órgão licenciador, formuladas no processo de licenciamento do empreendimento (DNIT, 2006c).

A prática de engenharia rodoviária recomenda que, além do atendimento aos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais para obtenção das licenças, deverão ser prevenidos, corrigidos, mitigados ou compensados os impactos ambientais negativos decorrentes da implantação do empreendimento, assim como, introduzidas práticas adequadas de gestão na operação, na perspectiva da contribuição específica do empreendimento à qualidade e à sustentabilidade ambiental da região onde se insere (DNIT, 2006c).

Conforme previsto na Resolução CONAMA n.° 237/1997, dada as particularidades de determinadas atividades, a exemplo dos empreendimentos rodoviários, o IBAMA e outros órgãos ambientais estaduais definiram procedimentos específicos na condução dos processos de licenciamento ambiental das intervenções rodoviárias. A TAB. 2.7 apresenta algumas destas normas.

TAB. 2.7 Normas licenciamento ambiental de rodovias

Jurisdição	Legislação
União	Portaria Interministerial n.° 288/2013. Institui o programa de rodovias federais ambientalmente sustentáveis - PROFAS, para fins de regularização ambiental das rodovias federais.
	Portaria n.° 289/2013. Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais.
Paraná	Resolução SEMA n.º 046/2015. Estabelecer requisitos, definições, critérios, diretrizes e procedimentos administrativos referentes ao Licenciamento Ambiental e Regularização Ambiental de empreendimentos viários terrestres, públicos e privados.
Minas Gerais	Resolução SEMAD n.° 1875/2013. Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pela SEMAD no licenciamento ambiental das rodovias estaduais e das rodovias cuja administração foi delegada ao Estado de Minas Gerais.
Santa Catarina	Instrução Normativa FATMA n.° 63/2013. Empreendimentos viários.
Roraima	Resolução CEMACT n.° 002/2011. Estabelece critérios para o licenciamento ambiental Simplificado de projetos de estradas, rodovias e obras afins.
Bahia	Resolução CEPRAM n.º 4137/2010. Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental de Rodovias.
Espírito Santo	Instrução Normativa IEMA n.º 5/2010. Estabelece critérios para o licenciamento ambiental de estradas, rodovias e obras afins.
São Paulo	Resolução SMA n.º 81/1998. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de intervenções destinadas à conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte de produtos perigosos em rodovias.

Percebe-se que a União e vários Estados estão buscando melhorar os procedimentos de licenciamento ambiental de obras de rodovias públicas e sob a concessão à iniciativa privada, por considerarem a necessidade permanente de manutenção, restauração e aumento da capacidade da malha viária em conformidade com as exigências ambientais, as peculiaridades dos empreendimentos rodoviários e seu caráter de serviço público em atender às demandas regionais e nacionais de transporte. Neste sentido, destaca-se a Resolução SEMA n.º 046/2015 do Estado do Paraná que se apresenta de forma clara, objetiva e moderna, na integração rodovia e meio ambiente, por fortalecer as responsabilidades dos empreendedores e a competência do órgão ambiental. Por

outro lado, ainda temos normativas não alinhadas a este movimento, como é o caso da IN FATMA n.° 63 do Estado de Santa Catarina, que se apresenta como uma norma bastante burocrática e sem a necessária valorização da atuação ambiental rodoviária do empreendedor.

Vale destacar que o licenciamento ambiental de operação ainda está em fase inicial no âmbito nacional e estadual. Somente em janeiro de 2015 o DNIT publicou o extrato de 138 termos de compromisso de regularização ambiental, assinados com o IBAMA, que correspondem a 51.074 km de rodovias federais pavimentadas, e que até 2013 não tinham completado o processo de licenciamento (DNIT, 2015c). No Estado de Minas Gerais foi assinado no ano de 2014 o termo de compromisso entre o Departamento de Estradas e Rodagens (DER) e a Secretária de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) objetivando a regularização ambiental de operação das rodovias (DER/MG, 2014).

Dadas as particularidades da malha rodoviária federal, estadual e municipal que envolve grandes extensões distribuídas em ambientes com características ecológicas e socioeconômicas diferentes, é necessário que o licenciamento ambiental de operação de rodovias seja planejado e executado de uma forma regionalizada e que permita um gerenciamento ambiental das condicionantes das licenças de operação por parte dos empreendedores de forma eficiente, eficaz em relação à qualidade ambiental e com a realidade institucional dos órgãos rodoviários brasileiros.

Nenhuma das normas citadas acima indica a necessidade de considerar, na elaboração dos estudos e projetos ambientais, a relação dos impactos ambientais da interação dos empreendimentos rodoviários e as mudanças do clima.

2.5 Emissões de GEE em Empreendimentos Rodoviários e as Agências de Fomento

Atualmente o investimento nos países em desenvolvimento favorece o transporte de uso intensivo de carbono, colocando esses países no caminho do desenvolvimento insustentável já presenciado em muitas partes do mundo desenvolvido. Por exemplo, cerca de 80 % da carteira de transportes do Banco

Asiático de Desenvolvimento e a maioria dos investimentos em transportes em todos os setores nos países em desenvolvimento são para rodovias em vez de sistemas alternativos de transporte de baixo carbono (LEIPZGER e LEFEVRE, 2014).

O Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), também denominado Banco Mundial, para mitigar as emissões de gases do efeito estufa do setor de transportes, vem prestando assistência técnica a algumas cidades para fins de planejamento e desenvolvimento de transporte sustentável (BANCO MUNDIAL, 2014). Com o objeto do desenvolvimento de uma ferramenta de planejamento, concepção e construção de estradas na região Asiática, com base na quantificação de emissões de GEE durante a fase de obras, o Banco Mundial elaborou uma metodologia para que os tomadores de decisão possam ser mais e melhor informados como forme de buscar a construção de rodovias de baixo carbono (BANCO MUNDIAL, 2010).

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) avalia as emissões de GEE dos seus investimentos diretos (empréstimos de investimento) desde 2009. Desde 2006, a Diretriz B.11 Meio Ambiente e Observância de Salvaguardas da Política do Banco (OP-703) determina o cálculo e a comunicação de emissões de GEE para as operações. O foco do trabalho está nos projetos dos setores de energia, indústria, agricultura, água e saneamento, transportes, desenvolvimento urbano e turismo (BREISINGER, 2012).

Os recursos financeiros das agências de fomento são essenciais na viabilização econômica de grande parte das obras de transportes executadas no Brasil, seja pela União, Estados ou Municípios. FIRMINO e WRIGHT (2001) destacam que a questão central do financiamento do setor de transporte está associada à destinação de recursos de impostos seletivos que são gerados pelo próprio setor, mas acabam sendo aplicados em outros setores ou atividades e isto não permite a adequada conservação, restauração e adequação de capacidade da infraestrutura viária brasileira, onerando os custos operacionais dos transportes e prejudicando as condições de segurança e ambiental nas vias brasileiras.

Nos financiamentos de infraestrutura de transportes, em matéria ambiental, tem-se por base o artigo 12 da Lei Federal n.º 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente: "*Art. 12 - As entidades e órgãos de financiamento e incentivos governamentais condicionarão a aprovação de projetos habilitados a*

esses benefícios ao licenciamento, na forma desta Lei, e ao cumprimento das normas, dos critérios e dos padrões expedidos pelo CONAMA".

A Resolução Banco Central n.° 4.327/2014 que "Dispõe sobre as diretrizes que devem ser observadas no estabelecimento e na implementação da Política de Responsabilidade Socioambiental pelas instituições financeiras e demais instituições autorizadas a funcionar pelo Banco Central do Brasil", define que nas atividades de financiamentos, o risco socioambiental seja um componente das diversas modalidades de risco a que estão expostas (BRASIL, 2014a).

No Brasil, a atuação das agências multilaterais de financiamento, tais como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF) e a Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD), entre outras, vêm apresentando um importante papel na cobrança por sustentabilidade dos empreendimentos rodoviários, uma vez que, as exigências sociais e ambientais dentro do escopo dos programas de recuperação de rodovias estabelecidos em parcerias com as autoridades federais, estaduais e municipais são cada vez maiores. A aprovação destes financiamentos está, na maioria das vezes, condicionada à implantação de instrumentos de planejamento e gestão ambiental, tais como auditoria, supervisão e acompanhamento ambiental, bem como procedimentos de avaliação de desempenho ambiental. Tais exigências atingem não somente os organismos governamentais, mas também as empresas envolvidas na construção da rodovia (adaptado COSTA, 2010).

BELLIA e BIDONE (1992) citam que desde a década de 1990, com os financiamentos de grandes projetos por bancos internacionais, houve a necessidade, por parte dos empreendedores do cumprimento das exigências ambientais impostas por esses órgãos para conceder recursos destinados a tais projetos, como a construção de rodovias, pontes, viadutos, entre outros.

Algumas iniciativas na utilização de mecanismos relacionados a emissões de GEE na viabilização de recursos financeiros para empreendimentos de transportes já são vivenciadas no Brasil. Podemos citar a recente linha de financiamento fruto da parceria Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) e a Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) para projetos que devem estar relacionados à redução

das emissões de gases de efeito estufa e adaptação às mudanças climáticas, com destaque para a categoria mobilidade urbana (BDMG, 2015).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), importante agente no financiamento de obras rodoviárias públicas e privadas, mantém o Programa Fundo Clima que se destina a aplicar a parcela de recursos reembolsáveis do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. O Fundo Clima é um dos instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima e se constitui em um fundo de natureza contábil, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, com a finalidade de garantir recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que tenham como objetivo a mitigação das mudanças climáticas. O Objeto do programa é apoiar a implantação de empreendimentos, a aquisição de máquinas, equipamentos e o desenvolvimento tecnológico relacionados à redução de emissões de gases do efeito estufa e à adaptação às mudanças do clima e aos seus efeitos. A mobilidade urbana é um dos subprogramas passíveis de financiamento (BNDES, 2015).

No Estado de São Paulo foi estimada a redução total de 98 mil toneladas de CO_2 com a execução do Projeto de Transporte Sustentável do Estado de São Paulo, período de execução entre os anos de 2013 e 2018 e com uma operação de US$ 429 milhões financiados por um empréstimo do Banco Mundial no montante de US$ 300 milhões e por recursos de contrapartida no montante de US$ 129 milhões. Esta redução teve por base o componente do projeto relativo à eficiência dos transportes e da logística: reabilitação e melhoria das estradas do Estado e reconstrução de pontes visando o transporte hidroviário no interior. Na reabilitação e melhoria das estradas as emissões foram agrupadas em dois tipos: i – fase construção; e ii – fase operação. Para o cálculo na fase de construção foram utilizadas as emissões estimadas com base nos insumos a serem utilizados nas obras identificados nos projetos detalhados, como cimento, asfalto, aço, diesel e a gasolina. Já na fase de operação foi utilizado o *software* HDM 4 (BANCO MUNDIAL, 2013).

O Programa de Infraestrutura Logística de Santa Catarina (Programa BID VI), financiado em parte pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), teve início em janeiro de 2013 e previsão de término em 2018, estimou uma redução de mais de 8,5 milhões de toneladas de CO_2e com a realização das 12 obras rodoviárias do programa. Para estimar as emissões do Programa BID VI foi utilizado

o *software* HDM 4 e ficou restrita à redução nas emissões de GEE na fase de operação das rodovias (DEINFRA/SC, 2012).

FEBRABAN (2014) relata que a mudança do clima e outros aspectos e impactos ambientais precisam ser considerados de maneira integrada às decisões econômicas públicas e privadas, nos preços de bens e serviços, e na agenda de desenvolvimento social, principalmente do ponto de vista de políticas públicas.

Nesta perspectiva, as agências de fomento são importantes atores no processo de descarbonização e na implantação e operação dos sistemas de transportes, por oferecerem linhas de financiamento e processos de controle na liberação de empréstimos que consideram o valor social e econômico das ações de mitigação e compensação das emissões de GEE. Desta forma, os riscos dos impactos da mudança do clima em suas operações de crédito tenderão a serem minimizados e melhor gerenciados.

2.6 Quantificação de Gases de Efeito Estufa (GEE)

2.6.1 Considerações Iniciais

Os gases de efeito estufa (GEE) estão apresentes na atmosfera e contribuem com o efeito estufa. Os mais importantes estão presentes na atmosfera de maneira natural, ainda que sua concentração possa ser modificada pela atividade humana, mas também entram neste conceito alguns gases artificiais, produtos da indústria. Esses gases contribuem ao efeito estufa pela estrutura de suas moléculas e, de forma substancial, pela quantidade de moléculas de gases presentes na atmosfera (BENITO, 2013). Os gases em causa são:

- Vapor de água (H_2O);
- Dióxido de carbono (CO_2);
- Metano (CH_4);
- Óxidos de nitrogênio (NO_x);
- Ozônio (O_3);

- Clorofluorcarbonetos.

Os GEE, tanto de origem natural quanto antrópica, absorvem e emitem radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, pela atmosfera e pelas nuvens (ABNT e BID, 2013). Os GEE de origem antrópicas referenciados em acordos internacionais (PROTOCOLO DE QUIOTO, 1997) são:

- Dióxido de Carbono (CO_2);
- Metano (CH_4);
- Óxido nitroso (N_2O);
- Hidrofluorcarbonos (HFC),
- Perfluorcarbonos (PCF) e
- Hexafluoreto de enxofre (SF_6).

Recomenda-se que na contabilização dos diferentes GEE seja utilizado como referência o Dióxido de carbono equivalente (CO_2e) – unidade que compara a intensidade de radiação de um GEE dos diferentes gases ao do dióxido de carbono (ABNT e BID, 2013). O CO_2e é calculado usando-se a massa de um dado GEE, multiplicada pelo seu potencial de aquecimento global para um horizonte de 100 anos (*GREENHOUSE GHG PROTOCOL,* 2007).

O gás CO_2 com origem das emissões antrópicas é o que mais contribui para a intensificação do efeito estufa decorrente, principalmente, da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em usinas termoelétricas e indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento (BNDES e MCT, 1999).

O PROTOCOLO DE QUIOTO (1997) indica as principais fontes de emissão antrópica por categorias: energia, processos industriais, uso de solventes e outros produtos, agricultura e resíduos. As emissões do setor de transportes estão relacionadas na categoria energia.

No Brasil, o relatório chamado “Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil” publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2014), apresenta uma divisão das fontes de emissões com uma nomenclatura diferente, conforme apresentado na TAB. 2.8.

TAB. 2.8 Divisão das fontes de emissões segundo MCTI

Setor	Descrição
Energia	Emissões devido à queima de combustíveis e emissões fugitivas da indústria de petróleo, gás e carvão mineral. As emissões de CO_2, devido ao processo de redução nas usinas siderúrgicas, foram consideradas no setor de Processos Industriais.
Processos Industriais	Emissões resultantes dos processos produtivos nas indústrias e que não são resultado da queima de combustíveis. Subsetores: produtos minerais, metalurgia e química, além da produção e consumo de HFCs e SF_6.
Agropecuária	Emissões devido à fermentação entérica do gado, manejo de dejetos animais, solos agrícolas, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas.
Mudança no uso da terra e Florestas	Emissões e remoções resultantes das variações da quantidade de carbono, seja da biomassa vegetal, seja do solo, considerando-se todas as transições possíveis entre diversos usos, além das emissões de CO_2 por aplicação de calcário em solos agrícolas e das emissões de CH_4 e N_2O pela queima de biomassa nos solos. O crescimento da vegetação, em áreas consideradas manejadas, gera remoções de CO_2.
Tratamento de Resíduos	Emissões pela disposição de resíduos sólidos e pelo tratamento de esgotos, tanto doméstico/comercial, quanto industrial, além das emissões por incineração de resíduos e pelo consumo humano de proteínas.

MCTI, 2014

As emissões de GEE, com relação aos aspectos da queima de combustíveis em empreendimentos de transportes, podem ser quantificadas em diferentes momentos:

- Atividades de extração/produção: emissões que ocorrem nos processos de extração dos combustíveis de origem fóssil e na produção de biocombustíveis, como exemplo o uso de máquinas para preparar o solo, plantio e colheita;
- Na geração/beneficiamento: as emissões durante os processos industriais na produção dos combustíveis;

- Distribuição: as emissões ocasionadas pelo transporte dos combustíveis até aos usuários finais;
- Na utilização: emissões resultantes da queima dos combustíveis pelos meios de transportes e demais equipamentos que demandam combustíveis para seu funcionamento, sejam na fase de construção ou operação do empreendimento.

Outra distinção feita durante o processo de quantificação das emissões relacionadas à queima de combustíveis é em relação à característica do movimento da fonte (*GHG PROTOCOL*, 2010):

- Combustão estacionária para geração de eletricidade, vapor, calor ou energia com o uso de equipamento (caldeiras, fornos, queimadores, turbinas, usinas de asfalto, aquecedores, incineradores, motores, fachos etc.) em um local fixo;
- Combustão móvel para transportes em geral (frota operacional da empresa) e veículos fora de estrada, tais como os usados em construção de rodovias, agricultura e florestas.

Esta divisão é necessária pois as emissões de equipamentos estacionários diferem ligeiramente dos equipamentos móveis, devido a algumas diferenças técnicas dos mesmos e ao seu uso em regimes distintos (FÓRUM CLIMA, 2013).

A quantificação de emissões de GEE é basicamente realizada através do monitoramento de um conjunto de variáveis denominadas dados de atividade. Estes dados são indicativos de quantidades de produção ou uso da atividade medida em um período. Os dados de atividade, uma vez medidos, são multiplicados por fatores de emissão, expressos em (massa de CO_2e/unidade), resultando na quantidade de emissões de GEE ocorrida pela atividade no período (FÓRUM CLIMA, 2013). A equação 1 apresenta a fórmula conceitual:

$$E_i = DA_i \times FE_i \qquad (1)$$

Em que:

E_i significa emissão de GEE da fonte i

DA_i significa dado de atividade da fonte i, é a variável determinante de emissões de GEE que será efetivamente medida na fonte i, resultando em determinada quantidade por unidade de tempo.

FE_i é o fator de emissão de gases de efeito estufa adotado para a fonte i, expresso em massa de CO_2e/unidade DA.

Os fatores de emissões de GEE são definidos cientificamente através de cálculos estequiométricos, com confirmação empírica em laboratórios ou medições esporádicas em instalações de grande escala. No Brasil, o Programa Brasileiro *GHG Protocol* disponibiliza uma série de fatores de emissão para uso no País (FÓRUM CLIMA, 2013). Neste mesmo documento ressalta-se que devem ser utilizados fatores de emissão de origem confiável e qualificada, o mais próximo possível da realidade inventariada, como é o caso do Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

O uso de fatores de emissão documentados é a abordagem mais comum para calcular emissões de GEE. Esses fatores são taxas calculadas que relacionam emissões de GEE como uma referência, um padrão para a atividade da fonte de emissões (*GHG PROTOCOL*, 2010).

Grande parte das estimativas de emissões é elaborada após a realização do serviço, atividade ou fabricação de um produto, com um conceito *ex-post*, que mede uma realidade física ocorrida no passado. Normalmente, estas estimativas são chamadas de inventário de emissões de GEE. Outra forma de estimar as emissões é o desenvolvimento de ferramentas para orçamento de emissões de GEE, também conhecido como cenário de emissões de GEE, com uma característica *ex-ante*, ou seja, é uma previsão de emissões de GEE que ocorrerão em determinada obra, apurada antes de seu início.

A quantificação de emissões é uma importante ferramenta para que as organizações, ao contribuírem para a redução das emissões de GEE, identifiquem oportunidades de redução de seus custos de produção, por ações de eficiência energética e operacional. Outros benefícios são destacados: a participação da empresa no mercado de carbono, a atração de novos investimentos; as ações de

benchmarking, a melhora da imagem da empresa e a facilitação da gestão de riscos, já que a legislação ambiental, especificamente a legislação que regulamenta as emissões de gases de efeito estufa, é cada vez mais restritiva (ABNT e BID, 2013).

A quantificação das emissões de forma organizada em inventários ou orçamentos é o primeiro passo para que as corporações possam contribuir para o combate às mudanças climáticas, fenômeno crítico que já aflige a humanidade neste início de século. Conhecendo o perfil das emissões, a partir do diagnóstico, qualquer organização pode dar o passo seguinte: o de estabelecer estratégias, planos e metas para redução, compensação e gestão das emissões de gases de efeito estufa, engajando-se na solução desse enorme desafio para a sustentabilidade global (adaptado *GHG PROTOCOL*, 2010).

2.6.2 Metodologias para Quantificação de GEE

O *The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard* (O Protocolo de Gases de Efeito Estufa – Padrão Corporativo de Contabilização e Reporte), ou simplesmente *GHG Protocol*, lançado em 1998 e revisado em 2004, é hoje a ferramenta mais utilizada mundialmente por diversos setores para caracterizar, quantificar e gerenciar suas emissões. O *GHG Protocol* foi desenvolvido pelo *World Resources Institute* (WRI) em associação com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), além de ter sido resultante de parcerias de partes interessadas com empresas, organizações não governamentais (ONGs), governos e outras conveniadas ao WRI e ao WBCSD. A metodologia do *GHG Protocol* é compatível com as normas da International Organization for Standardization (ISO) e com as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC). No Brasil, o Programa Brasileiro *GHG Protocol* é a ferramenta utilizada desde 2008, de modo adaptado ao contexto nacional (ABNT e BID, 2013).

O Programa Brasileiro *GHG Protocol* tem por objetivo a promoção da cultura corporativa de mensuração, publicação e gestão voluntária das emissões de GEE no país, proporcionando aos participantes acesso a instrumentos e padrões de

qualidade internacional para contabilização e elaboração de inventários de GEE, além da manutenção de uma plataforma nacional para publicação dos inventários de GEE corporativos e organizacionais (*GHG PROTOCOL*, 2010).

A implementação do *GHG Protocol* no Brasil é uma iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade, da Fundação Getulio Vargas (FGV) e do *World Resources Institute* (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) (*GHG PROTOCOL*, 2010),

No site do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (www.fgv.br/ces/ghg) está disponibilizada uma ferramenta dividida nas categorias gerais (combustão estacionária, combustão móvel, utilização de HFC e incerteza de medições e estimativas). As ferramentas específicas dos setores (alumínio, ferro e aço, cimento, petróleo e gás, pasta e papel, empresas de escritório, entre outros) estão disponíveis no *GHG Protocol* (www.ghgprotocol.org). As organizações que participam do programa não são obrigadas a utilizar tais ferramentas, podendo preferir elaborar uma ferramenta própria com as suas características. No caso da organização utilizar métodos próprios, estes devem se mostrar mais precisos do que as ferramentas e em conformidade com o *GHG Protocol Corporate Standard* (ABNT e BID, 2013).

Alguns Estados brasileiros têm utilizado as ferramentas desenvolvidas pelo *GHG Protocol* como referência na aplicação das suas normas legais com relação a emissões de GEE. A TAB. 2.9 apresenta normas legais que definem ou recomendam o uso da metodologia e ferramentas do *GHG Protocol*.

TAB. 2.9 Normas legais que citam a metodologia GHG Protocol

Norma Legal	Citação - *GHG Protocol*
Resolução Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná (SEMA) n.° 58/2014	(Art. 5°) § 2º Recomenda–se a utilização da metodologia de quantificação das emissões de gases de efeito estufa preconizada pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*, nos aspectos que não conflitem com as disposições da norma ABNT NBR ISO 14064. § 4º Para a definição dos limites operacionais, deve ser seguida a metodologia preconizada pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*.
Resolução Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA) /PRES n.° 64/2012	Art. 6º - A metodologia de cálculo adotada para determinar as emissões de GEE a ser utilizada pelo empreendedor para a elaboração do Inventário de Emissões de GEE é o Protocolo de Gases de Efeito Estufa ("*GHG Protocol*", sigla originária do nome em inglês - "*Greenhouse Gas Protocol*")
Deliberação Normativa Conselho Estadual de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM) n.° 151/2010	Considerando que a metodologia *Greenhouse Gas Protocol GHG Protocol*, adotada pelo governo brasileiro neutra em termos de políticas e programas e baseada em um amplo processo de consulta pública é a metodologia mais utilizada internacionalmente para identificar e quantificar emissões de GEE. (Anexo único) IX – ... disponibilizado na página eletrônica FEAM, e desenvolvido com base na metodologia de contabilização e elaboração de inventários corporativos *GHG Protocol*.
Decreto Estadual (MG) n.° 45.229/2009	(Art. 2°) § 1º O Registro Público Voluntário das Emissões Anuais de Gases de Efeito Estufa de Empreendimentos no Estado é um programa que tem por finalidade estimular a prática sistemática de declarações dessas emissões, por meio do uso de metodologia internacionalmente aceita *Greenhouse Gas Protocol GHG Protocol*, bem como incentivar a redução das mesmas, inclusive por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto ou mecanismos equivalentes ou substitutos.
Lei Estadual (SP) n.° 13.798/2009 "Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC)"	Art. 4° - A metodologia para o cálculo das emissões estimadas poderá ser a da norma ABNT NBR ISO 14.064 -1 - Gases de Efeito Estufa ou do "*GHG Protocol*" ou ainda outra similar, até que a CETESB defina outra metodologia para o referido cálculo.

Vale destacar a parceria da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e o Programa *GHG Protocol* brasileiro na publicação do "Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)" (FGV, 2009).

Importante salientar que o *GHG Protocol* e a ISO 14064-1, principais referenciais metodológicos utilizados para preparação de inventários corporativos, apresentam delineamentos gerais para maior uniformização de conceitos, mas são ainda muito abrangentes. Essas metodologias deixam margem para definições individualizadas de critérios que influenciam diretamente as contabilizações de emissões, tornando difícil a definição de indicadores e *benchmarks* entre empresas de um mesmo setor, dupla contagem de emissões em obras realizadas por consórcios, categorizações

distintas de escopo, diferentes critérios de inclusão/exclusão de fontes e atividades, diferentes formas de publicação (FÓRUM CLIMA, 2013).

Desta forma, organizações em parceria desenvolveram guias para a elaboração de emissões de GEE em setores e regiões específicas. A elaboração destes guias surge da necessidade de que as normas do *GHG Protocol* e ISO 14064-1 tenham melhor aplicabilidade às particularidades do setor no Brasil, considerando as práticas do mercado imobiliário, os processos de desenvolvimento dos empreendimentos, os processos de gestão normalmente utilizadas nas Obras, assim como as técnicas e práticas aplicadas na sua execução (SINDUSCON/SP, 2013).

Citamos abaixo três guias que utilizaram como base as orientações do *GHG Protocol*, da ISO 14064-1/2007 e das recomendações gerais do IPCC:

- Guia Metodológico para a Realização de Inventários em Emissões de Gases de Efeito Estufa (ABNT e BID, 2013).
- Guia Metodológico para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Engenharia e Construção (FÓRUM CLIMA, 2013).
- Guia Metodológico para Inventários de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil – Setor Edificações (SINDUSCON/SP, 2013).

O guia ABNT e BID (2013) foi desenvolvido no âmbito do projeto “Fomento à Gestão dos Gases de Efeito Estufa e a Verificação por Terceira Parte em Pequenas e Médias Empresas no Brasil” e contou também com a parceria do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, do Rio de Janeiro (Sebrae/RJ).

O guia FÓRUM CLIMA (2013) foi concebido por uma parceria de diferentes e importantes atores da engenharia, construção e órgãos afins, como: Fórum Clima, *GHG Protocol*, FGV, Andrade Gutierrez, Camargo Correa, OAS, Odebrecht, Instituto Ethos, BNDES, Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada-Infraestrutura (SINICON) e Ativos Ambientais.

Já o guia SINDUSCON/SP (2013) foi organizado e publicado pelo Sindicato da Construção e São Paulo, contou também com a parceria de diferentes empresas do setor imobiliário, da CETESB e da CAIXA.

Nesta mesma lógica, SANQUETTA *et al*. (2013) apresentaram uma ferramenta de quantificação de emissões de GEE utilizando a metodologia *GHG Protocol* para empreendimentos do setor de construção civil. Este trabalho teve por base os

estudos realizados por CAMILA (2012) na sua dissertação de mestrado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) publicou em 2012 o documento *Greenhouse Gas Assessment Emissions Methodology*. Este guia serve como orientação para avaliações das emissões dos projetos financiados pelo banco em diferentes setores, como transporte, energia, água, turismo, entre outros. Cada setor apresenta uma metodologia específica (BREISINGER, 2012). Para o caso de obras rodoviárias, o guia tem por base o estabelecido pelo Departamento de Desenvolvimento e Serviços Ambientais no Estado de Washington, nos EUA.

O Banco Mundial (BIRD) também desenvolve ferramentas para estimar emissões de GEE de forma avaliar a sustentabilidade ambiental dos projetos a serem financiados. O BIRD desenvolveu uma ferramenta para servir de planejamento, concepção e construção de estradas na região Asiática com base na quantificação de emissões de GEE durante a fase de obras (BANCO MUNDIAL, 2010).

Ressalta-se que os inventários e orçamentos de emissões de GEE são as métricas que servem como base para um processo de gestão das emissões destes gases. Entretanto, o objetivo final é reduzi-las, contribuindo para mitigar os impactos do aumento do efeito estufa (FÓRUM CLIMA, 2013 e SINDUSCON/SP, 2013).

Uma forma de minimizar as emissões é diminuí-las direto na fonte, com o uso de processos e de insumos mais eficientes e eficazes. Outra maneira é compensar as emissões pela implementação de atividades que promovam o sequestro de carbono, como exemplo o plantio de árvores. Conforme o guia ABNT e BID (2013) a unidade física ou processo que remove um GEE da atmosfera chama-se sumidouro.

O guia FÓRUM CLIMA (2013) descreve que as ações direcionadas para redução de emissões não fazem parte do inventário ou orçamento de GEE propriamente dito, mas devem ser descritas no relatório de forma a refletir adequadamente os esforços direcionados pelo empreendedor neste sentido.

LAERA *et al*. (2012) relatam que a integração entre o plantio de árvores e compensação de emissões de GEE está em sintonia com o interesse global, resultado da crescente preocupação mundial com a modificação do clima no planeta, com o objetivo da redução do nível de CO_2 atmosférico. No mesmo trabalho, os pesquisadores reforçam que, do ponto de vista do controle de emissões

de gases de efeito estufa, a ação de incremento de plantios somente poderá ser favorável se houver a garantia da manutenção eficaz das mudas plantadas.

Por fim, verificamos que grande parte dos guias são referências para elaboração de inventário de GEE com um conceito *ex-post.* Entretanto, estas normas podem ser utilizadas como base para o desenvolvimento de ferramentas para orçamento de emissões de GEE (FÓRUM CLIMA, 2013 e SINDUSCON/SP, 2013). O orçamento de emissões de GEE, também conhecido como cenário de emissões de GEE, tem uma característica *ex-ante*, ou seja, é uma previsão de emissões de GEE que ocorrerão em determinada obra, apurada antes de seu início.

Com base nas orientações do *GHG Protocol*, nos guias de setores específicos e utilizando-se, porém, como base quantitativa, as informações do projeto de engenharia, relações quantitativas de materiais e do orçamento da obra, é possível elaborar uma ferramenta de orçamento de GEE (FÓRUM CLIMA, 2013).

O orçamento de GEE é uma ferramenta com potencial relevante para vários usos, dentre os quais são destacados (FÓRUM CLIMA, 2013 e SINDUSCON/SP, 2013):

- Apoio à atividade comercial da construtora, com sua utilização em propostas apresentadas a clientes, indicando as emissões previstas para o contrato proposto acompanhando outras variáveis comerciais;
- Utilização nos processos de obtenção de financiamento para os empreendimentos, principalmente em instituições financeiras de fomento, bancos e outras similares;
- Previsões do inventário corporativo de emissões de GEE para fins gerenciais do empreendedor;
- Utilização no relacionamento com outras partes interessadas nos empreendimentos.
- Utilização em ações de compensação antecipada de emissões que o empreendedor queira promover.

O adequado gerenciamento das emissões de GEE passa, essencialmente, pela realização de orçamentos ou inventários elaborados com base em guias de orientação. Estes guias devem estar sustentados em normativas que respeitem os princípios internacionalmente aceitos e apresentados pelas normas gerais: relevância, integralidade, consistência, precisão e transparência.

A FIG. 2.5 abaixo apresenta um caso de gerenciamento de emissões de GEE (*GHG PROTOCOL*, 2010).

Ambev usa o Inventário de GEE para melhorar a performance de seu Sistema de Gestão Ambiental

A Companhia de Bebidas das Américas (Ambev), após a adesão ao Programa Brasileiro *GHG Protocol*, ampliou o monitoramento das emissões de GEE de fontes móveis. Entre elas, destacam-se as emissões provenientes do consumo de gás natural e GLP usado para movimentação interna de insumos e produtos e do consumo de gasolina e diesel pelos automóveis da frota interna. Este aprimoramento contínuo da metodologia de medição de emissões da Ambev contribui para uma melhor perfomance de seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e consequente redução na emissão de GEEs. Para incentivar a evolução nas práticas e sistemas de gestão de GEE, a empresa incluiu item específico sobre a elaboração e qualidade da informação do Inventário anual de emissões no Programa de Excelência Fabril (PEF), que avalia todas as fábricas da empresa e cujo resultado está diretamente relacionado à remuneração variável de todos os funcionários. A AmBev conseguiu aumentar o número de pessoas envolvidas no processo de monitoramento das emissões de GEE, engajando assim mais partes na busca de melhores resultados em ecoeficiência relacionada às mudanças climáticas. Com o SGA, a empresa já apresentou uma redução significativa nas emissões de GEE por meio da gestão do consumo de combustíveis, energia elétrica e matéria-prima, o que vem gerando oportunidades para redução do custo variável das operações.

FIG. 2.5 Exemplo de gerenciamento de GEE
GHG PROTOCOL, 2010

2.7 Considerações Finais da Revisão Bibliográfica

Conforme apresentado, o cenário descrito: i – a relação da mudança do clima e infraestrutura de transportes está inserida em um ciclo de mútua influência; ii – emissões de gases de efeito estufa em obras rodoviárias são representativas na concepção dos empreendimentos rodoviários; iii – a infraestrutura de transportes no Brasil tem a predominância do modo rodoviário; iv – o modo rodoviário brasileiro tem a necessidade da realização de obras; v – o projeto de engenharia rodoviária é uma fonte segura de dados; vi – o licenciamento ambiental e o gerenciamento das emissões dos empreendimentos já é uma realidade do Brasil; vii – os organismos

multilaterais de crédito estão considerando o gerenciamento das emissões de GEE na viabilização de financiamentos para obras de transportes; e, viii – a metodologia de quantificação de emissões de GEE do Programa Brasileiro *GHG Protocol* é uma referência base, apresenta potencial para o desenvolvimento do modelo de estimativa de GEE em obras rodoviárias de forma a promover uma diminuição das causas do aquecimento global.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Considerações Iniciais

O capítulo está estruturado em três partes, conforme apresentado na FIG. 3.1.

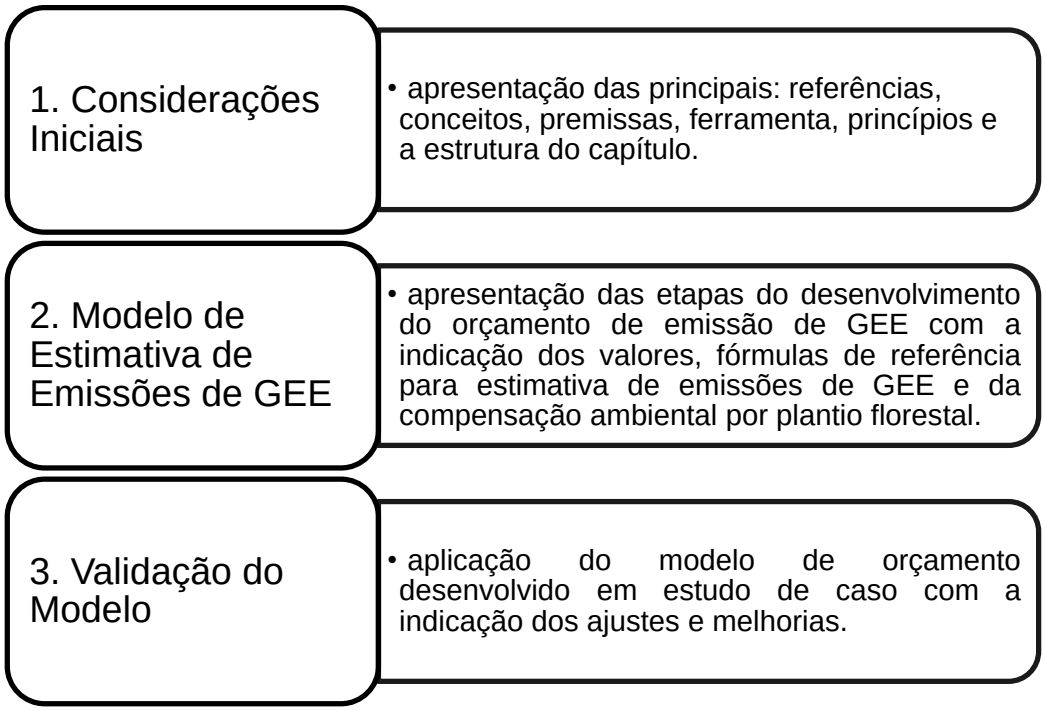

FIG. 3.1 Estrutura do capítulo 3 Material e Métodos

Para a elaboração do modelo de estimativa de emissões de GEE em obras rodoviárias foram utilizados como referência o Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2) – versão março de 2015 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2015d) e os princípios, as recomendações e especificações das seguintes normas referentes à elaboração de inventários corporativos de emissões de GEE:

- Guia Metodológico para a Realização de Inventários em Emissões de Gases de Efeito Estufa (ABNT e BID, 2013);
- Guia Metodológico para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Engenharia e Construção (FÓRUM CLIMA, 2013);

- Guia Metodológico para Inventários de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil – Setor Edificações (SINDUSCON/SP, 2013);
- Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GHG *PROTOCOL*, 2010).

Ressalta-se que estes guias têm como sustentação técnica as orientações do documento ISO 14064-1.2007 Gases de efeito estufa: Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e no *Intergovernmental Panel for Climate Change* (*IPCC*) da ONU, que é a fonte e referência geral de todas as demais normas gerais sobre o tema.

As normas contidas nos documentos citados acima são referências para elaboração de inventário de GEE, com um conceito *ex-post*, posto que medem uma realidade física ocorrida no passado. Entretanto, estas normas podem ser utilizadas como base para o desenvolvimento de ferramentas para a elaboração de orçamento de emissões de GEE (FÓRUM CLIMA, 2013 e SINDUSCON/SP, 2013).

O orçamento de emissões de GEE, também conhecido como cenário de emissões de GEE, tem uma característica *ex-ante*, ou seja, é uma previsão de emissões de GEE que ocorrerão em determinada obra, apurada antes de seu início. O modelo de estimativa de emissões de GEE em obras rodoviárias desenvolvido no presente trabalho constituirá um orçamento de emissões de GEE.

De forma a atender aos objetivos propostos neste trabalho, foram estabelecidas duas premissas para a sua elaboração:

- As emissões de GEE consideradas no orçamento serão as do momento da fase de obras;
- A fonte de dados do orçamento de emissão de GEE será o projeto de engenharia rodoviário (padrão DNIT).

A metodologia de cálculo utilizada para definir a compensação ambiental por plantio florestal de espécies nativas da mata atlântica será a proposta por CAMILA (2012) e MIRANDA (2008).

O fluxo da elaboração do procedimento foi desenvolvido seguindo a sequência lógica proposta nos guias tradicionais para elaboração de inventários e com as adaptações necessárias para a realidade da engenharia rodoviária brasileira. Após a

elaboração do modelo conceitual, foi executada a aplicação do mesmo em um estudo de caso.

Na elaboração deste trabalho foi utilizada como ferramenta de apoio o *software* Compor 90 desenvolvido pela empresa Noventa TI. Referido *software* constitui um sistema de orçamento, planejamento e controle de obras sustentado em composições de preços unitários, e é utilizado por exemplo no Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2) do DNIT.

O *software* Compor 90 é utilizado por diversos órgãos públicos e empresas privadas, como DNIT, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Exército Brasileiro, Controladoria-Geral da União (CGU), Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER/RS), Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Vale S/A, TIISA – Triunfo IESA Infraestrutura S/A, entre outros (CGU, 2015 e SINDUSCON/TAP, 2015). A empresa Noventa TI disponibilizou, de forma gratuita, a licença do *software*, curso de capacitação *on line* e o suporte técnico pelo período de julho de 2015 até dezembro de 2015.

Os princípios balizadores da elaboração do modelo de orçamento são apresentados abaixo:

- Relevância: Assegurar que o orçamento de emissões de GEE reflita adequadamente as emissões de GEE da obra, dentro de limites apropriadamente definidos, de forma a atender às necessidades para as tomadas de decisão dos usuários dos dados - internos e externos ao empreendedor.
- Integridade: Relatar todas as fontes de emissão de GEE e atividades relevantes dentro dos limites definidos. Divulgar e justificar quaisquer exclusões importantes.
- Consistência: Utilizar metodologia consistente para permitir comparações de emissões ao longo do tempo. Documentar de forma transparente quaisquer alterações nos dados, limite do orçamento, métodos ou em quaisquer outros fatores relevantes na série temporal.
- Transparência: Revelar com transparência todas as informações relevantes, de forma clara, factual, neutra e compreensível, de forma a atender às necessidades dos tomadores de decisão. As informações devem ser

suficientes para permitir que um terceiro chegue aos mesmos resultados tomando por base a mesma fonte de dados.

- Exatidão: Alcançar precisão suficiente para permitir que os usuários tomem decisões com segurança razoável quanto à integridade das informações reportadas. Relatar as medidas tomadas para garantir a exatidão da contabilização de emissões pode ajudar a aprimorar o nível de credibilidade e transparência.

3.2 Orçamento de Emissões de GEE para Obras Rodoviárias

3.2.1 Identificação dos Usos do Orçamento

Cabe ao profissional ou à equipe técnica responsável pela elaboração do orçamento de emissões de GEE identificar preliminarmente todas as demandas, externas e internas, existentes e potenciais, bem como promover o alinhamento do conteúdo e do formato com as áreas envolvidas.

Dentre as demandas externas, podemos destacar:

- Demandas de clientes relativas às emissões de GEE na fase de construção de seus empreendimentos;
- Demandas de instituições financeiras;
- Eventuais projetos de créditos de carbono nos mercados regulados ou voluntários;
- Orçamento dos projetos de obras, exigidos por autoridades ambientais municipais, estaduais ou federais;
- Informações setoriais, demandadas por entidades governamentais ou regulatórias das diferentes esferas.

Várias destas demandas têm critérios próprios, por vezes rígidos em seu conteúdo e sua formatação, o que recomenda cuidado na fase de planejamento do orçamento, estruturando o mesmo para atendê-las adequadamente.

Em relação às demandas internas, podemos citar:

- Uso dos quantitativos gerados de emissões de GEE como fator de tomada de decisão na concepção do projeto de engenharia, com destaque para a definição do traçado da rodovia ou da tecnologia de construção a ser empregada;
- Monitoramento e gerenciamento das emissões de GEE durante a fase de obras com um indicador ambiental. O qual deverá estar integrado aos controles internos já operados na construtora, o quanto possível, como uma base de dados e informações objetivas.

3.2.2 Definição dos Limites de um Orçamento de Emissões de GEE

3.2.2.1 Limites Geográficos

O objetivo de definir os limites geográficos é estabelecer as fronteiras para a contabilização das emissões de GEE. Estas fronteiras, ou limites do orçamento, visam garantir o cumprimento dos princípios e fornecer um documento coerente com as necessidades de gestores privados e públicos.

No orçamento de emissões de GEE em obras rodoviárias, teremos situações em que o trecho rodoviário analisado se estenderá por mais de um Município, Estado ou país. Outra situação está relacionada com a origem dos insumos da obra, os quais na maioria das vezes provêem de outros Municípios ou Estados que não aqueles onde haverá efetivamente a construção.

As emissões provenientes de fontes estacionárias, bem como emissões de fontes móveis terrestres, por sua vez poderão estar associadas ao Estado no qual a maior extensão da rodovia está localizada.

3.2.2.2 Limites Organizacionais

Este passo é importante para que as organizações sigam os limites já utilizados na sua contabilidade financeira, desde que estes sejam explicitamente esclarecidos e seguidos consistentemente. Se a organização é proprietária absoluta de todas as suas operações o seu limite organizacional será o mesmo, independentemente da abordagem escolhida. Para empreendedores em cooperações conjuntas, o limite organizacional e as emissões resultantes podem variar dependendo da abordagem utilizada, participação societária, controle operacional ou controle financeiro.

No caso de uma obra rodoviária, recomenda-se que, o limite organizacional seja o do empreendedor titular da obra que a represente junto aos órgãos externos que demandam o orçamento de emissões de GEE.

3.2.2.3 Limites Operacionais

Estabelecer limites operacionais significa identificar emissões de GEE associadas às operações da obra, categorizando as emissões de GEE diretas e indiretas. A FIG 3.2 apresenta a classificação das fontes de emissões conforme as normas gerais para a execução de uma obra rodoviária.

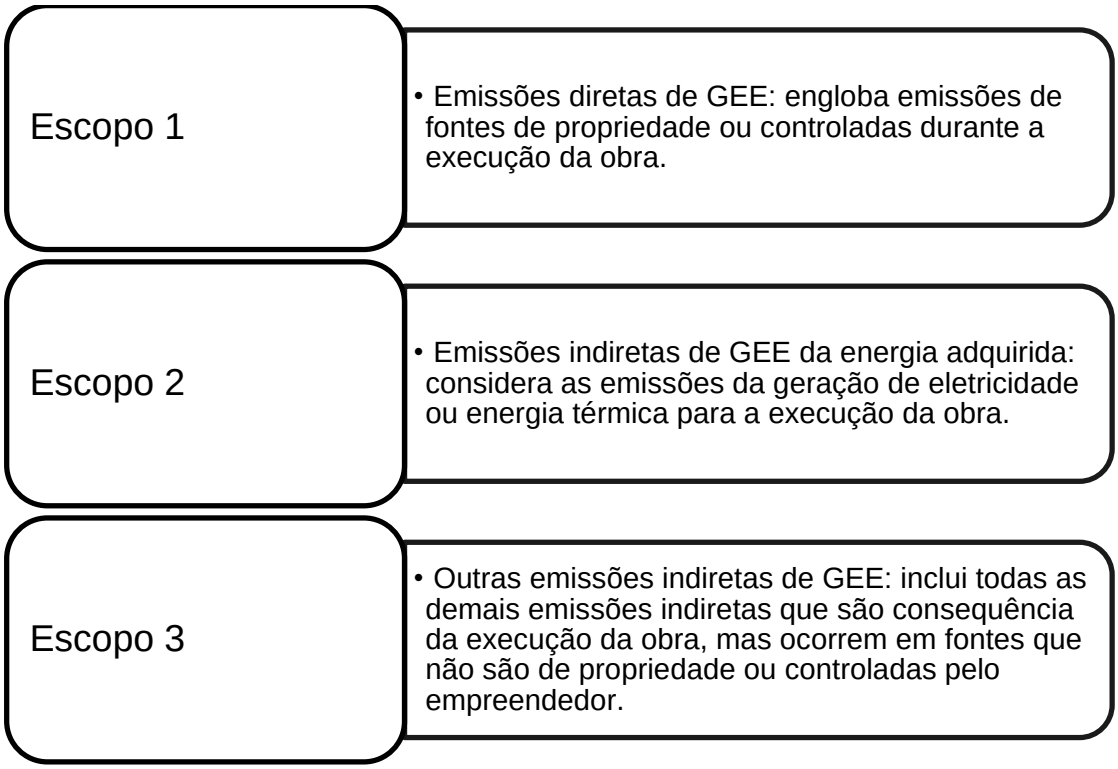

FIG. 3.2 Classificação das fontes de emissão
GHG Protocol, 2010

Segundo as normas de referência, a inclusão das fontes de emissão dos Escopos 1 e 2 é obrigatória e a inclusão das fontes do Escopo 3 é opcional.

Neste trabalho, de forma a evitar a dupla contabilização de emissões indiretas, que ocorre quando organizações diferentes incluem as mesmas emissões em seus respectivos inventários, e principalmente para atender a premissa de que as emissões de GEE consideradas no orçamento de emissões de GEE acontecem no momento da fase de obras, as emissões referentes aos Escopos 2 e 3 não serão abordadas neste modelo de estimativa de emissões de GEE.

A organização responsável pela elaboração do orçamento deve explicar quaisquer mudanças em seus limites operacionais no orçamento de emissão de GEE. Este processo deverá ser documentado.

3.2.3 Seleção do Ano de Referência do Orçamento

Na confecção do orçamento de emissões de GEE, deve-se escolher o seu ano-base, especificando as razões para a escolha deste ano em particular. O ano-base pode ser o atual ano de elaboração do orçamento ou qualquer ano anterior para o qual estejam disponíveis dados de emissões.

No caso de obras rodoviárias, recomenda-se adotar como ano-base o ano de elaboração do projeto de engenharia. Entretanto, pode-se atualizar o orçamento no ano de execução da obra, conforme alguma demanda específica. A definição do ano-base poderá interferir nos resultados de emissões de GEE em relação aos percentuais de biocombustíveis utilizados bem como a fonte de energia elétrica utilizada. Esta, variável conforme a origem da energia, como termelétrica, hidroelétrica, biomassa...

3.2.4 Identificando e Calculando Emissões de GEE

3.2.4.1 Identificar Fontes de Emissão

A TAB 3.1 apresenta a caracterização dos Escopos 1, 2 e 3 para obras rodoviárias com base no projeto de engenharia.

TAB. 3.1 Caracterização escopos de emissão para obras rodoviárias

Escopos	Conjuntos de Fontes Emissoras nas Obras
Escopo 1 Emissões Diretas	Queima de combustíveis: emissões de consumos de combustíveis de origem fóssil e biocombustível em equipamentos próprios ou locados pela empresa para operarem sob sua gestão (fontes móveis e estacionárias). Nesta categoria entram os equipamentos fixos e móveis que operam nos canteiros e nas diversas fases de obras (máquinas, caminhões, veículos, geradores de energia, usina de asfalto e concreto, etc.)
	Supressão de vegetação*: emissões da mudança do uso da terra
Escopo 2 Emissões Indiretas da Energia Adquirida	Emissões da geração da energia adquirida pela obra: equipamentos que demandam energia elétrica como combustível
Escopo 3 Outras Emissões Indiretas	Emissões dos processos de produção dos insumos da obra (cimento, material betuminoso, aço, madeira, brita e areia comercial, etc.)
	Queima de combustíveis: emissões de consumos de combustíveis de origem fóssil e biocombustível no transporte de insumos da obra executado por terceiros (cimento, material betuminoso, aço, madeira, brita e areia comercial, etc.)

* A supressão de vegetação somente deverá ser considerada no cálculo, quando o projeto de engenharia apresentar o inventário florestal. Entretanto, quando o orçamento de emissões for utilizado como instrumento de definição de traçado, com cautela, poderá se optar por dados aproximados de mudança do solo.

3.2.4.2 Escolher Fatores de Emissão

A fonte dos fatores de emissão de GEE mais utilizada pode ser obtida do Programa *GHG Protocol* Brasil. No entanto, visando à qualidade dos orçamentos, podem ser utilizados outros fatores de emissão disponíveis, de origem reconhecida, que possam tornar o cálculo mais preciso. Caso a organização desenvolva o seu próprio fator de emissão, esta deve explicar o seu desenvolvimento por meio de documentos e registros que comprovem o seu valor.

Alguns exemplos de fontes para fatores de emissão são encontradas no Programa GHG *Protocol* Brasil, no *IPCC*, no Balanço Energético Nacional (BEN), no Ministério do Meio Ambiente (MMA) e no Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Nas TAB. 3.2 e 3.3 são apresentados os fatores de emissão para o consumo de combustíveis fósseis e biocombustíveis das fontes móveis e estacionárias utilizados neste trabalho.

TAB. 3.2 Fatores de emissão para combustão móvel

Combustíveis fósseis	**Fatores de Emissão (kg/l)**				**($kgCO_2e/l$)**
	Und.	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Óleo Diesel (puro)	litros	2,603000	0,000139	0,000139	2,65
Biocombustível					
Biodiesel (B100)	litros	2,431000	0,000332	0,000020	2,45
Etanol Hidratado	litros	1,457000	0,000384	0,000013	1,47

GHG Protocol (2014)

TAB. 3.3 Fatores de emissão para combustão estacionária

Combustíveis fósseis	Fatores de Emissão (kg/l)				(kgCO2e/l)
	Und.	CO_2	CH_4	N_2O	Total
Gasolina Automotiva (pura)	litros	2,238993	9,69E-05	1,939E-05	2,25
Óleo Diesel (puro)	litros	2,632092	0,000107	2,131E-05	2,64
Óleo Combustível (A1)	litros	3,107719	0,000120	2,409E-05	3,12
Biocombustível					
Biodiesel (B100)	litros	2,347689	9,95E-05	1,99E-05	2,36
Etanol Anidro	litros	1,540961	6,71E-05	1,341E-05	1,55

GHG Protocol (2014)

A unidade CO_2 equivalente (CO_2e) utilizada segue a métrica GWP (*GREENHOUSE GHG PROTOCOL,* 2007). O potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa em relação ao CO_2, para um horizonte de 100 anos , são 25 para o CH_4 e 298 para o N_2O. A equação 2 apresenta o cálculo.

$$E_{CO_2e} = E_{CO_2} + (25 \times E_{CH_4}) + (298 \times E_{N_2O}) \quad (2)$$

Em que:

E_{CO_2e} é a Emissão total em dióxido de carbono equivalente (t)

E_{CO_2} é a Emissão total de dióxido de carbono (t);

25 é o Potencial de Aquecimento Global do metano;

E_{CH_4} é a Emissão total de metano (t);

298 é o Potencial de Aquecimento Global do óxido nitroso;

E_{N_2O} é a Emissão total de óxido nitroso (t).

3.2.4.3 Aplicar Ferramentas de Cálculo

3.2.4.3.1 Considerações Iniciais

No site do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (www.fgv.br/ces/ghg) está disponibilizada uma ferramenta dividida nas categorias gerais (combustão estacionária, combustão móvel, utilização de HFC e incerteza de medições e estimativas). As ferramentas específicas dos setores (alumínio, ferro e aço, cimento, petróleo e gás, pasta e papel, empresas de escritório, entre outros) estão disponíveis no *GHG Protocol* (www.ghgprotocol.org). As organizações que participam do programa não são obrigadas a utilizar tais ferramentas, podendo preferir elaborar uma ferramenta própria com as suas características. No caso da organização utilizar métodos próprios, estes devem se mostrar mais precisos do que as ferramentas e em conformidade com o *GHG Protocol Corporate Standard* (ABNT e BID, 2013).

Nos itens abaixo é apresentada a metodologia de desenvolvimento da ferramenta para cálculo do orçamento de emissões de GEE para obras rodoviárias de forma a atender o objetivo proposto deste trabalho.

3.2.4.3.2 Cálculo das Emissões das Fontes Móveis e Estacionárias Utilizadas nas Obras Rodoviárias

A metodologia de cálculo considera:

- Os valores dos fatores de emissões de GEE apresentados no item 3.2.4.2 Fatores de Emissão;
- Os equipamentos listados no Sistema de Custos Rodoviários (SICRO 2) versão março/2015 do DNIT e utilizados como insumos nas composições de serviços de engenharia rodoviária;

- O consumo de combustível dos equipamentos referenciado no cálculo orçamentário do projeto de engenharia (padrão DNIT);
- Nos equipamentos que utilizam óleo diesel comercial, a utilização da mistura de 93% diesel fóssil e 7% biodiesel (BRASIL, 2014b);
- Nos equipamentos que utilizam gasolina comercial, a utilização da mistura de 73% de gasolina fóssil e 27% álcool anidro (MAPA e CIMA, 2015).

Para obtenção dos consumos de combustíveis dos equipamentos, referenciado no cálculo orçamentário do projeto de engenharia (padrão DNIT), foi utilizado o relatório de saída Custo Horário (Analítico) do *software* Compor 90. Este relatório tem como base referencial o preconizado no Manual de Custos do DNIT. A FIG. 3.3 apresenta a tela de trabalho do *software* Compor 90 com a função utilizada.

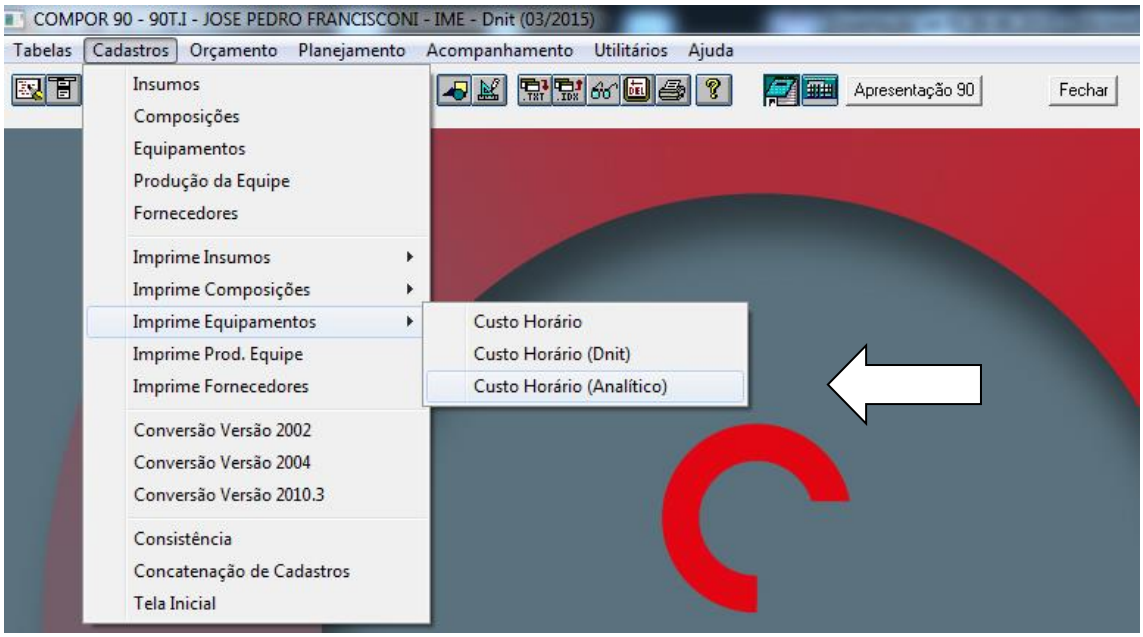

FIG. 3.3 Software Compor 90 – consumo de combustíveis

O cálculo das emissões de GEE das fontes móveis e estacionárias é obtido pela multiplicação do consumo de combustível do equipamento por hora de trabalho e o respectivo fator de emissão, respeitando os percentuais de mistura combustível fóssil e biocombustível. Para este cálculo foi utilizada a equação 3 descrita abaixo.

$$EE_{(i)} = C_{(i)} \times FE_{(i)} \quad (3)$$

Em que:

$EE_{(i)}$ = Emissão de GEE em (kgCO_2e/h) do equipamento (*i*);

$C_{(i)}$ = Consumo de combustível do equipamento (*i*) em (l/h);

$FE_{(i)}$ = Fator de emissão de GEE do combustível no equipamento (*i*) em (kgCO_2e/l)

Nota: As emissões das usinas de asfalto, fontes estacionárias, que utilizam o óleo combustível como insumo, serão calculadas na etapa posterior, pois, este combustível não é considerado inserido no custo dos equipamentos, e sim como material.

3.2.4.3.3 Cálculo das Emissões nas Composições dos Serviços de Engenharia Utilizadas em Obras Rodoviárias

A metodologia de cálculo considera:

- As emissões dos equipamentos calculadas no item 3.2.4.3.2 deste trabalho;
- O fator de emissão do óleo combustível indicado no item 3.4.4.2 deste trabalho;
- As composições de serviços de engenharia rodoviária listadas no Sistema de Custos Rodoviários (SICRO 2) do DNIT;

Este cálculo é efetuado pelo somatório da multiplicação da emissão de GEE dos equipamentos por hora, a quantidade do equipamento e a utilização operativa do mesmo. O resultado dessa multiplicação é dividido pela produção da equipe por hora para a referida composição. O resultado da emissão de GEE da composição é apresentado em kgCO_2e pela unidade da respectiva composição. Para este cálculo foi utilizada a equação 4 descrita abaixo e o *software* Compor 90.

$$EC = \sum_{i} (EE_{(i)} \times QE_{(i)} \times UO_{(i)}) \div PE \quad (4)$$

Em que:

EC = Emissão de GEE em (kgCO_2e/und da composição) para cada composição.

$EE_{(i)}$ = Emissão de GEE em (kgCO_2e/h) do equipamento (*i*);

$QE_{(i)}$ = Quantidade do equipamento (*i*) em (und);

$UO_{(i)}$ = Utilização operativa do equipamento (*i*) em (und);

PE = Produção da equipe para a composição em (und da composição/h).

Notas:

- Em determinadas composições, chamadas de composições principais, fazem parte de sua estrutura atividades auxiliares. A composição das atividades auxiliares tem a suas emissões de GEE calculadas de forma independente e somadas à equação da composição principal.
- As emissões do óleo combustível (óleo A1) têm o seu cálculo de emissão somado na equação acima. A sua emissão é o resultado da multiplicação do seu fator de emissão por sua quantidade na composição.

Na FIG. 3.4 abaixo é apresentado como exemplo uma composição de serviço de engenharia.

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários | Atividades Auxiliares | **SICRO2**

Custo Unitário de Referência — Mês : Março / 2015 | Rio de Janeiro | RCTR0320

1 A 01 390 22 - Usinagem de CBUQ c/ cal hidr. (capa de rolamento) | Produção da Equipe : 75,00 t | *(Valores em R$)*

A - Equipamento	Quantidade	Utilização Operativa	Utilização Improdutiva	Custo Operacional Operativo	Custo Operacional Improdutivo	Custo Horário
E010 - Carregadeira de Pneus - 3,3 m3 (147 kW)	1,00	0,26	0,74	210,80	19,20	69,02
E110 - Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l	2,00	1,00	0,00	11,59	0,00	23,19
E112 - Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW)	1,00	1,00	0,00	109,66	0,00	109,67
E147 - Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga (188 kW)	1,00	1,00	0,00	300,02	19,27	300,03
E501 - Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW)	1,00	1,00	0,00	35,29	14,40	35,29
E503 - Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW)	1,00	1,00	0,00	98,38	14,40	98,39
					Custo Horário de Equipamentos	635,59

B - Mão-de-Obra	Quantidade	Salário-Hora	Custo Horário
T501 - Encarregado de turma	1,00	24,95	24,95
T701 - Servente	8,00	10,75	86,02
		Custo Horário da Mão-de-Obra	110,98
		Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51 %)	17,21
		Custo Horário de Execução	763,78
		Custo Unitário de Execução	10,18

C - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário
M003 - Óleo combustível 1A	8,0000	l	2,18	17,44
M101 - Cimento asfáltico CAP 50/70	0,0550	t	0,00	0,00
M702 - Cal hidratada	20,0000	kg	0,40	8,07
			Custo Total do Material	25,51

D - Atividades Auxiliares	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário
1 A 01 170 01 - Areia extraída com escavadeira hidráulica	0,0533	m3	6,76	0,36
1 A 01 200 01 - Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h	0,5630	m3	30,05	16,92
			Custo Total das Atividades	17,28

FIG. 3.4 Exemplo de composição de serviço de engenharia rodoviária
DNIT, 2015d

O cálculo da emissão de GEE da composição 1 A 01 390 22 indicada acima é apresentado a seguir.

$$EC_{(1A0139022)} = \left[(EE_{(010)} \times QE_{(010)} \times UO_{(010)}) + (EE_{(501)} \times QE_{(501)} \times UO_{(501)}) + (EE_{(503)} \times QE_{(503)} \times UO_{(503)})\right] \div PE$$
$$+EC_{(1A0117001)} + EC_{(1A0120001)} + E_{(ÓleoA1)}$$
$$EC_{(1A0139022)} = \left[(79,01 \times 1 \times 0,26) + (18,46 \times 1 \times 1) + (83,88 \times 1 \times 1)\right] \div 75 + 0,086 + 3,817 + 24,96$$
$$EC_{(1A0139022)} = 30,51(kgCO_2e/t)$$

Nota: Conforme o escopo do inventário, onde apenas são considerados os equipamentos e materiais que emitem GEE no momento da obra por combustão, o equipamento E110 (não consome combustível), os equipamentos E112 e E147 (utilizam como combustível energia elétrica) e os materiais cimento asfáltico CAP 50/70 e cal hidratada não são considerados no cálculo.

Para o cálculo das estimativas de emissão de GEE das composições utilizando o *software* Compor 90 foram necessárias algumas adaptações. Primeiramente foi zerado o valor financeiro (R$) nos custos produtivo e improdutivo de todos os insumos. No segundo momento, foi inserido no local do valor financeiro (R$) no

custo produtivo o valor da emissão de GEE calculado para cada insumo em ($kgCO_2e$).

3.2.4.3.4 Cálculo de Emissões de GEE no Projeto de Engenharia

O projeto de engenharia rodoviária apresenta em seu escopo os quantitativos das composições dos serviços de engenharia necessários para a realização do referido projeto.

Com base nestes quantitativos e a emissão de GEE de cada composição calculada no item 3.2.4.3.3, obtemos o valor estimado da emissão de GEE da obra com base nos dados do projeto de engenharia.

A emissão é calculada pela multiplicação da quantidade do serviço de engenharia, composição e pelo valor de emissão de GEE estimado.

Entretanto, é necessária uma revisão das fichas de composição presentes no projeto de engenharia a ser utilizado, pois, podem aparecer composições que não fazem parte das preconizadas pelo DNIT e também pode haver alterações nos quantitativos dos equipamentos e materiais, o que acarreta diferenças nos valores das emissões de GEE quando comparado com as composições padrões DNIT.

No caso de haver composições novas, basta estimar a sua emissão com base na metodologia apresentada no item 3.2.4.3.3, pois os insumos que fazem parte desta são os mesmos das composições padrões DNIT.

Para situação de alteração dos quantitativos dos equipamentos ou materiais, realiza-se também uma nova estimativa de emissão de GEE com base na metodologia apresentada no item 3.2.4.3.3.

Por fim, em relação ao transporte dos materiais a serem utilizados nas obras, quando estes aparecerem inseridos dentro das composições de custos unitários, o que não é recomendado pelo DNIT, deve-se realizar o somatório de cada material e o seu tipo de transporte e posterior criação das composições de transporte.

A emissão total do projeto é dada pelo somatório das emissões de cada composição de serviço de engenharia.

3.2.5 Análise de Incertezas

3.2.5.1 Considerações Iniciais

A definição estatística da análise de incertezas constitui o parâmetro relacionado ao resultado de uma medição que caracteriza a dispersão de valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos à quantidade medida (por exemplo, a variância da amostra ou o coeficiente de variação).

A definição de incerteza no orçamento de emissões de GEE é um termo geral e impreciso que se refere à falta de certeza em dados relacionados com emissões resultantes de quaisquer fatores causais, tais como a aplicação de fatores ou métodos não representativos, dados incompletos sobre fontes e sumidouros, falta de transparência etc. As informações de incerteza relatadas normalmente especificam uma estimativa quantitativa da diferença provável ou percebida quanto ao valor relatado e uma descrição qualitativa das causas prováveis da diferença.

As normas gerais recomendam que seja realizada uma análise de incertezas baseada em um intervalo de confiança de 95 %, sendo atribuída uma porcentagem de incerteza a cada uma das etapas do processo, para cada uma das fontes de emissão que compõem o orçamento.

A composição de diferentes elementos é realizada pelo método de propagação do erro, através do qual a incerteza de um conjunto é dada pela raiz quadrada das somas dos quadrados das incertezas de cada elemento, expressa em porcentagem, de acordo com a equação 5.

$$I_{conjunto} = \sqrt{I^2{}_{elemento1} + I^2{}_{elemento2} + ... + I^2{}_{elemento(n)}} \quad (5)$$

Em que:

$I_{conjunto}$ = porcentagem de incerteza atribuída a determinado conjunto de elementos (dentro do intervalo de confiança de 95%);

$I_{elemento}$ = porcentagem de incerteza associada a cada elemento.

Os cálculos deverão ser realizados para cada obra.

Entretanto, vale salientar que as características das obras rodoviárias apresentam um grau de incerteza na realização dos serviços de engenharia, como exemplo as condições climáticas no momento da execução dos serviços de engenharia, experiência do operador das máquinas, condições operativas do maquinário, entre outros. O cálculo da incerteza aqui apresentado não engloba estas variáveis.

3.2.5.2 Incerteza nas Emissões de uma Fonte Individual

As incertezas devem ser inicialmente calculadas para cada fonte de emissões, em cada obra. A composição de serviço de engenharia será considerada a fonte de emissão.

Para cada fonte, em cada obra, os cálculos dos volumes de GEE das fontes de emissão seguem roteiros com determinadas etapas de execução, como indicado abaixo:

- coleta dos dados da composição do serviço de engenharia;
- lançamento dos dados de atividade num sistema de cálculo;
- conversão dos dados de atividade na variável sobre a qual se aplica o fator de emissão;
- aplicação de fatores de emissão.

Para o cálculo de incerteza em uma fonte individual, cada uma das etapas acima é considerada um elemento e a emissão da fonte é considerada como sendo o conjunto.

Assim, para uma fonte individual, composição de serviço de engenharia, em uma obra deverá ser aplicada a fórmula apresentada na equação 6.

$$I_{fonte-individual} = \sqrt{I^2_{coleta-de-dados} + I^2_{lançamento} + I^2_{conversão} + I^2_{fator-de-emissão}} \quad (6)$$

Em que:

$I_{fonte-individual}$ = fonte individual = porcentagem de incerteza atribuída à fonte individual (dentro do intervalo de confiança de 95%);

$I_{etapa-de-cálculo}$ = porcentagem de incerteza associada a cada elemento

A TAB. 3.4 apresenta as Incertezas em % recomendadas (FÓRUM CLIMA, 2013 e SINDUSCON/SP, 2013) para uso na equação 6.

TAB. 3.4 Incertezas recomendadas (%)

		Coleta de dados				Lançamento no sistema		Conversão			Fatores de emissão	
		mediação direta equipamento específico	mediação direta equipamento genérico	por documento de terceiros	por estimativa	automático	manual	não é necessário converter	conversão dimensional	conversão para outra unidade	específicos	genéricos
Escopo 1	Consumo de combustíveis	0,2	0,5	0,8	3,0	0,2	1,5	0,2	0,4	1,5	0,5	2,0
	Remoção de vegetação	0,4	1,5	2,0	5,0	0,2	1,5	0,4	0,8	2,5	1,5	5,0
	Tratam efluentes e resíduos	0,3	0,5	1,5	4,0	0,2	1,5	0,3	0,7	2,0	1,2	4,0
	Outros processos	0,2	1,0	2,0	4,0	0,2	1,5	0,3	0,5	1,5	0,8	3,0
Escopo 2	Energia adquirida	0,1	0,2	1,2	4,0	0,2	1,5	0,1	0,2	0,6	0,5	1,5
Escopo 3	Consumo de combustíveis	0,2	0,5	1,0	5,0	0,2	1,5	0,2	0,8	2,0	0,5	2,0
	Destinação efluentes e resíd.	0,2	0,7	2,0	5,0	0,2	1,5	0,4	0,8	3,0	1,2	4,0
	Fabricação de materiais	0,2	0,5	1,0	4,0	0,2	1,5	0,3	0,6	n/a	1,0	4,0
	Fretes de materiais	0,2	0,4	1,0	4,0	0,2	1,5	0,3	0,5	2,0	0,5	2,0
	Emissões renováveis	0,2	0,5	0,8	3,0	0,2	1,5	0,2	0,4	2,0	0,5	2,0
	Reflorestamento	0,5	2,0	4,0	8,0	0,2	1,5	0,4	1,0	4,0	1,5	5,0

FÓRUM CLIMA, 2013 e SINDUSCON/SP, 2013

As normas gerais ainda destacam que de acordo com *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change* 2007 (AR4), o grau de incerteza quanto ao poder de aquecimento global direto (*Direct* GWP) dos GEE que não o CO_2 é de ± 35 %, dentro do intervalo de confiança de 90 %. Foi estabelecido que o poder de aquecimento global de CO_2 é o valor de referência considerado absoluto, com poder de aquecimento global (AGWP – *Absolute Global Warming Potential*) igual a 1. Este valor contém um nível de incerteza estimado pelo IPCC em ± 15%. Contudo, a adoção dos graus de incerteza devida aos GWP (*Global Warning Potential*) dos

gases levaria, pela sua dimensão, a um valor de incerteza composta que prejudicaria a visão dos demais componentes. Como este fator de incerteza é inerente a todos os inventários e orçamentos, as normas gerais indicam que não seja utilizado.

3.2.5.3 Incerteza nas Emissões de uma Obra

Para obtenção do fator de incerteza nas emissões de GEE de uma obra, faz-e uma ponderação das Incertezas (em %) de cada fonte daquela obra, obtidas no item 3.2.5.2, usando como peso as emissões associadas a cada uma delas (em número absoluto), segundo a seguinte fórmula da equação 7.

$$I_{obra} = \frac{\sqrt{(I_{f1} \times E_{f1})^2 + (I_{f2} \times E_{f2})^2 + \ldots + (I_{f(n)} \times E_{f(n)})^2}}{(E_{f1} + E_{f2} + \ldots + E_{f(n)})} \quad (7)$$

Em que:

I_{obra} = porcentagem de incerteza atribuída ao orçamento de emissões de uma obra (dentro do intervalo de confiança de 95%);

$I_{f(n)}$ = porcentagem de incerteza associada a cada fonte de emissão (%), calculada como indicado no item 3.2.5.2;

$E_{f(n)}$ = total de emissões de determinada fonte, em número absoluto (ex. t de CO_2e).

3.2.6 Ações Direcionadas à Compensação de Emissões

3.2.6.1 Cálculo do Número de Árvores

O número de árvores a serem plantadas é obtido pela divisão do valor total das emissões de GEE do projeto pelo fator de fixação de carbono em biomassa – árvores nativas (0,19 t/árvore), conforme apresentado na equação 8.

$$N = ET \div F_f \quad (8)$$

Em que:

N = Número total de árvores a serem plantadas (un).

ET = Emissão total de GEE estimada em (t CO_2e).

F_f = Fator de fixação de carbono em biomassa para árvores nativas em (t/árvore).

3.2.6.2 Cálculo da Área Necessária ao Plantio

O cálculo da área necessária é o resultado da divisão da emissão de GEE a ser compensada pelo valor de fixação de carbono – árvores nativas (322,7 t/ha), conforme apresentado na equação 9. É considerado um espaçamento de plantio de 3 x 2 metros e uma idade índice de 17 anos.

$$A = ET \div F_c \quad (9)$$

Em que:

A = Área necessária para o plantio em (ha).

ET = Emissão total de GEE estimada em (tCO_2e).

F_c = Fixação de carbono de árvores nativas de acordo com a idade índice em (t/ha).

3.2.6.3 Cálculo do Valor Financeiro para o Plantio

O cálculo do valor financeiro para o plantio de árvores é obtido pela multiplicação no número de árvores a serem plantadas e o valor para o plantio de cada árvore, conforme apresentado na equação 10. Outra possibilidade de cálculo é a multiplicação da área necessária e o valor para o plantio de cada área.

Considerando que o DNIT não apresenta em seu sistema de custos o valor financeiro para o plantio das árvores nativas, recomenda-se a realização do levantamento de custos financeiro de aquisição e plantio de árvores nativas na região definida como limite geográfico do projeto de engenharia.

Neste trabalho, devido ao fato do Departamento de Estradas e Rodagens do Estado do Rio de Janeiro (DER/RJ) não apresentar uma tabela com valores de referência, será utilizada como referência a tabela orçamentária do Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo (DER/SP, 2015) referência 30 de setembro de 2015. Nesta tabela, código 30.01.22, é indicado o valor de R$ 45,55 por unidade para o plantio de árvores nativas.

$$CC = N \times C_{árvore} \quad (10)$$

Em que:

CC = Custo da compensação ambiental em reais (R$).

N = Número total de árvores a serem plantadas (unidade).

$C_{árvore}$ = Custo da plantio em reais (R$) por árvore nativa.

3.2.7 Elaboração do Relatório

O empreendedor titular da obra rodoviária deve preparar um relatório de emissões de GEE para atender às demandas para as quais foi preparado, inclusive com vistas a uma possível verificação por parte independente.

O desafio principal ao se realizar um orçamento de emissões de GEE é a forma de reportar estas informações da melhor maneira possível, respeitando os princípios da relevância, integralidade, consistência, exatidão e transparência.

Para alinhar a apresentação do orçamento de obras rodoviárias, recomenda-se que o relatório seja pontual em relação à obra, com a seguinte estrutura básica:

- Dados gerais: características técnicas da obra, mapa de localização, descrição do empreendedor e equipe responsável pelo orçamento, etc.;
- Ano de referência do orçamento;
- Limites geográficos;
- Limites organizacionais;
- Limites operacionais;
- Metodologia;
- Fatores de emissões;
- Cálculo de emissões;
- Resultados de emissões totais e desagregadas por tipo de serviço da obra (terraplenagem, obras de artes correntes, pavimentação, transporte, meio ambiente, obras complementares, canteiro de obras...);
- Análise de incertezas;
- Ações direcionadas à compensação de emissões;
- Referências bibliográficas.

3.3 Aplicação do Modelo de Estimativa de Emissões de GEE em Obras Rodoviárias

3.3.1 Dados Gerais

A obra rodoviária analisada neste estudo de caso é a rodovia federal BR 356/RJ, referente ao trecho de implantação do contorno de Itaperuna/RJ.

A BR 356 é uma rodovia federal diagonal, que liga a cidade de Belo Horizonte/MG ao município de São João da Barra/RJ, totalizando 472,9 quilômetros

de extensão. No Estado do Rio de Janeiro a BR 356 atravessa 5 municípios, entre eles Itaperuna.

O projeto rodoviário em foco compreende o reordenamento do tráfego por meio do desvio de parte do fluxo de veículos que trafegam na BR 356/RJ no perímetro urbano de Itaperuna para o contorno a ser implantado.

A implantação do contorno de Itaperuna tem como objetivo diminuir o tráfego de veículos pesados, como ônibus e caminhões, dentro do perímetro urbano, oferecendo ao usuário da rodovia uma alternativa mais eficiente para chegar ao seu destino, aumentando a segurança do tráfego, promovendo o desenvolvimento e melhorando a qualidade ambiental na região.

A TAB. 3.5 apresenta os dados gerais das obras de implantação do contorno de Itaperuna/RJ.

TAB. 3.5 Dados gerais do projeto da BR 356 (Contorno de Itaperuna)

Dados Gerais do Projeto Rodoviário: Contorno de Itaperuna (BR356/RJ)	
Empreendedor	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
Elaboração do Projeto	JDS Engenharia e Consultoria Ltda.
Ano elaboração do projeto	2012 com revisão de orçamento em 2014
Rodovia	BR 356/RJ
Trecho	Div. MG/RJ – São João da Barra
Subtrecho	Entr. BR-356(Km 31) – Entr. BR-356(Km 39)(Contorno de Itaperuna)
Segmento	km 0,0 – km 12,5
SNV	356BRJ9010
Extensão	12,5 km
Valor da Obra	R$ 28.347.427,12 (março/2014)
Características Gerais	• Duas faixas de tráfego de 3,5 m de largura cada; • Acostamentos em ambos os lados com 2,5 m de largura; • Faixa destinada à drenagem superficial de 1 m em ambos os lados. • Velocidade diretriz: 70 km/h • Rampa máxima: 6 % • Declividade transversal da pista: 3 % • Raio mínimo: 200 m • Faixa de domínio: 70 m
Fonte de dados	Projeto Executivo de Engenharia (DNIT, 2014b) https://189.9.128.64/licitacoes/superintendencias/projetos-superintendencias-1/rio-de-janeiro

DNIT, 2014b

A FIG. 3.5 apresenta o mapa de localização.

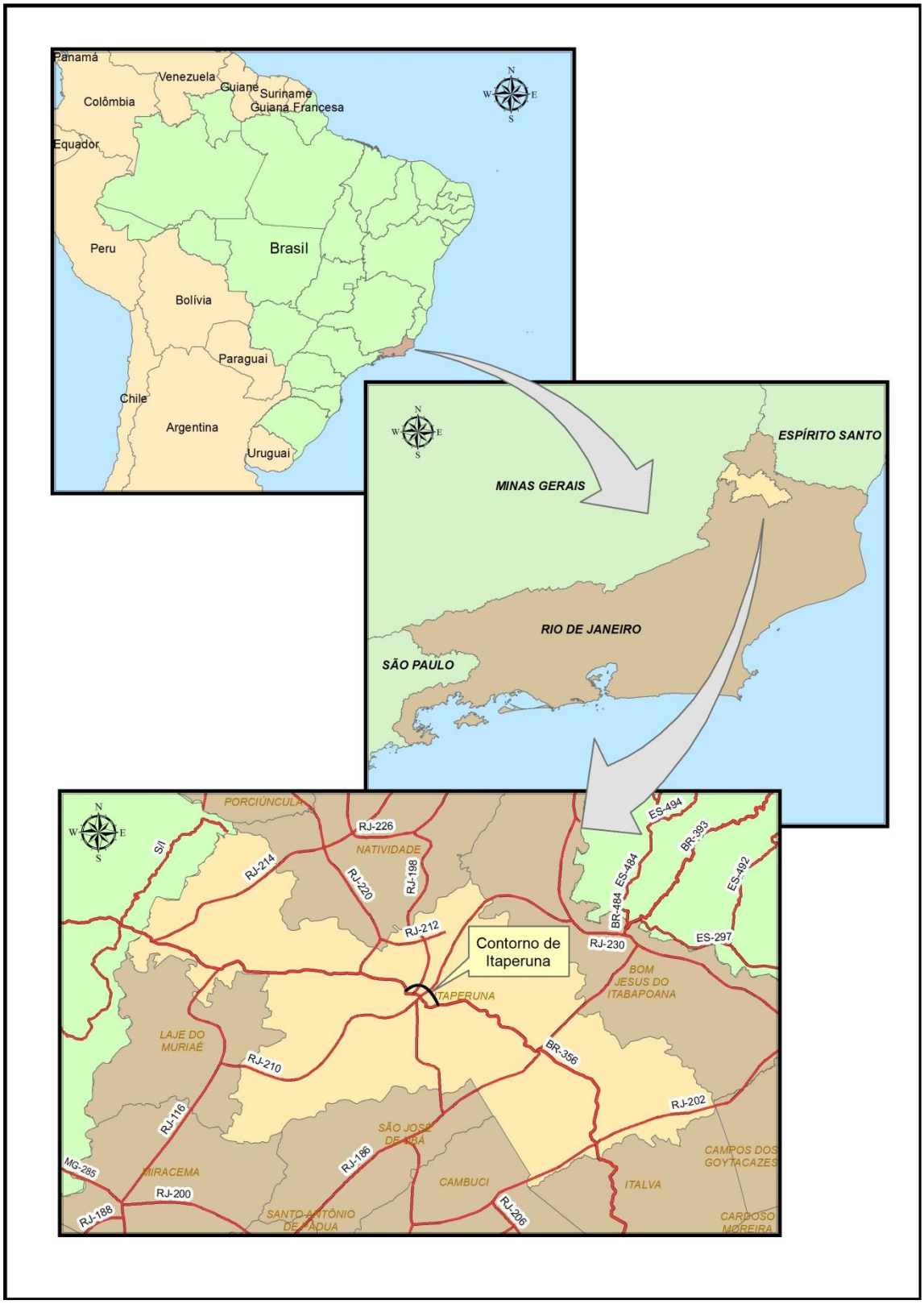

FIG. 3.5 Mapa de localização da rodovia BR 356/RJ (Contorno de Itaperuna)

3.3.2 Ano de Referência do Orçamento

O projeto de engenharia foi elaborado no ano de 2012 e revisado em 2014. Entretanto, de forma a ter uma estimativa de emissões mais exata, em função da regulamentação aplicada aos percentuais de uso dos biocombustíveis, optamos em estabelecer o ano-base como o ano 2015, momento de elaboração deste orçamento de emissões de GEE.

3.3.3 Limites Geográficos

A obra rodoviária tem seus 12,5 km situados no município de Itaperuna, região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Todos os insumos previstos têm como origem também no Estado do RJ. O limite geográfico adotado é o Estado do Rio de Janeiro.

3.3.4 Limites Organizacionais

O empreendedor responsável pelo orçamento de emissões de GEE é a Superintendência Regional do Estado do Rio de Janeiro do DNIT.

3.3.5 Limites Operacionais

Com base nos dados quantitativos das composições de serviços de engenharia rodoviária constantes do projeto analisado serão estimadas as emissões diretas de GEE no uso dos combustíveis fósseis e biocombustíveis das fontes móveis e estacionárias utilizadas na fase de obras, conforme apresentado na FIG. 3.6.

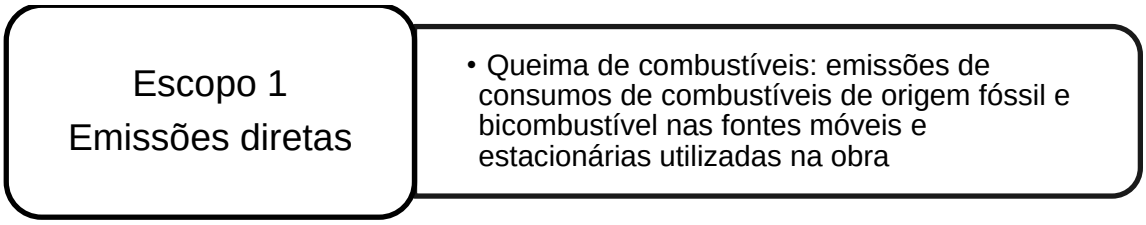

FIG. 3.6 Limite operacional – Escopo 1

Nas 122 composições definidas a partir projeto de engenharia, conforme apresentado na TAB. 3.6, foram utilizados 33 equipamentos como fonte móvel de emissões e 10 como fonte estacionária.

TAB.3.6 Limite operacional – Composições de serviço de engenharia

Tipo de Serviço	**Composições (und)**
Terraplenagem	22
Obras de Drenagem Superficial	67
Pavimentação	10
Sinalização e Obras Complementares	9
Componente Ambiental	3
Canteiro de Obras	3
Transporte	8
Total	122

Nos resultados deste trabalho, capítulo 4, será apresentada a relação de todas as composições dos serviços de engenharia constantes do projeto.

3.3.6 Fatores de Emissões

Os fatores de emissão utilizados como base do cálculo são os apresentados anteriormente nas TAB. 3.2 e 3.3 no Item 3.2.4.2.

3.3.7 Cálculo de Emissões

Os valores de referência de emissões de GEE das composições de serviços de engenharia foram calculados no item 3.2.4.3.3, tendo por base o SICRO2 do DNIT.

As emissões foram calculadas pela multiplicação da quantidade da composição do serviço de engenharia indicada no projeto da obra de implantação do contorno de Itaperuna/RJ pelo valor de emissão de GEE estimado para cada composição padrão DNIT.

Entretanto, na revisão das fichas de composição presentes no projeto de engenharia utilizado em comparação com as composições do padrão DNIT, verificou-se diferentes composições e alterações de quantitativos em determinados insumos, além da necessidade de desenvolver a composição de transportes dos insumos e dos serviços relativos ao canteiro de obras.

A TAB. 3.7 apresenta as composições contidas no projeto de engenharia que são diferentes do padrão DNIT. Estas composições foram elaboradas de forma a estimar as emissões de GEE. O apêndice 2 apresenta as fichas das três composições.

TAB. 3.7 Composições diferentes do SICRO2

Tipo do Serviço	**Descrição**	**Unid.**	**Quant.**
Terraplenagem	Compactação de camada de aterros 100 % PI	m³	52.500
Obras de drenagem superficial	Colchão drenante	m³	728
Sinalização e obras complementares	Remoção de cerca	m	8.897

Foram identificadas, em cinco composições, diferenças nos quantitativos de insumos das composições apresentadas no projeto de engenharia em relação ao padrão DNIT, conforme apresentado na TAB. 3.8. Foram adotados os valores indicados no projeto.

TAB. 3.8 Composições com quantidades diferente do SICRO2

Código (DNIT)		Insumo		
Composição Principal	Composição Auxiliar	Descrição	Quant. (DNIT)	Quant. (Projeto)
2 S 04 100 51	1 A 00 906 51	Dentes para bueiros simples D=0,60 m AC/BC/PC	0,2	0
2 S 04 100 52	1 A 00 907 51	Dentes para bueiros simples D=0,80 m AC/BC/PC	0,2	0
2 S 04 110 51	1 A 00 903 51	Dentes para bueiros duplos D=1,00 m AC/BC/PC	0,2	0
2 S 04 110 52	1 A 00 904 51	Dentes para bueiros duplos D=1,20 m AC/BC/PC	0,2	0
1 A 01 395 52*	1 A 00 717 00	Brita Comercial	0,64	0,4
	1 A 01 120 01	Escav. e carga de mater. de jazida (const. e restr.)	0,96	1,125

* Esta é uma composição auxiliar da principal 2 S 02 220 50.

Em relação ao transporte dos insumos utilizados na obra foram extraídos os quantitativos em cada ficha de composição indicada no projeto de engenharia e elaboradas as devidas composições de transporte. A TAB. 3.9 apresenta os insumos, tipo de transporte, suas quantidades e distâncias da origem até a obra.

TAB. 3.9 Composições de transporte por insumo

Insumo	Composição Transporte	Tipo Rodovia		Quant. (t)
		NPav	Pav	
Madeira	1 A 00 001 90	5,2		117,17
Madeira	1 A 00 002 90		112	117,17
Madeira	1 A 00 001 40	3,11		117,17
Madeira	1 A 00 002 40		0,3	117,17
Cimento	1 A 00 001 90	5,2		1.004,81
Cimento	1 A 00 002 90		112	1.004,81
Cimento	1 A 00 001 40	3,11		882,04
Cimento	1 A 00 002 40		0,3	882,04
Areia	1 A 00 001 91	5,2		10.315,69
Areia	1 A 00 002 91		23	11.571,49
Areia	1 A 00 001 05	3,11		6.909,04
Areia	1 A 00 002 05		0,3	6.909,04
Areia	1 A 00 001 05	3,76		1.255,80
Brita	1 A 00 001 91	5,2		123.296,90
Brita	1 A 00 002 91		12,7	123.296,90
Brita	1 A 00 001 05	3,11		8.274,42
Brita	1 A 00 002 05		0,3	8.274,42
Brita	1 A 00 001 91	2,6		2.467,83
Brita	1 A 00 002 91		0,3	2.467,83
Rachão	1 A 00 001 91	5,2		5.590,97
Rachão	1 A 00 002 91		12,7	5.590,97
Rachão	1 A 00 001 05	3,11		5.590,97
Rachão	1 A 00 002 05		0,3	5.590,97
Aço CA	1 A 00 001 90	5,2		130,51
Aço CA	1 A 00 002 90		112	130,51
Aço CA	1 A 00 001 40	3,11		130,51
Aço CA	1 A 00 002 40		0,3	130,51
Material de Jazida	1 A 00 001 05	5,32		99.387,54
Material de Jazida	1 A 00 002 05		0,3	99.387,54
Fíler	1 A 00 001 90	5,2		255,44
Fíler	1 A 00 002 90		112	255,44
Usinagem solo brita	1 A 00 001 05	2,1		132.516,72
Usinagem solo brita	1 A 00 002 05		0,3	132.516,72
Usinagem brita graduada	1 A 00 001 05	2,45		64.306,08

Insumo	Composição Transporte	Tipo Rodovia		Quant. (t)
		NPav	Pav	
Usinagem brita graduada	1 A 00 002 05		0,3	64.306,08
CBUQ	1 A 00 001 05	2,6		19.051,40
CBUQ	1 A 00 002 05		0,3	19.051,40
Tubo	1 A 00 001 40	3,11		755,51
Tubo	1 A 00 002 40		0,3	755,51
Mourão	1 A 00 001 90	5,2		1.441,13
Mourão	1 A 00 002 90		112	1.441,13
Mourão	1 A 00 001 40	3,11		1.441,13
Mourão	1 A 00 002 40		0,3	1.441,13
Arame farpado	1 A 00 001 90	5,2		5,39
Arame farpado	1 A 00 002 90		112	5,39
Arame farpado	1 A 00 001 40	3,11		5,39
Arame farpado	1 A 00 002 40		0,3	5,39
Material removido	1 A 00 001 05	3,58		18.917,28

O TAB. 3.10 apresenta as composições de transporte criadas com base nos dados do projeto de engenharia de forma a estimar as emissões de GEE.

TAB. 3.10 Composições de transporte

Código (DNIT)	Descrição	Quant. (t.km)
1 A 00 001 90	Transporte comercial c/ carroc. rodov. não pav.	15.363,11
1 A 00 002 90	Transporte comercial c/ carroceria rodov. pav.	330.897,84
1 A 00 001 40	Transp. local c/ carroceria 15 t rodov. não pav.	10.361,71
1 A 00 002 40	Transporte local c/ carroceria 15 t rodov. pav.	999,522
1 A 00 001 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. não pav.	723.858,37
1 A 00 002 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. pav.	1.903.019,83
1 A 00 001 05	Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. não pav (const)	1.151.164,50
1 A 00 002 05	Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. pav. (const)	100.810,85

Para estimar as emissões de GEE das atividades do canteiro de obras, foram criadas três composições com base nos dados do projeto de engenharia. A TAB. 3.11 apresenta as três composições e os serviços ou equipamentos relacionadas à atividade. No apêndice 2 são apresentadas as três composições de forma detalhada.

TAB. 3.11 Composições do canteiro de obras

Descrição	Serviço - Equipamento
Mobilização e desmobilização	Equipamentos de grande porte
	Equipamentos de médio porte
	Veículos de produção*
Instalação do canteiro de obras	Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diam. até 0,15 m
	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 m
	Compactação de aterros a 100% proctor normal
	Montagem de usina de solos
	Montagem de usina de asfalto
	Base de concreto para apoio de tanque
Manutenção do Canteiro	Caminhão carroceria c/ guindauto
	Caminhão tanque 10.000 l
	Cavalo mecânico com reboque

* Apesar do orçamento financeiro apresentado no projeto de engenharia considerar apenas o deslocamento de ida (sede da empresa até a obra) para veículos de produção, no cálculo da estimativa de emissões de GEE considerou-se ida e volta.

Durante a revisão das composições indicadas no projeto de engenharia com o padrão DNIT também foram identificadas inconsistências que levaram à necessidade de adequação de cinco códigos das composições apresentadas no projeto, conforme apresentado na TAB. 3.12.

TAB. 3.12 Composições corrigidas

Código (Projeto)	Código Adotado (DNIT)
2 S 01 000 01	2 S 01 100 01
2 S 01 110 51	2 S 04 100 51
2 S 01 110 52	2 S 04 100 52
2 S 04 950 52	2 S 04 950 62
2 S 04 950 54	2 S 04 950 64

3.3.8 Análise de Incertezas

Com base nos valores de incerteza (%) recomendados na metodologia e os valores de emissões de GEE das 122 composições, foi calculada a incerteza do orçamento da obra. A TAB. 3.13 abaixo apresenta os percentuais utilizados como base no cálculo para o Escopo 1 – consumo de combustíveis.

TAB. 3.13 Valores de incertezas adotados (%)

	Coleta de dados	Lançamento no sistema	Conversão	Fatores de emissão
Por documento de terceiros	0,8			
Manual		1,5		
Conversão dimensional			0,4	
Conversão para outra unidade			1,5	
Específicos				0,5

3.3.9 Ações Direcionadas à Compensação de Emissões

A ação relacionada à compensação ambiental das emissões estimadas no projeto da rodovia é por plantio de árvores nativas. O modelo de cálculo do número de árvores e a área necessária é o desenvolvido por (CAMILA, 2012) e MIRANDA (2008), conforme apresentado no item 3.2.6.

4. RESULTADOS

4.1 Considerações Iniciais

Os resultados deste trabalho estão descritos em três etapas, a saber:

- Considerações iniciais: apresentação da estrutura do capítulo;
- Elaboração do modelo de estimativa de emissões de GEE em obras rodoviárias: são apresentados os resultados do processo de construção do referido modelo; e
- Aplicação do modelo (aplicação em estudo de caso): são destacados os resultados das emissões de GEE e a compensação ambiental por plantio florestal na aplicação do modelo desenvolvido no estudo de caso, bem como as adaptações necessárias para a sua utilização.

Como resultado deste trabalho também foram gerados dois documentos:

- Guia Metodológico para Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Obras Rodoviárias: apresenta a metodologia consolidada para elaboração de orçamentos de emissões de GEE em obras rodoviárias. Ver apêndice 1;
- Relatório do Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa: representa exemplo de formatação de relatório do uso do guia indicado acima. Para a sua confecção foram utilizados os dados e resultados do estudo de caso. Ver apêndice 2.

4.2 Elaboração do Modelo

Com base nos princípios, recomendações e especificações das principais normas para elaboração de inventários corporativos de emissões de GEE, foi desenvolvido o modelo de estimativa de emissões de GEE em obras rodoviárias.

Este modelo tem uma característica *ex-ante*, pois, com base nos dados contidos no projeto de engenharia rodoviária, relata uma previsão de emissões de GEE que poderão ser apuradas antes do início efetivo da obra.

Por considerar as duas premissas definidas na metodologia, onde foi definido que a fonte dos dados de alimentação do modelo é o projeto de engenharia rodoviária – padrão DNIT – e que as emissões quantificáveis são aquelas emitidas no momento da obra, o modelo abrange, conforme recomendações das normas utilizadas, o escopo 1 – emissões diretas.

Para a concepção do modelo de cálculo, com base nos consumos de combustível utilizados como referência no orçamento financeiro das obras de engenharia rodoviária, foram estimadas as emissões de GEE das fontes móveis e estacionárias utilizadas como insumos nas composições dos serviços de engenharia no SICRO2/DNIT. Foram calculadas em 112 equipamentos do total de 224 apresentadas no SICRO2.

A TAB. 4.1 apresenta a divisão dos 224 equipamentos conforme o tipo de combustível consumido. Já a TAB. 4.2 mostra a divisão entre fonte móvel e estacionária dos 112 equipamentos utilizados na base do modelo desenvolvido.

TAB. 4.1 Equipamentos por tipo de combustível

Combustível	Equipamento
Diesel	104
Energia Elétrica	26
Gasolina	7
Álcool	1
Não usa combustível	86
Total	224

TAB. 4.2 Equipamentos por tipo de fonte

Combustível	Tipo da Fonte	
	Estacionária	Móvel
Diesel	20	84
Gasolina	7	0
Álcool	0	1
Total	27	85

É apresentado no apêndice 1 a relação dos 112 equipamentos com as suas respectivas estimativas de emissões de GEE por hora de operação.

Com base dos registros de emissões de GEE dos 112 equipamentos e com o auxilio do *software* Compor 90 foram estimadas as emissões de 1.831 composições das 1.945 apresentadas no SICRO2/DNIT. As composições que não tiveram a suas emissões estimadas foi em função de não utilizarem como insumo equipamentos com consumo de combustível, como exemplo a composição "*2 S 03 000 03 ESCAVAÇÃO MANUAL DE CAVAS EM MATERIAL 2A CAT*".

A TAB. 4.3 abaixo apresenta a distribuição das 1.831 composições que tiveram suas emissões de GEE estimadas nos diferentes tipos de intervenção rodoviária – padrão DNIT.

TAB. 4.3 Composições com emissões de GEE estimadas

Tipo de Intervenção	Composições
Atividades Auxiliares	185
Construção Rodoviária	1.183
Conservação Rodoviária	188
Sinalização	51
Restauração Rodoviária	224
Total	1.831

O apêndice 1 apresenta a lista com todas as 1.831 composições e seus respectivos valores de emissão de GEE estimados por sua unidade de medida.

Assim, com os valores das emissões de GEE por unidade de medição das composições dos serviços de engenharia constantes no SICRO2, obtivemos a base de cálculo para estimar as emissões de GEE em um projeto de engenharia rodoviária.

Com a inserção da metodologia proposta por CAMILA (2012) e MIRANDA (2008) para a compensação ambiental de emissões utilizando plantio florestal, tivemos como resultado um modelo capaz de estimar as emissões de GEE em uma obra rodoviária e quantificar o número de árvores, a área e o valor financeiro para a sua neutralização.

4.3 Aplicação do Modelo (Aplicação em Estudo de Caso)

Com o uso do modelo desenvolvido no estudo de caso, para 12,5 quilômetros de obras rodoviárias para implantação do contorno de Itaperuna/RJ (BR 356) foram estimados a emissão de 4.002.183,34 kgCO_2e. A incerteza obtida do orçamento da obra foi de 1,3 %. Para a neutralização das emissões foi definido a necessidade do plantio de 21.064 unidades de árvores nativas em uma área de 12,40 hectares ao custo de R$ 959.465,20.

Das 122 composições de serviço obtidas a partir do projeto de engenharia da obra de implantação do contorno de Itaperuna, 103 puderam ter suas emissões de GEE estimadas de forma direta com a utilização da base de dados proposta no modelo desenvolvido, entende-se base SICRO2/DNIT. As 19 composições de serviço que não puderam ter os seus cálculos de emissões de forma direta necessitaram de ajustes para o cálculo de suas emissões, conforme apresentado no capítulo 3 deste trabalho. A TAB. 4.4 apresenta um resumo dos procedimentos adotados para a efetivação do cálculo das emissões destas 19 composições.

TAB. 4.4 Procedimento adotado nas composições diferentes SICRO2

Quant.	Descrição
3	Foram elaboradas as composições com base nas suas fichas unitárias
5	Tiveram quantitativos de equipamentos ou insumos adequados
8	Referente ao transporte de insumos
3	Atividades relacionadas ao canteiro de obras

A TAB. 4.5 apresenta os resultados de emissões totais e desagregadas por tipo de serviço da obra.

TAB. 4.5 Resultados de emissões

Tipo de Serviço da Obra	Composições (und.)	Emissão de CO_2e (t)
Terraplenagem	22	1.322,66
Obras de Drenagem Superficial	67	142,84
Pavimentação	10	1.205,07
Sinalização e Obras Complementares	9	35,87
Componente Ambiental	3	31,85
Transporte	3	1.160,14
Canteiro de Obras	8	103,77
Total do Projeto	122	4.002,18

As FIG. 4.1 e 4.2 apresentam os resultados de emissões totais e desagregadas por tipo de serviço da obra.

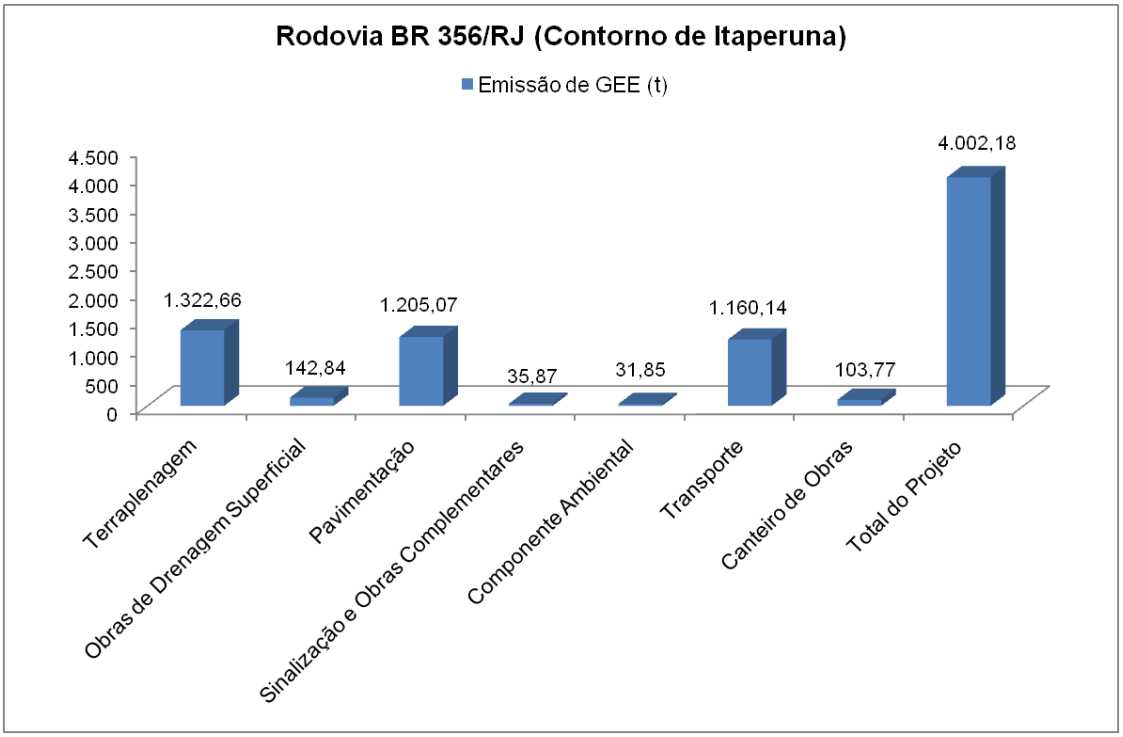

FIG. 4.1 Emissões desagregadas por tipo de serviço (tCO_2e)

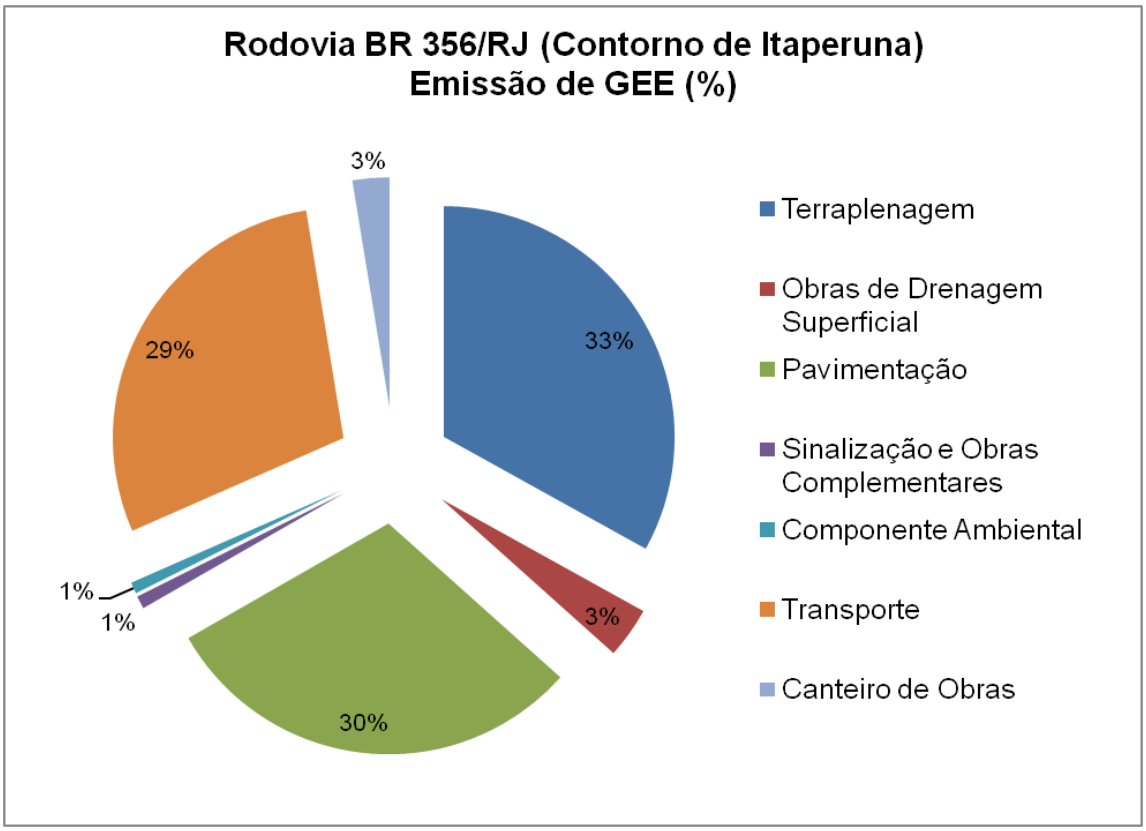

FIG. 4.2 Emissões desagregadas por tipo de intervenção (%)

A TAB. 4.6 apresenta os resultados finais do uso do modelo, indicado o total de emissões de GEE e o quantitativo referente às ações para neutralizá-las.

TAB. 4.6 Resultados finais

Total de emissões (tCO_2e)	4.002,18
Número de árvores (und)[1]	21.064
Área necessária (ha)[2]	12,40
Custo Compensação (Reais)[3]	R$ 959.465,20

[1] Fator de fixação de carbono em biomassa – árvores nativas (0,19 t/árvore);

[2] Fixação de carbono em área – árvores nativas (322,7 t/ha);

[3] Custo da aquisição e plantio das árvores (R$ 45,55/árvore). Não considera a aquisição da área necessária.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Na presente dissertação foi estudada a questão das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em obras rodoviárias. As principais pesquisas existentes sobre o assunto foram abordadas, com ênfase em suas contribuições para o desenvolvimento dos métodos de quantificação e seus usos.

A quantificação das emissões de GEE em obras rodoviárias apresenta-se como uma alternativa na busca pela descarbonização dos empreendimentos rodoviários. Alguns estudos já realizados apontam o uso da técnica com resultados positivos na mitigação de emissões de GEE quando da escolha adequada de tecnologias e insumos, bem como no gerenciamento da construção.

Dentre as alternativas de redução das emissões em obras rodoviárias que se vislumbram, destacam-se a escolha por insumos de origem mais próximos à obra, a correta manutenção e monitoramento dos equipamentos e a escolha de tecnologias de construção de baixo carbono no momento da elaboração do projeto de engenharia. Salienta-se que o objetivo do uso de técnicas de baixo carbono na construção de rodovias é contribuir com a diminuição dos efeitos do aquecimento global e do meio ambiente como um todo.

A precisão das estimativas é dependente da qualidade dos fatores de emissões utilizados para referenciar o consumo de combustível dos equipamentos e da produção dos insumos. A definição dos fatores de emissões de GEE para os tipos de intervenções em obras rodoviárias, como terraplenagem, por exemplo, são extremamente difíceis dadas as diferenças de ambiente em que estas ocorrem. Em relação aos equipamentos, como máquinas e caminhões, tem-se o fator humano na operação destes equipamentos e o estado das máquinas, contribuindo para a não uniformização dos resultados das emissões. Estas variáveis não são consideradas no cálculo da incerteza apresentado neste modelo. Outro importante ponto está na dificuldade de referenciar a produção de insumos devido às diferenças de processos produtivos e à origem da energia elétrica utilizada.

O modelo desenvolvido com base nas duas premissas propostas, i - emissões de GEE dos equipamentos no momento da obra e ii - com base nos dados do

projeto de engenharia executivo; pôde-se utilizar o orçamento de emissões como instrumento de avaliação de impacto ambiental nos processos de licenciamento de instalação, na viabilização de financiamentos e no monitoramento e controle dos equipamentos na fase de obras. Os empreendedores rodoviários, os órgãos de licenciamento ambiental e as agências de fomento têm importante papel na promoção de empreendimentos de transporte mais sustentáveis.

A base de dados utilizada, o SICRO2 do DNIT e as orientações do Programa brasileiro *GHG Protocol* para quantificação de emissões de GEE, atenderam em sua plenitude a demanda.

Destaca-se que o modelo desenvolvido difere dos demais estudos apresentados em relação à não necessidade de uma ferramenta específica para realizar a estimativa. Como a base do cálculo das estimativas são os mesmos dados do SICRO2, no momento da confecção do orçamento financeiro da obra, a emissão de GEE pode ser um relatório de saída em conjunto com o orçamento financeiro.

Entretanto, neste trabalho, pelo fato do estudo de caso ser um projeto executivo, não foi possível avaliar o uso do modelo para a definição do traçado ou de diferentes tecnologias. Por considerar outros estudos realizados, mostra-se importante a inserção dos valores de emissão de GEE dos processos de produção dos insumos, pois os mesmos terão significativa participação na definição da concepção da rodovia.

Na aplicação em estudo de caso, obtivemos como resultado uma emissão de aproximadamente 322 tCO_2e/km. Não é possível fazer uma comparação com os outros resultados apresentados em outras pesquisas, pois, cada trabalho difere entre si no escopo adotado. Por exemplo, nosso trabalho avaliou as emissões dos equipamentos utilizados em toda a obra, desde o transporte dos materiais até o adensamento dos insumos. Outros estudos colocaram o transporte como atividade direta na produção dos insumos.

A quantificação do número de árvores necessárias para a neutralização das emissões de GEE das obras já é uma alternativa utilizada por órgãos licenciadores, constitui uma prática em obras rodoviárias e tende a ser uma solução para a definição de um valor social e econômico da emissão de GEE, contribuindo com a diminuição do aquecimento global.

Importante ressaltar que o método desenvolvido consiste em trabalho contínuo, pois a busca do constante aperfeiçoamento e aprendizado com as novas práticas e conhecimento no setor de engenharia rodoviária irá contribuir para que as emissões de GEE possam ser utilizadas como instrumento na tomada de decisão visando à escolha da melhor solução para o projeto de engenharia. O risco socioambiental de não investir em tecnologias relacionadas às mudanças climáticas e infraestruturas de transportes poderá ser muito alto.

Trabalhos futuros podem estender a análise em relação ao uso de biocombustíveis em larga escala na fase de obras, na concepção e uso de fatores de emissões dos insumos para a realidade brasileira, avaliações comparativas de diferentes insumos (destaque a distância dos insumos em relação a obra) e tecnologias de construção, estimativa das emissões as atividades de manutenção, além da ampliação a outros modos de transporte. A questão das incertezas relacionadas à operação produtiva das máquinas apresenta também como uma área da pesquisa a ser explorada.

Por fim, a inserção de estudos dos aspectos, impactos ambientais e suas medidas mitigadoras ou compensatórias da relação mudança do clima e infraestrutura de transporte constitui fator essencial de sustentabilidade na concepção dos empreendimentos de transportes em todas as suas fases, assim compreendidas o planejamento, o projeto, a obra e a operação.

Os centros de pesquisas têm, enfim, um papel essencial sobre a sustentabilidade em todas as etapas desta interação entre infraestrutura de transportes e mudanças climáticas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Patrícia Faias Laranjeiro, ZACOPE, Ana Luisa Watanabe, PIRES, Arthur Martinez, CUNHA, Claudio Barbieri, YOSHIZAKI, Hugo Tsugunobu Yoshida. **Potencial de redução da emissão de gases de efeito estufa através de intermodalidade no corredor de carga geral Manaus-Santos**. In: Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, n.° 28, Curitiba/PR, 2014. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.

ANTUNES, Verônica Nascimento Brito, SANCHEZ, Gabriela Fernandez. **Análise das políticas estaduais de mudanças climáticas através do enfoque policy cycle**. In: X Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Vitória/ES, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) e BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID). **Guia Metodológico para a Realização de Inventários em Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível: http://abnt.org.br/ghg/images/downloads/guiametodologicopublicacao.pdf

BAHIA. Resolução n.º 4.137, de 24 de setembro de 2010. **Aprova a Norma Técnica NT- 02/2010, que dispõe sobre o Licenciamento Ambiental de Rodovias, no Estado da Bahia**. Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEPRAM), Salvador. Disponível: http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/RESOLU%C3%87%C3%83O%20N%C2%BA%204137%20de%2024%20de%20setembro%20de%202010.pdf

BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (BDMG). **Processo de habilitação de operações de crédito com clientes do setor público para o financiamento de obras de mobilidade urbana, gestão de resíduos, eficiência energética e adaptação territorial a eventos extremos com utilização dos recursos da linha de crédito firmada entre BDMG e AFD**. Belo Horizonte, 2015. Disponível: http://www.bdmg.mg.gov.br/Negocios/Documents/Edital%20BDMG%20AFD%20vs%2002.pdf

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Programa Fundo Clima**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/Fundo_Clima

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES) E MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima**. 1999. Disponível: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/especial/clima.pdf

BANCO MUNDIAL. **Relatório anual – 2014**. Washington D.C., 2013. Disponível: https://www.openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/20093/WB%20Annual%20Report%202014_PT.pdf?sequence=19

BANCO MUNDIAL. **Documento de Avaliação do Projeto sobre uma Proposta de Empréstimo no Montante de US$300 milhões ao Estado de São Paulo - Projeto de Transporte Sustentável do Estado de São Paulo**. Washington D.C., 2013. Disponível: http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/05/17769516/brazil-sao-paulo-sustainable-transport-project

BANCO MUNDIAL. **Greenhouse Gas Emissions Mitigation in Road Construction and Rehabilitation: A Toolkit for Developing Countries**. Wasghington D.C., 2011. Disponível: https://www.astae.net/sites/astae/files/publication/GHG-Web-final.pdf

BANCO MUNDIAL. **Introduction to Greenhouse Gas Emissions in Road Construction and Rehabilitation**. Greenhouse gas emissions mitigation in road Wasghington D.C., 2010. Disponível: http://siteresources.worldbank.org/INTEAPASTAE/Resources/GHG-ExecSummary.pdf

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. **Quantificação dos impactos econômicos e Ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias Brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. CAIXETA FILHO, José Vicente. **Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso**. Revista de Economia e Sociologia Rural. São Paulo, v. 46, n.º 3, 703-738, 2008.

BELLIA, Vitor; BIDONE, Edison. **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. Niterói, EDUFF/DNER, 1993.

BENITO, Yolanda. **Energia e Mudança Climática**. Programa de Capacitação em Energias Renováveis, Observatório de Energias Renováveis para América Latina e o Caribe (ONUDI), 2013.

BETARELLI JUNIOR, Admir Antonio. **Análise dos modais de transporte pela ótica dos blocos comerciais: uma abordagem inter-setorial de insumo-produto**. 2007. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia e Administração, 2007.

BORSARI, Vanderlei. **Caracterização das emissões de gases de efeito estufa por veículos automotores leves no Estado de São Paulo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 2009.

BREISINGER, Milena. **Greenhouse Gas Assessment Emissions Methodology**. In: BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID). Wasghington D.C., 2012. Disponível: https://publications.iadb.org/handle/11319/5515?locale-attribute=en

BRASIL. Resolução n.° 4.327, de 25 de abril de 2014. **Dispõe sobre as diretrizes que devem ser observadas no estabelecimento e na implementação da Política de Responsabilidade Socioambiental pelas instituições financeiras e demais instituições autorizadas a funcionar pelo Banco Central do Brasil**. Conselho Monetário Nacional, Banco Central, Brasília. Disponível: http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2014/pdf/res_4327_v1_O.pdf

BRASIL. Decreto n.° 7.390, de 9 de dezembro de 2010. **Regulamenta os arts. 6°, 11 e 12 da Lei n.° 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm

BRASIL. Lei n.° 5.917, de 10 de setembro de 1973. **Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L5917.htm

BRASIL. Lei n.° 8.666, de 21 de junho de 1993. **Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm

BRASIL. Lei n.° 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm

BRASIL. Lei complementar n.° 140, de 8 de dezembro de 2011. **Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm

BRASIL. Portaria interministerial n.° 288, de 16 de julho de 2013. **Institui o Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis - PROFAS, para fins de regularização ambiental das rodovias federais**. Ministério do Meio Ambiente e Ministério dos Transportes, Brasília. Disponível: https://189.9.128.64/planejamento-e-pesquisa/meio-ambiente/regularizacao-ambiental/legislacao/portaria_mma_mt_288_2013_instituiprofas_atualizada.pdf

BRASIL. Portaria n.° 289, de 16 de julho de 2013. **Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível: https://189.9.128.64/planejamento-e-pesquisa/meio-ambiente/regularizacao-ambiental/legislacao/portaria_mma_289_2013_regularizacaorodoviasfederais_atualizada.pdf

BRASIL. Lei n.° 10.233, de 5 de junho de 2001. **Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10233.htm

BRASIL. Lei n.° 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e da outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm

BRASIL. Lei n.° 13.033, de 24 de setembro de 2014. **Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências**. Presidência da República, Brasília. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm

CASS, Darrell, MUKHERJEE Amlan. **Calculation of greenhouse gas emissions for highway construction operations by using a hybrid life-cycle assessment approach: case study for pavement operations**. Journal of Construction Engineering and Management. Estados Unidos da América, v. 137, n.° 11, 2011.

CAMILA, Lis Flizikowski. **Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, 2012.

COSTA, Roberta Maria. **O papel da supervisão ambiental e proposta de avaliação de desempenho ambiental em obras rodoviárias**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Plano CNT de transporte e logística 2014**. Brasília, 2014a.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de rodovias 2015: relatório gerencial**. Brasília, 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de rodovias 2014: relatório gerencial**. Brasília, 2014b.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Legislação estadual**. Proclima, São Paulo, 2015. Disponível: http://proclima.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n.° 237, de 19 de dezembro de 1997**. Brasília. Disponível: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n.° 001, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília. Disponível: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html

CENTRO DE EXCELÊNCIA EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES (CENTRAN). **Plano nacional de logística e transportes (PNLT)**. Volume 5, Transporte e Meio Ambiente - Tomo 1, Tratamento Ambiental no Setor Transporte. Brasília, 2007.

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO (CGU). **Contrato n.° 58/2014**. Presidência da República, Brasília, 2015. Disponível: http://www.cgu.gov.br/sobre/licitacoes-e-contratos/contratacoes/2014/contrato-ndeg-58-2014-1

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de custos rodoviários**. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários escopos básicos / instruções de serviço – Publicação IPR 726**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço – Publicação IPR 729**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual para atividades ambientais rodoviárias – Publicação IPR 730**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Planejamento Estratégico Institucional 2014 – 2017, atualizado em novembro de 2014**. Brasília, 2014a. Disponível: http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/planejamento-estrategico/planejamento-2013-2015/PlanejamentoEstrategicodoDNIT.pdf [capturado em 5 mar. 2015].

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Projeto executivo de engenharia para implantação do contorno de Itaperuna**. Superintendência Regional do DNIT no Estado do Rio de Janeiro, 2014b. Disponível: https://189.9.128.64/licitacoes/superintendencias/projetos-superintendencias-1/rio-de-janeiro

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Sistema Nacional de Viação, SNV 2015 completo**. Brasília, 2015a. Disponível: http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao [capturado em 10 out. 2015].

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Licenciamento e gestão ambiental de empreendimentos lineares: situação atual e perspectivas futuras**. Coordenação Geral do Meio Ambiente, Brasília, 2015b. Disponível: http://www.dnit.gov.br/download/meio-ambiente/acoes-e-atividades/apresentacoes-institucionais/licenciamento-e-gestao-ambiental-de-empreendimentos-lineares-situacao-atual-e-perspectivas-futuras.pdf

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis**. Brasília, 2015c. Disponível: https://189.9.128.64/planejamento-e-pesquisa/meio-ambiente/regularizacao-ambiental/regularizacao-ambiental

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Sistema de Custos Unitários (SICRO2)**. Brasília, 2015d. Disponível: http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-1

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DE MINAS GERAIS (DER/MG). **Assinatura do Termo de Compromisso que objetiva Licenciamento Ambiental Corretivo necessário à Regularização Ambiental de Rodovias Estaduais Pavimentadas a das Rodovias cuja administração foi delegada ao Estado de Minas Gerais**. Diretoria de Projetos, Gerência de Meio Ambiente, Belo Horizonte, 2014. Disponível: http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/regularizacao_ambiental/termo_compromisso/termo-compromisso-der.pdf

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA (DEINFRA/SC). **Informe de gestão ambiental e social do programa BID VI**. Secretaria de Estado da Infraestrutura. Florianópolis, 2012.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA (DEINFRA/SC). **Instrução de Serviço n° 05 (Estudo de Projeto de Meio Ambiente)**. Florianópolis, 2006.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SANTA CATARINA (DER/SC). **Diretrizes para a concepção de estradas (DCE) - Parte: condução do traçado**. Florianópolis, 2000.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO (DER/SP). **Tabelas de Preços Unitários**. São Paulo, 2015. Disponível: http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/PrecosUnitarios.aspx

ESPÍRITO SANTO. Instrução normativa n.° 05, de 09 de agosto de 2010. **Estabelece critérios para o licenciamento ambiental de estradas, rodovias e obras afins**. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), Vitória. Disponível: http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp

ERHART, Sabrina, PALMEIRA, Eduardo Mauch. **Análise do setor de transportes**. Revista académica de economia. Rio Grande do Sul, n.° 71, 2006.

FABIANO, Maria Lúcia Alvez. **A importância do investimento e do planejamento em infraestrutura de transportes**. Revista de Economia Mackenzie. São Paulo, v. 11, n.° 3, 10 - 27, 2013.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS (FEBRABAN). **O Sistema Financeiro Nacional e a Economia Verde – Alinhamento ao desenvolvimento sustentável**. Centro de Estudos em sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces/ FGV –EAESP), São Paulo, 2014. Disponível: http://gvces.com.br/o-sistema-financeiro-nacional-e-a-economia-verde-alinhamento-ao-desenvolvimento-sustentavel?locale=pt-br

FERNANDES, Maria, Teresa G. **Valor Econômico do Meio Ambiente**. In: RIBEIRO, Suzana Kahn *et al*. Transporte mais limpo. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2003. ISBN 85-902285-3-3

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Gonzalo, BERZOSA, Álvaro, BARANDICA, Jesús María, CORNEJO, Enrique, SERRANO, José Manuel. **Opportunities for GHG emissions reduction in road projects: a comparative evaluation of emissions scenarios using CO2NSTRUCT**. Journal of Cleaner Production, v. 104, 156 - 167, 2015.

FERREIRA, Luiz Antonio Cortez. **Transporte, mudanças climáticas e a importância dos co-benefícios na definição de medidas de mitigação para o setor**. Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade. São Paulo, v. 6, n.° 2, 2011. ISSN 1980-0894.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa**. GVces Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas, Ministério do Meio Ambiente, CEBDS, WBCSD, WRI, Embaixada Britânica, USAID, CETESB, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. Disponível: http://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/cartilha_ghg_online.pdf

FIRMINO, Antonio Carlos, WRIGHT, Charles Leslie. **Financiamento do Setor de Transporte no Brasil**. Washington, D.C., 2001. Disponível: https://publications.iadb.org/handle/11319/271?locale-attribute=pt

FÓRUM CLIMA. **Guia Metodológico para Inventário de Emissões de GEE na Engenharia e Construção**. 2013. Disponível: http://forumempresarialpeloclima.org.br/wp-content/uploads/2013/08/Guia.pdf [capturado em 11 jul. 2015].

GALVÃO, Olímpio J. de Arroxelas. **Desenvolvimento dos transportes e integração regional no Brasil — uma perspectiva histórica**. Planejamento e Políticas Públicas, n.° 13, 1996.

GABRIELE, Pedrita Dantas, BRANDÃO, Luana Carneiro, TREINTA, Fernanda Tavares, MELLO, João Carlos C. B. Soares, CARVALHAL, Raquel. **Comparação internacional da eficiência ambiental dos modos de transporte rodoviário e ferroviário**. Journal of Transport Literature. Rio de Janeiro, v. 7, n.° 1, 212-229, 2013.

GHG PROTOCOL. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Fundação Getúlio Vargas e World Resources Institute, 2° ed., 2010. Disponível: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf [capturado em 10 mai. 2015]

GHG PROTOCOL. **Ferramenta GHG Protocol 2013**. Programa brasileiro GHG Protocol, 2014. Disponível: http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo

GREENHOUSE GHG PROTOCOL. **Global Warming Potentials**. 2007. Disponível: http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf

HASON, Christopher S., NOLAND Robert B. **Greenhouse gas emissions from road construction: An assessment of alternative staging approaches**. Transportation Research Part D: Transport Environ, v. 40, 97 - 103, 2015a.

HASON, Christopher S., NOLAND Robert B. **Life-cycle greenhouse gas emissions associated with a highwayreconstruction: a New Jersey case study**. Transportation Research Part D: Transport Environ, v. 107, 731 - 740, 2015b.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa n.° 12, de 23 de novembro de 2010. **Revoga a IN nº 07, de 13 de abril de 2009 e estabelece a inclusão de medidas mitigadoras para os efeitos das atividades capazes de emitir gases do efeito estufa, nos termos de referência elaborados pelo IBAMA**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível: http://www.ibama.gov.br/cartas-topo-bh-sao-francisco/category/87-servios?download=8855%3Ainstruo-normativa-12-10

KOETSE, Mark J., RIETVELD, Piet. **The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings**. Transportation Research Part :. Transport Environ, v. 14, 205 - 221, 2009.

LAERA, Luiza Helena Nunes, MEIRELLES, Margareth Simões Penello, TANIZAKI, Kenny Fonseca. **Controle de emissões de CO_2 na construção civil: uma análise da eficiência dos instrumentos legais disponíveis no Município do Rio de Janeiro**. Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis. Florianópolis, v. 09, n.° 1, 2012.

LEIPZIGER, David e LEFEVRE, Benoit. **The trillion dollar question: Where does transport investment come from?**. World Resources Institute, WRI Ross Center for Sustainable Cities, 2014. Disponível: http://thecityfix.com/blog/trillion-dollar-question-where-does-transport-investment-come-from-benoit-lefevre-david-leipziger/

LIMA, Gleiphyson Santana. **Metodologia se avaliação econômico-ambiental das emissões veiculares na implantação de um sistema BRT**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, 2013.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012): setor de energia.** Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). São Paulo, 2014.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): setor de energia e processos industriais**. Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). São Paulo, 2015a.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das emissões de GEE no Brasil (1970-2013) e suas implicações para políticas públicas**. São Paulo, 2015b.

MATTOS, Laura Bedeschi Rego. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa - o caso do município do rio de janeiro**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2001.

MARENGO, José A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Série Biodiversidade, v. 26, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006. ISBN 85-7738-038-6.

MINAS GERAIS. Resolução SEMAD n.° 1875, de 20 de junho de 2013. **Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD no licenciamento ambiental das rodovias estaduais e das rodovias cuja administração foi delegada ao Estado de Minas Gerais.** Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Belo Horizonte. Disponível: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=28436

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM n.° 151, de 01 de julho de 2010. **Regulamenta o "Programa de Registro Público Voluntário das Emissões Anuais de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais" e dispõe sobre os incentivos à adesão**. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM), Belo Horizonte. Disponível: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14016

MINAS GERAIS. Decreto n.° 45.229, de 3 de dezembro de 2009. **Regulamenta medidas do Poder Público do Estado de Minas Gerais referentes ao combate às mudanças climáticas e gestão de emissões de gases de efeito estufa e dá outras providências**. Belo Horizonte. Disponível: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=12890

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, 2014. Disponível: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0235/235580.pdf

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (MT). **Plano nacional de logística e transportes (PNLT)**. Projeto de reavaliação de estimativas e metas do PNLT. Relatório final. Brasília, 2012. Disponível: http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (MT), MINISTÉRIO DAS CIDADES (MC). **Plano setorial de transporte de cargas e de mobilidade urbana para mitigação da mudança do clima (PSTM)**. Brasília, 2013. Disponível: http://www.transportes.gov.br/images/ACOES_PROGRAMAS/Politica_MeioAmbiente.pdf [capturado em 12 abr. 2015].

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA) e CONSELHO INTERMINISTERIAL DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL (CIMA). **Portaria MAPA n.° 75, de 5 de março de 2015 e Resolução CIMA n.° 1, de 4 de março de 2015**. Brasília, 2015. Disponível: http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=17&data=06/03/2015

MIRANDA, Dirceu Lucio Carneiro. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2008.

NEMRY, Françoise, DEMIREL, Hande. In: **Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures**. European Commission, Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies. Luxemburgo, 2012. Disponível: http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC72217.pdf

NEUMANN, James E., PRICE, Jason, CHINOWSKY, Paul, WRIGHT, Leonard, LUDWIG, Lindsay, STREETER, Richard, JONES, Russell, SMITH, Joel B., PERKINS William, JANTARASAMI, Lesley, MARTINICH, Jeremy. **Climate change risks to US infrastructure: impacts on roads, bridges, coastal development, and urban drainage**. Climatic Change, v. 131, 97 - 109, 2015.

NUNES, Diego Frinhani. **Procedimento para Análise de Sensibilidade do Programa HDM 4**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2012.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Base científica das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPEUFRJ. Rio de Janeiro, 2014a, v. 1. ISBN 978-85-285-0207-7.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2014b, v. 2. ISBN 978-85-285-0207-7.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Mitigação das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2014c, v. 3. ISBN 978-85-285-0207-7.

PARK, Kwangho, HWANG, Yongwoo, SEO, Seongwon, M.ASCE, SEO, Hyungjoon. **Quantitative assessment of environmental impacts on life cycle of highways**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 129, 25 - 31, 2003.

PARANÁ. Resolução SEMA n.° 046, de 17 de Junho de 2015. **Estabelecer requisitos, definições, critérios, diretrizes e procedimentos administrativos referentes ao Licenciamento Ambiental e Regularização Ambiental de empreendimentos viários terrestres, públicos e privados, a serem cumpridos no território do Estado do Paraná, na forma da presente Resolução**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Curitiba. Disponível: http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=143772&codItemAto=874972

PARANÁ. Resolução SEMA n.° 058, de 22 de Dezembro de 2014. **Dispõe sobre a implementação do Registro Público Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa, estabelecendo procedimentos e critérios a serem adotados para: Protocolo de Intenções, Declaração de Emissões, Inventario de emissões e outorga dos selos de reconhecimento público**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Curitiba. Disponível: http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=136937&indice=1&totalRegistros=52&anoSpan=2015&anoSelecionado=2014&mesSelecionado=0&isPaginado=true

PINHEIRO, Maria Andrade. **Estimativa da redução das emissões gases de efeito estufa através da intermodalidade no setor sucroenergético: uma aplicação de programação linear**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências da Economia Aplicada) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2012.

PROTOCOLO DE QUIOTO À CONVENÇÃO SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. **Protocolo de Quioto**. Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério das Relações Exteriores, Brasília, 1997. Disponível: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf

RIBEIRO, Suzana Kahn. **Transporte mais limpo**. In: RIBEIRO, Suzana Kahn *et al*. Transporte mais limpo. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2003. ISBN 85-902285-3-3.

RIBEIRO, Suzana Kahn. **A importância do setor de transportes no Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)**. Revista TRANSPORTES, v. 15, n.° 1, 2007. Disponível: http://www.revistatransportes.org.br/anpet/rt/printerFriendly/41/0 [capturado em 10 jun. 2014].

RIO DE JANEIRO. Resolução INEA/PRES n.° 64, de 12 de dezembro de 2012. **Dispõe sobre a apresentação de inventário de emissões de gases de efeito estufa para fins de licenciamento ambiental no estado do rio de janeiro.** Secretaria de Estado do Ambiente, Instituto Estadual do Ambiente (INEA), Rio de Janeiro. Disponível: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mda2/~edisp/inea_006665.pdf

RIO DE JANEIRO. Resolução conjunta SMAC/SMU n.° 14 de 30 de outubro de 2009. **Regulamenta o Decreto nº.31.180, de 30 de setembro de 2009, que dispõe sobre a compensação das emissões de gases do efeito estufa durante a construção das edificações licenciadas pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) e Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU), Rio de Janeiro. Disponível: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4975980/4127719/RESOLUCAOCONJUNTASMACSMUN14DE30DEOUTUBRODE2009.pdf

RORAÍMA. Resolução CEMACT RR n.° 02, de 11 de maio 2011. **Estabelece critérios para o licenciamento ambiental simplificado de projetos de estradas, rodovias e obras afins**. Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia de Roraima, Boa Vista. Disponível: http://www.femarh.rr.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=26

SANQUETTA, Carlos Roberto, CAMILA, Lis Flizikowski, CORTE, Ana Paula Dalla, MOGNON, Francelo, MAAS, Greyce Charllyne Benedet. **Estimativa das emissões de gases de efeito estufa em uma obra de construção civil com a metodologia GHG protocol**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 9, n.° 16, Goiânia, 2013.

SANTA CATARINA. Instrução Normativa n.° 63. **Empreendimentos viários**. Fundação do Meio Ambiente (FATMA), Florianópolis. Disponível: http://www.fatma.sc.gov.br/site_antigo/downloads/images/stories/Instrucao%20Normativa/IN%2063/in_63.pdf

SÃO PAULO. Lei n.° 13.798, de 9 de novembro de 2009. **Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC**. Poder Executivo, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. Disponível: http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/lei_13798_portugues.pdf

SÃO PAULO. Resolução SMA n.° 81, de 01 de dezembro de 1998. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de intervenções destinadas à conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte de produtos perigosos em rodovias**. Secretaria do Meio Ambiente (SMA), São Paulo. Disponível: http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1998_Res_SMA_81.pdf

SCHWEIKERT, Amy, CHINOWSKY, Paul, KWIATKOWSKI, Kyle, JOHNSON, Akash, SHILLING, Elizabeth, STRZEPEK, Kenneth, STRZEPEK, Niko. **Road Infrastructure and Climate Change: Impacts and Adaptations for South Africa**. Journal of Infrastructure Systems, v. 21 (3), 04014046, 2015.

SCHWEIKERT, Amy, CHINOWSKY, Paul, KWIATKOWSKI, Kyle, ESPINET, Xavier. **The infrastructure planning support system: Analyzing the impact of climate change on road infrastructure and development**. Transport Policy, v. 35, 146 – 153, 2014.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON/SP). **Guia Metodológico para Inventários de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil – Setor Edificações**. São Paulo, 2013. Disponível: http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/05/guia_gee_i_pad_e_web.pdf

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA (SINDUSCON/TAP). **Versão 2015 do Compor 90 já está disponível**. Uberlândia, 2015. Disponível: http://www.sinduscontap.com.br/noticias/420-compor-90

SMIT, Barry, WANDEL, Johanna. **Adaptation, adaptive capacity and vulnerability**. Global Environmental Change. Canadá, v. 16, 282 - 292, 2006.

7 APÊNDICES

7.1 Apêndice 1: Guia Metodológico para Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Obras Rodoviárias

GUIA METODOLÓGICO PARA ORÇAMENTO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM OBRAS RODOVIÁRIAS

Rio de Janeiro

Janeiro de 2016

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22.290-270

Francisconi Junior, José Pedro; Reis, Marcelo de Miranda; Amorim, José Carlos Cesar.
Guia Metodológico para Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Obras Rodoviárias / José Pedro Francisconi Junior; Marcelo de Miranda Reis e José Carlos Cesar Amorim - Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2016.
57 p. 1 ed.
1. Engenharia de Transportes. 2. Mudanças Climáticas. 3. Gases de Efeito Estufa. 4. Obras Rodoviárias.
I. Instituto Militar de Engenharia. II. Título

Aviso legal

O conteúdo da presente publicação não reflete necessariamente as opiniões oficiais do Instituto Militar de Engenharia (IME). O IME, nem qualquer pessoa ou empresa que atue em seu nome são responsáveis pelo uso que possa ser feito das informações aqui contidas.

Colaboração técnica e financeira durante a elaboração

Major Márcio Leandro Alves de Arêdes	Mestre em Engenharia de Transportes, Engenheiro de Fortificação e Construção no Exército Brasileiro

APRESENTAÇÃO

As instituições acadêmicas brasileiras têm contribuído com desenvolvimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão nas mais diversas áreas do conhecimento. Conforme dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2015) e Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET, 2015) na área de engenharia de transportes destacam-se o papel do Instituto Militar de Engenharia (IME), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Nacional de Brasília (UNB), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Ceará (UFC) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

Nestas instituições, o IME, ITA, UFRJ e a UNB possuem projetos diretamente relacionados à dimensão ambiental.

Instituição	Área do Conhecimento	Linha de Pesquisa
IME	Planejamento e Operação de Transportes	Gestão Ambiental de Sistemas de Transportes
UFRJ	Planejamento de Transporte	Planejamento de Transporte, Energia e Meio Ambiente
	Transporte Público	Gerenciamento de Transporte Sustentável
UNB	Planejamento	Estudos Aplicados de Planejamento de Transportes
		Modelos de Planejamento de Transportes
ITA	Infraestrutura Aeroportuária	Hidrogeotecnia Ambiental
		Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

O Guia Metodológico para Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Obras Rodoviárias é resultado de uma dissertação de mestrado em Engenharia de Transportes, com projeto de pesquisa voltado ao Gerenciamento Sustentável dos Transportes, desenvolvida no âmbito do IME. O trabalho foi realizado entre novembro de 2014 e dezembro de 2015.

Este guia serve como orientação para elaboração de orçamento de emissões de GEE em obras rodoviárias, tendo por base os dados constantes do projeto de engenharia (padrão DNIT), de forma a servir como apoio na tomada de decisão pelas partes interessadas na concepção, no licenciamento ambiental, no financiamento e na execução das obras.

A inserção de estudos sobre os aspectos e impactos ambientais além de suas medidas mitigadoras ou compensatórias da relação mudança do clima e infraestrutura de transporte, é fator essencial de sustentabilidade na concepção dos empreendimentos de transportes em todas as suas fases: planejamento, projeto, obra e operação.

1 INTRODUÇÃO

1.1 As mudanças climáticas e a infraestrutura de transportes

Os efeitos da mudança do clima são sentidos de diversas formas no ambiente em toda parte do planeta terra, como exemplo as alterações dos padrões e a ocorrência de eventos climáticos extremos de temperatura, precipitação, eólico, luminosidade, umidade, elevação do nível do mar, aumento dos processos de desertificação entre outros impactos.

O setor de transportes apresenta interação com as mudanças climáticas, e gera impactos que podem ser agrupados em duas categorias: aqueles originados pelo setor, tais como as emissões de GEE e poluentes (efeitos negativos sobre o aquecimento global), e aqueles causados pelas mudanças climáticas sobre o setor

de transporte, como a necessidade de adaptações na infraestrutura existente de forma a buscar adequação às novas realidades climáticas.

A categoria – impactos gerados pelo setor – pode também ser subdividida em duas fases em relação ao modo: aqueles gerados na fase de operação propriamente dita, e aqueles gerados durante as obras (construção da infraestrutura).

Na categoria – mudanças climáticas sobre o setor de transportes – estes impactos irão demandar obras que necessitarão de execução, como mudança de modos para determinada cadeia produtiva, mudança de traçado de determinado segmento em função da alteração do regime hídrico ou alteração geológica, aumento da capacidade de pontes, entre outros exemplos, bem como alterações na fase de operação dos modos.

Assim, pode-se afirmar que ambas as categorias estão diretamente interligadas, sendo um ciclo contínuo de mútua influência.

A maioria das pesquisas relacionadas ao tema infraestrutura de transportes e mudanças climáticas estão relacionadas na categoria – impactos gerados pelo setor – na fase de operação dos modos, como exemplo a mudança de fontes de energia, dos tipos de veículos e no uso de modos mais eficientes energeticamente no transporte público e de cargas.

Este guia tem foco no aspecto ambiental, emissão de GEE, na categoria – impactos gerados pelo setor – na fase de obra (construção da infraestrutura rodoviária).

1.2 Emissões de GEE em empreendimentos rodoviários

A infraestrutura rodoviária é composta de empreendimentos motivadores de desenvolvimento que fomentam a mobilidade urbana, facilitando o acesso a serviços públicos e privados de saúde, educação, segurança, turismo, cultura, esporte, entre outros, e apresenta grande importância para a manutenção das atividades econômicas, propiciando uma melhor infraestrutura logística de transportes.

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 do empreendimento (DNIT, 2006). Dentre os benefícios ambientais, na fase de operação, destaca-se a redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em função do menor consumo de combustível quando os veículos transitam em rodovias com melhores condições.

Entretanto, durante a execução das obras de construção ou reabilitação de empreendimentos rodoviários é causada uma série de impactos ambientais, como emissões de GEE, por exemplo. Essas emissões são oriundas do uso das máquinas e outros equipamentos, alteração no uso do solo, utilização de insumos que demandam energia no processo de produção, geração de resíduos, entre outras fontes.

Na viabilização financeira das obras rodoviárias, organismos multilaterais de crédito como o Banco Mundial (BIRD) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) têm solicitado aos empreendedores o uso da análise das emissões de GEE durante a elaboração dos projetos de engenharia, bem como uma correta quantificação das emissões de forma a verificar a sustentabilidade ambiental do empreendimento a ser financiado.

Alguns órgãos públicos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA), a Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM), a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná (SEMA) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro (SMAC) possuem iniciativas relacionadas à gestão das emissões de GEE nos processos de licenciamento ambiental de algumas atividades.

1.3 Base, objetivos e limites do guia metodológico

Para a elaboração deste guia foram utilizados como referência o Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2015) e os princípios, as recomendações e especificações das seguintes normas referentes à elaboração de inventários corporativos de emissões de GEE:

- Guia Metodológico para a Realização de Inventários em Emissões de Gases de Efeito Estufa (ABNT e BID, 2013);
- Guia Metodológico para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Engenharia e Construção (FÓRUM CLIMA, 2013);
- Guia Metodológico para Inventários de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil – Setor Edificações (SINDUSCON/SP, 2013);
- Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa (*GHG PROTOCOL*, 2010).

Ressalta-se que estes guias têm como sustentação técnica as orientações do documento ISO 14064-1.2007 Gases de efeito estufa: Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o *Intergovernmental Panel for Climate Change* (IPCC) da ONU, que é fonte e referência geral de todas as demais normas gerais sobre o tema.

As normas citadas acima constituem referência para a elaboração de inventário de GEE, com um conceito *ex-post*, ou seja, mede uma realidade física ocorrida no passado. Entretanto, essas normas podem ser utilizadas como base para o desenvolvimento de ferramentas tendo em vista a elaboração de orçamento de emissões de GEE. O orçamento de emissões de GEE, também conhecido como cenário de emissões de GEE, tem uma característica *ex-ante*, ou seja, é uma previsão de emissões de GEE que ocorrerão em determinada obra, apurada antes de seu início.

Com caráter supletivo em relação às normas gerais, o presente guia fornece ao usuário instruções para elaboração de orçamento de emissões de GEE em obras rodoviárias a ser utilizado como base para a tomada de decisão na elaboração dos

projetos de engenharia, no licenciamento ambiental, no processo de viabilização de financiamento junto a agências de fomento e no controle e monitoramento ambiental na execução da obra.

Este guia orienta a elaboração de orçamento de emissões de GEE em obras rodoviárias, sustentado em duas premissas:

- As emissões de GEE consideradas no orçamento são aquelas do momento da fase de obras – emissões diretas;
- A fonte de dados do orçamento de emissão de GEE é o projeto de engenharia rodoviário (padrão DNIT).

Na elaboração deste guia foi utilizado como ferramenta de apoio o *software* Compor 90 desenvolvido pela empresa Noventa TI. Este *software* agrega um sistema de orçamento, planejamento e controle de obras sustentado em composições de preços unitários, como por exemplo, o Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2) do DNIT. O Compor 90 é utilizado por diversos órgãos públicos e empresas privadas, como DNIT, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Exército Brasileiro (EB), Controladoria-Geral da União (CGU), Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER/RS), Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Vale S/A, TIISA – Triunfo IESA Infraestrutura S/A, entre outros (BRASIL, 2015 e SINDUSCON-TAP, 2015).

Durante a elaboração do orçamento, a rastreabilidade das informações deverá sempre ser mantida para apoiar a verificação do orçamento.

2 UTILIZANDO ESTE GUIA METODOLÓGICO

Recomenda-se que o usuário siga a sequência esquematizada abaixo na elaboração do orçamento de emissões de GEE, cujo detalhamento é desenvolvido ao longo deste guia.

INÍCIO	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO			FINALIZAÇÃO
FASE 1 Identificação dos Usos do Inventário:	FASE 2 Definição:	FASE 3 Coleta de dados:	FASE 4 Cálculo:	FASE 5 Relatório:	FASE 6 Registro:
O Usuário deverá iniciar sua atividade identificando quais demandas deverão ser atendidas pelo orçamento.	- Ano de referência; - Limites geográficos; - Limites organizacionais; - Limites operacionais; - Metodologia; - Fatores de emissão; - Software.	- No projeto de engenharia; - Percentuais de biocombustíveis nos combustíveis fosseis; - Incertezas; - outros dados conforme Fase 2.	Os cálculos serão realizados utilizando os dados da (Fase 3) e os fatores previamente definidos (Fase 2).	O formato do relatório pode variar conforme o uso pretendido para o orçamento de GEE.	Registrar as lições aprendidas com a execução do orçamento; Manter a rastreabilidade das informações.

3. USOS DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEE

Cabe ao profissional ou à equipe técnica responsável pela elaboração identificar preliminarmente todas as demandas sobre o orçamento de GEE, externas e internas, existentes e potenciais, e promover o alinhando com as áreas envolvidas o conteúdo e o formato necessários.

Dentre as demandas externas, podemos destacar:

- Demandas de clientes relativas às emissões da fase de construção de seus empreendimentos;
- Demandas de instituições financeiras na viabilização dos financiamentos;
- Eventuais projetos de créditos de carbono nos mercados regulados ou voluntários;
- Orçamento pertinente aos projetos de obras, exigidos por autoridades ambientais municipais, estaduais ou federais nos processos de licenciamento ambiental;
- Informações setoriais demandadas por entidades governamentais ou regulatórias das diferentes esferas.

Várias destas demandas têm critérios próprios, por vezes rígidos em seu conteúdo e sua formatação, o que recomenda cuidado na fase de planejamento e estruturação do orçamento, para atendê-las adequadamente.

Em relação às demandas internas, podemos citar:

- Uso dos quantitativos gerados de emissões como fator de tomada de decisão na concepção do projeto de engenharia, com destaque para a definição do traçado da rodovia e definição da tecnologia de construção a ser empregada;
- Para monitorar e gerenciar as emissões de GEE durante a fase de obras com um indicador ambiental, devendo ser integrado aos controles internos já operados na construtora, tanto quanto possível, como uma base de dados e informações objetivas.

4 PRINCÍPIOS

Os princípios balizadores da elaboração deste modelo são os seguintes:

- Relevância: Assegurar que o orçamento do GEE reflita adequadamente as emissões de GEE da obra, dentro de limites apropriadamente definidos, de forma a atender às necessidades dos tomadores de decisão internos e externos.
- Integridade: Relatar todas as fontes de emissão de GEE e atividades relevantes dentro dos limites definidos. Divulgar e justificar quaisquer exclusões importantes.
- Consistência: Utilizar metodologia consistente para permitir comparações de emissões ao longo do tempo. Documentar de forma transparente quaisquer alterações nos dados, limite do orçamento, métodos ou quaisquer outros fatores relevantes na série temporal.
- Transparência: Revelar com transparência todas as informações relevantes, de forma clara, factual, neutra e compreensível, de modo a atender às necessidades dos tomadores de decisão. As informações devem ser suficientes para permitir que um terceiro chegue aos mesmos resultados tomando por base a mesma fonte de dados.

- Exatidão: Alcançar uma precisão suficiente para permitir que os usuários tomem decisões com segurança razoável quanto à integridade das informações reportadas. Relatar as medidas tomadas para garantir a exatidão da contabilização de emissões pode ajudar a aprimorar o nível de credibilidade e transparência.

5 ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO

5.1 Ano de referência do orçamento

Na confecção do orçamento de emissões de GEE, deve-se escolher o seu ano-base, especificando as razões para a escolha deste ano em particular. O ano-base pode ser o atual ano de elaboração do orçamento ou qualquer ano anterior para o qual estejam disponíveis dados de emissões.

No caso de obras rodoviárias, recomenda-se a adoção, como ano-base, o ano de elaboração do projeto de engenharia, entretanto, pode-se atualizar o orçamento no ano de execução da obra, conforme alguma demanda específica. A definição do ano-base pode interferir nos resultados de emissões de GEE em relação aos percentuais de biocombustíveis utilizados bem como à fonte de energia elétrica utilizada (termelétrica, hidroelétrica, biomassa, eólica...).

5.2 Limites geográficos

O objetivo de definir os limites geográficos é estabelecer as fronteiras para a contabilização das emissões de GEE. Estas fronteiras, ou limites do orçamento, visam garantir o cumprimento dos princípios e fornecer um documento coerente com as necessidades de gestores privados e públicos.

No orçamento de emissões de GEE em obras rodoviárias teremos situações em que o trecho rodoviário analisado se estenderá por mais de um município, estado ou

país. Outra situação está relacionada à origem dos insumos da obra, que na maioria das vezes tem por origem outros municípios ou estados.

As emissões provenientes de fontes estacionárias, bem como emissões de fontes móveis terrestres, poderão estar associadas ao Estado no qual a maior extensão da rodovia está localizada ou definida pela jurisdição do órgão ambiental competente ao licenciamento ambiental do empreendimento.

5.3 Limites organizacionais

Este passo é importante para que as organizações sigam os limites já utilizados na sua contabilidade financeira e operacional, desde que estes sejam explicitamente esclarecidos e seguidos consistentemente. Se a organização é proprietária absoluta de todas as suas operações, o seu limite organizacional será o mesmo, independentemente da abordagem escolhida. Para empreendedores em cooperações conjuntas, o limite organizacional e as emissões resultantes podem variar dependendo da abordagem utilizada, participação societária, controle operacional ou controle financeiro.

No caso de uma obra rodoviária recomenda-se que o limite organizacional seja estabelecido pelo empreendedor titular da obra que a represente junto aos órgãos externos que demandam o orçamento de emissões de GEE.

5.4 Limites operacionais

Estabelecer limites operacionais significa identificar emissões de GEE associadas às atividades da obra, categorizando as emissões de GEE em emissões diretas e indiretas.

A figura abaixo apresenta a classificação das fontes de emissão conforme as normas gerais para a execução de uma obra rodoviária.

Escopo 1	• Emissões diretas de GEE: engloba emissões de fontes de propriedade ou controladas durante a execução da obra.
Escopo 2	• Emissões indiretas de GEE da energia adquirida: considera as emissões da geração de eletricidade ou energia térmica para a execução da obra.
Escopo 3	• Outras emissões indiretas de GEE: inclui todas as demais emissões indiretas que são consequência da execução da obra, mas ocorrem em fontes que não são de propriedade ou controladas pelo empreendedor.

Segundo as normas de referência, a inclusão das fontes de emissão dos Escopos 1 e 2 é obrigatória e a inclusão de fontes do Escopo 3 é opcional.

O quadro abaixo apresenta a caracterização dos Escopos 1, 2 e 3 para obras rodoviárias com base nos dados constantes no projeto de engenharia.

Escopos	Conjuntos de Fontes Emissoras nas Obras
Escopo 1 Emissões Diretas	Queima de combustíveis: emissões de consumos de combustíveis de origem fóssil e biocombustível em equipamentos próprios ou locados pela empresa para operarem sob sua gestão (fontes móveis e estacionárias). Nesta categoria entram os equipamentos fixos e móveis que operam nos canteiros e nas diversas fases de obras (máquinas, caminhões, veículos, geradores de energia, usina de asfalto e concreto, etc.).
	Supressão de vegetação*: Emissões da mudança do uso da terra.

Escopo 2 Emissões Indiretas da Energia Adquirida	Emissões da geração da energia adquirida pela obra: equipamentos que demandam energia elétrica como combustível.
Escopo 3 Outras Emissões Indiretas	Emissões dos processos de produção dos insumos da obra (cimento, material betuminoso, aço, madeira, brita e areia comercial, etc.).
	Queima de combustíveis: emissões de consumos de combustíveis de origem fóssil e biocombustível no transporte de insumos da obra executado por terceiros (cimento, material betuminoso, aço, madeira, brita e areia comercial, etc.).

* A supressão de vegetação somente deverá ser considerada no cálculo, quando o projeto de engenharia apresentar o inventário florestal. Entretanto, quando o orçamento de emissões for utilizado como instrumento de definição de traçado, com cautela, poderá optar por dados aproximados de mudança do solo.

Este guia, de forma a evitar a dupla contabilização de emissões indiretas, que ocorrem quando organizações diferentes incluem as mesmas emissões em seus respectivos inventários, e principalmente para atender a premissa de que as emissões de GEE consideradas no orçamento são no momento da fase de obras, não abordará as emissões referentes aos Escopos 2 e 3.

Com base nos dados quantitativos das composições de serviços de engenharia rodoviária constantes no projeto, este guia orienta a elaboração do orçamento das emissões diretas de GEE no uso dos combustíveis fósseis e biocombustíveis das fontes móveis e estacionárias utilizadas na fase de obras, conforme apresentado na figura abaixo.

Escopo 1 Emissões diretas	• Queima de combustíveis: emissões de consumos de combustíveis de origem fóssil e bicombustível nas fontes móveis e estacionárias utilizadas na obra

A organização deve explicar quaisquer mudanças em seus limites operacionais no orçamento de emissão de GEE. Este processo deverá ser documentado.

Conforme demanda específica, a metodologia apresentada neste guia pode ser utilizada para elaboração de orçamento de emissões dos Escopos 2 e 3 em obras rodoviárias, bastando apenas recalcular as emissões dos insumos e das composições dos serviços de engenharia com base no SICRO2/DNIT.

5.5 Fatores de emissões

A fonte dos fatores de emissões mais utilizada pode ser obtida do Programa GHG *Protocol* Brasil. No entanto, visando à qualidade dos orçamentos, podem ser utilizados outros fatores de emissão disponíveis, desde que origem reconhecida, que possam tornar o cálculo mais preciso. Caso a organização desenvolva o seu próprio fator de emissão, esta deve explicar o seu desenvolvimento por meio de documentos e registros que comprovem o seu valor.

Alguns exemplos de fontes para fatores de emissões são encontrados no Programa GHG *Protocol* Brasil, IPCC, no Balanço Energético Nacional (BEN), no Ministério do Meio Ambiente (MMA) e no Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Nas tabelas abaixo são apresentados os fatores de emissão para o consumo de combustíveis fósseis e biocombustíveis das fontes móveis e estacionárias utilizados neste guia.

Fatores de emissão para combustão móvel

		Fatores de Emissão (kg/l)			(kgCO_2e/l)
Combustíveis fósseis	**Und.**	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Óleo Diesel (puro)	litros	2,603000	0,000139	0,000139	2,65
Biocombustível	**Und.**	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Biodiesel (B100)	litros	2,431000	0,000332	0,000020	2,45
Etanol Hidratado	litros	1,457000	0,000384	0,000013	1,47

Fatores de emissão para combustão estacionária

		Fatores de Emissão (kg/l)			(kgCO_2e/l)
Combustíveis fósseis	**Und.**	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Gasolina Automotiva (pura)	litros	2,238993	9,69E-05	1,939E-05	2,25
Óleo Diesel (puro)	litros	2,632092	0,000107	2,131E-05	2,64
Óleo Combustível	litros	3,107719	0,000120	2,409E-05	3,12
Biocombustível	**Und.**	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Biodiesel (B100)	litros	2,347689	9,95E-05	1,99E-05	2,36
Etanol Anidro	litros	1,540961	6,71E-05	1,341E-05	1,55

Fonte: *GHG PROTOCOL* (2014)

A unidade CO_2 equivalente (CO_2e) utilizada segue a métrica GWP (*Global Warming Potential*, 2007). O potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa em relação ao CO_2, para um horizonte de 100 anos , são 25 para o CH_4 e 298 para o N_2O. A equação abaixo apresenta o cálculo.

$$E_{CO_2e} = E_{CO_2} + (25 \times E_{CH_4}) + (298 \times E_{N_2O})$$

Em que:

E_{CO_2e} = Emissão total em dióxido de carbono equivalente (t)

E_{CO_2} = Emissão total de dióxido de carbono (t);

25 é o Potencial de Aquecimento Global do metano;

E_{CH_4} = Emissão total de metano (t);

298 é o Potencial de Aquecimento Global do óxido nitroso;

E_{N_2O} = Emissão total de óxido nitroso (t).

5.6 Cálculo de emissões

5.6.1 Considerações Iniciais

O projeto de engenharia rodoviária apresenta em seu escopo os quantitativos das composições dos serviços de engenharia necessários para a realização do referido projeto.

Inicialmente, é necessária uma revisão das fichas de composição presentes no projeto de engenharia a ser utilizado, pois, podem aparecer composições que não fazem parte das preconizadas pelo DNIT e também pode haver alterações nos quantitativos dos equipamentos e materiais, acarretando diferenças nos valores das emissões de GEE quando comparado com as composições padrões DNIT.

Com isto, teremos duas situações: *i* – composições de serviço iguais ao padrão DNIT e *ii* – composições de serviço diferentes do padrão DNIT.

A emissão total do projeto é dada pelo somatório das emissões de cada composição de serviço de engenharia.

5.6.2 Cálculo de Emissões de GEE das Composições Padrão DNIT

A emissão é calculada pela multiplicação da quantidade do serviço de engenharia apresentada no projeto pelo valor de emissão de GEE estimado da composição, apresentado no quadro 1 no final deste apêndice.

$$E_{serviço(i)} = E_{composição(i)} \times Q_{serviço(i)}$$

Em que:

$E_{serviço(i)}$ = Emissão total de GEE do serviço de engenharia (*i*) ($kgCO_2e$);

$E_{composição(i)}$ = Emissão base de GEE da composição (*i*) ($kgCO_2e$/und) – ver quadro 1;

$Q_{serviço(i)}$ = Quantidade do serviço de engenharia (*i*) (und) apresentado no projeto.

5.6.3 Cálculo de Emissões de GEE das Composições Diferentes DNIT

Durante a elaboração deste guia identificamos quatro situações em que se fez necessário o uso desta abordagem para calcular as emissões de GEE de determinados serviços de engenharia:

- Composições de serviço não previstas na base do DNIT;

- Composições de serviço previstas na base do DNIT, mas com quantitativos de equipamentos, insumos e atividades auxiliares diferentes do padrão SICRO2;
- Quantitativos de transportes dos insumos inseridos dentro das composições de outros serviços, sendo necessário organizar os dados dos transportes e elaborar as devidas composições de transporte dos insumos;
- Elaboração de composições de serviços relacionadas ao canteiro de obras, envolvendo a mobilização, desmobilização, implantação e manutenção.

Nos casos indicados acima ou em outros considerados pertinentes, calculamos as emissões de GEE com base na metodologia de cálculo apresentada abaixo.

A metodologia de cálculo deve considerar os valores de emissões de GEE dos equipamentos listados no Sistema de Custos Rodoviários (SICRO 2) do DNIT apresentado no quadro 2 no final deste apêndice.

Este cálculo é efetuado pelo somatório da multiplicação da emissão de GEE do equipamento por hora, a quantidade do equipamento e a utilização operativa do mesmo. O resultado dessa multiplicação é dividido pela produção da equipe por hora para a referida composição. O resultado da emissão de GEE da composição é apresentado em $kgCO_2e$ pela unidade da respectiva composição.

$$EC = \sum_i (EE_{(i)} \times QE_{(i)} \times UO_{(i)}) \div PE$$

Em que:

EC = Emissão de GEE em ($kgCO_2e$/und da composição) para cada composição.

$EE_{(i)}$ = Emissão de GEE em ($kgCO_2e$/h) do equipamento (*i*) – ver quadro 2;

$QE_{(i)}$ = Quantidade do equipamento (*i*) em (und);

$UO_{(i)}$ = Utilização operativa do equipamento (*i*) em (und);

PE = Produção da equipe para a composição em (unidade da composição/h).

Notas:

- Em determinadas composições, chamadas de composições principais, fazem parte de sua estrutura atividades auxiliares. A composição da atividade auxiliar tem a suas emissões de GEE calculadas de forma independente e somadas a equação da composição principal.
- As emissões do uso óleo combustível (óleo A1) têm o seu cálculo de emissão somado na equação acima. A emissão é o resultado da multiplicação do seu fator de emissão por sua quantidade na composição.

5.7 Análise de incertezas

5.7.1 Considerações Iniciais

A definição estatística de análise de incertezas constitui parâmetro relacionado ao resultado de uma medição que caracteriza a dispersão de valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos à quantidade medida (por exemplo, a variância da amostra ou o coeficiente de variação).

A definição de incerteza neste orçamento é um termo geral e impreciso que se refere à falta de certeza em dados relacionados com emissões resultantes de quaisquer fatores causais, tais como a aplicação de fatores ou métodos não representativos, dados incompletos sobre fontes e sumidouros, falta de transparência etc. As informações de incerteza relatadas normalmente especificam uma estimativa quantitativa da diferença provável ou percebida quanto ao valor relatado e uma descrição qualitativa das causas prováveis da diferença.

Este guia recomenda que seja realizada uma análise de incertezas baseada em um intervalo de confiança de 95 %, sendo atribuída uma porcentagem de incerteza a cada uma das etapas do processo, para cada uma das fontes de emissão que compõem o orçamento. Os cálculos deverão ser realizados para cada obra.

A junção de diferentes elementos é realizada pelo método de propagação do erro, através do qual a incerteza de um conjunto é dada pela raiz quadrada das somas dos quadrados das incertezas de cada elemento, expressa em porcentagem, de acordo com a fórmula genérica abaixo.

$$I_{conjunto} = \sqrt{I^2{}_{elemento1} + I^2{}_{elemento2} + ... + I^2{}_{elemento(n)}}$$

Em que:

$I_{conjunto}$ = porcentagem de incerteza atribuída a determinado conjunto de elementos (dentro do intervalo de confiança de 95%);

$I_{elemento}$ = porcentagem de incerteza associada a cada elemento.

Entretanto, vale salientar que as características das obras rodoviárias apresentam um grau de incerteza na realização dos serviços de engenharia, como exemplo as condições climáticas no momento da execução dos serviços de engenharia, experiência do operador das máquinas, condições operativas do maquinário, entre outros. O cálculo da incerteza aqui apresentado não engloba estas variáveis

5.7.2 Incerteza nas Emissões de uma Fonte Individual

As incertezas devem ser inicialmente calculadas para cada fonte de emissões, em cada obra. A composição de serviço de engenharia é considerada a fonte de emissão.

Para cada composição, em cada obra, os cálculos dos volumes de GEE das fontes de emissão seguem roteiros com determinadas etapas de execução, como indicado abaixo:

- Coleta dos dados da composição do serviço de engenharia;
- Lançamento dos dados de atividade num sistema de cálculo;
- Conversão dos dados de atividade na variável sobre a qual se aplica o fator de emissão;
- Aplicação de fatores de emissão.

Para o cálculo de incerteza em uma fonte individual, cada uma das etapas acima é considerada um elemento e a emissão da fonte é considerada como sendo o conjunto.

Assim, para uma fonte individual, a composição de serviço de engenharia, em uma obra deverá ser aplicada a fórmula:

$$I_{fonte-individual} = \sqrt{I^2{}_{coleta-de-dados} + I^2{}_{lançamento} + I^2{}_{conversão} + I^2{}_{fator-de-emissão}}$$

Em que:

$I_{fonte-individual}$ = fonte individual = porcentagem de incerteza atribuída à fonte individual (dentro do intervalo de confiança de 95%);

$I_{etapa-de-cálculo}$ = porcentagem de incerteza associada a cada elemento

O quadro abaixo apresenta as Incertezas em % recomendadas para uso na equação acima.

		Coleta de dados				Lançamento no sistema		Conversão			Fatores de emissão	
		mediação direta equipamento específico	mediação direta equipamento genérico	por documento de terceiros	por estimativa	automático	manual	não é necessário converter	conversão dimensional	conversão para outra unidade	específicos	genéricos
Escopo 1	Consumo de combustíveis	0,2	0,5	0,8	3,0	0,2	1,5	0,2	0,4	1,5	0,5	2,0
	Remoção de vegetação	0,4	1,5	2,0	5,0	0,2	1,5	0,4	0,8	2,5	1,5	5,0
	Tratam efluentes e resíduos	0,3	0,5	1,5	4,0	0,2	1,5	0,3	0,7	2,0	1,2	4,0
	Outros processos	0,2	1,0	2,0	4,0	0,2	1,5	0,3	0,5	1,5	0,8	3,0
Escopo 2	Energia adquirida	0,1	0,2	1,2	4,0	0,2	1,5	0,1	0,2	0,6	0,5	1,5
Escopo 3	Consumo de combustíveis	0,2	0,5	1,0	5,0	0,2	1,5	0,2	0,8	2,0	0,5	2,0
	Destinação efluentes e resíd.	0,2	0,7	2,0	5,0	0,2	1,5	0,4	0,8	3,0	1,2	4,0
	Fabricação de materiais	0,2	0,5	1,0	4,0	0,2	1,5	0,3	0,6	n/a	1,0	4,0
	Fretes de materiais	0,2	0,4	1,0	4,0	0,2	1,5	0,3	0,5	2,0	0,5	2,0
	Emissões renováveis	0,2	0,5	0,8	3,0	0,2	1,5	0,2	0,4	2,0	0,5	2,0
	Reflorestamento	0,5	2,0	4,0	8,0	0,2	1,5	0,4	1,0	4,0	1,5	5,0

As normas gerais ainda destacam que de acordo com IPCC *Fourth Assessment Report: Climate Change* 2007 (AR4), o grau de incerteza quanto ao poder de aquecimento global direto (*Direct* GWP) dos GEE que não o CO_2 é de ± 35 %, dentro do intervalo de confiança de 90 %. Foi estabelecido que o poder de aquecimento global de CO_2 é o valor de referência considerado absoluto com poder de aquecimento global (AGWP – *Absolute Global Warming Potential*) igual a 1. Este valor contém um nível de incerteza estimado pelo IPCC em ± 15%. Contudo, a adoção dos graus de incerteza devida aos GWP (*Global Warning Potential*) dos gases levaria, pela sua dimensão, a um valor de incerteza composta que

prejudicaria a visão dos demais componentes. Como este fator de incerteza é inerente a todos os inventários e orçamentos, indica-se que não seja utilizado.

5.7.3 Incerteza nas Emissões de uma Obra

Para a obtenção do fator de incerteza nas emissões de GEE de uma obra, é feita uma ponderação das Incertezas (em %) de cada fonte daquela obra, obtidas no item 3.2.5.2, usando como peso as emissões associadas a cada uma delas (em número absoluto), segundo a seguinte fórmula.

$$I_{obra} = \frac{\sqrt{(I_{f1} \times E_{f1})^2 + (I_{f2} \times E_{f2})^2 + ... + (I_{f(n)} \times E_{f(n)})^2}}{(E_{f1} + E_{f2} + ... + E_{f(n)})}$$

Em que:

I_{obra} = porcentagem de incerteza atribuída ao orçamento de emissões de uma Obra (dentro do intervalo de confiança de 95%);

$I_{f(n)}$ = porcentagem de incerteza associada a cada fonte de emissão (%), calculada como indicado no item (3.2.5.2);

$E_{f(n)}$ = total de emissões de determinada fonte, em número absoluto (ex. t de CO_2e).

6 AÇÕES DIRECIONADAS À COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES

6.1 Considerações iniciais

O guia recomenda para a compensação ambiental por plantio florestal de espécies nativas da mata atlântica, a metodologia de cálculo proposta por (CAMILA, 2012) e MIRANDA (2008).

Ressalta-se que, dependendo da demanda do orçamento de GEE, as árvores plantadas como paisagismo e sinalização nas obras podem ser consideradas no abatimento das emissões.

6.2 Cálculo do número de árvores

O número de árvores a serem plantadas é obtido pela divisão do valor total das emissões de GEE do projeto pelo fator de fixação de carbono em biomassa – árvores nativas (0,19 t/árvore), conforme apresentado na equação abaixo.

$$N = ET \div F_f$$

Em que:

N = Número total de árvores a serem plantadas (und).

ET = Emissão total de GEE estimada em (tCO_2e).

F_f = Fator de fixação de carbono em biomassa para árvores nativas em (t/árvore).

6.3 Cálculo da área necessária ao plantio

O cálculo da área necessária é o resultado da divisão da emissão de GEE a ser compensada pelo valor de fixação de carbono – árvores nativas (322,7 t/ha), conforme apresentado abaixo. É considerado um espaçamento de plantio de 3 x 2 metros e uma idade índice de 17 anos.

$$A = ET \div F_c$$

Em que:

A = Área necessária para o plantio em (ha).

ET = Emissão total de GEE estimada em (tCO_2e).

F_c = Fixação de carbono de árvores nativas de acordo com a idade índice em (t/ha).

6.4 Cálculo do valor financeiro para o plantio

O cálculo do valor financeiro para o plantio de árvores é obtido pela multiplicação no número de árvores a serem plantadas e o valor para o plantio de cada árvore, conforme apresentado na equação abaixo.

Considerando que o DNIT não apresenta em seu sistema de custos o valor financeiro para o plantio das árvores nativas, recomenda-se a realização do levantamento de custos financeiro de aquisição e plantio de árvores nativas na região definida como limite geográfico do projeto de engenharia.

$$CC = N \times C_{árvore}$$

Em que:

CC = Custo da compensação ambiental em reais (R$).

N = Número total de árvores a serem plantadas (unidade).

$C_{árvore}$ = Custo da plantio em reais (R$) por árvore nativa.

7 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

O empreendedor titular da obra rodoviária deve preparar um relatório de emissões de GEE para atender às demandas para as quais foi preparado, inclusive com vistas a uma possível verificação por parte independente.

O desafio principal ao se realizar um orçamento de emissões de GEE é a forma de reportar estas informações da melhor maneira possível, respeitando os princípios da relevância, integralidade, consistência, exatidão e transparência.

Para alinhar a apresentação do orçamento de obras rodoviárias, recomenda-se que o relatório seja pontual à obra, com a seguinte estrutura básica:

- Dados gerais: características técnicas da obra, mapa de localização, descrição do empreendedor e equipe responsável pelo orçamento...;
- Ano de referência do orçamento;
- Limites geográficos;
- Limites organizacionais;
- Limites operacionais;
- Metodologia;
- Fatores de emissões;
- Cálculo de emissões;
- Resultados de emissões totais e desagregadas por tipo de serviço da obra (terraplenagem, obras de artes correntes, pavimentação, transporte, meio ambiente, obras complementares, canteiro de obras...);
- Análise de incertezas;
- Ações direcionadas à compensação de emissões;
- Referências bibliográficas.

Quadro 1: Composições dos serviços de engenharia (SICRO2 – DNIT) e suas emissões de GEE

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
1 A 00 001 05	tkm	0,39	1 A 00 910 51	und	1,39
1 A 00 001 06	tkm	0,45	1 A 00 911 01	und	8,15
1 A 00 001 07	tkm	0,45	1 A 00 911 51	und	3,04
1 A 00 001 08	tkm	0,52	1 A 00 912 01	und	9,4
1 A 00 001 40	tkm	0,45	1 A 00 912 51	und	3,51
1 A 00 001 41	tkm	0,42	1 A 00 913 01	und	11,2
1 A 00 001 50	tkm	0,59	1 A 00 913 51	und	4,18
1 A 00 001 60	tkm	0,39	1 A 01 100 01	m²	0,12
1 A 00 001 90	tkm	0,31	1 A 01 100 02	m²	0,24
1 A 00 001 91	tkm	0,31	1 A 01 105 01	m³	0,65
1 A 00 002 00	tkm	0,21	1 A 01 105 02	m³	1,32
1 A 00 002 03	tkm	0,45	1 A 01 111 01	m³	2,26
1 A 00 002 05	tkm	0,3	1 A 01 120 01	m³	1,09
1 A 00 002 06	tkm	0,34	1 A 01 150 01	m³	7,91
1 A 00 002 07	tkm	0,34	1 A 01 150 02	m³	7,15
1 A 00 002 08	tkm	0,39	1 A 01 155 01	m³	6,78
1 A 00 002 40	tkm	0,34	1 A 01 170 01	m³	1,62
1 A 00 002 41	tkm	0,33	1 A 01 170 02	m³	1,51
1 A 00 002 50	tkm	0,44	1 A 01 170 03	m³	8,39
1 A 00 002 60	tkm	0,35	1 A 01 200 01	m³	6,78
1 A 00 002 90	tkm	0,2	1 A 01 200 04	m³	4,08
1 A 00 002 91	tkm	0,2	1 A 01 390 02	t	30,51
1 A 00 102 00	tkm	0,72	1 A 01 390 03	t	30,08
1 A 00 201 70	tkm	0,51	1 A 01 390 52	t	26,6
1 A 00 202 70	tkm	0,38	1 A 01 390 53	t	26,61
1 A 00 901 01	m³	8,81	1 A 01 391 02	t	49,66
1 A 00 901 51	m³	2,77	1 A 01 391 52	t	48,49
1 A 00 902 01	m²	0,06	1 A 01 395 01	m³	12,18
1 A 00 903 01	und	5,44	1 A 01 395 02	m³	6,9
1 A 00 903 51	und	2,03	1 A 01 395 51	m³	1,33
1 A 00 904 01	und	6,26	1 A 01 395 52	m³	2,56
1 A 00 904 51	und	2,34	1 A 01 396 01	m³	2,75
1 A 00 905 01	und	7,47	1 A 01 396 02	m³	2,65
1 A 00 905 51	und	2,79	1 A 01 397 02	m³	11,78
1 A 00 906 01	und	1,82	1 A 01 397 52	m³	2,95
1 A 00 906 51	und	0,68	1 A 01 398 02	t	28,81
1 A 00 907 01	und	2,26	1 A 01 398 52	t	26,6
1 A 00 907 51	und	0,84	1 A 01 401 01	m²	2,83
1 A 00 908 01	und	2,71	1 A 01 402 01	m²	2,83

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
1 A 00 908 51	und	1,01	1 A 01 403 01	m²	2,83
1 A 00 909 01	und	3,14	1 A 01 404 01	m²	2,83
1 A 00 909 51	und	1,17	1 A 01 405 01	m³	1,57
1 A 00 910 01	und	3,74	1 A 01 407 01	m³	12,46
1 A 01 407 51	m³	6,29	1 A 01 720 51	m	6,38
1 A 01 410 01	m³	13,55	1 A 01 720 52	m	0,3
1 A 01 410 51	m³	6,29	1 A 01 725 01	un	1,24
1 A 01 412 01	m³	13,5	1 A 01 725 51	und	1,18
1 A 01 412 51	m³	6,29	1 A 01 730 00	m³	13,55
1 A 01 415 01	m³	13,5	1 A 01 730 01	und	0,67
1 A 01 415 51	m³	6,29	1 A 01 730 02	und	0,34
1 A 01 418 01	m³	13,55	1 A 01 730 50	m³	7,34
1 A 01 418 51	m³	6,29	1 A 01 730 51	und	0,36
1 A 01 422 01	m³	13,33	1 A 01 730 52	und	0,18
1 A 01 422 51	m³	6,29	1 A 01 735 01	und	0,34
1 A 01 423 00	m³	12,5	1 A 01 735 02	und	0,17
1 A 01 423 50	m³	6,29	1 A 01 735 51	und	0,19
1 A 01 424 00	m³	14,04	1 A 01 735 52	und	0,09
1 A 01 424 50	m³	6,29	1 A 01 739 01	m	0,38
1 A 01 450 01	m³	7,87	1 A 01 739 51	m	0,19
1 A 01 512 10	m³	11,79	1 A 01 740 01	m	0,38
1 A 01 512 60	m³	4,4	1 A 01 740 51	m	0,19
1 A 01 515 10	m³	11,79	1 A 01 741 01	m	0,42
1 A 01 515 60	m³	4,4	1 A 01 741 51	m	0,19
1 A 01 603 01	m³	8,23	1 A 01 745 01	m	0,69
1 A 01 603 51	m³	6,29	1 A 01 745 51	m	0,35
1 A 01 604 01	m³	8,27	1 A 01 746 01	m	0,69
1 A 01 604 51	m³	6,29	1 A 01 746 51	m	0,35
1 A 01 606 01	m³	8,23	1 A 01 747 01	m	0,77
1 A 01 606 51	m³	6,29	1 A 01 747 51	m	0,35
1 A 01 620 01	m³	5,17	1 A 01 751 01	m	1,08
1 A 01 653 00	m³	11,88	1 A 01 751 51	m	0,55
1 A 01 653 50	m³	1,57	1 A 01 752 01	m	1,08
1 A 01 654 00	m³	11,71	1 A 01 752 51	m	0,55
1 A 01 654 50	m³	1,4	1 A 01 753 01	m	1,22
1 A 01 656 00	m³	7,47	1 A 01 753 51	m	0,55
1 A 01 656 01	m³	7,24	1 A 01 755 01	m	2,14
1 A 01 656 50	m³	1,45	1 A 01 755 51	m	1,07
1 A 01 656 51	m³	1,44	1 A 01 760 01	m	3,53
1 A 01 657 00	m³	7,42	1 A 01 760 51	m	1,78
1 A 01 657 50	m³	1,4	1 A 01 765 01	m	5,28
1 A 01 700 00	m³	13,86	1 A 01 765 51	m	2,66

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
1 A 01 700 50	m³	7,89	1 A 01 770 01	m	6,79
1 A 01 720 00	m³	13,55	1 A 01 770 51	m	3,42
1 A 01 720 01	m	8,06	1 A 01 775 01	m	9,02
1 A 01 720 02	m	0,56	1 A 01 775 51	m	4,54
1 A 01 720 50	m³	7,34	1 A 01 780 01	m²	0,08
1 A 01 790 01	m	0,16	2 S 01 100 29	m³	3,57
1 A 01 790 02	m	0,16	2 S 01 100 30	m³	3,64
1 A 01 892 01	m³	2	2 S 01 100 31	m³	3,92
1 A 01 893 01	m³	0,53	2 S 01 100 32	m³	4,45
1 A 01 893 02	m³	0,53	2 S 01 100 33	m³	6,1
1 A 01 894 01	m³	8,4	2 S 01 101 01	m³	1,27
1 A 01 894 51	m³	0,26	2 S 01 101 02	m³	3,34
1 A 02 702 00	m	0,14	2 S 01 101 03	m³	3,36
1 A 00 002 04	tkm	0,37	2 S 01 101 04	m³	4,11
1 A 01 390 22	t	30,51	2 S 01 101 05	m³	4,86
1 A 01 390 72	t	26,6	2 S 01 101 06	m³	5,61
1 A 01 395 03	m³	7,66	2 S 01 101 07	m³	5,62
1 A 01 395 53	m³	0,88	2 S 01 101 08	m³	6,37
2 S 01 000 00	m²	0,11	2 S 01 101 09	m³	3,98
2 S 01 010 00	und	10,89	2 S 01 101 10	m³	4,25
2 S 01 012 00	und	27,21	2 S 01 101 11	m³	4,52
2 S 01 100 01	m³	0,59	2 S 01 101 12	m³	4,82
2 S 01 100 02	m³	1,91	2 S 01 101 13	m³	5,01
2 S 01 100 03	m³	2,33	2 S 01 101 14	m³	5,31
2 S 01 100 04	m³	2,81	2 S 01 101 15	m³	5,51
2 S 01 100 05	m³	3,21	2 S 01 101 16	m³	5,7
2 S 01 100 06	m³	3,71	2 S 01 101 17	m³	5,78
2 S 01 100 07	m³	4,24	2 S 01 101 18	m³	6,08
2 S 01 100 08	m³	4,73	2 S 01 101 19	m³	6,72
2 S 01 100 09	m³	2,67	2 S 01 101 20	m³	8,82
2 S 01 100 10	m³	2,94	2 S 01 101 22	m³	2,94
2 S 01 100 11	m³	3,1	2 S 01 101 23	m³	3,25
2 S 01 100 12	m³	3,29	2 S 01 101 24	m³	3,48
2 S 01 100 13	m³	3,55	2 S 01 101 25	m³	3,67
2 S 01 100 14	m³	3,72	2 S 01 101 26	m³	4,02
2 S 01 100 15	m³	3,87	2 S 01 101 27	m³	4,29
2 S 01 100 16	m³	4,06	2 S 01 101 28	m³	4,5
2 S 01 100 17	m³	4,14	2 S 01 101 29	m³	4,66
2 S 01 100 18	m³	4,44	2 S 01 101 30	m³	4,77
2 S 01 100 19	m³	5,02	2 S 01 101 31	m³	5,06
2 S 01 100 20	m³	6,57	2 S 01 101 32	m³	5,66
2 S 01 100 22	m³	2,16	2 S 01 101 33	m³	7,64

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 01 100 23	m³	2,4	2 S 01 102 01	m³	3,8
2 S 01 100 24	m³	2,61	2 S 01 102 02	m³	5,96
2 S 01 100 25	m³	2,84	2 S 01 102 03	m³	6,41
2 S 01 100 26	m³	3,04	2 S 01 102 04	m³	6,8
2 S 01 100 27	m³	3,21	2 S 01 102 05	m³	7,25
2 S 01 100 28	m³	3,4	2 S 01 102 06	m³	7,7
2 S 01 102 07	m³	7,9	2 S 02 501 52	m²	0,45
2 S 01 300 01	m³	5,28	2 S 02 502 01	m²	0,88
2 S 01 300 02	m³	5,96	2 S 02 502 02	m²	0,93
2 S 01 300 03	m³	6,25	2 S 02 502 50	m²	0,67
2 S 01 300 04	m³	6,59	2 S 02 502 51	m²	0,68
2 S 01 300 05	m³	6,99	2 S 02 502 52	m²	0,73
2 S 01 510 00	m³	0,9	2 S 02 530 00	m³	23,51
2 S 01 511 00	m³	0,98	2 S 02 530 50	m³	14,68
2 S 01 512 01	m³	2,59	2 S 02 531 00	m³	17,68
2 S 01 512 02	m³	14,41	2 S 02 531 50	m³	8,19
2 S 01 512 52	m³	3,8	2 S 02 532 00	t	53
2 S 01 513 01	m³	0,74	2 S 02 532 50	t	51,83
2 S 02 100 00	m³	3,55	2 S 02 540 01	t	33,34
2 S 02 110 00	m²	0,25	2 S 02 540 02	t	32,95
2 S 02 110 01	m²	0,31	2 S 02 540 51	t	29,47
2 S 02 200 00	m³	3,55	2 S 02 540 52	t	29,48
2 S 02 200 01	m³	3,55	2 S 02 603 00	m³	14,08
2 S 02 210 00	m³	3,85	2 S 02 603 50	m³	3,77
2 S 02 210 01	m³	4,14	2 S 02 604 00	m³	23,93
2 S 02 210 02	m³	4,14	2 S 02 604 50	m³	13,62
2 S 02 210 51	m³	3,57	2 S 02 606 00	m³	9,83
2 S 02 210 52	m³	3,57	2 S 02 606 50	m³	4,03
2 S 02 220 00	m³	11,28	2 S 02 607 00	m³	23,49
2 S 02 220 50	m³	6,94	2 S 02 607 50	m³	17,47
2 S 02 230 00	m³	15,85	2 S 02 700 01	m²	6,68
2 S 02 230 01	m³	15,74	2 S 02 700 51	m²	6,02
2 S 02 230 50	m³	5	2 S 02 702 00	m	0,14
2 S 02 230 51	m³	4,89	2 S 02 540 21	t	33,38
2 S 02 231 00	m³	13,64	2 S 02 540 71	t	29,47
2 S 02 231 50	m³	3,47	2 S 03 010 01	m³	0,34
2 S 02 241 01	m³	8,46	2 S 03 300 01	m³	15,89
2 S 02 243 01	m³	8	2 S 03 300 51	m³	8,73
2 S 02 300 00	m²	0,07	2 S 03 322 00	m³	15,99
2 S 02 400 00	m²	0,05	2 S 03 322 50	m³	8,73
2 S 02 500 01	m²	0,17	2 S 03 323 00	m³	15,94
2 S 02 500 02	m²	0,19	2 S 03 323 50	m³	8,73

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 02 500 50	m²	0,13	2 S 03 324 00	m³	15,94
2 S 02 500 51	m²	0,12	2 S 03 324 01	m³	13,55
2 S 02 500 52	m²	0,14	2 S 03 324 50	m³	8,73
2 S 02 501 01	m²	0,57	2 S 03 324 51	m³	6,34
2 S 02 501 02	m²	0,62	2 S 03 325 00	m³	15,99
2 S 02 501 50	m²	0,41	2 S 03 325 01	m³	13,6
2 S 02 501 51	m²	0,4	2 S 03 325 50	m³	8,73
2 S 03 325 51	m³	6,34	2 S 03 411 11	m	699,73
2 S 03 326 00	m³	15,61	2 S 03 411 12	m	799,89
2 S 03 326 01	m³	13,5	2 S 03 411 13	m	900,05
2 S 03 326 50	m³	8,73	2 S 03 411 14	m	1033,77
2 S 03 326 51	m³	6,34	2 S 03 411 15	m	1154,91
2 S 03 327 00	m³	15,77	2 S 03 411 21	m	937,5
2 S 03 327 50	m³	8,73	2 S 03 411 22	m	1072,27
2 S 03 328 00	m³	15,77	2 S 03 411 23	m	1206,52
2 S 03 328 50	m³	8,73	2 S 03 411 24	m	1385,87
2 S 03 329 00	m³	13,38	2 S 03 411 25	m	1654,88
2 S 03 329 01	m³	15,77	2 S 03 411 31	m	1234,17
2 S 03 329 02	m³	14,69	2 S 03 411 32	m	1411,94
2 S 03 329 03	m³	12,3	2 S 03 411 33	m	1589,18
2 S 03 329 04	m³	12,14	2 S 03 411 34	m	1826,21
2 S 03 329 50	m³	6,34	2 S 03 411 35	m	2181,23
2 S 03 329 51	m³	8,73	2 S 03 411 41	m	1589,29
2 S 03 329 52	m³	8,73	2 S 03 411 42	m	1818,98
2 S 03 329 53	m³	6,34	2 S 03 411 43	m	2048,14
2 S 03 329 54	m³	6,34	2 S 03 411 44	m	2354,39
2 S 03 370 00	m²	2,83	2 S 03 411 45	m	2813,24
2 S 03 371 01	m²	2,83	2 S 03 411 51	m	1905,37
2 S 03 371 02	m²	2,83	2 S 03 411 52	m	2180,68
2 S 03 372 01	m²	2,83	2 S 03 411 53	m	2455,99
2 S 03 401 01	m	47,7	2 S 03 411 54	m	2823,07
2 S 03 401 02	m	53,12	2 S 03 411 55	m	3373,69
2 S 03 401 03	m	60,78	2 S 03 411 61	m	2375,91
2 S 03 401 04	m	69,99	2 S 03 411 62	m	2719,92
2 S 03 401 51	m	46,98	2 S 03 411 63	m	3064,45
2 S 03 401 52	m	52,25	2 S 03 411 64	m	3523,3
2 S 03 401 53	m	59,26	2 S 03 411 65	m	4211,31
2 S 03 401 54	m	67,97	2 S 03 412 01	m³	582,61
2 S 03 402 01	m	35,42	2 S 03 412 02	m³	670,18
2 S 03 402 51	m	34,77	2 S 03 412 03	m³	757,5
2 S 03 404 01	m	67,25	2 S 03 412 04	m³	873,65
2 S 03 404 04	m	67,25	2 S 03 412 05	m³	1048,8

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 03 404 11	m	67,25	2 S 03 412 11	m³	64,23
2 S 03 410 01	m	25,05	2 S 03 412 12	m³	72,1
2 S 03 410 11	m	32,17	2 S 03 412 13	m³	79,96
2 S 03 410 21	m	40,78	2 S 03 412 14	m³	90,45
2 S 03 410 31	m	50,07	2 S 03 412 15	m³	106,18
2 S 03 410 41	m	59,62	2 S 03 412 61	m³	56,84
2 S 03 410 51	m	69,97	2 S 03 412 62	m³	64,71
2 S 03 410 61	m	81,66	2 S 03 412 63	m³	72,57
2 S 03 412 64	m³	83,06	2 S 03 940 00	m³	0,53
2 S 03 412 65	m³	98,79	2 S 03 940 01	m³	0,53
2 S 03 415 01	m	19,32	2 S 04 000 01	m³	0,16
2 S 03 415 11	m	23,93	2 S 04 001 00	m³	2
2 S 03 415 21	m	29,53	2 S 04 001 01	m³	2,14
2 S 03 415 31	m	35,38	2 S 04 002 01	m	10,48
2 S 03 415 41	m	41,03	2 S 04 010 01	m³	0,2
2 S 03 415 51	m	47,06	2 S 04 011 00	m³	2,41
2 S 03 415 61	m	53,89	2 S 04 011 01	m³	2,56
2 S 03 416 11	m	691,49	2 S 04 012 01	m	10,48
2 S 03 416 12	m	791,65	2 S 04 020 00	m³	11,18
2 S 03 416 13	m	891,81	2 S 04 100 01	m	7,66
2 S 03 416 14	m	1025,53	2 S 04 100 02	m	12,21
2 S 03 416 15	m	1146,67	2 S 04 100 03	m	17,54
2 S 03 416 21	m	926,25	2 S 04 100 04	m	23
2 S 03 416 22	m	1061,02	2 S 04 100 05	m	31,12
2 S 03 416 23	m	1195,27	2 S 04 100 51	m	4,6
2 S 03 416 24	m	1374,62	2 S 04 100 52	m	7,32
2 S 03 416 25	m	1643,63	2 S 04 100 53	m	10,34
2 S 03 416 31	m	1219,48	2 S 04 100 54	m	13,39
2 S 03 416 32	m	1397,25	2 S 04 100 55	m	17,58
2 S 03 416 33	m	1574,49	2 S 04 101 01	und	38,04
2 S 03 416 34	m	1811,52	2 S 04 101 02	und	62,66
2 S 03 416 35	m	2166,54	2 S 04 101 03	und	95,61
2 S 03 416 41	m	1570,7	2 S 04 101 04	und	137,45
2 S 03 416 42	m	1800,39	2 S 04 101 05	und	246,32
2 S 03 416 43	m	2029,55	2 S 04 101 06	und	39,86
2 S 03 416 44	m	2335,8	2 S 04 101 07	und	65,69
2 S 03 416 45	m	2794,65	2 S 04 101 08	und	99,93
2 S 03 416 51	m	1882,46	2 S 04 101 09	und	144,67
2 S 03 416 52	m	2157,77	2 S 04 101 10	und	259,71
2 S 03 416 53	m	2433,08	2 S 04 101 11	und	44,17
2 S 03 416 54	m	2800,16	2 S 04 101 12	und	73,29
2 S 03 416 55	m	3350,78	2 S 04 101 13	und	111,77

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 03 416 61	m	2348,14	2 S 04 101 14	und	161,37
2 S 03 416 62	m	2692,15	2 S 04 101 15	und	290,45
2 S 03 416 63	m	3036,68	2 S 04 101 16	und	55,4
2 S 03 416 64	m	3495,53	2 S 04 101 17	und	172,24
2 S 03 416 65	m	4183,54	2 S 04 101 18	und	139,27
2 S 03 510 50	m	6,38	2 S 04 101 19	und	200,4
2 S 03 700 01	m	8,06	2 S 04 101 20	und	363,04
2 S 03 700 51	m	6,38	2 S 04 101 51	und	29,44
2 S 03 920 01	m^3	14,85	2 S 04 101 52	und	46,74
2 S 04 101 53	und	69,06	2 S 04 111 59	und	154,66
2 S 04 101 54	und	96,49	2 S 04 111 60	und	260,55
2 S 04 101 55	und	166,04	2 S 04 111 61	und	136,12
2 S 04 101 56	und	30,78	2 S 04 111 62	und	190,53
2 S 04 101 57	und	48,86	2 S 04 111 63	und	322,67
2 S 04 101 58	und	71,97	2 S 04 120 01	m	52,56
2 S 04 101 59	und	101,39	2 S 04 120 02	m	67,13
2 S 04 101 60	und	174,85	2 S 04 120 03	m	90,95
2 S 04 101 61	und	33,97	2 S 04 120 51	m	30,97
2 S 04 101 62	und	54,48	2 S 04 120 52	m	38,33
2 S 04 101 63	und	80,5	2 S 04 120 53	m	50,34
2 S 04 101 64	und	112,79	2 S 04 121 01	und	174,96
2 S 04 101 65	und	194,97	2 S 04 121 02	und	252,02
2 S 04 101 66	und	42,61	2 S 04 121 03	und	434,19
2 S 04 101 67	und	148,57	2 S 04 121 04	und	182,37
2 S 04 101 68	und	99,97	2 S 04 121 05	und	263,56
2 S 04 101 69	und	139,22	2 S 04 121 06	und	453,96
2 S 04 101 70	und	242,17	2 S 04 121 07	und	203,87
2 S 04 110 01	m	38,07	2 S 04 121 08	und	293,81
2 S 04 110 02	m	45,23	2 S 04 121 09	und	507,2
2 S 04 110 03	m	63,07	2 S 04 121 10	und	251
2 S 04 110 51	m	21,67	2 S 04 121 11	und	361,67
2 S 04 110 52	m	26,05	2 S 04 121 12	und	627,75
2 S 04 110 53	m	36,43	2 S 04 121 51	und	125,42
2 S 04 111 01	und	133,36	2 S 04 121 52	und	175,49
2 S 04 111 02	und	191,71	2 S 04 121 53	und	289,15
2 S 04 111 03	und	332,48	2 S 04 121 54	und	130,62
2 S 04 111 05	und	139,6	2 S 04 121 55	und	183,43
2 S 04 111 06	und	200,7	2 S 04 121 56	und	302,04
2 S 04 111 07	und	351,46	2 S 04 121 57	und	146,04
2 S 04 111 08	und	154,8	2 S 04 121 58	und	204,23
2 S 04 111 09	und	223,72	2 S 04 121 59	und	337,04
2 S 04 111 10	und	393,26	2 S 04 121 60	und	179,22

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 111 11	und	191,63	2 S 04 121 61	und	250,33
2 S 04 111 12	und	276,75	2 S 04 121 62	und	415,46
2 S 04 111 13	und	488,95	2 S 04 200 01	m	55,46
2 S 04 111 51	und	95,32	2 S 04 200 02	m	95,92
2 S 04 111 52	und	132,97	2 S 04 200 03	m	147,08
2 S 04 111 53	und	220,01	2 S 04 200 04	m	207,06
2 S 04 111 55	und	99,75	2 S 04 200 05	m	62,27
2 S 04 111 56	und	139	2 S 04 200 06	m	96,2
2 S 04 111 57	und	233,27	2 S 04 200 07	m	147,08
2 S 04 111 58	und	110,24	2 S 04 200 08	m	207,48
2 S 04 200 09	m	62,27	2 S 04 200 74	m	194,7
2 S 04 200 10	m	104,04	2 S 04 200 75	m	56,77
2 S 04 200 11	m	147,84	2 S 04 200 76	m	92,84
2 S 04 200 12	m	220,75	2 S 04 200 77	m	144,37
2 S 04 200 13	m	63,04	2 S 04 200 78	m	200,55
2 S 04 200 14	m	104,04	2 S 04 201 01	und	242,14
2 S 04 200 15	m	156,88	2 S 04 201 02	und	354,87
2 S 04 200 16	m	220,75	2 S 04 201 03	und	469,13
2 S 04 200 17	m	68,7	2 S 04 201 04	und	638,36
2 S 04 200 18	m	112,4	2 S 04 201 05	und	236,19
2 S 04 200 19	m	156,88	2 S 04 201 06	und	340,35
2 S 04 200 20	m	231,69	2 S 04 201 07	und	470,26
2 S 04 200 21	m	68,7	2 S 04 201 08	und	638,71
2 S 04 200 22	m	111,64	2 S 04 201 09	und	260,13
2 S 04 200 23	m	167,15	2 S 04 201 10	und	378,24
2 S 04 200 24	m	232,64	2 S 04 201 11	und	514,66
2 S 04 200 25	m	68,7	2 S 04 201 12	und	705,11
2 S 04 200 26	m	111,64	2 S 04 201 13	und	312,28
2 S 04 200 27	m	176,87	2 S 04 201 14	und	470,97
2 S 04 200 28	m	244,34	2 S 04 201 15	und	620,87
2 S 04 200 51	m	51,77	2 S 04 201 16	und	849,62
2 S 04 200 52	m	84,68	2 S 04 201 51	und	186,7
2 S 04 200 53	m	128,56	2 S 04 201 52	und	266,77
2 S 04 200 54	m	180,64	2 S 04 201 53	und	348,46
2 S 04 200 55	m	53,29	2 S 04 201 54	und	463,04
2 S 04 200 56	m	84,68	2 S 04 201 55	und	187,3
2 S 04 200 57	m	128,56	2 S 04 201 56	und	261,16
2 S 04 200 58	m	180,64	2 S 04 201 57	und	353,28
2 S 04 200 59	m	53,29	2 S 04 201 58	und	468,67
2 S 04 200 60	m	88,83	2 S 04 201 59	und	203,59
2 S 04 200 61	m	129,32	2 S 04 201 60	und	289,33
2 S 04 200 62	m	188,14	2 S 04 201 61	und	387,01

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 200 63	m	54,06	2 S 04 201 62	und	516,02
2 S 04 200 64	m	88,83	2 S 04 201 63	und	244,63
2 S 04 200 65	m	134,05	2 S 04 201 64	und	357,12
2 S 04 200 66	m	188,14	2 S 04 201 65	und	464,55
2 S 04 200 67	m	56,77	2 S 04 201 66	und	621,26
2 S 04 200 68	m	93,6	2 S 04 210 01	m	116,26
2 S 04 200 69	m	134,05	2 S 04 210 02	m	180,67
2 S 04 200 70	m	193,75	2 S 04 210 03	m	244,16
2 S 04 200 71	m	56,77	2 S 04 210 04	m	374,79
2 S 04 200 72	m	92,84	2 S 04 210 05	m	115,49
2 S 04 200 73	m	139,34	2 S 04 210 06	m	180,43
2 S 04 210 07	m	261,9	2 S 04 210 72	m	174,09
2 S 04 210 08	m	374,78	2 S 04 210 73	m	252,89
2 S 04 210 09	m	115,49	2 S 04 210 74	m	358,5
2 S 04 210 10	m	181,19	2 S 04 210 75	m	104,18
2 S 04 210 11	m	276,98	2 S 04 210 76	m	174,85
2 S 04 210 12	m	392,83	2 S 04 210 77	m	252,13
2 S 04 210 13	m	116,26	2 S 04 210 78	m	358,5
2 S 04 210 14	m	193,86	2 S 04 211 01	und	264,72
2 S 04 210 15	m	277,74	2 S 04 211 02	und	393,07
2 S 04 210 16	m	393,59	2 S 04 211 03	und	539,62
2 S 04 210 17	m	100,29	2 S 04 211 04	und	736,77
2 S 04 210 18	m	193,86	2 S 04 211 05	und	285,24
2 S 04 210 19	m	222,64	2 S 04 211 06	und	426,21
2 S 04 210 20	m	416,47	2 S 04 211 07	und	568,72
2 S 04 210 21	m	127	2 S 04 211 08	und	769,05
2 S 04 210 22	m	207,74	2 S 04 211 09	und	317,12
2 S 04 210 23	m	293,36	2 S 04 211 10	und	456,08
2 S 04 210 24	m	417,23	2 S 04 211 11	und	564,02
2 S 04 210 25	m	125,47	2 S 04 211 12	und	855,68
2 S 04 210 26	m	208,5	2 S 04 211 13	und	387,06
2 S 04 210 27	m	292,6	2 S 04 211 14	und	577,54
2 S 04 210 28	m	417,23	2 S 04 211 15	und	774,26
2 S 04 210 51	m	100,3	2 S 04 211 16	und	1051,58
2 S 04 210 52	m	160,59	2 S 04 211 51	und	205,16
2 S 04 210 53	m	218,26	2 S 04 211 52	und	293,11
2 S 04 210 54	m	336,64	2 S 04 211 53	und	394
2 S 04 210 55	m	99,53	2 S 04 211 54	und	524,41
2 S 04 210 56	m	159,83	2 S 04 211 55	und	221,47
2 S 04 210 57	m	236	2 S 04 211 56	und	319,65
2 S 04 210 58	m	335,88	2 S 04 211 57	und	421,38
2 S 04 210 59	m	99,53	2 S 04 211 58	und	556,11

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 210 60	m	160,59	2 S 04 211 59	und	245,23
2 S 04 210 61	m	243,95	2 S 04 211 60	und	339,49
2 S 04 210 62	m	345,2	2 S 04 211 61	und	418,08
2 S 04 210 63	m	100,3	2 S 04 211 62	und	619,07
2 S 04 210 64	m	166,69	2 S 04 211 63	und	299,11
2 S 04 210 65	m	244,71	2 S 04 211 64	und	432,89
2 S 04 210 66	m	345,96	2 S 04 211 65	und	570,71
2 S 04 210 67	m	84,33	2 S 04 211 66	und	761,53
2 S 04 210 68	m	166,69	2 S 04 220 01	m	165,99
2 S 04 210 69	m	182,17	2 S 04 220 02	m	264,6
2 S 04 210 70	m	357,74	2 S 04 220 03	m	386,39
2 S 04 210 71	m	105,71	2 S 04 220 04	m	552,46
2 S 04 220 05	m	165,99	2 S 04 220 70	m	528,62
2 S 04 220 06	m	263,84	2 S 04 220 71	m	152,73
2 S 04 220 07	m	385,63	2 S 04 220 72	m	254,95
2 S 04 220 08	m	552,46	2 S 04 220 73	m	372,65
2 S 04 220 09	m	165,99	2 S 04 220 74	m	529,38
2 S 04 220 10	m	264,6	2 S 04 220 75	m	152,73
2 S 04 220 11	m	406,35	2 S 04 220 76	m	254,95
2 S 04 220 12	m	577,09	2 S 04 220 77	m	373,41
2 S 04 220 13	m	166,75	2 S 04 220 78	m	530,14
2 S 04 220 14	m	282,59	2 S 04 221 01	und	321,76
2 S 04 220 15	m	407,11	2 S 04 221 02	und	470,92
2 S 04 220 16	m	578,61	2 S 04 221 03	und	634,63
2 S 04 220 17	m	166,75	2 S 04 221 04	und	862,64
2 S 04 220 18	m	283,35	2 S 04 221 05	und	339,72
2 S 04 220 19	m	429,89	2 S 04 221 06	und	496,58
2 S 04 220 20	m	612,4	2 S 04 221 07	und	667,43
2 S 04 220 21	m	182,87	2 S 04 221 08	und	810,15
2 S 04 220 22	m	302	2 S 04 221 09	und	376,17
2 S 04 220 23	m	429,79	2 S 04 221 10	und	555,13
2 S 04 220 24	m	613,16	2 S 04 221 11	und	744,84
2 S 04 220 25	m	182,87	2 S 04 221 12	und	996
2 S 04 220 26	m	302	2 S 04 221 13	und	461,44
2 S 04 220 27	m	430,55	2 S 04 221 14	und	682,02
2 S 04 220 28	m	613,92	2 S 04 221 15	und	914,37
2 S 04 220 51	m	143,69	2 S 04 221 16	und	1230,42
2 S 04 220 52	m	235,82	2 S 04 221 51	und	244,95
2 S 04 220 53	m	349,81	2 S 04 221 52	und	347,23
2 S 04 220 54	m	497,49	2 S 04 221 53	und	462,46
2 S 04 220 55	m	143,69	2 S 04 221 54	und	613,13
2 S 04 220 56	m	235,06	2 S 04 221 55	und	262,1

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 220 57	m	349,05	2 S 04 221 56	und	372,71
2 S 04 220 58	m	497,49	2 S 04 221 57	und	494,15
2 S 04 220 59	m	143,69	2 S 04 221 58	und	607,64
2 S 04 220 60	m	235,82	2 S 04 221 59	und	289,67
2 S 04 220 61	m	359,64	2 S 04 221 60	und	415,47
2 S 04 220 62	m	509,88	2 S 04 221 61	und	550,91
2 S 04 220 63	m	144,45	2 S 04 221 62	und	721,73
2 S 04 220 64	m	244,18	2 S 04 221 63	und	354,91
2 S 04 220 65	m	360,4	2 S 04 221 64	und	510,25
2 S 04 220 66	m	511,4	2 S 04 221 65	und	676,55
2 S 04 220 67	m	144,45	2 S 04 221 66	und	890,69
2 S 04 220 68	m	244,94	2 S 04 300 16	m	13,22
2 S 04 220 69	m	372,75	2 S 04 300 20	m	16,02
2 S 04 300 66	m	7,12	2 S 04 501 01	m	1,33
2 S 04 300 70	m	9,24	2 S 04 501 02	m	1,33
2 S 04 301 16	m	13,22	2 S 04 501 03	m	1,36
2 S 04 301 20	m	16,02	2 S 04 501 04	m	1,36
2 S 04 301 30	m	65,68	2 S 04 501 05	m	0,65
2 S 04 301 66	m	7,12	2 S 04 501 51	m	0,19
2 S 04 301 70	m	9,24	2 S 04 501 52	m	0,19
2 S 04 301 71	m	54,28	2 S 04 501 55	m	0,19
2 S 04 310 12	m	0,97	2 S 04 502 01	und	7,09
2 S 04 310 16	m	1,29	2 S 04 502 02	und	8,86
2 S 04 310 20	m	1,55	2 S 04 502 51	und	5,96
2 S 04 311 12	m	0,97	2 S 04 502 52	und	7,39
2 S 04 311 16	m	1,29	2 S 04 510 01	m	0,26
2 S 04 311 20	m	1,55	2 S 04 510 02	m	1,08
2 S 04 400 01	m	1,95	2 S 04 510 03	m	1,08
2 S 04 400 02	m	1,84	2 S 04 510 04	m	1,08
2 S 04 400 03	m	2,64	2 S 04 511 01	und	1,94
2 S 04 400 04	m	2,22	2 S 04 511 51	und	1,24
2 S 04 400 53	m	1,77	2 S 04 521 01	und	0,58
2 S 04 400 54	m	1,54	2 S 04 521 51	und	0,42
2 S 04 401 01	m	2,72	2 S 04 900 01	m	1,89
2 S 04 401 02	m	1,86	2 S 04 900 02	m	1,26
2 S 04 401 03	m	3,32	2 S 04 900 03	m	1,11
2 S 04 401 04	m	2,16	2 S 04 900 04	m	0,95
2 S 04 401 05	m	0,16	2 S 04 900 05	m	1,86
2 S 04 401 06	m	0,11	2 S 04 900 06	m	1,26
2 S 04 401 53	m	2,52	2 S 04 900 07	m	1,12
2 S 04 401 54	m	1,54	2 S 04 900 08	m	0,96
2 S 04 500 01	m	2,14	2 S 04 900 21	m	1,16

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 500 02	m	2,3	2 S 04 900 22	m	1,47
2 S 04 500 03	m	4,16	2 S 04 900 31	m	0,38
2 S 04 500 04	m	4,35	2 S 04 900 32	m	0,31
2 S 04 500 05	m	4,2	2 S 04 900 33	m	0,3
2 S 04 500 06	m	5,85	2 S 04 900 34	m	0,29
2 S 04 500 07	m	4,94	2 S 04 900 41	m	0,27
2 S 04 500 08	m	5,82	2 S 04 900 42	m	0,22
2 S 04 500 51	m	0,95	2 S 04 900 43	m	0,22
2 S 04 500 52	m	0,95	2 S 04 900 44	m	0,22
2 S 04 500 53	m	2,13	2 S 04 900 51	m	1,03
2 S 04 500 54	m	2,13	2 S 04 900 52	m	0,71
2 S 04 500 56	m	0,76	2 S 04 900 53	m	0,64
2 S 04 500 57	m	0,95	2 S 04 900 54	m	0,56
2 S 04 500 58	m	0,95	2 S 04 900 55	m	1,06
2 S 04 900 56	m	0,75	2 S 04 930 11	und	76,83
2 S 04 900 57	m	0,69	2 S 04 930 12	und	75,48
2 S 04 900 58	m	0,59	2 S 04 930 13	und	92,96
2 S 04 900 71	m	0,63	2 S 04 930 14	und	91,61
2 S 04 900 72	m	0,75	2 S 04 930 15	und	90,26
2 S 04 901 01	m	2,13	2 S 04 930 16	und	88,91
2 S 04 901 02	m	0,95	2 S 04 930 17	und	106,38
2 S 04 901 21	m	1,22	2 S 04 930 18	und	105,03
2 S 04 901 22	m	2,18	2 S 04 930 19	und	103,68
2 S 04 901 31	m	0,31	2 S 04 930 20	und	102,33
2 S 04 901 32	m	0,28	2 S 04 930 51	und	36,82
2 S 04 901 41	m	0,22	2 S 04 930 52	und	36,19
2 S 04 901 42	m	0,22	2 S 04 930 53	und	35,56
2 S 04 901 51	m	1,58	2 S 04 930 54	und	34,93
2 S 04 901 52	m	0,56	2 S 04 930 55	und	46,28
2 S 04 901 71	m	0,66	2 S 04 930 56	und	45,65
2 S 04 901 72	m	1,11	2 S 04 930 57	und	45,02
2 S 04 910 01	m	2,51	2 S 04 930 58	und	44,39
2 S 04 910 02	m	2,06	2 S 04 930 59	und	55,74
2 S 04 910 03	m	1,22	2 S 04 930 60	und	55,11
2 S 04 910 04	m	0,92	2 S 04 930 61	und	54,48
2 S 04 910 05	m	1,1	2 S 04 930 62	und	53,85
2 S 04 910 06	m	0,75	2 S 04 930 63	und	65,2
2 S 04 910 07	m	1,14	2 S 04 930 64	und	64,57
2 S 04 910 08	m	1,86	2 S 04 930 65	und	63,94
2 S 04 910 51	m	0,98	2 S 04 930 66	und	63,31
2 S 04 910 52	m	0,73	2 S 04 930 67	und	74,66
2 S 04 910 53	m	0,48	2 S 04 930 68	und	74,03

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 910 54	m	0,3	2 S 04 930 69	und	73,4
2 S 04 910 55	m	0,49	2 S 04 930 70	und	72,77
2 S 04 910 56	m	0,3	2 S 04 931 01	und	53,49
2 S 04 910 57	m	0,48	2 S 04 931 02	und	52,14
2 S 04 910 58	m	0,8	2 S 04 931 03	und	50,93
2 S 04 930 01	und	52,68	2 S 04 931 04	und	49,44
2 S 04 930 02	und	51,33	2 S 04 931 05	und	66,92
2 S 04 930 03	und	49,98	2 S 04 931 06	und	65,57
2 S 04 930 04	und	48,63	2 S 04 931 07	und	64,35
2 S 04 930 05	und	66,11	2 S 04 931 08	und	68,27
2 S 04 930 06	und	64,76	2 S 04 931 09	und	80,34
2 S 04 930 07	und	63,41	2 S 04 931 10	und	78,99
2 S 04 930 08	und	62,06	2 S 04 931 11	und	77,78
2 S 04 930 09	und	79,53	2 S 04 931 12	und	76,29
2 S 04 930 10	und	78,18	2 S 04 931 13	und	93,77
2 S 04 931 14	und	92,42	2 S 04 941 09	m	11,19
2 S 04 931 15	und	91,2	2 S 04 941 10	m	11,19
2 S 04 931 16	und	89,72	2 S 04 941 11	m	14,49
2 S 04 931 17	und	107,19	2 S 04 941 12	m	14,49
2 S 04 931 18	und	105,84	2 S 04 941 13	m	13,75
2 S 04 931 19	und	104,63	2 S 04 941 14	m	13,75
2 S 04 931 20	und	103,14	2 S 04 941 15	m	15,55
2 S 04 931 51	und	37,2	2 S 04 941 16	m	15,55
2 S 04 931 52	und	36,57	2 S 04 941 17	m	19,63
2 S 04 931 53	und	36	2 S 04 941 18	m	19,63
2 S 04 931 54	und	35,31	2 S 04 941 31	m	2,86
2 S 04 931 55	und	46,65	2 S 04 941 32	m	2,86
2 S 04 931 56	und	46,03	2 S 04 941 33	m	4,39
2 S 04 931 57	und	45,46	2 S 04 941 34	m	4,39
2 S 04 931 58	und	47,28	2 S 04 941 51	m	1,61
2 S 04 931 59	und	56,11	2 S 04 941 52	m	1,61
2 S 04 931 60	und	55,49	2 S 04 941 53	m	3,79
2 S 04 931 61	und	54,92	2 S 04 941 54	m	3,79
2 S 04 931 62	und	54,23	2 S 04 941 55	m	4,5
2 S 04 931 63	und	65,57	2 S 04 941 56	m	4,5
2 S 04 931 64	und	64,94	2 S 04 941 57	m	5,25
2 S 04 931 65	und	64,38	2 S 04 941 58	m	5,25
2 S 04 931 66	und	63,69	2 S 04 941 59	m	5,91
2 S 04 931 67	und	75,03	2 S 04 941 60	m	5,91
2 S 04 931 68	und	74,4	2 S 04 941 61	m	7,59
2 S 04 931 69	und	73,84	2 S 04 941 62	m	7,59
2 S 04 931 70	und	73,15	2 S 04 941 63	m	7,2

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 940 01	m	2,67	2 S 04 941 64	m	7,2
2 S 04 940 02	m	2,24	2 S 04 941 65	m	8,12
2 S 04 940 03	m	2,24	2 S 04 941 66	m	8,12
2 S 04 940 04	m	0,3	2 S 04 941 67	m	10,19
2 S 04 940 51	m	1,41	2 S 04 941 68	m	10,19
2 S 04 940 52	m	1,25	2 S 04 941 81	m	1,65
2 S 04 940 53	m	1,25	2 S 04 941 82	m	1,65
2 S 04 940 54	m	0,16	2 S 04 941 83	m	2,47
2 S 04 941 01	m	2,81	2 S 04 941 84	m	2,47
2 S 04 941 02	m	2,81	2 S 04 942 01	und	1,57
2 S 04 941 03	m	7,11	2 S 04 942 02	und	1,92
2 S 04 941 04	m	7,11	2 S 04 942 51	und	0,77
2 S 04 941 05	m	8,48	2 S 04 942 52	und	0,91
2 S 04 941 06	m	8,48	2 S 04 950 01	und	6,96
2 S 04 941 07	m	9,91	2 S 04 950 02	und	8,28
2 S 04 941 08	m	9,91	2 S 04 950 03	und	9,87
2 S 04 950 04	und	12,07	2 S 04 960 56	und	6,72
2 S 04 950 21	und	7,84	2 S 04 960 57	und	6,91
2 S 04 950 22	und	25,9	2 S 04 961 01	und	16,44
2 S 04 950 23	und	41,58	2 S 04 961 02	und	17,04
2 S 04 950 24	und	61,16	2 S 04 961 03	und	17,71
2 S 04 950 25	und	83,1	2 S 04 961 04	und	18,3
2 S 04 950 26	und	136,6	2 S 04 961 05	und	18,9
2 S 04 950 27	und	86,72	2 S 04 961 06	und	19,58
2 S 04 950 28	und	118,06	2 S 04 961 07	und	20,17
2 S 04 950 29	und	187,76	2 S 04 961 51	und	11,74
2 S 04 950 30	und	112,32	2 S 04 961 52	und	12,06
2 S 04 950 31	und	152,93	2 S 04 961 53	und	12,43
2 S 04 950 32	und	238,9	2 S 04 961 54	und	12,75
2 S 04 950 51	und	8,05	2 S 04 961 55	und	13,06
2 S 04 950 61	und	2,19	2 S 04 961 56	und	13,44
2 S 04 950 62	und	2,6	2 S 04 961 57	und	13,75
2 S 04 950 63	und	3,1	2 S 04 962 01	und	32,54
2 S 04 950 64	und	3,79	2 S 04 962 02	und	31,73
2 S 04 950 71	und	3,88	2 S 04 962 03	und	43,97
2 S 04 950 72	und	10,9	2 S 04 962 04	und	56,23
2 S 04 950 73	und	17,23	2 S 04 962 05	und	65,97
2 S 04 950 74	und	25,09	2 S 04 962 06	und	83,06
2 S 04 950 75	und	33,88	2 S 04 962 07	und	39,01
2 S 04 950 76	und	54,65	2 S 04 962 08	und	38,07
2 S 04 950 77	und	34,86	2 S 04 962 09	und	51,55
2 S 04 950 78	und	47,16	2 S 04 962 10	und	64,29

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 950 79	und	73,97	2 S 04 962 11	und	74,67
2 S 04 950 80	und	44,69	2 S 04 962 12	und	90,99
2 S 04 950 81	und	60,43	2 S 04 962 13	und	45,62
2 S 04 950 82	und	93,3	2 S 04 962 14	und	44,81
2 S 04 950 99	und	5,17	2 S 04 962 15	und	59,52
2 S 04 960 01	und	8,41	2 S 04 962 16	und	73,03
2 S 04 960 02	und	8,77	2 S 04 962 17	und	83,91
2 S 04 960 03	und	9,13	2 S 04 962 18	und	101,24
2 S 04 960 04	und	9,49	2 S 04 962 51	und	22,37
2 S 04 960 05	und	9,77	2 S 04 962 52	und	21,99
2 S 04 960 06	und	10,13	2 S 04 962 53	und	29,98
2 S 04 960 07	und	10,48	2 S 04 962 54	und	38,64
2 S 04 960 51	und	5,84	2 S 04 962 55	und	45,64
2 S 04 960 52	und	6,03	2 S 04 962 56	und	58,47
2 S 04 960 53	und	6,21	2 S 04 962 57	und	26,9
2 S 04 960 54	und	6,4	2 S 04 962 58	und	26,46
2 S 04 960 55	und	6,53	2 S 04 962 59	und	35,18
2 S 04 962 60	und	44,17	2 S 04 963 60	und	41,15
2 S 04 962 61	und	51,6	2 S 04 963 61	und	50,87
2 S 04 962 62	und	63,45	2 S 04 963 62	und	62,74
2 S 04 962 63	und	31,49	2 S 04 963 63	und	38,22
2 S 04 962 64	und	31,11	2 S 04 963 64	und	37,85
2 S 04 962 65	und	40,55	2 S 04 963 65	und	42,89
2 S 04 962 66	und	50,03	2 S 04 963 66	und	49,29
2 S 04 962 67	und	57,81	2 S 04 963 67	und	57,08
2 S 04 962 68	und	70,3	2 S 04 963 68	und	69,54
2 S 04 963 01	und	40,53	2 S 04 963 81	und	4,51
2 S 04 963 02	und	39,59	2 S 04 963 82	und	4,7
2 S 04 963 03	und	46,91	2 S 04 963 83	und	4,82
2 S 04 963 04	und	55,71	2 S 04 963 84	und	5,01
2 S 04 963 05	und	65,76	2 S 04 963 85	und	5,15
2 S 04 963 06	und	81,43	2 S 04 963 86	und	5,33
2 S 04 963 07	und	47,62	2 S 04 963 87	und	5,45
2 S 04 963 08	und	46,81	2 S 04 964 01	m	1,51
2 S 04 963 09	und	54,72	2 S 04 964 02	m	2,59
2 S 04 963 10	und	61,63	2 S 04 964 03	m	4,42
2 S 04 963 11	und	74,45	2 S 04 964 04	m	6,99
2 S 04 963 12	und	91	2 S 04 964 05	m	9
2 S 04 963 13	und	55,24	2 S 04 964 06	m	11,72
2 S 04 963 14	und	54,43	2 S 04 964 51	m	0,98
2 S 04 963 15	und	63,08	2 S 04 964 52	m	1,51
2 S 04 963 16	und	72,65	2 S 04 964 53	m	2,66

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 04 963 17	und	83,69	2 S 04 964 54	m	4,35
2 S 04 963 18	und	101,12	2 S 04 964 55	m	5,59
2 S 04 963 31	und	6,23	2 S 04 964 56	m	7,18
2 S 04 963 32	und	6,57	2 S 04 990 01	m	4,74
2 S 04 963 33	und	6,84	2 S 04 990 02	m	5,81
2 S 04 963 34	und	7,18	2 S 04 990 03	m	5,73
2 S 04 963 35	und	6,92	2 S 04 990 04	m	5,11
2 S 04 963 36	und	7,79	2 S 04 990 05	m	4,71
2 S 04 963 37	und	8,05	2 S 04 990 06	m	4,51
2 S 04 963 51	und	27,98	2 S 04 990 51	m	2,24
2 S 04 963 52	und	27,54	2 S 04 990 52	m	2,75
2 S 04 963 53	und	31,91	2 S 04 990 53	m	3,35
2 S 04 963 54	und	37,83	2 S 04 990 54	m	2,95
2 S 04 963 55	und	44,92	2 S 04 990 55	m	2,69
2 S 04 963 56	und	56,2	2 S 04 990 56	m	2,56
2 S 04 963 57	und	32,98	2 S 04 991 01	und	1,63
2 S 04 963 58	und	32,6	2 S 04 991 02	und	1,52
2 S 04 963 59	und	37,27	2 S 04 991 51	und	0,97
2 S 04 999 03	m^3	7,87	2 S 05 102 00	m^2	0,08
2 S 04 999 07	m^3	8,4	2 S 05 300 01	m^3	8,91
2 S 04 999 57	m^3	0,26	2 S 05 300 02	m^3	7,54
2 S 04 500 09	m	1,8	2 S 05 301 00	m^3	8,81
2 S 04 500 10	m	1,96	2 S 05 301 01	m^2	0,06
2 S 04 500 11	m	2,57	2 S 05 301 50	m^3	2,77
2 S 04 500 12	m	2,74	2 S 05 302 02	m^3	9,5
2 S 04 500 13	m	4,93	2 S 05 302 03	m^3	8,87
2 S 04 500 14	m	5,78	2 S 05 302 04	m^3	9,5
2 S 04 500 59	m	0,76	2 S 05 302 05	m^3	8,87
2 S 04 500 60	m	0,76	2 S 05 302 06	m^2	3,19
2 S 04 500 61	m	0,76	2 S 05 302 07	m^2	3,63
2 S 04 500 62	m	0,76	2 S 05 302 08	m^3	9,68
2 S 04 500 63	m	0,76	2 S 05 303 09	m^3	17,13
2 S 04 500 64	m	0,76	2 S 05 303 10	m^3	16,16
2 S 04 501 06	m	1,29	2 S 05 303 11	m^2	9,79
2 S 04 501 07	m	1,29	2 S 05 303 59	m^3	10,09
2 S 04 501 10	m	0,31	2 S 05 303 60	m^3	8,95
2 S 04 510 05	m	0,24	2 S 05 340 01	m^3	45,6
2 S 04 510 06	m	1,02	2 S 05 340 51	m^3	38,39
2 S 05 000 09	und	1,82	2 S 06 210 01	und	78,75
2 S 05 000 10	und	2,26	2 S 06 210 51	und	44,62
2 S 05 000 11	und	2,71	2 S 06 400 01	m	0,45
2 S 05 000 12	und	3,14	2 S 06 400 02	m	0,21

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
2 S 05 000 13	und	3,74	2 S 06 400 51	m	0,39
2 S 05 000 14	und	5,44	2 S 06 400 52	m	0,17
2 S 05 000 15	und	6,26	2 S 06 410 00	m	0,76
2 S 05 000 16	und	7,47	2 S 09 001 05	tkm	0,39
2 S 05 000 17	und	8,15	2 S 09 001 40	tkm	0,45
2 S 05 000 18	und	9,4	2 S 09 001 90	tkm	0,31
2 S 05 000 19	und	11,2	2 S 09 001 91	tkm	0,31
2 S 05 000 59	und	0,68	2 S 09 002 05	tkm	0,3
2 S 05 000 60	und	0,84	2 S 09 002 40	tkm	0,34
2 S 05 000 61	und	1,01	2 S 09 002 90	tkm	0,2
2 S 05 000 62	und	1,17	2 S 09 002 91	tkm	0,2
2 S 05 000 63	und	1,39	3 S 01 200 00	m³	2,26
2 S 05 000 64	und	2,03	3 S 01 401 00	m³	3,88
2 S 05 000 65	und	2,34	3 S 01 930 00	m2	0,06
2 S 05 000 66	und	2,79	3 S 02 200 00	m³	2,6
2 S 05 000 67	und	3,04	3 S 02 200 01	m³	4,59
2 S 05 000 68	und	3,51	3 S 02 220 00	m³	5,22
2 S 05 000 69	und	4,18	3 S 02 220 50	m³	1,63
2 S 05 100 00	m²	1,14	3 S 02 230 00	m³	10,85
3 S 02 241 00	m³	2,6	3 S 02 601 50	m³	6,44
3 S 02 300 00	m²	0,07	3 S 02 900 00	m³	3,51
3 S 02 400 00	m²	0,05	3 S 02 901 00	m³	38,19
3 S 02 500 00	m²	0,14	3 S 02 902 00	m³	2,25
3 S 02 500 01	m²	0,09	3 S 02 903 00	m³	14,51
3 S 02 500 03	m²	0,17	3 S 03 310 00	m³	18,03
3 S 02 500 04	m²	0,2	3 S 03 310 50	m³	10,93
3 S 02 500 50	m²	0,1	3 S 03 329 00	m³	13,95
3 S 02 500 51	m²	0,08	3 S 03 329 01	m³	8,89
3 S 02 500 52	m²	0,14	3 S 03 329 50	m³	7,65
3 S 02 500 53	m²	0,12	3 S 03 329 51	m³	2,64
3 S 02 500 54	m²	0,15	3 S 03 340 02	m³	10,46
3 S 02 501 01	m²	0,58	3 S 03 340 03	m³	6,63
3 S 02 501 02	m²	0,62	3 S 03 340 52	m³	8,65
3 S 02 501 50	m²	0,41	3 S 03 370 00	m²	2,83
3 S 02 501 51	m²	0,41	3 S 03 940 01	m³	0,53
3 S 02 501 52	m²	0,45	3 S 03 950 00	m	0,47
3 S 02 502 01	m²	0,88	3 S 04 001 00	m³	2,41
3 S 02 502 02	m²	0,93	3 S 04 010 00	m³	3,01
3 S 02 502 50	m²	0,67	3 S 04 020 00	m³	11,18
3 S 02 502 51	m²	0,68	3 S 04 300 16	m	13,5
3 S 02 502 52	m²	0,73	3 S 04 300 20	m	15,62
3 S 02 510 00	m²	0,25	3 S 04 300 66	m	6,72

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
3 S 02 510 01	m²	0,43	3 S 04 300 70	m	8,84
3 S 02 510 50	m²	0,23	3 S 04 301 16	m	13,5
3 S 02 510 51	m²	0,39	3 S 04 301 20	m	15,62
3 S 02 520 00	m³	4,66	3 S 04 301 30	m	65,68
3 S 02 520 01	m³	7,23	3 S 04 301 66	m	6,72
3 S 02 520 02	m³	9,16	3 S 04 301 70	m	8,84
3 S 02 520 50	m³	2,85	3 S 04 301 71	m	54,28
3 S 02 520 51	m³	5,42	3 S 04 310 12	m	0,97
3 S 02 521 00	m³	96,35	3 S 04 310 16	m	1,29
3 S 02 521 01	m³	6,42	3 S 04 310 20	m	1,55
3 S 02 521 50	m³	94,54	3 S 04 311 12	m	0,97
3 S 02 530 00	m³	8,73	3 S 04 311 16	m	1,29
3 S 02 530 01	m³	12,32	3 S 04 311 20	m	1,55
3 S 02 530 02	m³	9,96	3 S 04 590 00	m	4,67
3 S 02 530 50	m³	2,21	3 S 04 590 50	m	0,75
3 S 02 530 51	m³	5,8	3 S 05 000 00	m³	5,44
3 S 02 540 00	m³	73,83	3 S 05 001 00	m³	4,53
3 S 02 540 01	m³	7,03	3 S 05 101 01	m²	0,82
3 S 02 540 50	m³	66,17	3 S 05 101 02	m²	1,07
3 S 02 601 00	m³	11,95	3 S 08 001 00	ha	65,84
3 S 08 100 00	m³	0,64	3 S 08 404 51	m	0,92
3 S 08 101 01	m³	1,16	3 S 08 404 53	m	0,95
3 S 08 101 02	m³	10,32	3 S 08 404 54	m	1,61
3 S 08 101 03	m³	9,02	3 S 08 414 00	m	0,03
3 S 08 101 04	m³	1,51	3 S 08 414 01	m	0,59
3 S 08 102 00	m	0,48	3 S 08 414 02	m	0,05
3 S 08 102 01	m	0,47	3 S 08 500 00	m³	7,9
3 S 08 102 51	m	0,47	3 S 08 501 00	m³	5,38
3 S 08 103 00	l	0,32	3 S 08 510 00	m³	3,58
3 S 08 103 50	l	0,32	3 S 08 510 01	m³	4,48
3 S 08 104 01	m²	0,11	3 S 08 511 00	m³	1,56
3 S 08 104 02	m²	0,13	3 S 08 512 00	m³	2,39
3 S 08 104 51	m²	0,11	3 S 08 513 00	m³	10,46
3 S 08 104 52	m²	0,11	3 S 08 901 00	ha	99,03
3 S 08 109 00	m³	21,4	3 S 08 901 01	m²	0,02
3 S 08 109 12	m³	22,42	3 S 08 109 03	m³	10,68
3 S 08 110 00	m²	2,34	3 S 08 109 04	m³	10,68
3 S 08 110 50	m²	2,29	3 S 08 302 08	m	2,98
3 S 08 200 00	m	8,89	3 S 08 302 09	m	3,04
3 S 08 200 01	m²	0,08	3 S 08 302 10	m	2,64
3 S 08 200 50	m	8,85	3 S 08 302 11	m	3,15
3 S 08 200 51	m²	0,06	3 S 08 302 12	m	4,42

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
3 S 08 302 03	m	5,4	3 S 08 302 13	m	2,98
3 S 08 302 04	m	6,69	3 S 08 302 14	m	3,04
3 S 08 302 05	m	8,86	3 S 08 302 15	m	3,3
3 S 08 302 06	m	10,56	3 S 08 302 16	m	3,15
3 S 08 302 53	m	4,33	3 S 08 302 17	m	4,42
3 S 08 302 54	m	4,94	3 S 08 302 18	m	2,98
3 S 08 302 55	m	6,24	3 S 08 302 19	m	3,04
3 S 08 302 56	m	7,19	3 S 08 302 20	m	3,3
3 S 08 400 00	m²	0,79	3 S 08 302 21	m	3,15
3 S 08 400 01	m²	3,16	3 S 08 302 22	m	4,42
3 S 08 400 02	un	2,62	3 S 08 302 23	m	2,98
3 S 08 400 52	un	2,56	3 S 08 302 24	m	3,04
3 S 08 401 00	m	1,32	3 S 08 302 25	m	3,3
3 S 08 402 00	m²	0,09	3 S 08 302 26	m	3,15
3 S 08 403 00	m²	2,63	3 S 08 302 27	m	4,42
3 S 08 404 00	m	1,63	3 S 09 001 00	tkm	0,27
3 S 08 404 01	m	0,98	3 S 09 001 06	tkm	0,45
3 S 08 404 02	m	0,08	3 S 09 001 41	tkm	0,42
3 S 08 404 03	m	0,99	3 S 09 001 90	tkm	0,31
3 S 08 404 04	m	1,65	3 S 09 001 91	tkm	0,31
3 S 08 404 50	m	1,57	3 S 09 002 00	tkm	0,21
3 S 09 002 03	tkm	0,45	4 S 06 230 02	und	3,57
3 S 09 002 06	tkm	0,34	4 S 06 230 03	und	3,57
3 S 09 002 41	tkm	0,33	4 S 06 120 20	und	1
3 S 09 002 90	tkm	0,2	4 S 06 120 21	und	1
3 S 09 002 91	tkm	0,2	4 S 06 120 22	und	1
3 S 09 102 00	tkm	0,72	4 S 08 100 13	m²	0,87
3 S 09 201 70	tkm	0,65	4 S 08 100 21	m²	1,03
3 S 09 202 70	tkm	0,51	4 S 08 100 23	m²	1,03
4 S 03 300 01	m³	15,82	4 S 08 110 01	m²	1,16
4 S 03 300 51	m³	8,73	4 S 09 001 90	tkm	0,31
4 S 03 323 01	m³	15,67	4 S 09 001 91	tkm	0,31
4 S 03 323 51	m³	8,73	4 S 09 002 00	tkm	0,21
4 S 03 370 00	m²	2,83	4 S 09 002 41	tkm	0,33
4 S 06 000 01	m	2,02	4 S 09 002 90	tkm	0,2
4 S 06 000 02	m	8,4	4 S 09 002 91	tkm	0,2
4 S 06 000 11	m	2,52	4 S 09 202 70	tkm	0,51
4 S 06 000 12	m	10,08	5 S 01 000 00	m²	0,13
4 S 06 010 01	m	1,68	5 S 01 010 00	und	10,89
4 S 06 010 02	m	6,3	5 S 01 011 00	und	27,21
4 S 06 010 11	m	2,52	5 S 01 100 01	m³	0,66
4 S 06 010 12	m	10,08	5 S 01 100 09	m³	2,96

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
4 S 06 030 11	m	15,43	5 S 01 100 10	m³	3,25
4 S 06 030 61	m	12,27	5 S 01 100 11	m³	3,46
4 S 06 100 13	m²	0,58	5 S 01 100 12	m³	3,64
4 S 06 100 14	m²	1,85	5 S 01 100 13	m³	3,89
4 S 06 100 21	m²	0,66	5 S 01 100 14	m³	4,17
4 S 06 100 22	m²	1,85	5 S 01 100 15	m³	4,28
4 S 06 100 31	m²	0,66	5 S 01 100 16	m³	4,42
4 S 06 100 32	m²	1,85	5 S 01 100 17	m³	4,72
4 S 06 110 01	m²	0,48	5 S 01 100 18	m³	4,84
4 S 06 110 02	m²	2,41	5 S 01 100 19	m³	5,66
4 S 06 110 03	m²	3,14	5 S 01 100 20	m³	7,57
4 S 06 111 01	m²	2,27	5 S 01 100 22	m³	2,4
4 S 06 120 01	und	1	5 S 01 100 23	m³	2,66
4 S 06 120 11	und	2,29	5 S 01 100 24	m³	2,86
4 S 06 121 01	und	1	5 S 01 100 25	m³	3,15
4 S 06 121 11	und	2,29	5 S 01 100 26	m³	3,32
4 S 06 200 01	m²	3,95	5 S 01 100 27	m³	3,59
4 S 06 200 02	m²	3,95	5 S 01 100 28	m³	3,78
4 S 06 200 91	m²	5,27	5 S 01 100 29	m³	3,96
4 S 06 200 92	m²	1,58	5 S 01 100 30	m³	4,1
4 S 06 230 01	und	6,02	5 S 01 100 31	m³	4,27
4 S 06 230 51	und	5,96	5 S 01 100 32	m³	5,12
5 S 01 100 33	m³	6,95	5 S 02 210 01	m³	4,38
5 S 01 101 01	m³	1,17	5 S 02 210 02	m³	4,38
5 S 01 101 09	m³	4,28	5 S 02 210 51	m³	3,81
5 S 01 101 10	m³	4,69	5 S 02 210 52	m³	3,81
5 S 01 101 11	m³	5,02	5 S 02 220 00	m³	11,56
5 S 01 101 12	m³	5,32	5 S 02 220 50	m³	7,22
5 S 01 101 13	m³	5,53	5 S 02 230 00	m³	16,22
5 S 01 101 14	m³	5,79	5 S 02 230 01	m³	16,1
5 S 01 101 15	m³	6,01	5 S 02 230 50	m³	5,37
5 S 01 101 16	m³	6,26	5 S 02 230 51	m³	5,25
5 S 01 101 17	m³	6,39	5 S 02 231 00	m³	14,03
5 S 01 101 18	m³	6,73	5 S 02 231 50	m³	3,86
5 S 01 101 19	m³	7,55	5 S 02 240 11	m³	3,62
5 S 01 101 20	m³	9,76	5 S 02 241 01	m³	8,76
5 S 01 101 22	m³	3,25	5 S 02 243 01	m³	8,82
5 S 01 101 23	m³	3,55	5 S 02 300 00	m²	0,07
5 S 01 101 24	m³	3,85	5 S 02 400 00	m²	0,05
5 S 01 101 25	m³	4,08	5 S 02 500 01	m²	0,18
5 S 01 101 26	m³	4,47	5 S 02 500 02	m²	0,2
5 S 01 101 27	m³	4,7	5 S 02 500 50	m²	0,14

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
5 S 01 101 28	m³	4,97	5 S 02 500 51	m²	0,13
5 S 01 101 29	m³	5,11	5 S 02 500 52	m²	0,15
5 S 01 101 30	m³	5,21	5 S 02 501 01	m²	0,6
5 S 01 101 31	m³	5,64	5 S 02 501 02	m²	0,64
5 S 01 101 32	m³	6,47	5 S 02 501 50	m²	0,43
5 S 01 101 33	m³	8,51	5 S 02 501 51	m²	0,43
5 S 01 102 01	m³	4,46	5 S 02 501 52	m²	0,47
5 S 01 102 02	m³	7,47	5 S 02 502 01	m²	0,91
5 S 01 102 03	m³	8,37	5 S 02 502 02	m²	0,97
5 S 01 102 04	m³	8,6	5 S 02 502 50	m²	0,71
5 S 01 102 05	m³	9,27	5 S 02 502 51	m²	0,71
5 S 01 102 06	m³	9,57	5 S 02 502 52	m²	0,77
5 S 01 102 07	m³	10,17	5 S 02 511 01	m²	0,27
5 S 01 510 00	m³	0,99	5 S 02 511 02	m²	0,3
5 S 01 511 00	m³	1,11	5 S 02 511 03	m²	0,63
5 S 01 513 01	m³	0,81	5 S 02 511 04	m²	0,76
5 S 02 100 00	m³	3,69	5 S 02 511 51	m²	0,22
5 S 02 110 00	m²	0,28	5 S 02 511 52	m²	0,38
5 S 02 110 01	m²	0,35	5 S 02 511 53	m²	0,49
5 S 02 200 00	m³	3,69	5 S 02 511 54	m²	0,59
5 S 02 200 01	m³	3,69	5 S 02 512 01	m²	0,23
5 S 02 201 00	m²	0,28	5 S 02 512 02	m²	0,38
5 S 02 210 00	m³	3,98	5 S 02 512 51	m²	0,21
5 S 02 512 52	m²	0,34	5 S 02 511 56	m²	0,18
5 S 02 530 00	m³	24,42	5 S 02 511 57	m²	0,18
5 S 02 530 50	m³	15,59	5 S 02 511 58	m²	0,18
5 S 02 531 00	m³	18,01	5 S 02 511 59	m²	0,31
5 S 02 531 50	m³	8,52	5 S 02 511 60	m²	0,31
5 S 02 532 00	t	53,38	5 S 02 511 61	m²	0,31
5 S 02 532 50	t	52,21	5 S 02 511 62	m²	0,31
5 S 02 540 01	t	33,68	5 S 02 511 63	m²	0,55
5 S 02 540 02	t	33,29	5 S 02 511 64	m²	0,55
5 S 02 540 12	t	31,9	5 S 02 511 65	m²	0,55
5 S 02 540 51	t	29,81	5 S 02 511 66	m²	0,55
5 S 02 540 52	t	29,82	5 S 02 511 67	m²	0,42
5 S 02 540 62	t	29,69	5 S 02 511 68	m²	0,42
5 S 02 600 00	m²	0,05	5 S 02 511 69	m²	0,42
5 S 02 607 00	m³	24,99	5 S 02 511 70	m²	0,42
5 S 02 607 50	m³	18,97	5 S 02 511 71	m²	0,68
5 S 02 702 00	m	0,14	5 S 02 511 72	m²	0,68
5 S 02 905 00	m³	3,65	5 S 02 511 73	m²	0,68
5 S 02 905 01	m³	32,84	5 S 02 511 74	m²	0,68

Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Cod. DNIT	Und	Emissão ($kgCO_2e$/und)
5 S 02 906 00	m³	2,35	5 S 02 511 75	m²	0,51
5 S 02 906 01	m³	12,98	5 S 02 511 76	m²	0,51
5 S 02 907 00	m³	2,36	5 S 02 511 77	m²	0,51
5 S 02 907 01	m³	10,69	5 S 02 511 78	m²	0,51
5 S 02 908 00	m²	5,14	5 S 04 300 16	m	13,22
5 S 02 909 00	m³	25,69	5 S 04 300 20	m	16,02
5 S 02 990 11	m³	14,29	5 S 04 300 30	m	65,68
5 S 02 990 12	m³	24,71	5 S 04 300 66	m	7,12
5 S 02 540 21	t	33,72	5 S 04 300 70	m	9,24
5 S 02 540 71	t	29,81	5 S 04 300 71	m	54,28
5 S 02 993 01	m³	7,7	5 S 04 301 16	m	13,22
5 S 02 993 04	m³	8,31	5 S 04 301 20	m	16,02
5 S 02 993 07	m³	7,85	5 S 04 301 66	m	7,12
5 S 02 993 10	m³	8,46	5 S 04 301 70	m	9,24
5 S 02 993 13	m³	6,97	5 S 04 310 12	m	0,97
5 S 02 511 05	m²	0,23	5 S 04 310 16	m	1,29
5 S 02 511 06	m²	0,23	5 S 04 310 20	m	1,55
5 S 02 511 07	m²	0,23	5 S 04 311 12	m	0,97
5 S 02 511 08	m²	0,23	5 S 04 311 16	m	1,29
5 S 02 511 09	m²	0,27	5 S 04 311 20	m	1,55
5 S 02 511 10	m²	0,27	5 S 04 999 01	m	7,64
5 S 02 511 11	m²	0,27	5 S 04 999 04	m³	13,5
5 S 02 511 12	m²	0,27	5 S 04 999 07	m³	7,64
5 S 02 511 55	m²	0,18	5 S 04 999 08	m³	140,63
5 S 04 999 54	m³	6,29	5 S 05 340 51	m³	38,39
5 S 05 100 00	m²	1,14	5 S 06 400 01	m	0,45
5 S 05 102 00	m²	0,08	5 S 06 400 02	m	0,21
5 S 05 300 01	m³	8,91	5 S 06 400 51	m	0,39
5 S 05 300 02	m³	7,54	5 S 06 400 52	m	0,17
5 S 05 301 00	m³	8,81	5 S 06 410 00	m	0,76
5 S 05 301 50	m³	2,77	5 S 09 001 07	tkm	0,45
5 S 05 303 09	m³	17,13	5 S 09 001 90	tkm	0,31
5 S 05 303 10	m³	16,16	5 S 09 001 91	tkm	0,31
5 S 05 303 11	m²	9,79	5 S 09 002 07	tkm	0,34
5 S 05 303 59	m³	10,09	5 S 09 002 90	tkm	0,2
5 S 05 303 60	m³	8,95	5 S 09 002 91	tkm	0,2
5 S 05 340 01	m³	45,6			

Quadro 2: Equipamento listados no SICRO2/DNIT e suas emissões de GEE

Cód. DNIT	Fonte (Móvel - Estacionária)	Comb.	Consumo comb./h	Emissão ($KgCO_2e/h$)
E001	M	Diesel	16,081	42,35
E002	M	Diesel	26,000	68,47
E003	M	Diesel	62,000	163,28
E005	M	Diesel	71,000	186,98
E006	M	Diesel	25,000	65,84
E007	M	Diesel	15,000	39,50
E009	M	Diesel	19,000	50,04
E010	M	Diesel	30,000	79,01
E011	M	Diesel	13,701	36,08
E013	M	Diesel	16,405	43,20
E014	M	Diesel	62,005	163,29
E015	M	Diesel	31,742	83,59
E016	M	Diesel	22,601	59,52
E055	M	Diesel	10,575	27,85
E056	M	Diesel	28,429	74,87
E062	M	Diesel	40,000	105,34
E063	M	Diesel	20,601	54,25
E065	E	Diesel	20,000	52,42
E066	M	Diesel	20,000	52,67
E102	M	Diesel	16,403	43,20
E103	M	Diesel	19,857	52,29
E104	M	Diesel	12,005	31,62
E105	M	Diesel	19,599	51,62
E109	M	Diesel	21,000	55,30
E111	M	Diesel	24,643	64,90
E114	M	Diesel	14,801	38,98
E117	M	Diesel	9,005	23,72
E118	M	Diesel	3,398	8,95
E119	M	Diesel	14,803	38,98
E121	M	Diesel	12,005	31,62
E122	M	Diesel	29,567	77,87
E126	M	Diesel	25,801	67,95
E127	M	Diesel	68,000	179,08
E128	M	Diesel	12,083	31,82
E129	M	Diesel	100,000	263,36
E138	M	Diesel	81,000	213,32
E139	M	Diesel	16,405	43,20
E142	M	Diesel	15,000	39,50
E149	M	Diesel	16,398	43,19
E151	M	Diesel	13,187	34,73

Cód. DNIT	Fonte (Móvel - Estacionária)	Comb.	Consumo comb./h	Emissão ($KgCO_2e/h$)
E156	M	Diesel	9,000	23,70
E161	M	Diesel	49,000	148,14
E201	E	Diesel	56,250	46,66
E202	E	Diesel	17,803	52,43
E203	E	Diesel	20,004	89,39
E208	E	Diesel	12,005	31,47
E223	E	Diesel	18,000	47,18
E301	E	Diesel	1,000	2,62
E330	M	Diesel	34,398	90,59
E331	M	Diesel	41,000	107,98
E332	M	Diesel	11,401	30,03
E333	E	Gasolina	4,800	9,88
E334	E	Gasolina	2,000	4,12
E336	E	Gasolina	1,200	2,47
E343	E	Gasolina	3,004	6,18
E400	M	Diesel	13,591	35,79
E401	M	Diesel	13,591	35,79
E402	M	Diesel	28,869	76,03
E403	M	Diesel	23,253	61,24
E404	M	Diesel	29,000	76,37
E405	M	Diesel	29,000	76,37
E406	M	Diesel	19,495	51,34
E407	M	Diesel	28,548	75,18
E408	M	Diesel	11,995	31,59
E409	M	Diesel	19,505	51,37
E410	M	Diesel	16,500	43,45
E411	M	Diesel	37,500	98,76
E412	M	Álcool	13,306	19,57
E416	M	Diesel	15,503	40,83
E421	M	Diesel	28,496	75,05
E422	M	Diesel	19,505	51,37
E427	M	Diesel	29,000	76,37
E432	M	Diesel	44,098	116,14
E433	M	Diesel	44,103	116,15
E434	M	Diesel	15,492	40,80
E501	E	Diesel	7,043	18,46
E502	E	Diesel	26,396	69,19
E503	E	Diesel	32,000	83,88
E504	E	Diesel	50,000	131,06
E505	E	Diesel	2,996	7,85
E507	E	Diesel	19,360	50,75

Cód. DNIT	Fonte (Móvel - Estacionária)	Comb.	Consumo comb./h	Emissão ($KgCO_2e/h$)
E508	E	Diesel	3,006	7,88
E509	E	Diesel	6,000	15,73
E160	M	Diesel	15,040	129,04
E601	M	Diesel	2,005	39,61
E602	M	Diesel	0,631	5,28
E603	M	Diesel	6,000	1,66
E902	E	Diesel	3,163	8,29
E903	E	Diesel	35,198	92,26
E906	E	Gasolina	0,376	0,77
E907	E	Gasolina	3,304	6,80
E908	M	Diesel	6,663	17,55
E909	M	Diesel	2,623	6,91
E911	E	Diesel	4,000	10,48
E914	e	Diesel	0,604	1,58
E915	M	Diesel	16,881	44,46
E916	E	Gasolina	1,200	2,47
E920	M	Diesel	1,357	3,57
E921	M	Diesel	2,155	5,68
E925	M	Diesel	1,005	2,65
A001	M	Diesel	62,000	163,28
A003	M	Diesel	17,030	44,85
A004	M	Diesel	19,508	51,38
A005	M	Diesel	23,254	61,24
A007	M	Diesel	12,000	31,60
A009	M	Diesel	39,048	102,84
A029	E	Diesel	4,000	10,48
A032	M	Diesel	29,000	76,37
A033	M	Diesel	13,587	35,78
A098	M	Diesel	29,790	78,45
A100	M	Diesel	45,302	119,31
A108	M	Diesel	17,205	45,31

7.2 Apêndice 2: Relatório do Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa das Obras da BR 356/RJ (Contorno de Itaperuna)

R E P Ú B L I C A F E D E R A T I V A D O B R A S I L

M I N I S T É R I O D O S T R A N S P O R T E S

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO DNIT NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA IMPLANTAÇÃO DO CONTORNO DE ITAPERUNA

Rodovia: BR-356/RJ
Trecho: Div. MG/RJ – São João da Barra
Subtrecho: Entr. BR-356 (Km 31) – Entr. BR-356 (Km 39) (Contorno de Itaperuna)
Segmento: km 0,0 – km 12,5
SNV: 356BRJ9010
Extensão: 12,5 km

VOLUME X – RELATÓRIO DO ORÇAMENTO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Janeiro de 2016

1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E DA CONSULTORA RESPONSÁVEIS PELO ELABORAÇÃO DO PROJETO

1.1 EMPREENDEDOR

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, pessoa jurídica de direito público, submetido ao regime de autarquia, vinculado ao Ministério dos Transportes, CGC n. º 04892707/0001-00, através da Superintendência Regional do Estado do Rio de Janeiro.
Endereço: Endereço: Rodovia Presidente Dutra, km 163.

1.2 CONSULTORA

JDS.Engenharia e Consultoria Ltda., com endereço na Avenida Passos, n.º 91, salas 601 a 606, Rio de Janeiro/RJ; CEP 20051-040, CNPJ n.º 40.376.139/0001-59, PABX (21) 2222-6289, e-mail: jdseng@jdseng.com.br.

2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A BR 356 é uma rodovia federal diagonal, que liga a cidade de Belo Horizonte/MG ao Município de São João da Barra/RJ, totalizando 472,9 quilômetros de extensão. No Estado do Rio de Janeiro a BR 356 atravessa 5 Municípios, dentre eles Itaperuna.

O projeto rodoviário em foco compreende o reordenamento do tráfego por meio do desvio de parte do fluxo de veículos que trafegam na BR 356/RJ no perímetro urbano de Itaperuna para o contorno a ser implantado.

A implantação do contorno de Itaperuna tem como objetivo diminuir o tráfego de veículos pesados, como ônibus e caminhões, dentro do perímetro urbano, oferecendo ao usuário da rodovia uma alternativa mais eficiente para chegar ao seu destino, aumentando a segurança do tráfego, promovendo o desenvolvimento e melhorando a qualidade ambiental na região.

Quadro 1: Dados gerais da obra de implantação do contorno de Itaperuna/RJ

Dados Gerais do Projeto Rodoviário: Contorno de Itaperuna (BR356/RJ)	
Empreendedor	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
Elaboração do Projeto	JDS Engenharia e Consultoria Ltda.
Ano elaboração do projeto	2012 com revisão de orçamento financeiro em 2014
Rodovia	BR 356/RJ
Trecho	Div. MG/RJ – São João da Barra
Subtrecho	Entr. BR-356(Km 31) – Entr. BR-356(Km 39)(Contorno de Itaperuna)
Segmento	km 0,0 – km 12,5
SNV	356BRJ9010
Extensão	12,5 km
Valor da Obra	R$ 28.347.427,12 (março/2014)
Características Gerais	- Duas faixas de tráfego de 3,5 m de largura cada; - Acostamentos em ambos os lados com 2,5 m de largura; - Faixa destinada a drenagem superficial de 1 m a ambos os lados. - Velocidade diretriz: 70 km/h - Rampa máxima: 6 % - Declividade transversal da pista: 3 % - Raio mínimo: 200 m - Faixa de domínio: 70 m
Fonte de dados	Projeto Executivo de Engenharia https://189.9.128.64/licitacoes/superintendencias/projetos-superintendencias-1/rio-de-janeiro

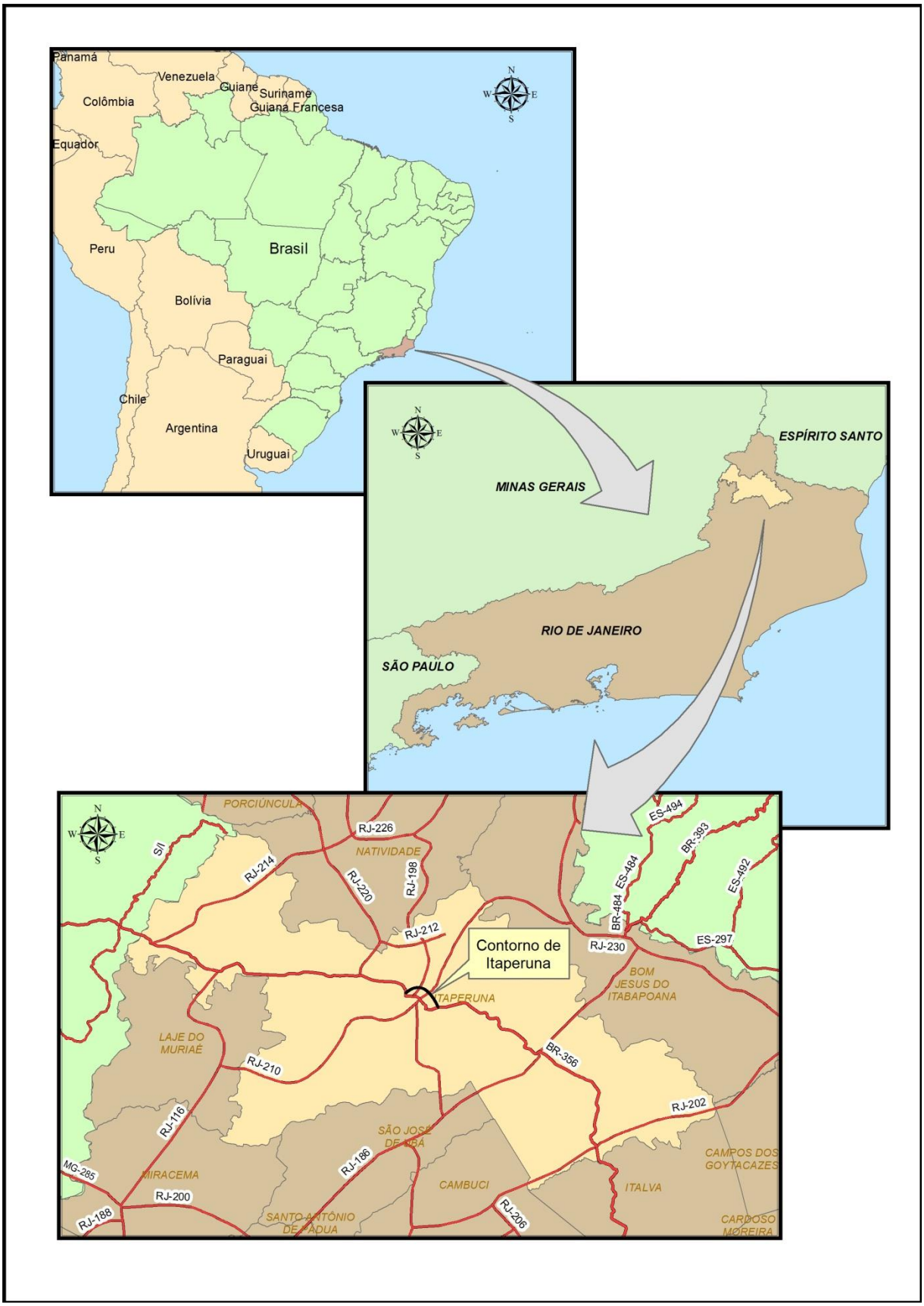

Figura 1: Mapa de localização

3 DADOS DO ORÇAMENTO DE EMISSÕES DE GEE

3.1 RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO

José Pedro Francisconi Junior

Email: pedrofran2002@yahoo.com.br

Instituto Militar de Engenharia (IME)

3.2 ANO DE REFERÊNCIA DO ORÇAMENTO

Ano de 2015

3.3 LIMITES GEOGRÁFICOS

Estado do Rio de Janeiro - Brasil

3.4 LIMITES ORGANIZACIONAIS

Superintendência Regional do Estado do Rio de Janeiro do DNIT

3.5 LIMITES OPERACIONAIS

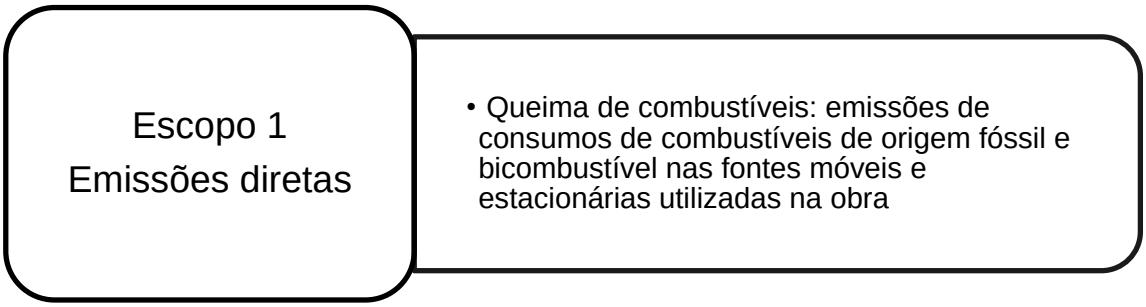

Figura 2: Limites operacionais

3.6 METODOLOGIA

Nome da metodologia ou ferramenta: Guia Metodológico para Orçamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Obras Rodoviárias

Referência: Francisconi Junior, José Pedro (2015) – Instituto Militar de Engenharia (IME)

Software utilizado: Compor 90

3.7 FATORES DE EMISSÕES

Tabela 1: Fatores de emissão para combustão móvel

		Fatores de Emissão (kg/und.)			(kgCO_2e/und.)
Combustíveis fósseis	**Und.**	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Óleo Diesel (puro)	litros	2,603000	0,000139	0,000139	2,65
Biocombustível					
Biodiesel (B100)	litros	2,431000	0,000332	0,000020	2,45
Etanol Hidratado	litros	1,457000	0,000384	0,000013	1,47

Fonte: GHG Protocol (2014)

Tabelo 2: Fatores de emissão para combustão estacionária

		Fatores de Emissão (kg/und.)			(kgCO_2e/und.)
Combustíveis fósseis	**Und.**	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**Total**
Gasolina Automotiva (pura)	litros	2,238993	9,69E-05	1,939E-05	2,25
Óleo Diesel (puro)	litros	2,632092	0,000107	2,131E-05	2,64
Óleo Combustível	litros	3,107719	0,000120	2,409E-05	3,12
Biocombustível					
Biodiesel (B100)	litros	2,347689	9,95E-05	1,99E-05	2,36
Etanol Anidro	litros	1,540961	6,71E-05	1,341E-05	1,55

Fonte: GHG Protocol

3.8 CÁLCULO DE EMISSÕES

A emissão é calculada pela multiplicação da quantidade da composição do serviço de engenharia indicada no projeto pelo valor de emissões de GEE estimado para cada composição padrão DNIT.

Entretanto, na revisão das fichas de composições presentes no projeto de engenharia, em comparação com as composições do padrão DNIT, verificou-se diferentes composições, alterações de quantitativos em determinados insumos, além da necessidade de desenvolver a composição de transportes dos insumos e dos serviços relativos ao canteiro de obras.

O quadro 2 apresenta as composições contidas no projeto de engenharia que são diferentes do padrão DNIT.

Quadro 2: Composições do projeto diferentes ao padrão DNIT

Tipo do Serviço	**Descrição**	**Unid.**	**Quant.**
Terraplenagem	Compactação de camada de aterros 100 % PI	m³	52.500
Obras de drenagem superficial	Colchão drenante	m³	728
Sinalização e obras complementares	Remoção de cerca	m	8.897

Foram identificadas, em cinco composições, diferenças nos quantitativos de insumos das composições apresentadas no projeto de engenharia em relação ao padrão DNIT, conforme apresentado no quadro 3. Foram adotados os valores indicados no projeto.

Quadro 3: Composições do projeto com quantitativos diferentes ao padrão DNIT

Código (DNIT)		Insumo		
Composição Principal	**Composição Auxiliar**	**Descrição**	**Quant. (DNIT)**	**Quant. (Projeto)**
2 S 04 100 51	1 A 00 906 51	Dentes para bueiros simples D=0,60 m AC/BC/PC	0,2	0
2 S 04 100 52	1 A 00 907 51	Dentes para bueiros simples D=0,80 m AC/BC/PC	0,2	0
2 S 04 110 51	1 A 00 903 51	Dentes para bueiros duplos D=1,00 m AC/BC/PC	0,2	0
2 S 04 110 52	1 A 00 904 51	Dentes para bueiros duplos D=1,20 m AC/BC/PC	0,2	0
1 A 01 395 52*	1 A 00 717 00	Brita Comercial	0,64	0,4
	1 A 01 120 01	Escav. e carga de mater. de jazida (const. e restr.)	0,96	1,125

* Esta é uma composição auxiliar da principal 2 S 02 220 50.

Em relação ao transporte dos insumos utilizados na obra foram extraídos os quantitativos em cada ficha de composição indicada no projeto de engenharia e elaboradas as devidas composições de transporte.

Quadro 4: Composições de transporte

Código (DNIT)	Descrição	Quant. (t.km)
1 A 00 001 90	Transporte comercial c/ carroc. rodov. não pav.	15.363,11
1 A 00 002 90	Transporte comercial c/ carroceria rodov. pav.	330.897,84
1 A 00 001 40	Transp. local c/ carroceria 15 t rodov. não pav.	10.361,71
1 A 00 002 40	Transporte local c/ carroceria 15 t rodov. pav.	999,522
1 A 00 001 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. não pav.	723.858,37
1 A 00 002 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. pav.	1.903.019,83
1 A 00 001 05	Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. não pav (const)	1.151.164,50
1 A 00 002 05	Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. pav. (const)	100.810,85

Para estimar as emissões de GEE das atividades do canteiro de obras, foram criadas três composições com base nos dados do projeto de engenharia. O quadro 5

apresenta as três composições e os serviços ou equipamentos relacionadas a atividade. Ao final deste apêndice são apresentadas as três composições de forma detalhada (Composições Elaboradas).

Quadro 5: Composições das atividades do canteiro de obras

Composição	
Descrição	**Serviço - Equipamento**
Mobilização e desmobilização	Equipamentos de grande porte
	Equipamentos de médio porte
	Veículos de produção*
Instalação do canteiro de obras	Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diam. até 0,15 m
	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 m
	Compactação de aterros a 100% proctor normal
	Montagem de usina de solos
	Montagem de usina de asfalto
	Base de concreto para apoio de tanque
Manutenção do Canteiro	Caminhão carroceria c/ guindauto
	Caminhão tanque 10.000 l
	Cavalo mecânico com reboque

* Apesar de o orçamento financeiro apresentado no projeto de engenharia considerar apenas o deslocamento de ida (sede da empresa até a obra) para veículos de produção, no cálculo da estimativa de emissões de GEE foi considerado ida e volta.

Durante a revisão das composições indicadas no projeto de engenharia com o padrão DNIT, também foram identificadas inconsistências que levaram à necessidade de adequação de cinco códigos das composições apresentadas no projeto.

Quadro 6: Códigos corrigidos no projeto

Código (Projeto)	**Código Adotado (DNIT)**
2 S 01 000 01	2 S 01 100 01
2 S 01 110 51	2 S 04 100 51
2 S 01 110 52	2 S 04 100 52
2 S 04 950 52	2 S 04 950 62
2 S 04 950 54	2 S 04 950 64

As composições indicadas nos quadros 2 e 5, têm seus detalhamentos apresentadas ao final deste apêndice (Composições Elaboradas).

O memorial de cálculo do orçamento de GEE do projeto é apresentado ao final deste apêndice (Memorial de Cálculo).

3.9 RESULTADOS DE EMISSÕES TOTAIS E DESAGREGADAS POR TIPO DE SERVIÇO DA OBRA

Tabela 3: Resultados de emissões

Tipo de Serviço da Obra	Composições (und.)	Emissão de CO_2e (t)
Terraplenagem	22	1.322,66
Obras de Drenagem Superficial	67	142,84
Pavimentação	10	1.205,07
Sinalização e Obras Complementares	9	35,87
Componente Ambiental	3	31,85
Transporte	3	1.160,14
Canteiro de Obras	8	103,77
Total do Projeto	122	4.002,18

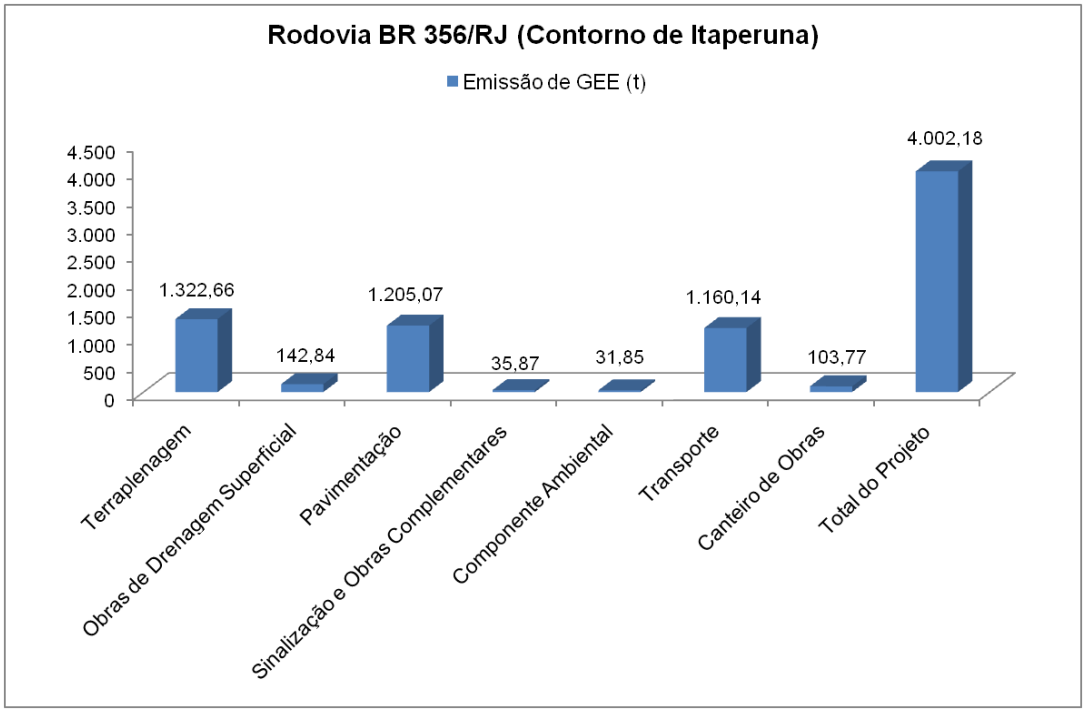

Gráfico 1: Emissões de CO_2e das obras do Contorno de Itaperuna/RJ

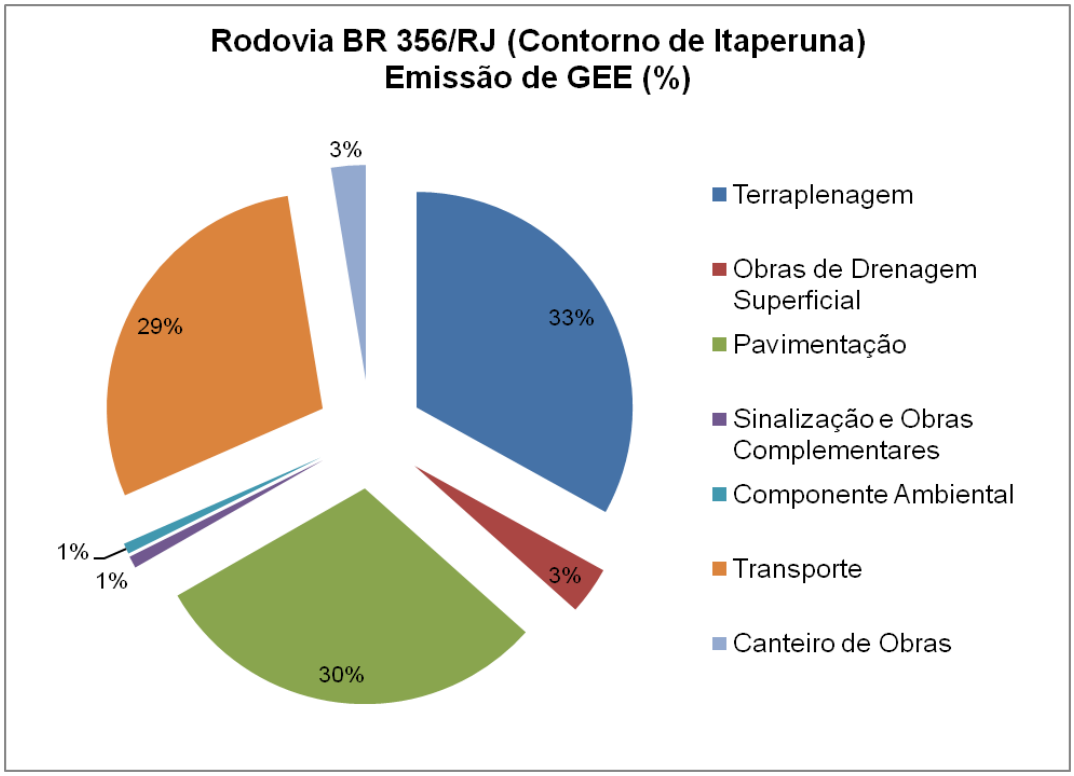

Gráfico 2: Emissões de CO_2e das obras do Contorno de Itaperuna/RJ

3.10 ANÁLISE DE INCERTEZAS

O calculo da incerteza está diretamente associado à qualidade e utilização dos dados de entrada. Com base nos valores de incerteza (%) recomendados na metodologia, e os valores de emissões de GEE das 122 composições, foi calculada a incerteza do orçamento da obra. O quadro 7 abaixo apresenta os percentuais utilizados como base no cálculo para o Escopo 1 – consumo de combustíveis. Para o orçamento como um todo a incerteza média foi de 1,3 %.

Quadro 7: Percentuais de incerteza das fontes de emissões

	Coleta de dados	Lançamento no sistema	Conversão	Fatores de emissão
por documento de terceiros	0,8			
manual		1,5		
conversão dimensional			0,4	
conversão para outra unidade			1,5	
específicos				0,5

4 COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES POR PLANTIO DE ÁRVORES NATIVAS

Quadro 8: Compensação de emissões

Total de emissões (tCO_2e)	4.002,18
Número de árvores (und)[1]	21.064
Área necessária (ha)[2]	12,40
Custo Compensação (Reais)[3]	R$ 959.465,20

[1] Fator de fixação de carbono em biomassa – árvores nativas (0,19 t/árvore);

[2] Fixação de carbono em área – árvores nativas (322,7 t/ha);

[3] Custo da aquisição e plantio das árvores (R$ 45,55). Fonte: DER/SP (30/09/2015). Não considera a aquisição da área necessária.

Composições Elaboradas

Serviço: Compactação de camada de aterros 100% PI	Und.: m³		Produção da equipe: 112		
Equipamentos	Und.	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
IE0006 - Motoniveladora: Caterpillar: 120K -	h	1	0,2	65,84	13,17
IE0007 - Trator agrícola: Massey Ferguson: MF 4291/4 449A -	h	1	0,36	39,5	14,22
IE0013 - Rolo compactador: Dynapac: CA-250-P - pé de carneiro	h	1	1	43,2	43,20
IE0101 - grade de discos: Marchesan: GA 24 X 24	h	1	0,34	0	0,00
IE0407 - Caminhão tanque: MercedesvBenz: 2726 K - 10.000 L	h	1	0,71	75,18	53,38
				Total	123,97

Serviço: Colchão drenante	Und.: m³		Produção da equipe: 162		
Equipamentos	Und	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
IE0006 - Motoniveladora: Caterpillar: 120K	h	1	1	65,84	65,84
IE0404 - Caminhão basculante: Mercedes Benz: 2726 K - 10 M3	h	2	0,65	76,37	99,28
				Total	165,12

Serviço: Remoção de cercas	Und: m		Produção da equipe: 15		
Equipamentos	Und	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
IE0402 - Caminhão carroceria: Mercedes Benz: 2726 K - de madeira 15 T	h	0,1	1	76,03	7,60
				Total	7,60

Serviço: Mobilização e Desmobilização	Und.: unitário		Produção da equipe: 1		
Equipamentos	Und.	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
E111 - Equip. distribuição de asfalto : Ferlex: montado em caminhão	h	10,5	1	64,9	681,45
E400 - Caminhão basculante: Mercedes Benz: Atego 1518/36 - 5 M3 - 8,8 t	h	21	1	35,79	751,59
E402 - Caminhão carroceria: Mercedes Benz: 2726 K - de madeira 15 t	h	92,4	1	76,03	7.025,17
E403 - Caminhão basculante: Mercedes Benz: LK 1620 - 6 M3 - 10,5 t	h	21	1	61,24	1.286,04
E404 - Caminhão basculante: Mercedes Benz: 2726 K - 10 M3 - 15 t	h	84	1	76,37	6.415,08
E406 - Caminhão tanque: Mercedes Benz: Atego 1418/42 - 6.000 l	h	21	1	51,34	1.078,14
E407 - Caminhão tanque: Mercedes Benz: 2726 K - 10.000 l	h	31,5	1	75,18	2.368,17
E408 - Caminhão carroceria: Mercedes Benz: 710 / 37 - 4 t	h	21	1	31,59	663,39
E411 - Cavalo mecânico com Reboque: M. Benz/Randon: LS1634/45-29,5 t	h	233,1	1	98,76	23.020,96
E412 - Veículo leve: Volkswagen Gol 1000 - Automóvel Até 100 HP	h	136,5	1	19,57	2.671,31
E416 - Veículo leve: Chevrolet S10 - Pick Up (4x4)	h	10,5	1	40,83	428,72
E432 - Caminhão basculante: Volvo Fmx 6x4r - 40 t	h	52,5	1	116,14	6.097,35
				Total	52.487,36

Serviço: Manutenção do Canteiro	Und.: mês		Produção da equipe: 1		
Equipamentos	Unid	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
E407 - Caminhão tanque: Mercedes Benz: 2726 K - 10.000 l	h	20	1	75,18	1503,60
E411 - Cavalo mecânico com reboque: M. Benz/Randon: LS-1634/45 - 29,5 t	h	10	1	98,76	987,60
E434 - Caminhão carroceria: Mercedes Benz: L 1620/51 - c/ guindauto 6 T X M	h	20	1	40,8	816,00
				Total	3307,20

Serviço: Instalação Canteiro de Obras	Und: unitário		Produção da equipe: 1		
Serviços	Und.	Qtde		Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
CA0223 - Montagem da usina de asfalto	Und.	1		8.556,39	8.556,39
CA0224 - Montagem da usina de solos	Und.	1		477,40	477,40
CA0225 - Base concreto apoio tanque	Und.	1		24,72	24,72
2 S 01 000 00 - Desm. dest. limpeza áreas c/arv. Diam. Até 0,15 m	m²	3500		0,11	395,85
2 S 01 100 01 - Esc. carga transp. Mat 1ª cat DMT 50 M	m³	1500		0,59	890,55
2 S 01 511 00 - Compactação de aterros a 100% proctor normal	m³	1275		0,98	1.249,88
				Total	11.594,81
Serviço: Montagem da Usina de Asfalto (CA0223)	Und.: unitário		Produção da equipe: 1		
Equipamentos/Serviços	Und.	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
IE0434 - Caminhão carroceria: Mercedes Benz: L 1620/51 - c/ Guindauto 6 T X M	h	200	1	40,80	8160
1 A 01 401 01 - Forma comum de madeira	m²	100		2,83	283,14
1 A 01 415 51 - Concr estr fck=15mpa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC	m³	18		6,29	113,256
Serviço: Montagem da Usina de Solos (CA0224)	Und.: unitária		Produção da equipe: 1		
Equipamentos/Serviços	Unid	Qtde	Utilização Operativa	Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
IE0434 - Caminhão carroceria: Mercedes Benz: L 1620/51 - c/ guindauto 6 T X M	h	8	1	40,80	326,4
1 A 01 401 01 - forma comum de madeira	m²	40		2,83	113,256
1 A 01 415 51 - Concr estr fck=15mpa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC	m³	6		6,29	37,752
Serviço: Base Concreto Apoio Tanque (CA0225)	Und.: unitária		Produção da equipe: 1		
Serviços	Und.	Qtde		Emissão Unitário ($kgCO_2e$/und.)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
1 A 01 401 01 - Forma comum de madeira	m²	6,6		2,83	18,68724
1 A 01 415 51 - Concr estr fck=15mpa c.raz uso ger conf/lanç AC/BC	m³	0,96		6,29	6,04032

Memorial de Cálculo

Item	Cod. DNIT	Composição - DNIT (Descrição Completa)	und	Quantidade	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
1		**Terraplenagem**				
1. 1	2 S 01 000 00	Desm. dest. limpeza áreas c/arv. Diam. Até 0,15 m	m²	871.500	0,11	95.865,00
1. 2	2 S 01 010 00	Destocamento de árvores d=0,15 a 0,30 m	und	1.197	10,89	13.035,33
1. 3	2 S 01 100 01	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 50 m	m³	16.136	0,59	9.520,24
1. 4	2 S 01 100 22	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 50 a 200m c/	m³	84.410	2,16	182.325,60
1. 5	2 S 01 100 23	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 200 a 400m c/	m³	53.643	2,4	128.743,20
1. 6	2 S 01 100 24	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 400 a 600m c/	m³	49.743	2,61	129.829,23
1. 7	2 S 01 100 25	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 600 a 800m c/	m³	23.020	2,84	65.376,80
1. 8	2 S 01 100 26	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 800 a 1000m c/	m³	19.988	3,04	60.763,52
1. 9	2 S 01 100 27	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 1000 a 1200m c/	m³	49.522	3,21	158.965,62
1. 10	2 S 01 100 28	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 1200 a 1400m c/	m³	5.258	3,4	17.877,20
1. 11	2 S 01 100 29	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 1400 a 1600m c/	m³	11.288	3,57	40.298,16
1. 12	2 S 01 100 30	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 1600 a 1800m c/	m³	2.012	3,64	7.323,68
1. 13	2 S 01 100 31	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 1800 a 2000m c/	m³	2.108	3,92	8.263,36
1. 14	2 S 01 100 32	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 2000 a 3000m c/	m³	8.957	4,45	39.858,65
1. 15	2 S 01 100 33	Esc. carga transp. mat 1ª cat dmt 3000 a 5000m c/	m³	12.557	6,1	76.597,70
1. 16	2 S 01 101 22	Esc. carga transp. mat 2a cat dmt 50 a 200m c/	m³	80	2,94	235,20
1. 17	2 S 01 101 24	Esc. carga transp. mat 2a cat dmt 400 a 600m c/	m³	445	3,48	1.548,60
1. 18	2 S 01 102 02	Esc. carga transp. mat 3a cat dmt 50 a 200m	m³	423	5,96	2.521,08
1. 19	2 S 01 102 04	Esc. carga transp. mat 3a cat dmt 400 a 600m	m³	1.956	6,8	13.300,80
1. 20		Compactação de camada de aterros 100% pi	m³	52.500	1,11	58.275,00
1. 21	2 S 01 511 00	Compactação de aterros a 100% proctor normal	m³	209.999	0,98	205.799,02
1. 22	2 S 01 513 01	Compactação de material de "bota-fora"	m³	8.557	0,74	6.332,18
					Total item 1	**1.322.655,17**

Item	Cod. DNIT	Composição - DNIT (Descrição Completa)	und	Quantidade	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
2		**Obras de drenagem superficial**				
2. 1	2 S 04 001 00	Escavação mecânica de vala em mat.1a cat.	m³	5.400,65	2	10.801,30
2. 2	2 S 04 011 00	Escavação mecânica de vala em mat. 2a categoria	m³	1.440,17	2,41	3.470,81
2. 3	2 S 04 020 00	Escavação em vala material de 3a categoria	m³	360,04	11,18	4.025,25
2. 4	3 S 03 940 02	Reaterro apiloado	m³	13.692,8	0	0,00
2. 5	2 S 04 100 51	Corpo bstc d=0,60 m ac/bc/pc	m	102	4,47	455,94
2. 6	2 S 04 100 52	Corpo bstc d=0,80 m ac/bc/pc	m	439	7,15	3.138,85
2. 7	2 S 04 101 51	Boca bstc d=0,60 m normal ac/bc/pc	und	5	29,44	147,20
2. 8	2 S 04 101 52	Boca bstc d=0,80 m normal ac/bc/pc	und	23	46,74	1.075,02
2. 9	2 S 04 101 61	Boca bstc d=0,60 m - esc=30 ac/bc/pc	und	2	33,97	67,94
2. 10	2 S 04 101 62	Boca bstc d=0,80 m - esc=30 ac/bc/pc	und	1	54,48	54,48
2. 11	2 S 04 101 67	Boca bstc d=0,80 m - esc=45 ac/bc/pc	und	6	148,57	891,42
2. 12	2 S 04 110 51	Corpo bdtc d=1,00 m ac/bc/pc	m	51	21,27	1.084,77
2. 13	2 S 04 110 52	Corpo bdtc d=1,20 m ac/bc/pc	m	79	25,58	2.020,82
2. 14	2 S 04 111 51	Boca bdtc d=1,00 m normal ac/bc/pc	und	2	95,32	190,64
2. 15	2 S 04 111 52	Boca bdtc d=1,20 m normal ac/bc/pc	und	8	132,97	1063,76
2. 16	2 S 04 111 61	Boca bdtc d=1,00 m - esc=45 ac/bc/pc	und	2	136,12	272,24
2. 17	2 S 04 200 56	Corpo bscc 2,00 x 2,00 m alt. 1,00 a 2,50 m ac/bc	m	83	84,68	7.028,44
2. 18	2 S 04 200 57	Corpo bscc 2,50 x 2,50 m alt. 1,00 a 2,50 m ac/bc	m	52	128,56	6.685,12
2. 19	2 S 04 200 58	Corpo bscc 3,00 x 3,00 m alt. 1,00 a 2,50 m ac/bc	m	95	180,64	17.160,80
2. 20	2 S 04 201 52	Boca bscc 2,00 x 2,00 m normal ac/bc	und	4	266,77	1.067,08
2. 21	2 S 04 201 53	Boca bscc 2,50 x 2,50 m normal ac/bc	und	4	348,46	1.393,84
2. 22	2 S 04 201 54	Boca bscc 3,00 x 3,00 m normal ac/bc	und	10	463,04	4.630,40
2. 23	2 S 04 201 60	Boca bscc 2,00 x 2,00 m - esc=30 ac/bc	und	2	289,33	578,66
2. 24	2 S 04 201 61	Boca bscc 2,50 x 2,50 m - esc=30 ac/bc	und	2	387,01	774,02
2. 25	2 S 04 201 64	Boca bscc 2,00 x 2,00 m - esc=45 ac/bc	und	2	357,12	714,24

Item	Cod. DNIT	Composição - DNIT (Descrição Completa)	und	Quantidade	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
2. 26	2 S 04 210 56	Corpo bdcc 2,00 x 2,00 m alt. 1,00 a 2,50 m ac/bc	m	22,5	159,83	3.596,18
2. 27	2 S 04 210 57	Corpo bdcc 2,50 x 2,50 m alt. 1,00 a 2,50 m ac/bc	m	50	236	11.800,00
2. 28	2 S 04 210 58	Corpo bdcc 3,00 x 3,00 m alt. 1,00 a 2,50 m ac/bc	m	35	335,88	11.755,80
2. 29	2 S 04 211 53	Boca bdcc 2,50 x 2,50 m normal ac/bc	und	2	394	788,00
2. 30	2 S 04 211 54	Boca bdcc 3,00 x 3,00 m normal ac/bc	und	2	524,41	1.048,82
2. 31	2 S 04 211 61	Boca bdcc 2,50 x 2,50 m - esc=30 ac/bc	und	2	418,08	836,16
2. 32	2 S 04 211 62	Boca bdcc 3,00 x 3,00 m - esc=30 ac/bc	und	2	619,07	1.238,14
2. 33	2 S 04 211 64	Boca bdcc 2,00 x 2,00 m - esc=45 ac/bc	und	2	432,89	865,78
2. 34	2 S 04 400 01	Valeta prot.cortes c/revest. vegetal - vpc 01	m	2.320	1,95	4.524,00
2. 35	2 S 04 400 53	Valeta prot.de cortes c/revest.concr.vpc 03 ac/bc	m	1.910	1,77	3.380,70
2. 36	2 S 04 401 01	Valeta prot.aterros c/revest. vegetal - vpa 01	m	6.341	2,72	17.247,52
2. 37	2 S 04 401 53	Valeta prot.de aterro c/revest.concr.vpa 03 ac/bc	m	140	2,52	352,80
2. 38	2 S 04 500 52	Dreno longit.prof. P/corte em solo - dps 02 ac/bc	m	2.221	0,95	2.109,95
2. 39	2 S 04 501 51	Dreno longit.prof. P/corte em rocha - dpr 01 ac/bc	m	440	0,19	83,60
2. 40	2 S 04 502 52	Boca de saída p/dreno longit. prof. - bsd 02 ac/bc	und	17	7,39	125,63
2. 41	2 S 04 900 51	Sarjeta triangular de concreto - stc 01 ac/bc	m	1.490	1,03	1.534,70
2. 42	2 S 04 900 52	Sarjeta triangular de concreto - stc 02 ac/bc	m	7.389,59	0,71	5.246,61
2. 43	2 S 04 910 51	Meio-fio de concreto - mfc 01 ac/bc	m	2.945	0,98	2.886,10
2. 44	2 S 04 910 55	Meio-fio de concreto - mfc 05 ac/bc	m	1.853,05	0,49	907,99
2. 45	2 S 04 930 51	Caixa coletora de sarjeta - ccs 01 ac/bc	und	1	36,82	36,82
2. 46	2 S 04 930 52	Caixa coletora de sarjeta - ccs 02 ac/bc	und	1	36,19	36,19
2. 47	2 S 04 930 55	Caixa coletora de sarjeta - ccs 05 ac/bc	und	1	46,28	46,28
2. 48	2 S 04 931 51	Caixa coletora de talvegue - cct 01 ac/bc	und	3	37,2	111,60
2. 49	2 S 04 931 52	Caixa coletora de talvegue - cct 02 ac/bc	und	5	36,57	182,85
2. 50	2 S 04 931 56	Caixa coletora de talvegue - cct 06 ac/bc	und	3	46,03	138,09
2. 51	2 S 04 931 60	Caixa coletora de talvegue - cct 10 ac/bc	und	1	55,49	55,49

Item	Cod. DNIT	Composição - DNIT (Descrição Completa)	und	Quantidade	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
2. 52	2 S 04 940 52	Descida d'água tipo rap.canal retang.-dar 02 ac/bc	m	89,6	1,25	112,00
2. 53	2 S 04 941 51	Descida d'água aterros em degraus - dad 01 ac/bc	m	746,8	1,61	1.202,35
2. 54	2 S 04 941 81	Descida d'água cortes em degraus - dcd 01 ac/bc	m	7,6	1,65	12,54
2. 55	2 S 04 941 82	Descida d'água cortes em degraus arm-dcd 02 ac/bc	m	15	1,65	24,75
2. 56	2 S 04 941 83	Descida d'água cortes em degraus - dcd 03 ac/bc	m	3,4	2,47	8,40
2. 57	2 S 04 942 51	Entrada d'água - eda 01 ac/bc	und	141	0,77	108,57
2. 58	2 S 04 942 52	Entrada d'água - eda 02 ac/bc	und	11	0,91	10,01
2. 59	2 S 04 950 62	Dissipador de energia - des 02 ac/pc	und	2	2,6	5,20
2. 60	2 S 04 950 64	Dissipador de energia - des 04 ac/pc	und	3	3,79	11,37
2. 61	2 S 04 950 71	Dissipador de energia - deb 01 ac/bc/pc	und	13	3,88	50,44
2. 62	2 S 04 950 72	Dissipador de energia - deb 02 ac/bc/pc	und	4	10,9	43,60
2. 63	2 S 04 950 74	Dissipador de energia - deb 04 ac/bc/pc	und	6	25,09	150,54
2. 64	2 S 04 950 78	Dissipador de energia - deb 08 ac/bc/pc	und	2	47,16	94,32
2. 65	2 S 04 991 51	Tampa concr.p/caixa colet(4 nervuras)-tcc 01 ac/bc	und	3	0,97	2,91
2. 66.		Colchão drenante	m³	728	1,02	742,56
2. 67	2 S 04 999 57	Lastro de brita bc	m³	2.035	0,26	529,10
					Total item 2	**142.837,49**
3		**Pavimentação**				
3. 1	5 S 02 905 00	Remoção mecanizada de revestimento betuminoso	m³	1.751,6	3,65	6.393,34
3. 2	5 S 02 906 00	Remoção mecanizada da camada granular pavimento	m³	9.195,9	2,35	21.610,37
3. 3	2 S 02 110 00	Regularização do subleito	m²	178.628,1	0,25	44.657,03
3. 4	2 S 02 220 50	Base estab.granul.c/ mistura solo - brita bc	m³	55.215,3	7,12	393.132,94
3. 5	2 S 02 230 50	Base de brita graduada bc	m³	26.794,2	5	133.971,00
3. 6	2 S 02 300 00	Imprimação	m²	170.122	0,07	11.908,54
3. 7	2 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	103.424	0,05	5.171,20
3. 8.	2 S 02 540 52	CBUQ - "binder" ac/bc	T	9.928,7	29,48	292.698,08

Item	Cod. DNIT	Composição - DNIT (Descrição Completa)	und	Quantidade	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
3. 9	2 S 02 540 51	CBUQ - capa rolamento ac/bc	T	9.122,7	29,47	268.845,97
3. 10	2 S 02 501 51	Tratamento superficial duplo c/ emulsão bc	m²	66.698	0,4	26.679,20
					Total item 3	**1.205.067,65**
4		**Sinalização e obras complementares**				
4. 1	4 S 06 110 01	Pintura faixa c/termoplástico-3 anos (p/ aspersão)	m²	4.921,2	0,48	2.362,18
4. 2	4 S 06 110 03	Pintura setas e zebrado term.-5 anos (p/ extrusão)	m²	143,9	3,14	451,85
4. 3	4 S 06 121 01	Forn. e colocação de tacha reflet. Bidirecional	und	5.614	1	5.614,00
4. 4	4 S 06 120 01	Forn. e colocação de tacha reflet. Monodirecional	und	558	1	558,00
4. 5	4 S 06 121 11	Forn. e colocação de tachão reflet. Bidirecional	und	542	2,29	1.241,18
4. 6	4 S 06 120 11	Forn. e colocação de tachão reflet. Monodirecional	und	136	2,29	311,44
4. 7	4 S 06 200 02	Forn. e implantação placa sinaliz. Tot.refletiva	m²	80,66	3,95	318,61
4. 8	5 S 06 410 00	Cêrcas arame farpado com suporte madeira	m	26.937	0,76	20.472,12
4. 9		Remoção de cerca	m	8.897	0,51	4.537,47
					Total item 4	**35.866,84**
5		**Componente ambiental**				
5. 1	2 S 05 102 00	Hidrossemeadura	m²	209.141,33	0,08	16.731,31
5. 2	2 S 05 300 02	Enrocamento de pedra jogada	m³	2,4	7,54	18,10
5. 3	3 S 05 000 00	Enrocamento de pedra arrumada	m³	2.775	5,44	15.096,00
					Total item 5	**31.845,40**
6		**Transporte**				
6. 1	1 A 00 001 90	Transporte comercial c/ carroc. rodov. não pav.	tkm	15.363,114	0,31	4.762,57
6. 2	1 A 00 002 90	Transporte comercial c/ carroceria rodov. pav.	tkm	330.897,844	0,2	66.179,57
6. 3	1 A 00 001 40	Transp. local c/ carroceria 15 t rodov. não pav.	tkm	10.361,709	0,45	4.662,77
6. 4	1 A 00 002 40	Transporte local c/ carroceria 15 t rodov. pav.	tkm	999,522	0,34	339,84
6. 5	1 A 00 001 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. não pav.	tkm	723.858,371	0,31	224.396,10
6. 6	1 A 00 002 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. pav.	tkm	1.903.019,834	0,2	380.603,97

Item	Cod. DNIT	Composição - DNIT (Descrição Completa)	und	Quantidade	Emissão ($kgCO_2e$/und)	Emissão Total ($kgCO_2e$)
6. 7	1 A 00 001 05	Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. não pav (const)	tkm	1.151.164,5	0,39	448.954,16
6. 8	1 A 00 002 05	Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. pav. (const)	tkm	100.810,85	0,3	30.243,26
					Total item 6	**1.180.274,94**
7		**Canteiro de obras**				
7. 1		Mobilização e desmobilização	und	1	52.487,36	52.487,36
7. 2		Instalação canteiro de obras	und	1	11.594,81	11.594,81
7. 3		Manutenção do canteiro	mês	12	3.307,2	39.686,40
					Total item 7	**103.768,57**
					Total do Projeto	**4.002.183,34**