

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PAULO FERNANDO FUZER GRAEL

SISTEMA DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE
SUSTENTABILIDADE DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIA COM
ENFOQUE EM PAVIMENTO ASFALTICO

BAURU

2020

PAULO FERNANDO FUZER GRAEL

SISTEMA DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE
SUSTENTABILIDADE DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIA COM
ENFOQUE EM PAVIMENTO ASFALTICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, sob orientação da Profa Dra.. Barbara Stolte Bezerra

BAURU

2020

Grael, Paulo Fernando Fuzer.

Sistema de indicadores para avaliação do nível de sustentabilidade de empresas de construção rodoviária com enfoque em pavimento asfáltico / Paulo Fernando Fuzer Grael, 2020
266 f. : il.

Orientador: Barbara Stolte Bezerra

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2020

1. Sustentabilidade. 2. Avaliação de Ciclo de Vida. 3. Sistema Rodoviário. 4. Indicadores de Desempenho. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE PAULO FERNANDO FUZER GRAEL, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 05 dias do mês de agosto do ano de 2020, às 14:00 horas, no(a) Via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância, reuniu-se a Comissão

Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof^ª. Dr^ª. BARBARA STOLTE BEZERRA - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof^ª. Dr^ª. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ENZO BARBERIO MARIANO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof^ª. Dr^ª. JOSIANE PALMA LIMA do(a) Instituto de Engenharia de Produção e Gestão - IEPG / Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Prof. Dr. OTAVIO JOSE DE OLIVEIRA do(a) Departamento de Produção / Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de PAULO FERNANDO FUZER GRAEL, intitulada **SISTEMA DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIA COM ENFOQUE EM PAVIMENTO ASFÁLTICO.**

Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof^ª. Dr^ª. BARBARA STOLTE BEZERRA 

Prof^ª. Dr^ª. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE

Videoconferência COVID 19, Portaria UNESP 120/2020

Prof. Dr. ENZO BARBERIO MARIANO

Videoconferência COVID 19, Portaria UNESP 120/2020

Prof^ª. Dr^ª. JOSIANE PALMA LIMA

Videoconferência COVID 19, Portaria UNESP 120/2020

Prof. Dr. OTAVIO JOSE DE OLIVEIRA

Videoconferência COVID 19, Portaria UNESP 120/2020

Dedico este trabalho aos meus pais, Walter Grael e Wilma Fuzer Grael, que sempre foram um referencial de conduta e ética. À minha irmã, Adriana Maria, pela oportunidade de crescer ao lado dela, com cumplicidade, amor e companheirismo. Em especial, à minha esposa, Juliana, uma companheira inseparável e admirável, sempre me impulsionando a prosseguir, e meus filhos, Lorenzo e Valentina, molas propulsoras de minha existência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me direciona no caminho certo e me ajuda a enfrentar e a vencer a cada desafio que surge em minha vida.

À minha amada esposa, Juliana Cristina Magro Zago Grael, que caminha ao meu lado, sempre me apoiando em todos os nossos empreendimentos. Agradeço-a por ser minha amiga, minha conselheira e meu suporte nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, Walter Grael e Wilma Fuzer Grael, pela educação, força, ética, dedicação e amor que sempre me proporcionaram.

À minha orientadora, professora, Barbara Stolte Bezerra, que vem me auxiliando em minha caminhada ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Charbel C. Jabbour, pela indicação e apoio para o desenvolvimento do Doutorado.

Aos funcionários da seção de Graduação e Pós-Graduação e do Departamento de Engenharia de Produção, por estarem sempre dispostos a me auxiliar, contribuindo muito para o desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fases de estrutura de elaboração do trabalho	09
Figura 2 – Artigos por ano de publicação	13
Figura 3 – Artigos por País da pesquisa	14
Figura 4 – Artigos por autor	14
Figura 5 – Contexto nacional dos artigos	17
Figura 6 – Foco dos artigos	17
Figura 7 – Metodologia dos artigos	18
Figura 8 – Benefício de desempenho dos artigos	19
Figura 9 – Materiais utilizados para os pavimentos	19
Figura 10 – Etapas dos sistemas rodoviários	20
Figura 11 – Etapas da Avaliação do Ciclo de Vida	42
Figura 12 – Funções do Gerenciamento do Ciclo de Vida	46
Figura 13 – Composição do Pavimento Flexível	49
Figura 14 – Composição do Pavimento Rígido	49
Figura 15 – Classificação das bases e subbases flexíveis	50
Figura 16 – Classificação dos revestimentos	51
Figura 17 – Etapas de realização do trabalho	56
Figura 18 – Matriz de relação de escolhas de alternativas	60
Figura 19 – Passo-a-passo de aplicação do método AHP	61
Figura 20 – Escala Fundamental de Saaty	61
Figura 21 – Framework para elaborar sistema de indicadores sustentáveis	64
Figura 22 – Relacionamento de citações com critérios de indicadores	75
Figura 23 – Estrutura da rodovia construída	150
Figura 24 – Sistema de produto	155
Figura 25 – Total de impacto (S1) e cenário alternativo (S2) / categoria	161
Figura 26 – Total de impacto no cenário (S1) por categoria	162
Figura 27 – Contribuição por processos no total do impacto (S1)	162
Figura 28 – Contribuição por processo S1 e S2	163
Figura 29 – Depleção de energia	176
Figura 30 – Distribuição para sistema de produto depleção energia	176
Figura 31 – Recursos naturais renováveis	177
Figura 32 – Distribuição para sistema de produto rec. naturais renov.	178
Figura 33 – Recursos naturais não renováveis	179
Figura 34 – Distribuição para sistema de produto rec. nat. não renov.	179
Figura 35 – Aquecimento global	180
Figura 36 – Distribuição para sistema de produto aquecimento global	181
Figura 37 – Depleção camada de ozônio	182
Figura 38 – Distribuição para sistema de produto depleção cam. de oz.	182
Figura 39 – Acidificação	183
Figura 40 – Distribuição para sistema de produto acidificação	183
Figura 41 – Oxidantes fotoquímicos	184
Figura 42 – Distribuição para sistema de produto oxidantes fotoquímicos	184
Figura 43 – Ecotoxicidade	185
Figura 44 – Distribuição para sistema de produto ecotoxicidade	186
Figura 45 – Toxicidade humana	187

Figura 46 – Distribuição para sistema de produto toxidade humana	187
Figura 47 – Eutrofização	188
Figura 48 – Distribuição para sistema de produto eutrofização	188
Figura 49 – Depleção de resíduos	189
Figura 50 – Distribuição para sistema de produto depleção de resíduos	190
Figura 51 - Framework para definição do nível de sustentabilidade	232

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Número final de artigos selecionados	12
Quadro 2 – Classificação das categorias por dimensão - análise artigos	12
Quadro 3 – Subdivisão das dimensões dos indicadores	69
Quadro 4 – Resultado da pesquisa Scopus - práticas sustentabilidade	71
Quadro 5 – Autores das práticas e indicadores de sustentabilidade	72
Quadro 6 – Relação grupos de indicadores com indicadores GVCes	77
Quadro 7 – Seleção dos indicadores econômicos	81
Quadro 8 – Subind. e práticas do indicador planejamento estratégico	83
Quadro 9 – Subind. e práticas do indicador riscos e oportunidades	85
Quadro 10 - Subind e práticas do indicador gestão desemp. investimento	88
Quadro 11 – Subind. e práticas do indicador crises e planos contingência	89
Quadro 12 – Seleção dos indicadores sociais	93
Quadro 13 – Subindicadores e práticas do indicador diversidade	96
Quadro 14 – Subindicadores e práticas do indicador desenv. profissional	103
Quadro 15 – Subind. e práticas do indicador gestão de fornecedores	105
Quadro 16 – Subindicadores e práticas do indicador investimento social	109
Quadro 17 – Seleção dos indicadores ambientais	113
Quadro 18 – Subind. e práticas do indicador gerenciamento ambiental	115
Quadro 19 – Subindicadores e práticas do indicador geração de resíduos	118
Quadro 20 – Subind. e práticas do indicador consumo recursos naturais	120
Quadro 21 – Subind. e práticas do indicador emissões atmosf./resíduos	123
Quadro 22 – Matriz modelo de aplicação dos critérios de seleção	132
Quadro 23 - Avaliação do nível de sustentabilidade global	140
Quadro 24 – Indicadores para avaliar desempenho métrico sustentável	142
Quadro 25 – Levantamento de material utilizado	264
Quadro 26 – Levantamento de inventário areia	264
Quadro 27 – Somatório por categoria de impacto	265
Quadro 28 – Total de óleo diesel utilizado	265

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de importância de Sustentabilidade	02
Tabela 2 – Resultados da pesquisa	15
Tabela 3 - Descrição detalhada dos artigos selecionados	22
Tabela 4 – Indicadores de Desempenho Sustentável	28
Tabela 5 – Indicadores ambientais gerenciais e operacionais.	30
Tabela 6 – Indicadores de operação sustentável	33
Tabela 7 – Indicadores de Sustentabilidade GVces	34
Tabela 8 – Descrição detalhada dos artigos selecionados para ACV	43
Tabela 9 - Sistema de Indicadores de sustentabilidade selecionados	124
Tabela 10 – Contabilização das respostas do SPC/AHP	135
Tabela 11 – Sistema Indicadores Avaliação de Práticas Sustentabilidade	138
Tabela 12 – Distâncias percorridas de transporte e materiais BR251/DF	147
Tabela 13 - Materiais utilizados na construção da rodovia BR 251/DF	148
Tabela 14 – Consumo de material para construção de rodovias	149
Tabela 15 – Inventário para construção de 1 km de pavimento	150
Tabela 16 – Sumário de especificações das máquinas para operação	152
Tabela 17 – Fluxos dos produtos aplicados no software	159
Tabela 18 - Total de impacto por cenário S1 e S2 métodos combinados	163
Tabela 19 - Fluxo do produto aplicados em inventário primário	174
Tabela 20 - Total de emissões/depleções do impacto inventário primário	175
Tabela 21 - Comparação de resultados das metodologias ACV	191
Tabela 22 – Validação dos indicadores de desempenho ambiental	193
Tabela 23 – Questionário para avaliar práticas de sustentabilidade	239
Tabela 24 – Tabulação de notas da avaliação das práticas sustentáveis	256
Tabela 25 – Indicadores de desempenho métrico para aplicação	260

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEDA - Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – Análise hierárquica de prioridades

Balanced Scorecard - Balanceamento de desempenho

Binder – Camada de Ligação (asfalto)

BR – Brasil – para indicação de rodovia federal

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida

AICV - Avaliação de impacto do ciclo de vida

CAP – Cimento asfáltico de petróleo

CBQU - Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro Para O Desenvolvimento Sustentável

CML 2001 – *Environmental Sciences of the inventory* – Metodologia para ACV

CNT - Confederação Nacional dos Transportes

DF – Distrito Federal

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte

EC – Comunidade Europeia

Ecoinvent – Base de dados de inventários para avaliação de ciclo de vida

ELCD – *European Life Cycle Database*

EDIP – *Environmental Development of Industrial Products*

EURO5 – Normas europeias para minimizar emissões

EUTREND – Base de dados para inventário

FEB - Faculdade de Engenharia de Bauru

FGV – Fundação Getúlio Vargas

GRI - *Global Reporting Initiative*

GUIA EXAME DE SUSTENTABILIDADE – Metodologia de avaliação

GVCes - Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV de São Paulo

ILCD - *Institute for Environment and Sustainability*

IPCC 2013 – *Intergovernmental Panel of Climate Change* – Metodologia para ACV

ISO - *International Organization for Standardization*

LCA - *Life Cycle Analise*

LCIA – *Lyfe Cicle Impact Assessment*

MOVES - *US Vehicle Simulator Emissions*

ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável (ONU)

OMM - Organização Meteorológica Mundial

ONU - Organização das Nações Unidas

OpenLCA – Software para levantamento de avaliação de ciclo de vida

RAINS – Base de dados para inventário

ReCIPe – Base de dados para tratamento de inventários

RJ – Estado do Rio de Janeiro

ROI – Retorno sobre investimento

RSE - Responsabilidade Social Empresarial

SPC/AHP – Analise hierarquica de prioridades por comparação

Stakeholders – partes interessadas

TRACI – Método de fator de correção de impactos

“Triple bottom” – Triplê da sustentabilidade: econômico, social e ambiental

UNEP/SETAC - *United Nations Environment Programme*

UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho “

US – *United States*

USEtox – Método e aplicação de avaliação de ciclo de vida

SUMÁRIO:

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Contextualização e Justificativa	01
1.2 Questão de Pesquisa	06
1.3 Objetivos	06
1.4 Estrutura do trabalho	07
2 REVISÃO ESTRUTURADA DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL	11
2.1 Síntese da revisão bibliográfica	11
2.1.1 Análise Bibliométrica	13
2.2 Indicadores e medição de desempenho	23
2.2.1 Gerenciamento da mensuração do desempenho sustentável	25
2.2.2 Relação da sustentabilidade e indicadores de gestão de negócios	31
2.2.3 Síntese de indicadores de sustentabilidade	36
2.3 Avaliação do ciclo de vida na área de construção de rodovias	41
2.3.1 Relação da Avaliação do Ciclo de Vida com a gestão dos negócios	45
2.4 O pavimento de rodovias	48
3 MATERIAIS E METODOS	53
3.1. Etapas do trabalho	55
3.1.1 Etapa 1 – Revisão da literatura	56
3.1.2 Etapa 2 – Elaboração dos indicadores de sustentabilidade	58
3.1.3 Etapa 3 – Avaliação dos indicadores pelo método SPC/AHP	58
3.1.4 Etapa 4 – Elaboração do sistema de indicadores sustentáveis	62
3.1.5 Etapa 5 – Validação e aplicabilidade do sistema e estudo de caso	63
4 ELABORAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS.	67
4.1 Indicadores econômicos	79
4.1.1 Indicador Planejamento estratégico sustentável do investimento	82
4.1.2 Indicador Risco e Oportunidades do projeto	84
4.1.3 Indicador Gestão de Desempenho do investimento	86
4.1.4 Indicador Crises e Planos de Contingência	88
4.2 Indicadores sociais	90
4.2.1 Indicador Diversidade	94
4.2.2 Indicador Desenvolvimento Profissional	101
4.2.3 Indicador Gestão de Fornecedores	104
4.2.4 Indicador Investimento Social	107
4.3 Indicadores ambientais	111
4.3.1 Indicador Gerenciamento Ambiental	114
4.3.2 Indicador Geração de Resíduos	117
4.3.3 Indicador Consumo de Recursos Naturais	119
4.3.4 Indicador Emissões Atmosféricas, Efluentes Líquidos e Resíduos	122
4.4 Sumário dos indicadores de sustentabilidade	124

5 DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS	129
5.1 Desenvolvimento de indicadores para avaliação de práticas de sustentabilidade	129
5.2 Desenvolvimento de sistema de indicadores para avaliar desempenho métrico sustentáveis	140
6 VALIDAÇÃO DOS SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO MÉTRICO PROVENIENTES DO RESULTADO DA ACV	147
6.1 Avaliação de ciclo de vida	154
6.1.1 Resultados ACV pelo software OpenLCA	159
6.1.2 Resultados ACV pelo inventário primário em planilha eletrônica	172
6.1.3 Validação e comparação entre o método OpenLCA e base de dados primários	190
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	195
REFERÊNCIAS	199
ANEXOS	223
ANEXO I – LICITAÇÃO CONSTRUÇÃO RODOVIA BR251/DF	223
ANEXO II – LICITAÇÃO CONSTRUÇÃO PONTE SOBRE O RIO CARANGOLA NO KM 28,1 DA RODOVIA BR-356/RJ	226
ANEXO III – CRITÉRIO DE SELEÇÃO DE INDICADORES GRI	229
ANEXO IV – FORMULÁRIO DE PESQUISA AHP	234
ANEXO V – FERRAMENTAS PARA APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INDICADORES	239
ANEXO VI – PROGRAMA PARA ACV	263

RESUMO

Este estudo tem por objetivo desenvolver um sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade de empresas de construção rodoviária com foco em vias de pavimentação asfáltica. Os indicadores desenvolvidos visam auxiliar a tomada de decisão estratégica para escolha das empresas durante a fase de licitação, para o desenvolvimento do projeto de pavimentação asfáltica, visando também para a autoavaliação da empresa, e avaliação do desempenho do projeto. O sistema de indicadores de sustentabilidade foi pautado nas dimensões ambiental, social, e econômica. O trabalho foi realizado em 5 etapas: revisão da literatura sobre indicadores de sustentabilidade envolvendo as dimensões econômicas, sociais e ambientais; elaboração dos indicadores de sustentabilidade voltados para construção de rodovias; desenvolvimento do nível de sustentabilidade; desenvolvimento de sistemas de indicadores sustentáveis para avaliar práticas sustentáveis, com o objetivo de selecionar e autoavaliar a gestão sustentável das construtoras, e sistema de indicadores para avaliar o desempenho (métricos) do empreendimento/projeto; e validação do sistema de indicadores ambientais de desempenho métrico através da utilização de um estudo de caso de ACV. Os pesos obtidos a partir do método AHP simplificado, aplicado à um painel de especialistas, resultou em uma maior ênfase/importância entre os pilares “social” e “ambiental”, representando 45,9% e 34,4%, respectivamente. Um estudo da ACV foi realizado utilizando-se duas ferramentas o software OpenLCA e inventários primários. Na ACV foi constatado que o principal aspecto ambiental é a emissão de CO₂, que propicia os efeitos do aquecimento global (representando aproximadamente 95% das emissões do empreendimento), provenientes principalmente dos processos de “transporte”. O processo de produção da “brita” também proporcionou 99% da geração dos resíduos deste sistema de produto.

Palavras chaves: Sustentabilidade, Indicadores de Desempenho, Sistema Rodoviário, Avaliação de Ciclo de Vida.

ABSTRACT

This study aims to develop a system of indicators to assess the sustainability of road construction companies with a focus on asphalt paving roads. The indicators developed aim to assist strategic decision making for choosing companies during the bidding phase, the development of the asphalt paving project, and for self assessment, and metric performance environmental indicator. The sustainability indicator system was based on the environmental, social, and economic dimensions. The work was carried out in 5 stages: review of the literature on sustainability indicators involving the economic, social and environmental dimensions; elaboration of sustainability indicators for the road construction phase; development of the level of sustainability; development of sustainable indicator systems to assess sustainable practices, in order to select and self-assess the sustainable management of construction companies, and an indicator system to assess the performance (metrics) of the enterprise / project; and validation of the metric performance environmental indicator system through the use of a LCA case study. The values obtained from the simplified AHP method, applied to an expert panel, resulted in a greater emphasis / importance between the “social” and “environmental” pillars, representing 45.9% and 34.4%, respectively. The LCA study was carried out using two tools, the OpenLCA software and primary inventories. At ACV it was found that the main environmental aspect is the emission of CO₂, which favors the effects of global warming (representing approximately 95% of the project's emissions), coming mainly from the processes of “transportation”. The production process of “gravel” also provided 99% of the generation of waste from this product system.

Keywords: Sustainability, Performance Indicators, Life Cycle Assessment and Road System.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Justificativa

A população mundial no ano de 2016 atingiu mais de 7 bilhões de habitantes (ONU, 2018). A principal consequência deste contínuo aumento populacional é a demanda crescente por bens de consumo, empregos, serviços e, principalmente, obras de infraestrutura. Todas essas necessidades estão intimamente relacionadas com a existência da infraestrutura viária, como construção de sistemas rodoviários.

Conforme estudo CNT (2016), o modal rodoviário brasileiro possui a maior participação na matriz de transporte de cargas (61%). Portanto, investir em rodovias, e na integração com os outros modais, é fundamental para o desenvolvimento do país. Da extensão total avaliada, em 2016, 58,2% 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, 17,3% ruim e 34,6% regular. Possuem condições adequadas de segurança e desempenho 41,8%, que tiveram classificação ótima ou boa, no estado geral.

Em relação ao pavimento foram identificados 48% da extensão com algum tipo de deficiência (CNT, 2016), demonstrando a importância de abordar aspectos relacionados à construção de rodovias, pois os tipos de materiais empregados e as técnicas construtivas empregadas têm influência na operação, manutenção e vida útil da via. Isso inclui o custo com manutenção, o consumo de combustíveis,

o desgaste dos veículos automotores e a emissão de poluentes (ARAUJO, OLIVEIRA e SILVA, 2014).

Desse modo, a crescente conscientização quanto à importância da sustentabilidade e os possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos associados aos produtos e serviços tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com estes impactos. De acordo com Anastasiou, Liapis e Papayianni (2015) a indústria de construção civil é grande geradora de impactos ambientais. Sendo assim, conforme Butt, Toller e Birgisson (2015), Rattanachot et al. (2015) e Grael, Bezerra e Martin (2019) construtoras de rodovias devem planejar estratégias para reduzir seus impactos ambientais e sociais, no ciclo de vida de seus produtos, para assim, minimizar potenciais mudanças climáticas.

No entanto, observa-se que as questões econômicas sempre tiveram maior relevância aos *stakeholders*. A Tabela 1 apresenta os resultados da pesquisa de Azapagic (2004) que avaliou o nível de importância social, ambiental e econômico das diversas partes interessadas: empregados, sindicatos, fornecedores, clientes, direção, comunidades e autoridades locais e governos.

Tabela 1 – Nível de importância de sustentabilidade

Partes interessadas	Questões de sustentabilidade		
	Econômica	Ambiental	Social
Empregados	++	+	++
Sindicatos	++	-	++
Fornecedores	++	-	-
Clientes	++	+	+
Direção	++	+	+
Comunidades	++	++	++
autoridades locais	++	++	++
Governos	++	++	++

++ Interesse forte / + algum interesse / - nenhum interesse

Fonte: Azapagic (2004)

O autor Azapagic (2004) indentificou que desde o início deste século, as questões ambientais são desinteressantes para sindicatos, fornecedores e possuem algum interesse para clientes e direção de empresas. Por outro lado, as questões econômicas são preponderantes para todas as partes interessadas. Na maioria das empresas, desde o início do século XXI, como nos dias atuais, ainda utilizam preferencialmente indicadores financeiros para determinar seu sucesso empresarial, como apontado por Veleva e Ellenbecher (2001) e Graef e Bezerra, (2017).

Em geral, as informações sobre o desempenho sustentável são utilizadas para comparar o desempenho da organização ao longo do tempo, com pouca comparabilidade dos negócios. Olsthoorn et al. (2001) já apontava, no início do ano 2000, que a falta de padronização dos indicadores de desempenho sustentável, bem como a falta de conexão desses indicadores com as unidades de negócios (processos) são as principais razões para isto, além da sustentabilidade não estar totalmente integrada nos processos de negócios. Segundo Herva *et al.* (2011) poucos trabalhos apresentam modelos para avaliar o desempenho sustentável das organizações, e empresas enfrentam dificuldades para aliar a gestão de negócios, com a sustentabilidade. (KAYA e KAHRAMAN, 2011).

A partir dos anos 2000 foram iniciadas pesquisas sobre abordagens de sistemas de medição de desempenho, preocupados em estabelecer indicadores de desempenho social e ambiental (TEZZA, BORNIA E VEY, 2010), porém ainda há lacunas quando se trata de relacionar indicadores de sustentabilidade com a gestão de negócios organizacionais, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e sociais, em relação aos departamentos e negócios da empresa.

Uma das técnicas em desenvolvimento com esse objetivo é a avaliação do ciclo de vida (ACV), que consiste na compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. (ISO 14040, 2001).

A avaliação do impacto ambiental com o método ACV é uma ferramenta útil para se comparar e compreender melhor a capacidade de reduzir o impacto ambiental durante o ciclo de vida do pavimento da estrada, em toda cadeia de suprimentos, como: a produção de matéria-prima, produção de asfalto e tratamento de resíduos (ANTHONISSEN, VAN DEN BERGH, BRAET, 2016).

A técnica de ACV já foi utilizada, no setor de rodovias, por exemplo, para: comparar a utilização de materiais utilizados na construção de rodovias (HUANG, SPRAY e PARRY, 2012; ANASTASIOU, LIAPIS e PAPAYIANNI, 2015; GUIGNOLT *et al.*, 2015; TURK *et al.*, 2016; ANTHONISSEN, VAN DEN BERGH e BRAET, 2016; e SCHLEGEL *et al.*, 2016); comparar a construção e manutenção de uma rodovia (ARAUJO, OLIVEIRA e SILVA, 2014); e avaliação do ciclo de vida na fase de uso de uma rodovia (JULLIEN, DAUVERGNE e CEREZO, 2014). Somente Jullien, Dauvergne e Proust (2015) apresentam uma ferramenta que tem por objetivo reduzir o consumo de materiais, energia e água, por meio da avaliação de impactos ambientais, utilizando a metodologia de ACV na construção de rodovias.

Assim, um sistema de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para melhoria da sustentabilidade em rodovias é um campo de pesquisa em expansão. E até datas recentes, a metodologia ainda é pouco aplicada na prática, principalmente no Brasil, além de não existir uma fonte de dados transparente e que possa ser

usada de modo universal, devido às diferenças regionais e locais (YANG, OZER e AL-QUADI, 2016).

É importante ressaltar que a gestão sustentável da construção de um sistema rodoviário, não deve somente considerar o impacto ambiental, em âmbito de legislação, mas deve também incorporar os impactos econômicos e sociais, atrelados à gestão dos negócios. Dessa forma, obtêm-se melhores sistemas rodoviários, que possuem menos manutenção, menos congestionamentos e, conseqüentemente, menos emissões de CO₂ (SCHLEGEL et al., 2016).

Nas últimas décadas as organizações têm sido pressionadas para considerar, medir e reportar, não só o desempenho econômico de suas atividades, mas também o desempenho ambiental e social (DELAH e TAKAHASHI, 2011; SEARCY, 2009), e é de extrema importância ressaltar que o conceito de sustentabilidade no desenvolvimento de rodovias precisa ser tratado criticamente, e para aliviar efeito do aquecimento global e esgotamento das questões de recursos naturais (BUJANG et al, 2018).

E embora haja métodos existentes – como: GRI (2012), ONU (2018), e critérios de sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas GVCes (Revista Exame GVCes, 2018) – para avaliar a sustentabilidade das empresas, nenhum destes elenca um sistema robusto e compacto para mensurar a sustentabilidade e com isto avaliar os resultados nas organizações e específicos para sistemas rodoviários. Também foi verificado, nos editais estudados, que os órgãos governamentais não possuem uma ferramenta eficaz de avaliação da sustentabilidade das empresas para uma possível contratação, homologação e seleção das construtoras através da avaliação de níveis de sustentabilidade das

organizações. Somente há preocupação com o licenciamento ambiental da obra, além da avaliação quantitativa das sustentabilidade, por meio de realização de estudos como exemplo o de ACV, durante a execução do empreendimento e/ou projeto.

1.2 Questão de Pesquisa

Portanto, a questão que norteou o desenvolvimento deste trabalho foi:

Como medir a sustentabilidade de empresas de construção rodoviária com foco em vias com pavimentação asfáltica?

1.3 Objetivos

Para responder a questão de pesquisa foram traçados o objetivo principal e os objetivos específicos descritos a seguir.

O principal objetivo desta pesquisa é: desenvolver um sistema de indicadores para avaliar práticas e desempenho de sustentabilidade para empresas construtoras de vias com pavimentação asfálticas, que agregue indicadores ambientais, econômicos e sociais. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Desenvolver um índice de sustentabilidade, utilizando um sistema de indicadores para avaliar práticas sustentáveis, que poderá servir para a

seleção de empresas em editais públicos e para a auto-avaliação das empresas construtoras de rodovias.

- Desenvolver um sistema de indicadores de desempenho de impactos econômicos, sociais e ambientais, para avaliar o desempenho métrico sustentável para os projetos e/ou empreendimentos de construtoras de rodovias.
- Validar e avaliar o sistema de indicadores de desempenho métrico sustentável para o pilar ambiental, por meio de um procedimento de ACV, desenvolvido de um projeto de construção de uma rodovia pavimentada.

1.4 Estrutura do trabalho

No Capítulo 1 são apresentados a justificativa, o problema de pesquisa e os objetivos da pesquisa.

O Capítulo 2 é dedicado a uma revisão estruturada da bibliografia fundamental. Nele procura-se mostrar uma síntese da revisão bibliográfica, que consiste em uma pesquisa aprofundada e estatística dos principais artigos encontrados sobre as referidas palavras chaves, além de conceitualizar a avaliação do ciclo de vida, relacionado à gestão dos negócios; e o gerenciamento da medição de desempenho sustentável.

O Capítulo 3 é dedicado aos materiais e métodos. Dá-se ênfase a estrutura e etapas de realização deste trabalho, para atingir os objetivos descritos. O trabalho será realizado em 5 etapas, que são: revisão da literatura sobre ACV e

indicadores de sustentabilidade, envolvendo as dimensões econômicas, sociais e ambientais; elaboração dos indicadores de sustentabilidade voltados para construção de rodovias; desenvolvimento do nível de sustentabilidade pelo método SPC/AHP; desenvolvimento de sistemas de indicadores sustentáveis quantitativos (práticas), para selecionar construtoras, e quantitativos (métricos) para avaliar o empreendimento e/ou projeto; e validação do sistema de indicadores sustentável através da utilização de um estudo de caso de ACV.

Os resultados do trabalho são apresentados a partir do capítulo 4, que descreve os indicadores de sustentabilidade selecionados, subdivididos nos pilares econômico, social e ambiental. Neste capítulo também é apresentado o sistema de indicadores sustentáveis elaborado, com os respectivos subindicadores e práticas sustentáveis específicas para empresas construtoras de rodovias com pavimento asfáltico.

No Capítulo 5 é apresentada a avaliação dos indicadores para a definição do nível de sustentabilidade, por meio da ferramenta SPC/AHP, utilizando o sistema de indicadores sustentável apresentado no Capítulo 4.

No Capítulo 6 é apresentada a aplicabilidade (validação) dos indicadores ambientais de desempenho (métricos) voltados para o projeto do pavimento, provenientes da aplicação da técnica de ACV.

No Capítulo 7 são apresentados a síntese dos principais resultados, as considerações finais, as limitações da pesquisa e sugestão para trabalhos futuros.

A Figura 1 ilustra as fases com a estrutura deste trabalho, detalhando em forma de fluxograma as respectivas etapas descritas anteriormente.

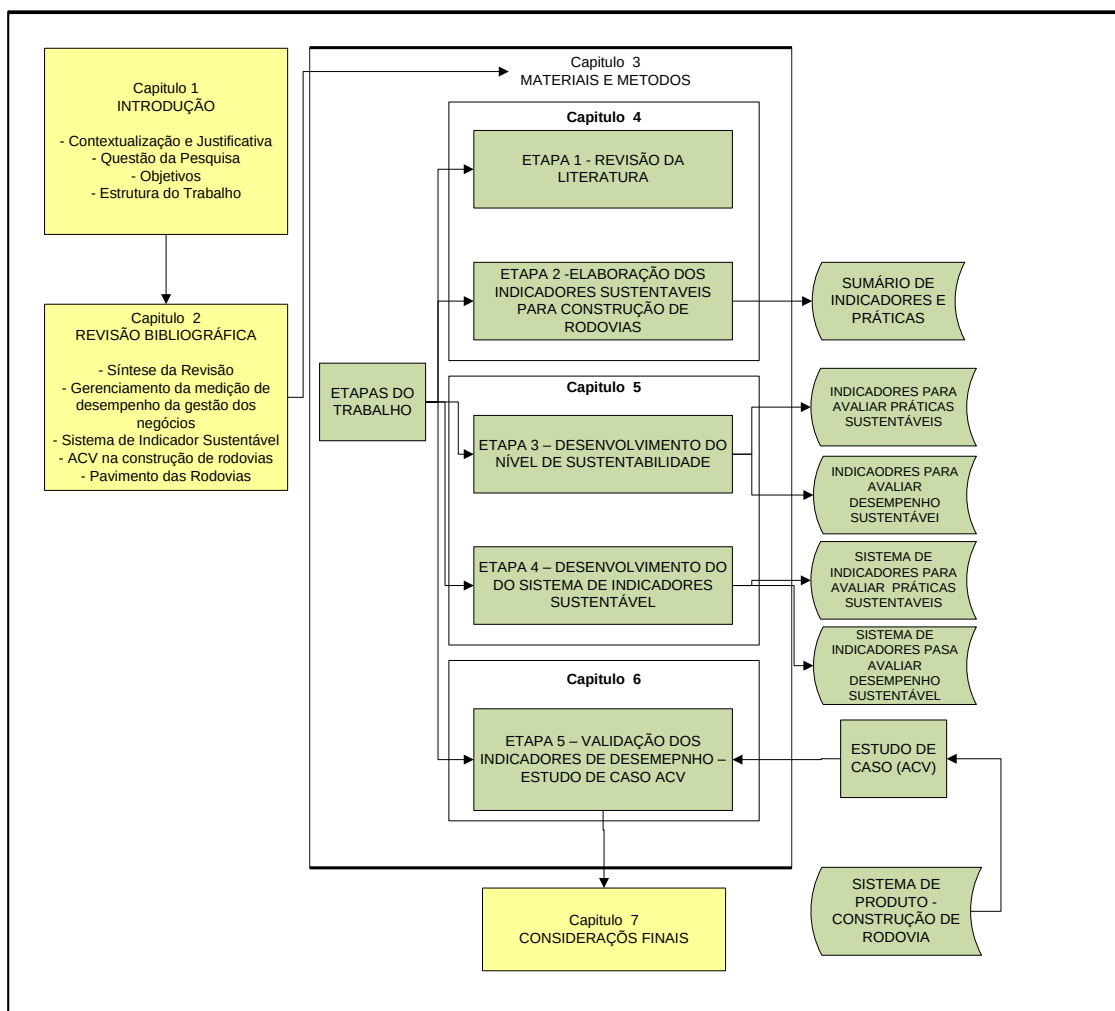


Figura 1 – Fases de estrutura de elaboração do trabalho

Fonte: Autor

2. REVISÃO ESTRUTURADA DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

Neste capítulo está estruturada uma síntese da revisão bibliográfica, dos artigos estudados, além de conceitos relacionados à avaliação de ciclo de vida, indicadores de desempenho sustentáveis, e sistema rodoviário no mundo e Brasil.

2.1 Síntese da Revisão Bibliográfica

Uma revisão estruturada da literatura foi realizada em três etapas, conforme método proposto por Fiorini e Jabbour (2017). Na primeira, os termos relevantes foram definidos e as pesquisas iniciais foram realizadas. As palavras-chave usadas na pesquisa foram: “Sustainability” e “Road System”. A pesquisa foi realizada no banco de dados Scopus, usando o campo de pesquisa padrão "título; resumo, autor; ano". Inicialmente, foram identificados 731 artigos de periódicos. Importante ressaltar que a pesquisa foi realizada em março 2019, e desta forma, novos artigos podem ter sido publicados desde então.

Os 731 artigos foram reduzidos após a leitura dos respectivos resumos. Os que não abordaram a sustentabilidade para a cadeia de suprimentos de sistemas de construção de sistemas rodoviários foram excluídos. Como resultado, a lista foi reduzida em 30 artigos, conforme os dados apresentados no Quadro 1. Importante ressaltar que a identificação de apenas 4% do total dos artigos foi em função da abrangência do tema sustentabilidade, onde os demais trabalhos abordaram outros temas relacionados as fases de manutenção, uso, além de outros temas distintos.

Para categorizar os artigos selecionados foi elaborado um sistema de classificação baseado em cinco dimensões: contexto de pesquisa, foco de pesquisa, método de pesquisa e benefícios de desempenho, tipos de pavimento e etapa do sistema rodoviário (construção, operação e manutenção). A estrutura do sistema de classificação é apresentada no Quadro 2.

Quadro 1 - Número final de artigos selecionados

Análise dos resultados	Resultados (número artigos)
Artigos identificados na pesquisa	731
Artigos selecionados pelos resumos	30

Fonte: Autor

Quadro 2 – Classificação das categorias por dimensão - análise artigos

Dimensão	Categoria
1- Contexto	A - País desenvolvido
	B - País em desenvolvimento
	C - Não aplicado
Foco	A - Meio Ambiente
	B – Econômico
	C – Social
	D - Tripé Sustentável
	E – ACV
Método de pesquisa	A – Quantitativo
	B – Multicritério
	C - Estudo de Caso
	D - Não aplicado
Benefícios de desempenho	A – Econômico
	B – Ambiental
	C- Social
	D – Sustentabilidade
Tipo de pavimento	A – Asfalto
	B – Concreto
	C – Reciclado
	D - Misto/Não identificado
Etapa	A – Construção
	B – Manutenção
	C - Não aplicado

Fonte: Autor

2.1.1 Análise bibliométrica

A Figura 2 mostra a quantidade de artigos publicados ao longo dos anos. Pode-se ver que o campo de estudo que integra informações dos sistemas em cadeias de suprimentos de construção de rodovias são recentes, o recorte de tempo foi nos últimos 7 anos. O primeiro artigo publicado (Nicuță A.M., Frunză R., 2013), embora não tenha a Sustentabilidade em sistemas rodoviários como foco principal, o mesmo busca a melhoria dos impactos ambientais em sistemas rodoviários. Neste mesmo ano, outro artigo de Pieck S.K., (2013) apresenta avanços importantes em países subdesenvolvidos a construção de sistemas rodoviários, visando à redução dos impactos ambientais.

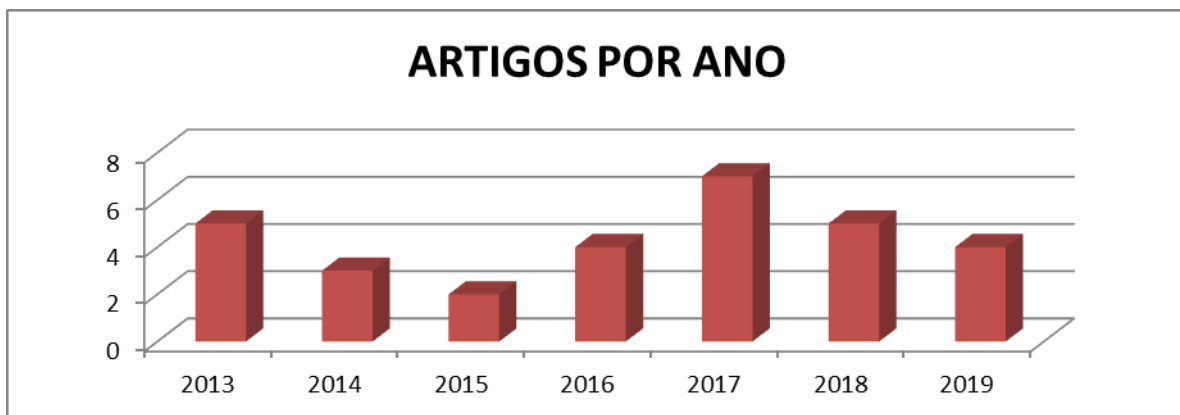


Figura 2 – Artigos por ano de publicação
Fonte: Autor

A análise das afiliações dos autores indicou o número de artigos científicos publicados por país (Figura 3). Pode ser observado que os Estados Unidos foram o país que mais contribui para a literatura sobre a sustentabilidade na cadeia de suprimentos de sistemas rodoviários. O mapa também mostra uma alta concentração de publicações na Itália, Espanha e Austrália. A Figura 4 apresenta

os sete autores com maior contribuição ao número de publicações e ao número de artigos com sua primeira autoria ou coautoria; os demais autores tinham de uma a duas publicações. Santos, J., foi o autor com maior número de publicações, com um total de cinco artigos.

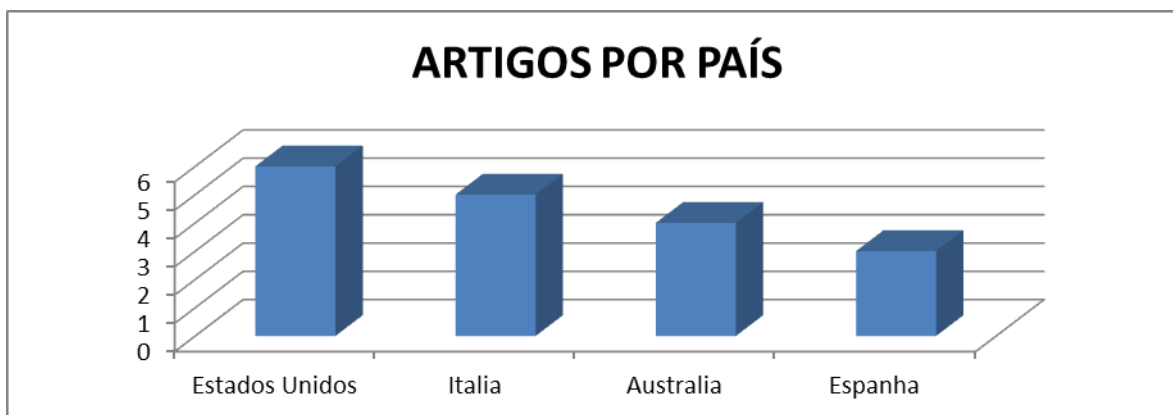


Figura 3 – Artigos por País da pesquisa
Fonte: Autor

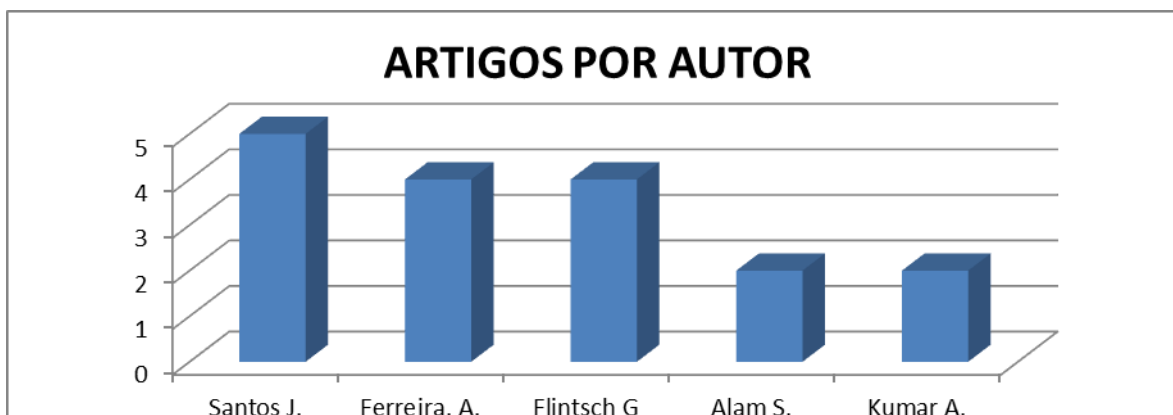


Figura 4 – Artigos por autor
Fonte: Autor

A Tabela 2 apresenta os resultados de classificação de cada um dos 30 artigos analisados, baseados no sistema de classificação apresentado no Quadro 2.

Tabela 2 - Resultados da pesquisa

Autor	Contexto Nacional	Foco	Metodo de Pesquisa	Benefícios de desempenho	Pavimento	Etapa
Nicuță A.M., Frunză R., 2013	1C	2E	3C	4B	5C	6A
Pieck S.K., 2013	1B	2ª	3C	4B	5D	6B
Moretti L., Di Mascio P., D'Andrea A., 2013	1C	2ª	3B	4B	5A	6A
Attallah Y., 2013	1C	2B	3C	4ª	5D	6B
Alam S., Kumar A., 2013	1B	2D	3C	4D	5D	6A
Pellecuer L., Assaf G.J., St-Jacques M., 2014	1C	2E	3C	4B	5D	6B
Montgomery R., Schirmer H., Jr., Hirsch A., 2014	1B	2B	3B	4ª	5D	6A
Cipriani E., Gemma A., Nigro M., 2014	1C	2B	3C	4ª	5D	6A
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., 2015	1B	2E	3C	4B	5D	6A
Van Dam T.J., Taylor P., 2015	1C	2D	3C	4D	5D	6A
Chai G., Bartlett R., Kelly G., Yang L., Oh E., 2016	1B	2D	3C	4D	5D	6B
Flores R.F., Montoliu C.M.-P., Bustamante E.G., 2016	1B	2E	3B	4B	5D	6A
Popescu D., Burlacu A., Răcănel C., 2016	1C	2D	3C	4D	5D	6A
Alam S., Kumar A., 2016	1C	2ª	3C	4B	5D	6B
Larrea-Gallegos G., Vázquez-Rowe I., Gallice G., 2016	1ª	2E	3C	4B	5D	6B
Praticò F.G., 2016	1C	2D	3C	4D	5A	6A
Loprencipe G., Pantuso A., Di Mascio P., 2017	1C	2D	3C	4D	5D	6B
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., Cerezo V., 2017	1C	2D	3B	4D	5D	6A
Bustamante E.G., Flores R.F., 2017	1C	2E	3B	4B	5D	6B
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., 2017	1C	2D	3C	4D	5D	6A
Bryce J., Brodie S., Parry T., Lo Presti D., 2017	1C	2D	3B	4D	5D	6A
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., Cerezo V., 2018	1B	2D	3C	4D	5C	6B
Torres-Machi C., Osorio-Lird A., Chamorro A., Videla C., Tighe S.L., Mourgues C., 2018	1ª	2A	3C	4B	5D	6A
Rao Y., Zhang J., Xu Q., Wang S., 2018	1C	2D	3A	4D	5C	6A
Gulotta T.M., Mistretta M., Praticò F.G., 2018	1B	2E	3C	4B	5B	6A
Zhang Y., Goulías D., Aydılek A., 2018	1C	2D	3C	4D	5D	6A
Hasan U., Whyte A., Al Jassmi H., 2019	1C	2E	3C	4B	5C	6A
Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019	1B	2D	3B	4D	5D	6C
Martínez S., González C., Hospitaler A., Alberó V., 2019	1C	2D	3C	4D	5D	6A
Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019	1C	2C	3C	4C	5D	6C

Fonte: Autor

- **Contexto de pesquisa**

A análise mostrou que a maioria dos artigos abordou a sustentabilidade em sistemas rodoviários em um contexto nacional, especialmente nos países desenvolvidos (33%), como mostrado na Figura 5. Os países em desenvolvimento tiveram o menor número de publicações (10%). Além disso, nenhum dos artigos comparou o tema entre países de diferentes contextos.

Estes resultados levaram ao primeiro *gap* do presente estudo:

<i>GAP 1: Realizar estudos adicionais em países em desenvolvimento</i>
--

- **Foco da pesquisa**

Esta análise teve como objetivo investigar o foco da pesquisa de cada um dos 30 artigos. A maioria deles foi classificada como estudo de sustentabilidade em sistemas rodoviários, ou seja, eles relacionaram informações sistemas rodoviários, correspondendo a 47% (Figura 6). No entanto, 27% dos artigos selecionados concentraram-se na avaliação de ciclo de vida, evidenciando os impactos ambientais, que os sistemas rodoviários podem ocasionar, por meio de outras técnicas, como: gerenciamento ambiental, logística reversa e análise “pura” de indicadores de desempenho ambientais que levaram ao segundo *gap*:

<i>GAP 2: Verificar qual a melhor abordagem metodológica para avaliar o desempenho sustentável na construção de vias.</i>

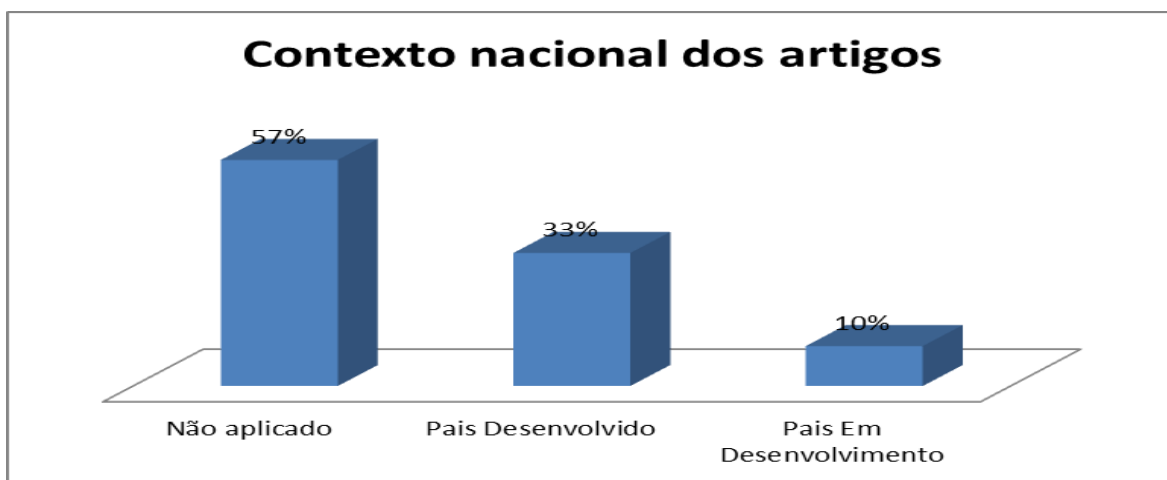


Figura 5 – Contexto nacional dos artigos
Fonte: Autor

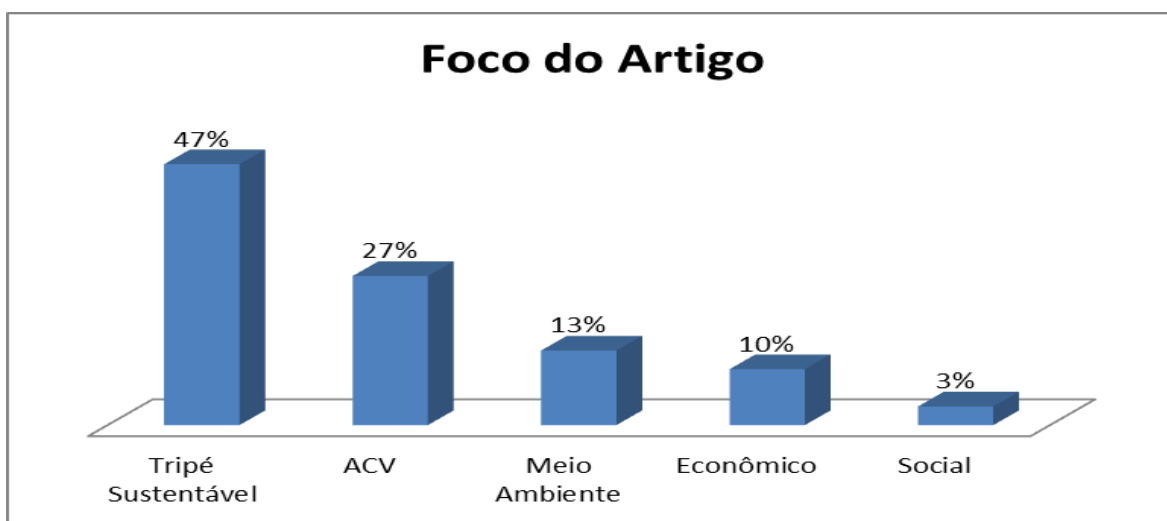


Figura 6 – Foco dos artigos
Fonte: Autor

- **Métodos de pesquisa**

A análise mostrou que a maioria dos artigos de sustentabilidade em sistemas rodoviários é de estudos de caso (73%), seguidos por métodos quantitativos (23%), conforme Figura 7. As metodologias estudadas não demonstraram abordagens homogêneas para a sustentabilidade, bem como usam diferentes unidades funcionais, o que dificulta a comparação dos resultados. Portanto, a terceira *gap* é:

GAP 3: Estabelecer um padrão de para análise do desempenho sustentável na construção de rodovias, por meio de estudo de caso e muticritério.

- **Benefícios de desempenho**

Esta análise indicou que 47% dos artigos apontam como beneficiário do desempenho sustentável, 40% o Ambiental, 10% o econômico, e social 3%. (Figura 8),

Assim, o quarto e quinto gap são:

GAP 4: Estudar se os benefícios ambientais que decorrem da avaliação de ciclo de vida em sistemas rodoviários levam a benefícios financeiros e sociais.

GAP 5: Incluir os benefícios sociais ao se analisar o desempenho ambiental na construção de rodovias.

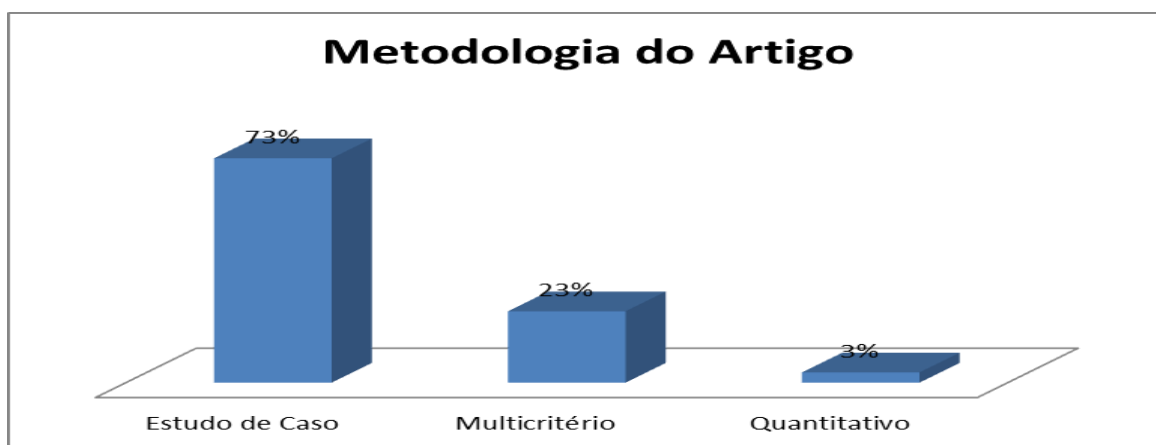


Figura 7 – Metodologia dos artigos
Fonte: Autor

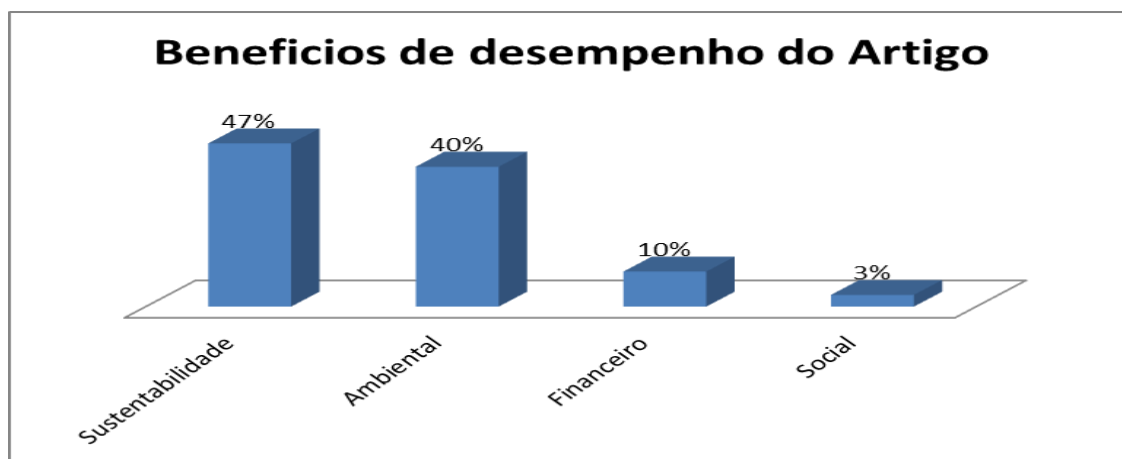


Figura 8 – Benefício de desempenho dos artigos
Fonte: Autor

- **Tipo de Pavimento**

A análise mostrou que 13% dos artigos abordou a sustentabilidade em sistemas rodoviários com pavimentação proveniente de materiais recicláveis, como mostrado na Figura 9. O pavimento em asfalto, teve 7%, e concreto 3% de artigos pesquisados.

Estes resultados levaram o sexto *gap* do presente estudo:

GAP 6: Realizar estudos adicionais em sistemas rodoviários com pavimentação em concreto e asfalto.

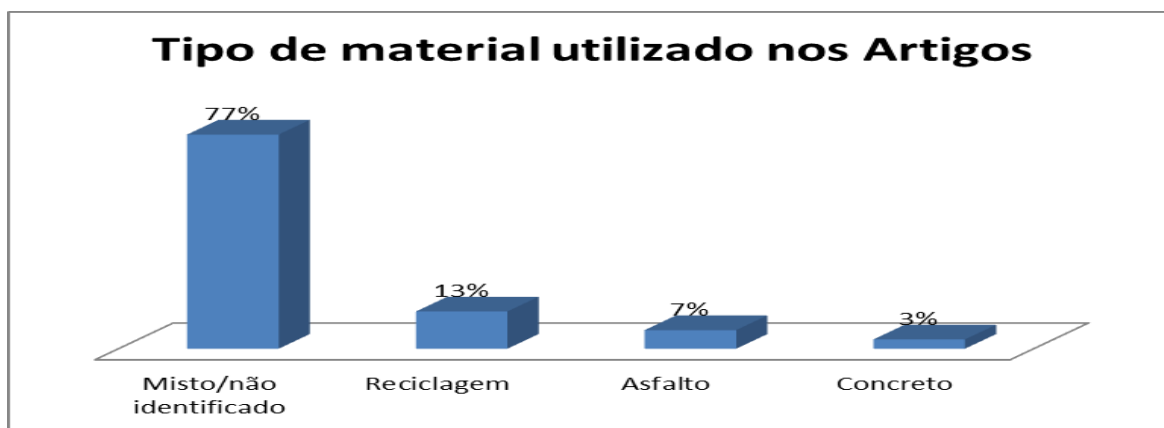


Figura 9 – Materiais utilizados para os pavimentos
Fonte: Autor

- **Etapas do sistema rodoviário**

A análise mostrou que 63% dos artigos abordou a sustentabilidade em sistemas rodoviários na fase de construção, e 27% na fase de manutenção (Figura 10)

Estes resultados levaram ao sétimo gap:

GAP 7: Realizar estudos em avaliação de ciclo de vida de sistemas rodoviários em rodovias, incluindo as fases de manutenção e operação da rodovia.

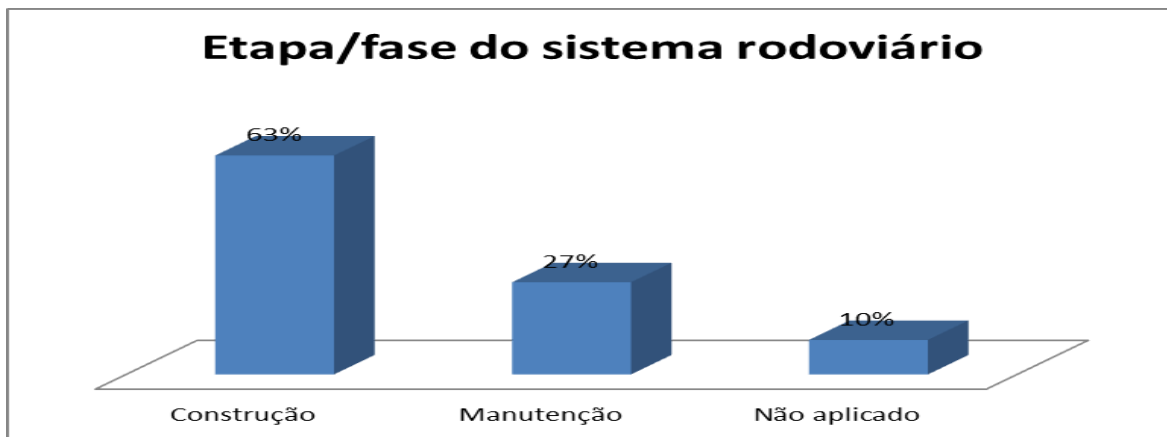


Figura 10 – Etapas dos sistemas rodoviários
Fonte: Autor

De maneira geral, os artigos que abordaram a sustentabilidade em sistemas rodoviários deram maior ênfase às práticas ambientais. Portanto, as dimensões financeira e social ainda precisam de mais atenção. Além disso, apesar da maioria dos artigos estar concentrada nos Estados Unidos, existem várias publicações na Europa, demonstrando que este campo de estudo também atraiu a atenção dos pesquisadores desse continente.

Verificou-se nos 30 artigos estudados que a prática de sustentabilidade é uma importante ferramenta para práticas sustentáveis de gestão da cadeia de suprimentos, ofertando benefícios para a organização e tripé sustentável. Além disso, influencia positivamente os aspectos financeiros e desempenho ambiental da organização, mesmo que as metodologias sejam distintas e não uniformizadas, sendo, desta forma, de extrema importância a busca por literaturas.

Vale ressaltar que nenhum dos artigos usa metodologias mistas. Portanto, avanços adicionais na literatura ainda são necessários, e eles levaram as recomendações apresentadas neste estudo.

Um resumo dos resultados dos artigos selecionados, pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição detalhada dos artigos selecionados

Autor	Descrição do trabalho
Nicuță A.M., Frunză R., 2013	Melhoria do impacto ambiental com construção de rodovia com asfalto versus asfalto reciclável
Pieck S.K., 2013	Construção de rodovia ambientalmente correta no Peru
Moretti L., Di Mascio P., D'Andrea A., 2013	Melhoria do impacto ambiental na construção de rodovias de asfalto
Attallah Y., 2013	Considerações econômicas e ambientais para o sistema de gerenciamento do pavimento
Alam S., Kumar A., 2013	Saídas positivas de sustentabilidade nos projetos de rodovias sustentáveis
Pellecuer L., Assaf G.J., St-Jacques M., 2014	Benefícios da ACV na manutenção dos superfícies dos pavimentos
Montgomery R., Schirmer H., Jr., Hirsch A., 2014	Medicação da sustentabilidade em rodovias de países desenvolvidos
Cipriani E., Gemma A., Nigro M., 2014	Design de rodovias em modelos de larga escala
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., 2015	Modelo de ACV no gerenciamento do pavimento em Portugal
Van Dam T.J., Taylor P., 2015	Pavimentos de concreto sustentáveis
Chai G., Bartlett R., Kelly G., Yang L., Oh E., 2016	Modelos de manutenção de pavimento para infraestrutura de transporte rodoviário
Flores R.F., Montoliu C.M.-P., Bustamante E.G., 2016	Projetos de engenharia de ciclo de vida em rodovias
Popescu D., Burlacu A., Răcănel C., 2016	Desenvolvimento de infraestrutura rodoviária sustentável
Alam S., Kumar A., 2016	Uso de indicadores de gerenciamento de sustentabilidade em rodovias
Larrea-Gallegos G., Vázquez-Rowe I., Gallice G., 2016	ACV para construção de sistemas rodoviários em países subdesenvolvidos
Praticò F.G., 2016	Métricas para gerenciar a sustentabilidade em rodovias de asfalto
Loprencipe G., Pantuso A., Di Mascio P., 2017	Sustentabilidade no gerenciamento de rodovias pavimentadas
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., Cerezo V., 2017	Otimização de multicritérios para a melhoria do gerenciamento sustentável do pavimento
Bustamante E.G., Flores R.F., 2017	ACV na engenharia de rodovias, buscando certificações sustentáveis
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., 2017	Otimização de multicritérios para decisões de tipos de pavimentos no gerenciamento do pavimento
Bryce J., Brodie S., Parry T., Lo Presti D., 2017	Melhoria da sustentabilidade do pavimento rodoviários utilizando ferramentas de sustentabilidade
Santos J., Ferreira A., Flintsch G., Cerezo V., 2018	Otimização de multicritérios para melhorar o gerenciamento do pavimento
Torres-Machi C., Osorio-Lird A., Chamorro A., Videla C., Tighe S.L., Mourgues C., 2018	Melhorias dos impactos ambientais para manutenção dos pavimentos
Rao Y., Zhang J., Xu Q., Wang S., 2018	Melhoria da sustentabilidade em redes rodoviárias
Gulotta T.M., Mistretta M., Praticò F.G., 2018	ACV de rodovias para melhorar uso energético
Zhang Y., Goulas D., Aydilek A., 2018	Melhoria da sustentabilidade dos pavimentos utilizando materiais recicláveis
Hasan U., Whyte A., Al Jassmi H., 2019	Revisão crítica metodológica na integração do ACV com redes rodoviárias
Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019	Sistemas de suporte de decisões para a sustentabilidade de rodovias pavimentadas
Martínez S., González C., Hospitaler A., Alberó V., 2019	Otimização de multicritérios para melhorar a sustentabilidade na construção de rodovias urbanas
Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019 / Attallah Y., 2013	Sustentabilidade social e transporte para melhorar a mobilidade socialmente responsável

Fonte: Autor

2.2 Indicadores e medição de desempenho

De acordo com Muchiri *et al.* (2011) medir o desempenho do negócio é um princípio fundamental para o gerenciamento. Essa medição ocorre por meio de indicadores, que se forem bem definidos podem potencializar a identificação de problemas entre resultados atingidos e desejados, para assim prover causas para atacá-las. Importante ressaltar, também, que a medição de desempenho é um importante elo entre a estratégia e gerenciamento de ações para implementação de melhorias.

Folan e Browne (2005) já afirmavam em 2005, que a criação de um quadro de indicadores de desempenho é a forma mais adequada para realizar uma análise agregada desses indicadores. Este quadro pode auxiliar o processo de construção de um sistema de medição de desempenho, especificando suas dimensões (ambiental, social e econômica) de análise. O desenho deste sistema de medição pode ser representado pela ferramenta do *Balanced Scorecard*. Ela pode auxiliar as organizações a traduzir a visão estratégica da organização; conectar os departamentos e comunicar a estratégia entre os departamentos, de cima para baixo; integrar o plano de negócio com os planos financeiros da organização; e proporcionar aprendizado da estratégia organizacional e revisão dos processos (FOLAN E BROWNE, 2005).

Flapper, Fortuin e Stoop (1995), em meados da década de 1990, já apontavam a necessidade de se utilizar diversos grupos de indicadores de desempenho, para avaliar os resultados de uma organização, sendo que os principais seriam:

- **Financeiro e não financeiro:** em geral uma sensibilização que os tradicionais indicadores financeiros não são suficientes para determinar a saúde da organização, e outros tipos de indicadores são necessários.
- **Global e local:** os indicadores globais são utilizados no topo do gerenciamento, e os indicadores locais são gerenciados em níveis inferiores.
- **Internos e externos:** os indicadores internos são utilizados para monitorar o desempenho das organizações sobre os aspectos que têm relevância para o funcionamento interno, enquanto os indicadores externos introduzem a evolução do desempenho das organizações, como experiências sobre a satisfação dos clientes e desempenho de fornecedores.
- **Organização hierárquica:** são os indicadores entre as relações verticais, que muitas vezes são baseados pela estrutura organizacional da empresa/negócio.
- **Área de aplicação:** é orientada pela classificação dos departamentos: P&D, operação, vendas e mercado. A ideia desta classificação é de que cada departamento tenha o seu próprio indicador de desempenho.

Alguns itens básicos relacionados a estes tipos de indicadores são: qualidade (conformidade com as especificações, confiabilidade e durabilidades), custo, flexibilidade (volume e processo), confiança de entrega, e velocidade (velocidade de entrega e tempo de ciclo). (WHITE, 1996).

Com a maior preocupação ambiental das empresas, foi incluída, também, análise do desempenho estratégico organizacional, para auferir o desempenho

sustentável das organizações, que será discutido na próxima seção. (IRITANI, SILVA, SAAVEDRA, GRAEL e OMETTO, 2015).

2.2.1 Gerenciamento da mensuração do desempenho sustentável

A estratégia para se atingir o desempenho sustentável compreende um conjunto de atividades destinadas a melhorar os aspectos ambientais, econômicos e sociais dos negócios, permitindo que as partes interessadas façam as escolhas certas e as melhores decisões. No entanto, o desafio é selecionar a estratégia mais apropriada para as organizações (IRITANI, SILVA, SAAVEDRA, GRAEL e OMETTO, 2015), e neste sentido, o GRI (2012) destaca que para atingir o desenvolvimento sustentável, conforme esta definição, faz-se necessária a construção de um sistema de indicadores de sustentabilidade.

Em 2018 a ONU desenvolveu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para assegurar os direitos humanos de todos. Os ODS são integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental (ONU, 2018). Os ODS estimulam a ação em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta nos próximos 15 anos, a saber:

- Área Pessoas: acabar com a pobreza e a fome, em todas as suas formas e dimensões, e garantir que todos os seres humanos possam realizar o seu potencial em matéria de dignidade e igualdade, em um ambiente saudável.
- Área Planeta: proteger o planeta da degradação, incluindo por meio do consumo e da produção sustentáveis, do gerenciamento dos seus recursos

naturais e de medidas urgentes para combater a mudança do clima, para que possa atender as necessidades das gerações presentes e futuras.

- Área Prosperidade: assegurar que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal, e que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza.
- Área Paz: promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas, livres do medo e da violência. Não pode haver desenvolvimento sustentável sem paz, e não há paz sem desenvolvimento sustentável.
- Área Parceria: mobilizar os meios necessários para implementar esta Agenda, por meio de uma Parceria Global para o Desenvolvimento Sustentável. Ele deve ser revitalizado, com base no espírito de solidariedade global, fortalecida com ênfase especial nas necessidades dos mais pobres e mais vulneráveis e com a participação de todos os países, todas os grupos interessados e todas as pessoas.

Para o CEBDS (2018), há consenso que tanto do ponto de vista ético, como do ponto de vista pragmático, que o desenvolvimento sustentável representa a única saída para conciliar produção de riqueza e bem estar para a sociedade, sem comprometer a sobrevivência do planeta e da espécie humana. Baseado nesta constatação, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) assumiu o desafio de criar condições no meio empresarial e nos demais segmentos da sociedade, para que haja uma relação harmoniosa

entre essas três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental; para avaliar o desempenho sustentável das organizações

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS publica um modelo de gerenciamento: o Relatório de Sustentabilidade Empresarial (RSE). A publicação faz parte da missão do Conselho de comunicar, educar, convencer e mobilizar, e atende à demanda da sociedade organizada, que espera cada vez mais que as empresas prestem contas das suas ações e dos seus impactos, não apenas econômicos, mas sociais e ambientais (CEBDS, 2018).

O projeto do RSE segue o modelo sustentável dos relatórios modernos, mais enxuto, com linguagem jornalística e tabelas com índices demonstrativos baseados na metodologia GRI (*Global Reporting Initiative*). A iniciativa representa um papel fundamental na comunicação com as diversas partes interessadas, ou *stakeholders*, como governo, mídia, organizações não governamentais, empresas, entre outros. A ideia do projeto é prover a oportunidade para que esses públicos estratégicos conheçam como as empresas colocam em prática seus valores (CEBDS, 2018).

Os indicadores do RSE foram agrupados em três seções, que abrangem as dimensões econômica, ambiental e social da sustentabilidade e o conjunto faz parte do modelo integrado de informações, proposto pelo GRI. A estrutura proposta é flexível o suficiente para ser usada por qualquer empresa, respeitando suas particularidades. O principal objetivo é dar harmonia ao conjunto, ao mesmo tempo facilitando a definição e sistematização de indicadores de desempenho, tornando-os de fácil leitura e interpretação (CEBDS, 2018).

De acordo com o GRI (2012), a estrutura dos indicadores de sustentabilidade do GRI visa servir como um modelo amplamente aceito para a elaboração de relatórios sobre o desempenho econômico, ambiental e social de uma organização.

Os indicadores de desempenho de sustentabilidade do GRI foram organizados nas categorias econômica, ambiental e social. Os indicadores sustentáveis abrangem o desempenho relacionado aos insumos e produção. Além disso, abarcam o desempenho relativo à biodiversidade, à conformidade ambiental, econômica e social e outras informações relevantes, tais como gastos com meio ambiente e os impactos de produtos e serviços, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Indicadores de Desempenho Sustentável

Indicadores de Desempenho Economico		
Aspectos	Classe	Indicador
Desempenho Econômico	Essencial	Valor económico directo gerado e distribuído, incluindo receitas, custos operacionais, indemnizações a trabalhadores, donativos e outros investimentos na comunidade, lucros não distribuídos e pagamentos a investidores e governos.
	Essencial	Implicações financeiras e outros riscos e oportunidades para as actividades da organização, devido às alterações climáticas.
	Essencial	Cobertura das obrigações referentes ao plano de benefícios definidos pela organização.
	Essencial	Apoio financeiro significativo recebido do governo.
Presença no Mercado	Complementar	Rácio entre o salário mais baixo e o salário mínimo local, nas unidades operacionais importantes.
	Essencial	Políticas, práticas e proporção de custos com fornecedores locais, em unidades operacionais importantes.
	Essencial	Procedimentos para contratação local e proporção de cargos de gestão de topo ocupado por indivíduos provenientes da comunidade local, nas unidades operacionais mais importantes
Impactos económicos indirectos	Essencial	Desenvolvimento e impacto dos investimentos em infra-estruturas e serviços que visam essencialmente o benefício público através de envolvimento comercial.
	Complementar	Descrição e análise dos Impactes Económicos Indiretos mais significativos, incluindo a sua extensão.
Indicadores de Desempenho Social		
Aspectos	Classe	Indicador
Emprego	Essencial	Discrimine a mão-de-obra total, por tipo de emprego, por contrato de trabalho e por região
	Essencial	Número total de trabalhadores e respectiva taxa de rotatividade, por faixa etária, género e região.
	Essencial	Benefícios assegurados aos funcionários a tempo inteiro que não são concedidos a funcionários temporários ou a tempo parcial.

Fonte: Adaptação do GRI (2012)

Tabela 4 – Continuação

Relações entre Funcionários e administração e segurança e saúde no trabalho	Essencial	Percentagem de trabalhadores abrangidos por acordos de contratação colectiva.
	Essencial	Prazos mínimos de notificação prévia em relação a mudanças operacionais, incluindo se esse procedimento é mencionado nos acordos de contratação colectiva.
	Adicional	Percentagem da totalidade da mão-deobra representada em comissões formais de segurança e saúde, que ajudam na acompanhamento e aconselhamento sobre programas de segurança e saúde ocupacional.
	Essencial	Taxa de lesões, doenças profissionais, dias perdidos, absentismo e óbitos relacionados com o trabalho, por região.
	Essencial	Programas em curso de educação, formação, aconselhamento, prevenção e controlo de risco, em curso, para garantir assistência aos trabalhadores, às suas famílias ou aos membros da comunidade afectados por doenças graves.
	Adicional	Tópicos relativos a saúde e segurança, abrangidos por acordos formais com sindicatos.
	Adicional	Média de horas de formação, por ano, por trabalhador, discriminadas por categoria de funções.
	Adicional	Programas para a gestão de competências e aprendizagem contínua que apoiam a continuidade da empregabilidade dos funcionários e para a gestão de carreira.
Formação e educação	Essencial	Percentagem de funcionários que recebem, regularmente, análises de desempenho e de desenvolvimento da carreira.
Diversidade e igualdade de oportunidades	Essencial	Composição dos órgãos sociais da empresa e relação dos trabalhadores por categoria, de acordo com o género, a faixa etária, as minorias e outros indicadores de diversidade.
	Essencial	Discriminação do salário base entre homens e mulheres, por categoria de funções.
Indicadores de Desempenho Ambiental		
Aspectos	Classe	Indicador
Materiais	Essencial	Materiais usados por peso e volume
	Essencial	Percentual dos materiais usados provenientes de reciclagem
Energia	Essencial	Consumo de energia direta discriminado por fonte de energia primaria
	Essencial	Consumo de energia indireta discriminado por fonte primaria
	Adicional	Energia economizada devido a melhorias em conservação e eficiência
	Adicional	Iniciativas para fornecer produtos e serviços com baixo consumo de energia, ou que usem energia gerada por recursos renováveis, e a redução na necessidade de energia resultante dessas iniciativas
Água	Adicional	Iniciativas para reduzir o consumo de energia indireta e as reduções obtidas.
	Essencial	Total de retirada de água por fonte
	Adicional	Fontes hídricas significativamente afetadas por retirada de água
Biodiversidade	Adicional	Percentual e volume total de água reciclada e reutilizada
	Essencial	Localização e tamanho da área possuída, arrendada ou administrada dentro de áreas protegidas, ou adjacentes a elas, e áreas de alto índice de biodiversidade.
	Essencial	Descrição de impactos significativos na biodiversidade de atividades, produtos e serviços em áreas protegidas e EME áreas de alto índice de biodiversidade fora das áreas protegidas.
	Adicional	Habitats protegidos ou restaurados.
	Adicional	Estratégias, medidas em vigor e planos futuros para a gestão de impactos na biodiversidade.
Emissões, Efluentes e Resíduos	Adicional	Números de espécies na lista vermelha da IUCN e em listas nacionais de conservação com habitats em áreas afetadas por operações, discriminadas por nível de risco de extinção
	Essencial	Total de emissões diretas e indiretas de gases causadores do efeito estufa, por peso.
	Essencial	Outras emissões indiretas relevantes de gases causadores do efeito estufa, por peso.
	Adicional	Iniciativas para reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa e as reduções obtidas.
	Essencial	Emissões de substâncias destruidoras da camada de ozônio, por peso.
	Essencial	NOx, Sox e outras emissões atmosféricas significativas por tipo e peso
	Essencial	Descarte total de água, por qualidade e destinação
	Essencial	Peso total de resíduos, por tipo e método de disposição
	Essencial	Numero e volume total de derramamentos significativos
	Adicional	Peso de resíduos transportados, importados, exportados ou tratados considerados perigosos nos termos da convenção da Basileia – Anexos I, II, III e VIII, e percentual de carregamentos de resíduos transportados internacionalmente
Produtos e Serviços	Adicional	Identificação, tamanho, status de proteção e índice de biodiversidade de corpos d' água e habitats relacionados significativamente afetados por descartes de água e drenagem realizados pela organização relatora
	Essencial	Iniciativas para mitigar os impactos ambientais de produtos e serviços e a extensão da redução desses impactos
	Essencial	Percentual de produtos e suas embalagens recuperados em relação ao total de produtos vendidos, por categoria e produto
Conformidade	Essencial	Valor monetário de multas significativas e numero total de sanções não-monetárias resultantes de não conformidade com leis e regulamentos ambientais
Transporte	Adicional	Impactos ambientais significativos do transporte de produtos e outros bens e materiais utilizados nas operações da organização, bem como do transporte dos trabalhadores
Geral	Adicional	Total de investimentos e gastos em proteção ambiental, por tipo

Fonte: Adaptado do GRI (2012)

Segundo a ISO 14031 (1999), os indicadores de sustentabilidade podem ser classificados em gerencial e operacional, conforme segue:

- Indicadores de desempenho gerencial: fornecem informações relativas a todos os esforços da gestão da empresa que influenciam positivamente no seu desempenho ambiental.
- Indicadores de desempenho operacional: proporcionam informações relacionadas às operações do processo produtivo da empresa, com reflexos no seu desempenho ambiental.

A Tabela 5 apresenta alguns exemplos dos dois tipos de indicadores mencionados anteriormente.

Tabela 5. Indicadores ambientais gerenciais e operacionais.

Indicadores de desempenho gerencial	Indicadores de desempenho operacional
• Custos Ambientais • Percentagens de metas ambientais atingidas • Número de empregados treinados • Número de auditorias realizadas • Tempo para realizações de não conformidades de auditorias • Número de incidentes ambientais • Tempo para respostas de incidentes ambientais • Número de queixas de empregados e população • Número de multas ou violação de avisos • Número de fornecedores contatados com gerenciamento ambiental • Custos de projetos de prevenção da poluição • Níveis de gerenciamento com responsabilidades ambientais especificadas	• Concentração de contaminação no ar do ambiente • Frequência de eventos fotoquímicos • Concentração de contaminação da superfície da água • Mudança do nível do lençol freático • Número de bactérias coliformes por litro de água potável • Área de terra contaminada restaurada • Concentração de contaminantes em tecidos de espécies locais • População de uma espécie animal específica em uma área definida • Aumento de proliferação de algas • Número de internações em hospitais por asma • Número de mortes de peixes em um curso de água definida • Nível de chumbo no sangue dos empregados

Fonte: ISO 14031 (1999).

No contexto da sustentabilidade as informações sobre o desempenho deverão ser contextualizadas sobre de que modo a organização contribui ou pretende contribuir no futuro para a melhora ou deterioração das condições econômicas, ambientais e sociais em nível local, regional ou global. O modelo

deve, portanto, buscar expressar o desempenho em relação a conceitos mais amplos de sustentabilidade. Isso envolve a discussão do desempenho da organização no contexto dos limites e demandas relativos aos recursos ambientais ou sociais (GRI, 2012), visando integrar com a gestão de negócios da organização, e será discutido no tópico abaixo.

2.2.2 Relação da sustentabilidade e indicadores de gestão de negócios

Um dos primeiros trabalhos que tentaram relacionar a sustentabilidade com os indicadores de gestão de negócios foi o trabalho de Fiksel, McDaniel and Mendenhall (1999). Os autores apontaram quatro princípios fundamentais que podem auxiliar as empresas a abordar os desafios associados com a mensuração e relato da sustentabilidade, que são:

- **Abordar as duas perspectivas de consumo de recursos e criação de valor:** uma organização sustentável deve lutar para minimizar o consumo de recursos com a maximização de valor.
- **Incluir aspectos econômicos, ambientais e sociais:** a mensuração efetiva da sustentabilidade deve considerar o tripé de desempenho econômico, ambiental e social. Estes aspectos necessitam ser integrados e balanceados na ordem para obter o entendimento da compreensão da sustentabilidade do produto ou serviço de diferentes partes interessadas;
- **Considerar a sustentabilidades em todos os estágios do ciclo de vida do produto:** consumo de recursos e criação de valor ocorre durante todo o

ciclo de vida, incluindo suprimentos, manufatura, uso e disposição do produto;

- **Desenvolver indicadores de entrada e saída:** indicadores de resultados ou saídas, que são atribuídos para a melhoria dos processos das empresas e indicadores de mensuração de práticas internas ou expectativas de esforços para melhorar o desempenho futuro da empresa.

Segundo Fiksel, Mcdaniel e Mendenhall (1999), a primeira fase do processo de análise da sustentabilidade empresarial é o planejamento. Nesta fase a empresa deve desenvolver a política de sustentabilidade, identificar os aspectos de desempenho sustentável, estabelecer objetivos e selecionar os indicadores e métricas específicos, e comprometer-se para atingir os objetivos. Isto é o desenvolvimento do sistema de análise do desempenho de sustentabilidade. A segunda fase é a implementação do sistema de análise do desempenho de sustentabilidade. Para tal, é necessária a obtenção de apoio do nível gerencial, integração dos indicadores com os processos de negócios, análise e relato dos resultados atingidos, além de iniciar ações para melhoria. Na terceira fase está incluída a revisão do sistema de análise desenvolvido, onde deve haver uma reunião de retorno dos resultados e revisão dos passos do planejamento futuro.

Veleva e Ellenbecker (2001) afirmam que indicadores de sustentabilidade devem conter as três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, econômico e social) e os mesmos devem objetivar o alcance de resultados sobre os aspectos de operação, energia e uso de material, desenvolvimento comunitário, desempenho econômico, trabalhadores e produtos. A Tabela 6 apresenta alguns exemplos de indicadores de operação sustentável citados pelos autores, que

buscam estruturar um modelo de gestão sustentável, que será discutido na próxima seção.

Tabela 6: Indicadores de operação sustentável.

Aspecto Sustentável	Indicadores
Uso de Energia e Material	- Consumo de água - Uso de Material - Uso de Energia - Porcentagem de energia renovável
Ambiente Natural	- Porcentagem de resíduos gerados reaproveitados - Potenciais desastres Globais - Potencial acidificação - Kg. de Produtos químicos utilizados
Desempenho Econômico	- Custos associados com o gerenciamento socioambiental - Taxa de reclamações - Abertura que a empresa proporciona para participação em decisões
Comunidade e desenvolvimento da justiça social	- Gastos e contribuições para caridade sobre o percentual da receita - Número de empregados por unidade financeira de produtos vendidos - Número de participações de membros da comunidade
Trabalhadores	- Dias perdidos em função de acidentes de trabalho - Taxa de sugestões de empregados para melhorias do sistema ambiental - Taxa de rotatividade dos empregados - Número médio de horas de treinamento de empregados/ano - Porcentagem de empregados satisfeitos - Porcentagem de produtos projetados para desmontagem, reuso e reciclagem
Produtos	- Porcentagem de embalagens biodegradáveis - Porcentagem de produtos - Porcentagem de produtos retornáveis

Fonte: Adaptado de Veleza e Ellenbecker (2001)

O papel das empresas, conforme a Revista Exame GVCes (2018), será fundamental, mais do que o dos governos, para o desenvolvimento da sustentabilidade, atrelado à gestão dos negócios. Desta forma, foi desenvolvida uma metodologia do GUIA EXAME DE SUSTENTABILIDADE, maior levantamento de práticas de responsabilidade corporativa do Brasil, em parceria com o Centro

de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (GVCes).

Esse processo está dividido em dez temas: Direitos Humanos, Ética e Transparência, Gestão da Água, Gestão da Biodiversidade, Gestão de Fornecedores, Gestão de Resíduos, Governança da Sustentabilidade, Mudanças Climáticas (inclui gestão de energia), Relação com a Comunidade e Relação com Clientes, de acordo com o relatório da ONU (Revista Exame GVCes, 2018). A Tabela 7 demonstra os indicadores desenvolvidos nesta metodologia.

Tabela 7 – Indicadores de Sustentabilidade GVCes

DIMENSÃO	INDICADOR	SUBINDICADORES
ECONÔMICA	Planejamento estratégico sustentável no investimento	Objetivos socioambientais no planejamento estratégico. Quantificar aspectos socioambientais nas projeções financeiras. Avaliar os impactos sociais e ambientais e identificar alternativas sinérgicas com a sustentabilidade.
	Risco e Oportunidades	Processo de gestão de riscos e oportunidades corporativos que considere questões socioambientais de curto, médio e longo prazo. Levantamento e caracterização da gestão dos impactos econômicos negativos da organização.
	Crises e planos de contingência	Plano de contingência para gerenciar crises e/ou possíveis problemas que possam ocorrer durante a execução do projeto. Cobertura de seguro, além da cobertura de riscos do projeto ou empreendimento.
	Lucro econômico	Calcular o lucro econômico.
	Equilíbrio do crescimento	Calcular o nível de crescimento.
	Cumprimento legal	Atender legislação contábil.
	Ativos intangíveis	Procedimentos de gestão de ativos intangíveis.
	Gestão de desempenho	Adotar um sistema de gestão de desempenho baseado em indicadores. Medidas de geração de valor econômico para avaliar a adequação do nível de atividade (receitas) com relação aos recursos disponíveis).
	Demonstrações financeiras	Publicação de demonstrações financeiras.
SOCIAL	Erradicação do trabalho infantil	Compromisso formal com relação à erradicação do trabalho infantil e programa específico para contratação de aprendizes para atender o mínimo exigido pela legislação.
	Erradicação do trabalho forçado e compulsório	Compromisso formal com a erradicação do trabalho forçado ou compulsório.
	Não discriminação e valorização da diversidade	Compromisso formal com a valorização da diversidade e processos, e procedimentos implementados que objetivem a valorização da diversidade em matéria de emprego e ocupação.
	Assédio moral, sexual e livre associação	Participação de mulheres e negros nos quadros da empresa /projeto. Compromisso formal para combater o assédio moral (violência verbal, física, psíquica) e assédio sexual. Compromisso formal com a livre associação sindical e ao direito à negociação coletiva, e processos. Procedimentos implementados que asseguram os direitos trabalhistas na força de trabalho.

Fonte: Adaptado Revista Exame GVCes (2018)

Tabela 7 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	SUBINDICADORES
SOCIAL	Remuneração justa	Política de remuneração que garanta aos funcionários e sua família um nível de vida adequado.
	Atendimento aos funcionários e usuário	Processos e procedimentos implementados de comunicação e diálogo que buscam acolher, registrar, responder e esclarecer todas as críticas e sugestões ou denúncias relativas ao cumprimento de seu código de conduta, para o público interno e demais partes interessadas, e atendê-las quando procedente.
	Sanções Judiciais e administrativas	Erradicar processos judiciais.
	Desenvolvimento profissional	Garantir o acesso de todos os seus funcionários a atividades de educação e desenvolvimento que ampliem a competência, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico. Processos e procedimentos que busquem educação e desenvolvimento que ampliem a competência, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico.
	Contratação de trabalhadores terceirizados	Garantir a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados, inclusive no manual de conduta ética do projeto e/ou empreendimento.
	Gestão de fornecedores	Crítérios sociais para qualificação, seleção e monitoramento de seus fornecedores de bens e serviços. Erradicação do trabalho infantil e trabalho forçado ou compulsório pelo fornecedor, e procedimento adotado pela empresa para não contratação de fornecedores comprovadamente envolvidos com trabalho infantil e/ou com o trabalho forçado ou compulsório. Engajamento de seus fornecedores em relação a aspectos de médio e longo prazo relacionados ao negócio.
	Respeito a privacidade e uso de informação	Política corporativa que impede o uso de informações de terceiros (clientes, fornecedores, parceiros) sem sua autorização formal e previamente concedida.
	Investimento social privado	Política corporativa que contemple o tema de Investimento Social Privado. Promover iniciativas de Investimento Social Privado, como investimentos sociais de natureza não-voluntária a toda empresa.
	Compromisso com a comunidade	Incentivar o voluntariado por meio de programa estruturado, incluindo etapas de monitoramento e avaliação, respeitando as aptidões e desejos do funcionário. Política corporativa que contemple o tema de relacionamento com a comunidade local, e participar de esforços para a elaboração de políticas públicas por meio de propostas ou posicionamentos formais.
	Gerenciamento ambiental	Política Corporativa que contemple os seus aspectos ambientais cujas diretrizes são refletidas nos seus processos de planejamento Gestão em todas as unidades da empresa, abrangendo procedimentos adotados pela empresa para o recebimento de demandas de partes interessadas em relação ao meio ambiente; Programa formal, e efetivamente implementado, de comunicação de riscos ambientais. Licenciamento ambiental de seus projetos, instalações e operações. Sensibilização ou treinamento voltadas ao público interno incluindo funcionários diretos e trabalhadores terceirizados e/ou outros públicos focado nos aspectos e impactos ambientais Programas estruturados para o gerenciamento de seu desempenho ambiental, e publicar periodicamente o seu desempenho ambiental
AMBIENTAL	Seguro ambiental	Assegurar a degradação ambiental
	Procedimentos administrativos	Sanção judicial referente ao meio ambiente Licenciamento administrativo
	Procedimentos ambientais	Inquéritos ambientais
	Certificação ambiental	Certificação pertinente
	Produtos e serviços pós consumo	Minimizar impactos ambientais pós-consumo
	Consumo de recursos naturais	Utilização de materiais reciclados em suas operações utilizar água de reuso em seus processos produtivos e/ou captação de água da chuva (pluvial) em seus processos administrativos (escritórios, refeitórios, banheiros) avaliação de seu desempenho ambiental pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica para o uso eficiente de recursos e para produção mais limpa
	Área de preservação permanente	Áreas de Preservação Permanente (APP)

Fonte: Adaptado Revista Exame GVCes (2018)

Tabela 7 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	SUBINDICADORES
AMBIENTAL	Reserva legal	Reserva legal em suas propriedades ou propriedades de terceiros
	Geração de resíduos	Estudo de impactos e aspectos ambientais de seus produtos (bens ou serviços), Ações desenvolvidas pela empresa em prol da conservação e do uso sustentável da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	elaborar inventário das emissões, provenientes de suas atividades considera as emissões no processo de avaliação sistemática de aspectos e impactos ambientais de suas atividades mitigação das suas próprias emissões

Fonte: Adaptado Revista Exame (2018)

2.2.3 Síntese de indicadores de sustentabilidade

Elaborar indicadores de sustentabilidade consiste na prática de medir, divulgar e prestar contas, às várias partes interessadas, sobre o desempenho das organizações, visando atingir o objetivo do desenvolvimento sustentável. A expressão de um sistema de indicadores de sustentabilidade é abrangente, e considerada sinônima de outros termos e expressões utilizados para descrever a comunicação dos impactes econômicos, ambientais e sociais - *triple bottom line* (GRI, 2012).

Para estabelecer o nível de sustentabilidade nas organizações é necessária a construção de um sistema de indicadores sustentáveis. Slack et al. (2001), no início do século XX, garantiu não existir possibilidade de se reduzir a complexidade do desempenho de um negócio a um único indicador, havendo uma necessidade real de se aplicarem diversos indicadores, com o objetivo de atingir os mais diversos aspectos nos quais a estratégia do negócio se realiza. Há, também, a necessidade de entender como deve se dar a interação entre esses indicadores, a fim de viabilizar a constituição de ferramentas eficazes de gestão.

Diante do exposto, Brasil (2010), define uma metodologia de construção de indicadores com foco em políticas públicas, através de oito passos. O primeiro (Avaliar objetivos e metas) trata da compreensão das finalidades da política a se implementar e da forma como os indicadores podem refletir o nível de atingimento das metas e objetivos. O segundo passo (Identificar os principais interessados) tem por objetivo contemplar as diferentes necessidades de informação dos envolvidos. O passo seguinte (Definir tipos de indicadores) determina e classifica os indicadores em: chave, complementares e específicos, conforme a relevância dos assuntos de que tratam. O quarto (Definir critérios de seleção) oferece à seleção de indicadores uma análise quantitativa, conduzida por critérios eliminatórios e classificatórios, que têm por objetivo reduzir o grau de intuição da seleção. O passo cinco (Mapeamento dos indicadores) trata da forma de obtenção de dados e de operações matemáticas a serem realizadas, além de classificar indicadores em simples e compostos. O sexto passo (Realizar análise dos resultados), a partir da construção de uma matriz de priorização de indicadores, classifica-os para que os melhores posicionados possam ser finalmente validados durante a sétima etapa (Validar os indicadores selecionados).

Importante ressaltar que estes indicadores de sustentabilidade devem envolver as várias partes interessadas, com o objetivo de identificar os indicadores com aplicação generalizada e que se presumem relevantes para a maioria das organizações. Os pontos incluídos na seção estratégia e análise têm como objetivo proporcionar uma perspectiva resumida dos riscos e oportunidades, com que a organização se depara, no seu conjunto (GRI, 2012, SANTOS *et al*, 2017).

Ao montar um sistema de indicadores a organização deve considerar a seguinte orientação sobre compilação de dados (GRI, 2012):

- Divulgação das tendências: as informações apresentadas devem referir-se ao período abrangido pelo indicador (por ex., um ano) e, pelo menos, aos dois períodos anteriores, bem como às metas futuras.
- Apresentação da informação: em casos específicos, os dados normalizados são formatos considerados apropriados e úteis para a apresentação das informações.
- Agregação da informação: as organizações responsáveis pelos indicadores devem determinar o nível apropriado de agregação das informações.
- Métrica: os dados contidos no indicador devem ser apresentados utilizando uma métrica internacionalmente aceita e compreendida (por ex., quilogramas, toneladas, litros) e calculados utilizando fatores de conversão normalizados. Sempre que existam convenções internacionais específicas, estas devem ser especificadas nos indicadores.

No caso dos indicadores de sustentabilidade, geralmente estes estão divididos em dois tipos. Os do primeiro tipo são aqueles relacionados à realização/execução de práticas sustentáveis na organização, sendo muitas vezes uma análise subjetiva, mas que pode indicar áreas onde a organização deve se concentrar para melhorar o seu desempenho sustentável e nível de sustentabilidade organizacional (GRI, 2012), o outro tipo são aqueles que avaliam os resultados de um projeto ou empreendimento, indicadores métricos, que são utilizados para mensuração dos resultados (Veleva e Ellenbecker, 2001).

Brasil (2010), baseado em Rochet et al. (2005), Rua (2004), Jannuzzi (2005) e Ferreira et. al (2007), também definiu que indicadores devem possuir duas propriedades, denominadas: essenciais e complementares.

As propriedades essenciais são aquelas que devem ser apresentadas por todo indicador. Propriedades complementares, por sua vez, não são obrigatórias, mas são importantes por permitirem a análise e comparação entre diversos indicadores de sua utilidade (Brasil, 2010).

- Propriedades essenciais (Brasil, 2010):

- Validade: capacidade de representar a realidade, com maior proximidade possível.
- Confiabilidade: origem de fontes confiáveis.
- Simplicidade: fácil elaboração e entendimento.

Propriedades complementares (Brasil, 2010):

- Sensibilidade: capacidade de refletir mudanças em tempo oportuno.
- Desagregabilidade: capacidade de representação espacializada.
- Estabilidade: possibilidade de comparação de resultados obtidos em diferentes períodos.
- Economicidade: baixo custo de obtenção.
- Mensurabilidade: capacidade de ser medido.
- Auditabilidade: regras de uso claras e objetivas, que tornam fácil a compreensão e verificação da aplicação do indicador.

Para a seleção de pesos destes indicadores é importante utilizar critérios, de forma a selecioná-los com embasamento, e Saaty (1991) definiu o método AHP

como sendo de apoio à decisão multicriterial, baseado em três princípios: a construção de uma hierarquia; o estabelecimento de prioridades; e a consistência lógica das mesmas. A aplicação do AHP consiste em priorizar a importância relativa de “n” elementos de tomada de decisão em relação a um objetivo, através de avaliações parciais destes elementos, dois a dois, facilitando a análise pelos avaliadores. Através de um índice de consistência, verificam-se se os valores atribuídos a cada par de critérios estão coerentes, conforme propõem Francischini e Cabel (2003), Travessini et al. (2015), e Stefano, Casarotto Filho e Barichello (2015).

O esforço de construir um sistema de indicadores de sustentabilidade que se aperfeiçoe continuamente é o objetivo último de se tornar uma organização mais sustentável e mais coerente. Estas organizações devem elaborar este sistema indicadores de sustentabilidade(GRI, 2012) para:

- Adiantar-se em dar passos para operar de maneira mais sustentável;
- Facilitar a implementação de uma estratégia de sustentabilidade;
- Criar maior consciência sobre questões de sustentabilidade e compromisso em toda a organização;
- Aumentar a capacidade para medir o progresso obtido em metas específicas;
- Identificar reduções de custo;
- Identificar novos modelos de negócio, adaptados a contextos empresariais futuros;

O verdadeiro valor de um sistema eficaz de indicadores sustentabilidade reside na possibilidade que ele oferece de tomar as melhores decisões referentes à gestão, compra, emprego, investimento, participação em campanhas e outras decisões baseadas em melhorias dos processos. Dentre os principais pontos de excelência, podemos ressaltar: materialidade dos dados; Inclusão dos stakeholders; contexto da sustentabilidade; abrangência dos dados; equilíbrio dos indicadores; comparabilidade e exatidão dos dados; periodicidade de levantamento e clareza das informações, além da confiabilidade dos dados (GRI, 2012). Para se buscar esta excelência é importante utilizar metodologias específicas para o levantamento do desempenho de sustentabilidade para cada setor, como ocorre no da construção de rodovias.

2.3 Avaliação do ciclo de vida na área de construção de rodovias

O setor da construção de rodovias é responsável por um consumo substancial de energia e recursos naturais. Desta forma, em sua construção, e manutenção é gerado um impacto ambiental considerável ao meio ambiente (ANASTASIOU E PAPAYIANNI, 2015)

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma abordagem de gestão de negócio para melhoria do desempenho sustentável das organizações e das cadeias de valor, associadas, visando buscar a melhoria contínua de sistemas de gestão, processos e produtos (UNEP/SETAC, 2011).

Conforme pesquisa estruturada da literatura com as palavras-chave: “Life Cycle Assessment” e “Road System”, realizada no banco de dados Scopus, foram

identificados os seguintes artigos que tratam do tema, demonstrando relevância do mesmo, conforme Tabela 8.

Esta técnica é utilizada para determinar os aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um sistema de produto, por meio de inventário de todas as entradas e saídas relevantes deste sistema, avaliando os impactos, e interpretando os resultados das fases de inventário em relação aos objetivos de estudo (ISO 14040, 2001). A Figura 11 evidencia as etapas de avaliação do ciclo de vida, que compreende a definição dos objetivos e escopo, análise de inventário, avaliação do impacto e interpretação, para desenvolvimento de melhorias de produtos, planejamento estratégico, desenvolvimento de políticas públicas, apoio a *markentig*.

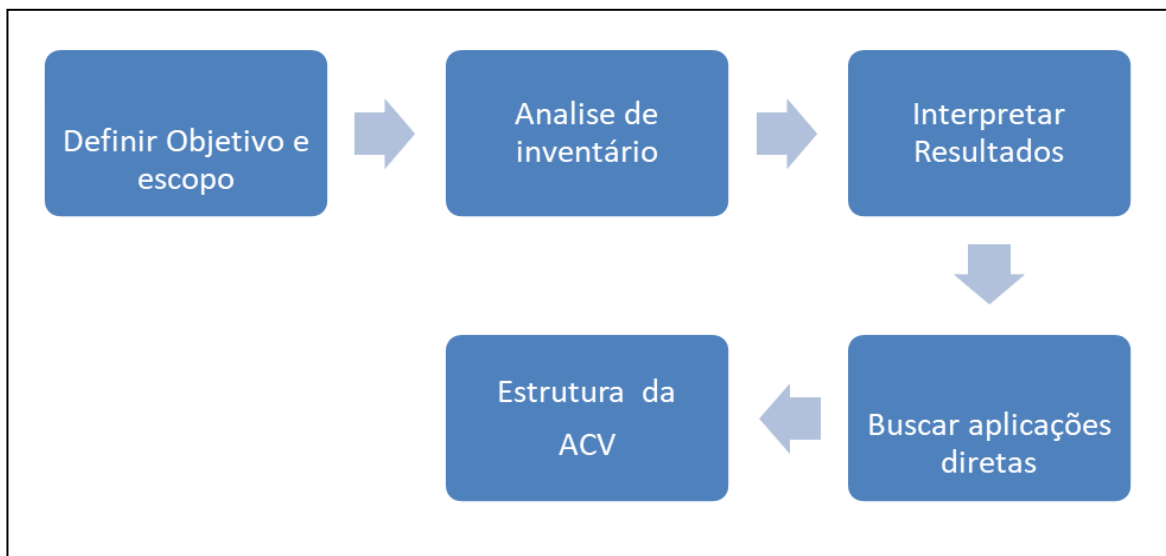


Figura 11: Etapas da Avaliação do Ciclo de Vida
Fonte: Autor

Tabela 8 - Descrição detalhada dos artigos selecionados para ACV

Autor	Descrição do trabalho
Santos et al., 2015	Foi proposto um gerenciamento de otimização multi-objetivo, para minimizar custos da agência rodoviária, usuário da estrada, além da redução das emissões de gases de efeito estufa.
Santos et al., 2017	Proposto técnicas de reciclagem de materiais para melhorar a sustentabilidade, mediante decisões de gerenciamento de pavimentos, para as organizações de pavimentos asfáltico.
Larrea-Gallegos et al., 2017	Fornecido uma análise aprofundada da sustentabilidade ambiental para construção, trânsito e a manutenção, com a finalidade de melhorar o planejamento da infraestrutura rodoviária em termos de inventários do ciclo de vida.
Bryce et al., 2017	Incluído sistematicamente dados na avaliação dos resultados para as decisões de gerenciamento do pavimento, para alcançar objetivos sustentáveis em matéria de design, construção e gestão de pavimentos, por meio de ferramentas de avaliação da sustentabilidade do pavimento.
Yang et al., 2016	Foi Aplicado o modelo LCI para investigar os efeitos regionais sobre a produção de pasta de asfalto, como material de pavimentação rodoviária, para capturar diferenças críticas regionais e metodológicas na produção de material.
Schlegel et al., 2016	Evidenciado que cal hidratado melhora a durabilidade do asfalto quente, por meio da avaliação comparativa do ciclo de vida (LCA) para o uso de resultando em 43% menos consumo de energia primária total, resultando em emissões de gases com efeito de estufa de 23% menores.
Butt A.A., Birgisson B., 2016	Sugerido uma nova estrutura LCA de pavimento para uso em materiais rodoviários. Os resultados permitiram uma avaliação centrada nos impactos ambientais do pavimento, associados a diferentes opções de design;
Ma F., Sha A., Lin R., Huang Y., Wang C., 2016	Proposto e definido os limites do sistema de produto, para as emissões de gases de efeito estufa do pavimento asfáltico, utilizando um método de avaliação do ciclo de vida. Os resultados mostraram que as emissões de gases de efeito estufa, na fase de mistura foram as mais altas, e representam cerca de 54% do total.
Guerrieri et al., 2015	Considerado que o impacto ambiental de uma estrada não pode ser limitado à análise de seus materiais constituintes, mesmo que seja corretamente analisado em seu ciclo de vida e incluído vários componentes e acessórios diferentes (por exemplo, marcação rodoviária, drenagens, barreiras de segurança, etc.).
Galatioto et al., 2015	Explorado o impacto de ampliado o limite do sistema de avaliação do ciclo de vida do pavimento rodoviário (LCA), onde foi incluído o aumento das emissões, por meio do tráfego, devido a atrasos durante a manutenção.
Jullien A., Dauvergne M., Proust C., 2015	Apresentado uma ferramenta específica chamada "ECORCE" dedicada à avaliação do ciclo de vida do pavimento rodoviário, que visa reduzir o consumo de materiais, água e energia por meio da avaliação de impactos.
Santos et al., 2017	Apresentado os resultados de um estudo com o objetivo de estimar e comparar os impactos do ciclo de vida das estruturas de pavimento flexível, considerando todas as fases do ciclo de vida do pavimento. Os resultados do estudo de caso mostrou que os materiais foram os principais contribuintes para o impacto ambiental do ciclo de vida do pavimento rodoviário.
Rezaei et al., 2014	Apresentado um quadro abrangente baseado na avaliação do ciclo de vida (LCA), para facilitar o processo de tomada de decisão, informado para diferentes cenários de gerenciamento, identificando e quantificando os atributos dos impactos e ciclo de vida de um sistema de infra-estrutura civil.
Lin et al., 2014	Delimitado os limites do sistema de avaliação para as emissões de gases de efeito estufa do pavimento asfáltico, de acordo com seu processo de construção, usando o método de avaliação de ciclo de vida (LCA) Os resultados mostraram que a quantidade de emissões de gases de efeito estufa, pela a superfície do asfalto, é o maior, na fase de mistura de asfalto.
Moretti L., Di Mascio P., D'Andrea A., 2013	Tratado um método versátil, sintético, simples e fácil de ser usado, baseado em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida, que resume aspectos multifacetados, muitas vezes concorrentes, ambientais, técnicos e econômicos na construção de estradas, para adotar de parâmetros e pesos variáveis, para aplicar o método a vários contextos.
Barandica et al., 2013	Avaliados os gases de efeito estufa em projetos de construção de estradas a partir de uma perspectiva do ciclo de vida. Os resultados demonstram que os trabalhos de terraplanagem é a principal atividade envolvida, com 60-85% das emissões na construção s relacionados, estritamente, com as emissões geradas pelo desempenho de máquinas.
Nicuță A.M., Frunză R., 2013	Avaliado o impacto ambiental para as misturas de asfalto de pavimentos rodoviários reciclados e tradicionais, por meio da quantidade de dióxido de carbono equivalente, por tonelada de mistura, para destacar os benefícios do processo de reciclabilidade, a aplicabilidade da metodologia LCA, sobre o impacto ambiental do Pavimento de Asfalto Recuperado.
Loijos A., Santero N., Ochsendorf J., 2013	Criado uma metodologia de LCA de pavimento, que descreve os conceitos necessários para a realização de uma LCA de pavimento, e aplicado ao ciclo de vida dos pavimentos de concreto, para quantificar as emissões atuais em toda a rede rodoviária. Os resultados apresentaram a contribuição relativa de cada componente no ciclo de vida.
Noshadravan et al., 2013	Apresentada uma avaliação comparativa do ciclo de vida dos pavimentos, considerando a incerteza de medição e a incerteza da qualidade dos dados. Foi criado um indicador de comparação das diferenças nos impactos ambientais de dois projetos alternativos.
Huang et al., 2013	Ilustrado como os métodos de alocação, para a reciclagem, afeta o inventário de um processo (produção de asfalto). Esta análise sugeriu que a alocação econômica para co-produtos utilizados, como materiais de pavimentos secundários, podem ser mais apropriados para redução de impactos ambientais.
Giustozzi et al., 2012	Descrito uma metodologia para avaliar o impacto ambiental das atividades de manutenção, como desempenho, e o custo durante a vida útil do pavimento. Os resultados mostraram que esta metodologia pôde melhorar as práticas de gerenciamento de pavimentos nas estradas, por meio da implementação de estratégias eficientes em termos energéticos.
Yu B., Lu Q., 2012	Construído um modelo de avaliação do ciclo de vida, para estimar as implicações ambientais dos pavimentos utilizando módulos de materiais, distribuição, construção, congestionamento, uso e final de vida, de concreto de cimento Portland, sobreposição de asfalto de mistura quente. O estudo concluiu menos encargos ambientais do comcreto de cimento Portland.

Fonte: autor

Westkämper, Alting e Arndt (2000), já definiram no final do século XIX, que existem diferentes tipos de modelos de processos de ciclo de vida do produto:

- Engenharia: Análise das funções técnicas dos produtos;
- Produção: Otimiza os processos e a logística;
- Uso: Técnicas, comportamento e utilização do resíduo.

O processo de ACV analisa não somente os impactos causados ao meio ambiente como também identifica as melhorias que devem ser introduzidas para reduzi-los. Para ser válida, portanto, essa análise deve considerar:

- O consumo de matérias-primas e seus processos de extração e produção;
- Os processos de produção de insumos e materiais intermediários utilizados na fabricação de produtos;
- O processo de todos os materiais até se chegar ao produto final;
- A utilização de produto durante toda sua vida útil;
- A reciclagem, o tratamento e a disposição dos materiais resultantes do produto descartado, ao final de sua vida útil.

A ACV também pode ser utilizado para comparar seu impacto ambiental com o de outros sistemas de produtos, fabricados com materiais e processos alternativos, incluindo-se nessa análise, a destinação final dos resíduos e dos materiais recuperáveis ou recicláveis em cada alternativa considerada (VALLE, 2006).

Conforme Santos et al. (2015), para obter melhorias é importante relacionar a sustentabilidade ao método de avaliação do ciclo de vida como uma

ferramenta versátil capaz de informar decisões sobre seleção de recursos e melhoria dos processos, conforme veremos na seção a seguir.

2.3.1 Relação da Avaliação do Ciclo de Vida com a gestão dos negócios

Conforme Figueirêdo *et al.* (2010) a avaliação do desempenho sustentável é utilizada para dar suporte em decisões gerenciais sobre os aspectos ambientais, sociais e econômicos de uma organização, e de como estes aspectos podem interagir com as partes interessadas. A avaliação do desempenho ambiental realiza um monitoramento dos aspectos relevantes e compara os resultados com as metas estabelecidas e legislação pertinente, para que seja definido um sistema de gerenciamento sustentável organizacional.

É de extrema importância para uma bem sucedida avaliação de ciclo de vida, que todos os departamentos/processos e/ou funções da empresa trabalhem juntos; incluindo desenvolvimento de produtos, suprimentos, produção, logística, assim como marketing, de forma a integrar toda a gestão da sustentabilidade com a gestão da empresa. Todas as funções podem participar com iniciativas e soluções, baseadas no conhecimento particular de cada um dos departamentos. a Figura 12 ilustra o relacionamento de todos os departamentos e setores de negócio para o processo de avaliação de ciclo de vida (UNEP, 2015).

Desta forma, desde o final do século XX, busca-se integrar a metodologia de ACV com a gestão da sustentabilidade, considerando as questões de ciclo de vida dos produtos marketing, aquisição de material, design, produção, logística, uso e operação, manutenção, reclamação, reutilização, reciclagem e descarte (UMEDA, NONOMURA e TOMIYAMA, 2000).



Figura 12 – Funções do Gerenciamento do Ciclo de Vida
Fonte: Adaptado de UNEP (2015)

Prasad (2000), também já afirmava, no final do século passado, que o processo de elaboração de um produto não é completo até que seus materiais e as fases de ciclo de vida do produto não sejam completamente avaliados e seus resultados sejam satisfatórios. Uma avaliação pode ser realizada de forma qualitativa e quantitativa. Esta avaliação fornecerá informações que são essenciais para a gestão do desempenho organizacional com a medição de incidadores de produtividade, satisfação do consumidor, ou para a lucratividade da organização, conforme será evidenciado no item a seguir.

Deste modo, para melhorar a sustentabilidade das empresas do setor construção de rodovias, é importante identificar, por meio de metodologias e ferramentas apropriadas, as áreas prioritárias de ação. (SANTOS et al., 2015),

A construção de rodovias compreende diferentes técnicas de construção, além da utilização de diversos componentes e matérias primas (STRIPPLE, 2001), e a técnica de avaliação de ciclo de vida (ACV) pode auxiliar na análise dos impactos ambientais de uma rodovia (HUANG, SPRAY E PARRY, 2012)

De acordo com Butt, Toller e Birgisson (2015), o ACV pode ser utilizado para fins diferentes, dentro do campo de infraestrutura de transporte, onde todo o sistema pode ser estudado, ou a técnica pode ser aplicada em um único projeto ou um componente de um projeto.

O ciclo de vida de um sistema rodoviário pode incluir cinco fases: material e produção (incluindo a extração e processamento), construção, manutenção (incluindo a reciclagem), utilização e fim de vida. (BUTT, TOLLER E BIRGISSON, 2015),

Uma etapa fundamental para a aplicação da ACV é a elaboração do inventário da construção da via, o qual deve descrever os fluxos de materiais e de energia para o sistema, o que consiste de diferentes subprocessos, tais como a extração de matérias-primas, transporte, produção, consumo e eliminação de resíduos. Todos estes subprocessos requerem diferentes tipos de entradas e geram diferentes tipos de saídas. O resultado da análise de inventário é um resumo de todas as entradas e saídas relacionadas com a "unidade funcional" (STRIPPLE, 2001).

Um sistema de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), para melhoria da sustentabilidade, em rodovias é um campo de pesquisa que está em expansão, porém até datas recentes, a metodologia ainda é pouco aplicada na prática, principalmente no Brasil, além de não existir uma fonte de dados transparentes, no

mundo, para esses impactos a montante em função das diferenças regionais, (YANG, OZER e AL-QUADI, 2016). A aplicação desta técnica tem sido utilizada para gerar conhecimento, estudos, quer como ferramentas de quantificação independentes ou para comparações (BUTT, TOLLER E BIRGISSON, 2015).

Para a elaboração do inventário da construção de rodovias é preciso entender os principais elementos que compõem a estrutura do pavimento, que é o principal elemento da construção, bem como as principais matérias-primas envolvidas. Neste sentido a próxima seção irá apresentar uma revisão sobre o pavimento de rodovias.

2.5 O pavimento de rodovias

O pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito (DNIT. 2006)

Os pavimentos são classificados, de acordo com DNIT (2006):

- Flexíveis: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.

Os pavimentos flexíveis são compostos por camada superficial asfáltica, apoiada sobre camadas de base, de sub-bases e de reforço de subleito, conforme Figura 13 (BERNUCCI *et al.*, 2010)

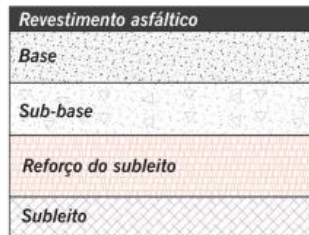


Figura 13: Composição do Pavimento Flexível
Fonte: Bernucci et al. (2010)

- Rígido: aquele em que o revestimento tem elevadas rigidezes em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

De acordo com Bernucci *et al.* (2010), os pavimentos rígidos são compostos por uma camada superficial de concreto de cimento Portland, apoiada geralmente sobre uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento, assentada sobre subleito ou leito, conforme Figura 14.

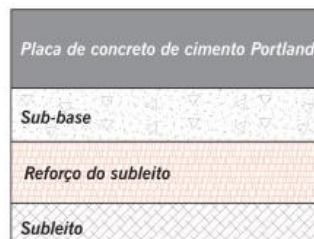


Figura 14: Composição do Pavimento Rígido
Fonte: Bernucci et al. (2010)

Conforme DNIT (2006), bases e subbases flexíveis, são classificadas conforme a Figura 15:

Bases e sub-base granulares (DNIT, 2006):

- Estabilização Granulométrica: camadas constituídas por solos, britas de rochas, de escória de alto forno, ou ainda, pela mistra desses materiais.
- Macames hidráulicos consiste em camada de brita de graduação aberta do tipo especial, que após compressão, tem os vazios preenchidos pelo

material de enchimento, constituído por finos de britagem (pó de pedra) ou mesmo por solos de granulometria e plasticidade apropriados.

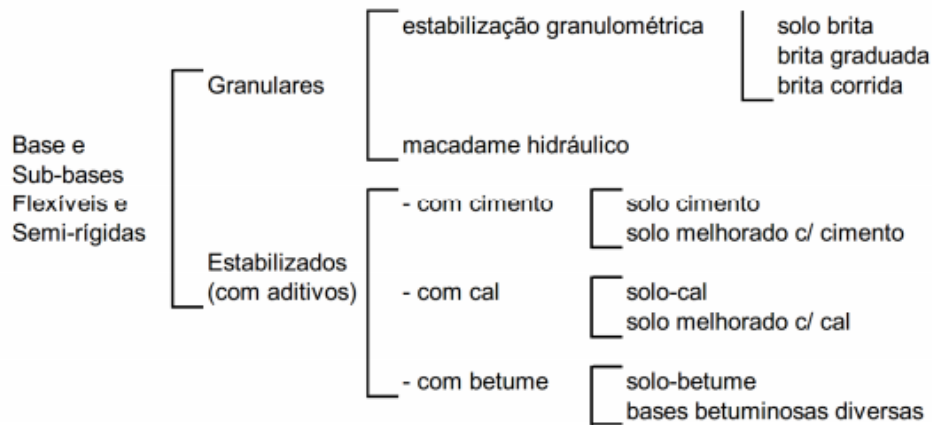


Figura 15: Classificação das bases e subbases flexíveis
Fonte: DNIT (2006)

Bases e sub-bases estabilizadas (DNIT, 2006):

- Solo cimento: mistura devidamente compactada de solo, cimento Portland e água;
- Solo melhorado com cimento: modalidade obtida mediante a adição de pequenos teores de cimento.
- Solo cal: mistura de solo, cal e água e, às vezes cinza volante, uma pozolona artificial
- Solo-betume: Mistura de solo água e material betuminos.

Conforme DNIT (2006), os revestimentos podem ser classificados conforme a Figura 16:

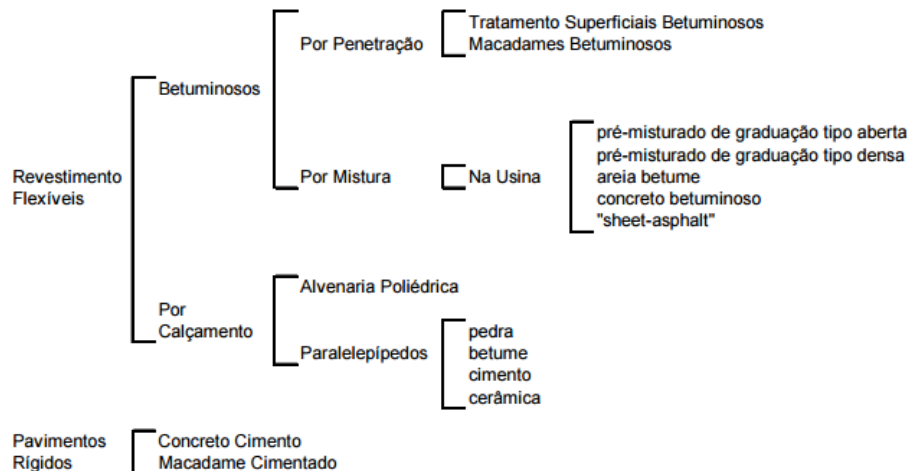


Figura 16: Classificação dos revestimentos
Fonte: DNIT (2006)

Revestimentos flexíveis e rígidos (DNIT, 2006):

- Revestimento flexível betuminoso por penetração: modalidade que envolve dois tipos distintos: por penetração invertida ou por penetração direta
- Revestimento flexível betuminoso por penetração invertida: são revestimentos executados através de uma ou mais aplicações de material betuminoso, seguido de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. Após aplicação sofre processo de impermeabilização
- Revestimento flexível betuminoso por penetração direta: revestimento executado através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria apropriada, sendo cada camada, após compressão, submetida a uma aplicação de material betuminoso e recebendo, ainda, na última camada, uma aplicação final de agregado múdo.

- Revestimento flexível por mistura: revestimento betuminoso por mistura, o agregado é pré-envolvido com material betuminoso antes da compressão (pré mistura a frio e a quente)
- Revestimentos flexíveis por calçamento:
 - a) Alvenaria poliédrica: camadas de pedras irregulares
 - b) Paralelepípidos: Camadas de pedras regulares
- Revestimentos rígidos: concreto de cimento, ou simplesmente concreto é constituído por uma mistura relativamente rica de cimento Portland, assim, agregado graúdo e água, distribuído numa camada devidamente adensada.

O revestimento asfáltico na composição de pavimentos flexíveis é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de vias urbanas, vicinais e de rodovias. Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto - Abeda (2017), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico.

No processo de emulsificação, é necessário que se promova a quebra do cimento asfáltico - CAP em partículas micrométricas e que o mesmo fique disperso no meio aquoso (ABEDA, 2017). Assim, normalmente, o cimento asfáltico é aquecido a uma temperatura que varia entre 140 a 145°C e a fase água, a uma temperatura que varia entre 50° a 60°C, na qual já se encontram previamente dissolvidos os agentes emulsificantes, cujo principal propósito é evitar que as partículas de asfalto se aglomerem, mantendo as duas fases em equilíbrio durante um período de tempo que pode variar de algumas semanas a alguns meses (ABEDA, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma preocupação frequente na engenharia de produção e gestão das operações é com relação às abordagens metodológicas utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos científicos na área. A importância metodológica de um trabalho pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, geralmente caracterizado pela busca da melhor abordagem de pesquisa a ser utilizada para endereçar as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução. O resultado é o desenvolvimento de trabalhos melhores estruturados que podem ser reaplicados e aperfeiçoados por outros pesquisadores. Isso visa, acima de tudo, a busca do desenvolvimento da teoria, por meio de sua extensão ou refinamento ou, em última instância, da proposição de novas teorias, contribuindo, assim, para a geração de conhecimento (MIGUEL, 2007). Portanto, nesta seção serão apresentadas as etapas a serem desenvolvidas para atingir os objetivos propostos, bem como os materiais e métodos a serem utilizados em cada uma das etapas.

Este estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica exploratório qualitativa, tendo como base dois estudos de casos para pesquisa de fontes secundárias, que permitiu uma visão geral referente aos fatos analisados e sua relação com referências teóricas estudados, além da aplicação da ferramenta multicritério. Os estudos de casos foram utilizados para coleta de dados com os seguintes instrumentos: análise documental, por meio dos editais públicos; e entrevistas semi-estruturadas para levantamento do grau de hierárquica, com a

ferramenta multicritério, gerando consequentemente o desenvolvimento e validação dos sistemas de indicadores (validação somente para os indicadores ambientais de desempenho métricos).

Já no início do século Barros e Lehfeld (2003), e também Triviños (2008), observavam a importância de realizar uma investigação (pesquisa) exploratória, para depois ir traçando as estratégias que conduzirão à implementação e à execução da pesquisa.

A pesquisa qualitativa é predominantemente descritiva, onde os pesquisadores são instrumentos chaves do estudo (RUDIO, 2004; TRIVIÑOS, 2015). Segundo Rudio (2004) descrever é narrar o que acontece, para descobrir e observar fenômenos, procurando descrevê-los, classificá-los e interpretá-los, desejando conhecer a sua natureza, sua composição, processos que os consultem, ou que neles realizam.

Uma das formas possíveis de se desenvolver uma pesquisa exploratório qualitativa é por meio do estudo de caso. O estudo de caso é um meio de se fazer ciência, principalmente quando a natureza do fenômeno observado é multideterminada e interessa conhecer de modo profundo e abrangente a singularidade de dada situação, mesmo que, em última instância, busque-se um conhecimento que, de alguma maneira ou em alguns aspectos, possa ser generalizável (BAPTISTA e CAMPOS, 2007).

3.1. Etapas do trabalho

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, as seguintes etapas foram propostas:

- **Etapas 1:** Revisão da literatura sobre indicadores de sustentabilidade, envolvendo as dimensões econômicas, sociais e ambientais.
- **Etapas 2:** Elaboração dos indicadores de sustentabilidade voltados para a fase de construção de rodovias. Esta etapa está subdividida em três subetapas, descritas a seguir: **Etapas 2.1:** Indicadores econômicos; **Etapas 2.2:** Indicadores sociais; e **Etapas 2.3:** Indicadores ambientais.
- **Etapas 3:** Avaliação dos indicadores e sua relevância para definição do nível de sustentabilidade para avaliar práticas sustentáveis das empresas na fase de construção de rodovias com pavimento asfáltico a ser desenvolvido.
- **Etapas 4:** Elaboração do sistema de indicadores para avaliar práticas de sustentabilidade nas empresas, avaliando o nível de sustentabilidade; e indicadores de desempenho para avaliação do empreendimento e do projeto do pavimento (indicadores métricos), para a fase construção de sistemas rodoviários.
- **Etapas 5:** Validação do sistema de indicadores de sustentabilidade ambientais quantitativos, através da utilização de fontes secundárias de dois estudos de casos, com dados de editais de licitação, por meio da aplicação da ACV.

A Figura 17 apresenta o framework de encadeamento de cada uma das etapas de pesquisa.

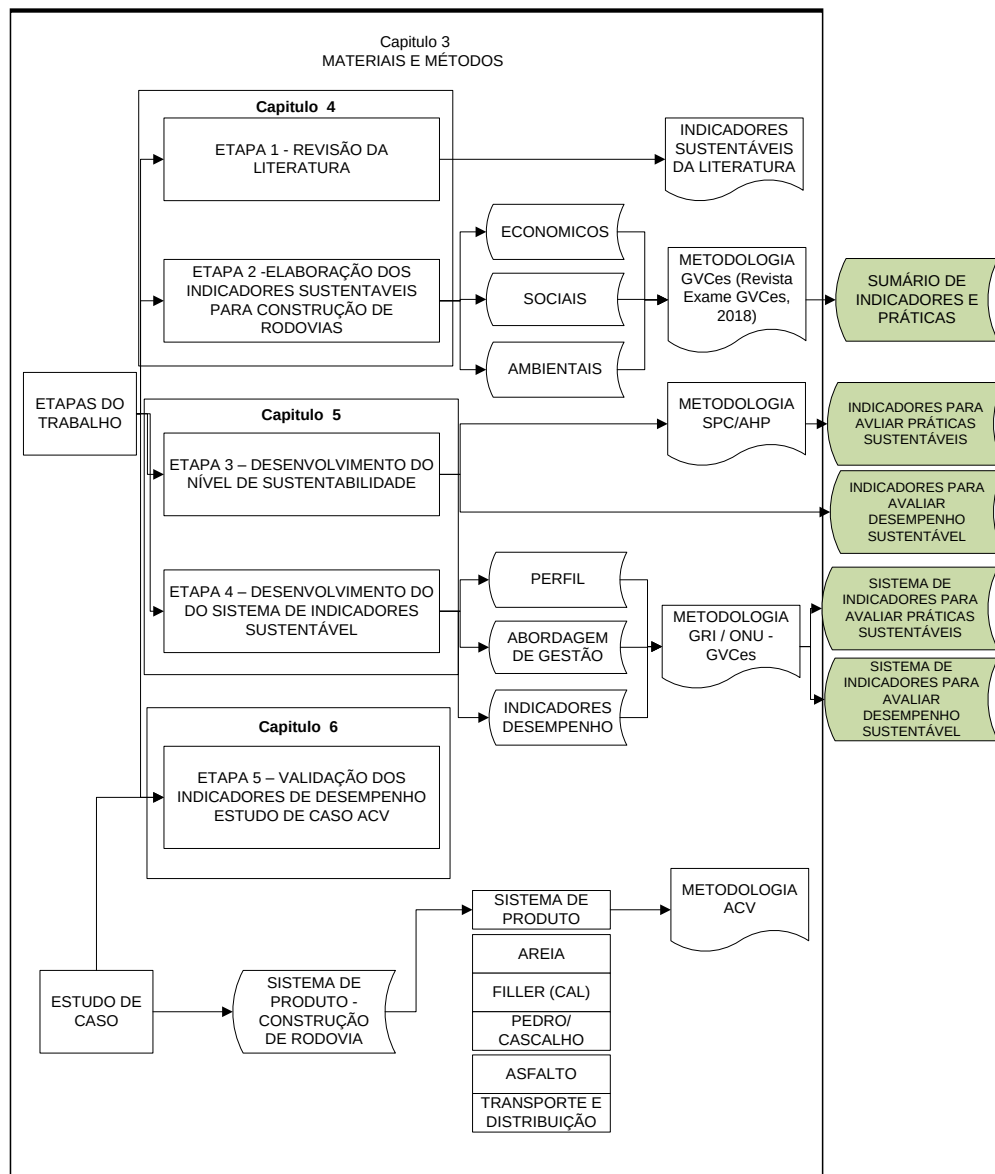


Figura 17: Etapas de realização do trabalho
Fonte: Autor

3.1.1 Etapa 1 – Revisão da literatura

Revisão da literatura sobre indicadores de sustentabilidade, envolvendo as dimensões econômicas, sociais e ambientais. Nesta etapa foram pesquisados os

principais periódicos nacionais e internacionais, por meio de pesquisa bibliométrica no banco de dados Scopus, bem como trabalhos científicos de institutos de pesquisa, teses de doutorado e dissertações de mestrados. Nesta etapa os principais resultados foram a definição dos principais indicadores de sustentabilidade que podem ser aplicados na fase de construção de rodovias, conforme os pilares de sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

De acordo com Figura 17, têm-se os principais constructos do modelo conceitual: sistemas de indicadores para avaliar práticas sustentáveis e sistema de indicadores para avaliar desempenho (métrico) sustentável. Nesse contexto, apresentam-se os 5 *gap's* de pesquisa (ressaltando que os *gap's* 6 e 7 serão sugeridos para trabalhos futuros) , levantados na análise bibliométrica, no Capítulo 2, que serão alcançados nas 5 etapas deste trabalho:

- *GAP 1: Realizar estudos adicionais em países em desenvolvimento.*
- *GAP 2: Verificar qual a melhor abordagem metodológica para avaliar o desempenho sustentável na construção de vias.*
- *GAP 3: Estabelecer um padrão de para análise do desempenho sustentável na construção de rodovias, por meio de estudo de caso e multicritério.*
- *GAP 4: Estudar se os benefícios ambientais que decorrem da avaliação de ciclo de vida em sistemas rodoviários levam a benefícios financeiros e sociais*
- *GAP 5: Incluir os benefícios sociais ao se analisar o desempenho ambiental na construção de rodovias*

3.1.2 Etapa 2 – Elaboração dos indicadores de sustentabilidade

Nesta etapa foram elaborados (selecionados) os indicadores de sustentabilidade pesquisados na Etapa 1, além de definidos os critérios necessários para aplicação para o segmento de rodovias. A seguir foi descrita cada uma das três subetapas necessárias.

A dimensão econômica da sustentabilidade refere-se aos impactos da organização sobre as condições econômicas das suas partes interessadas e sobre os sistemas econômicos a nível local, nacional e global.

Para a elaboração dos indicadores sociais, os mesmos foram desenvolvidos envolvendo várias partes interessadas, com o objetivo de identificar os indicadores com aplicação generalizada em práticas laborais, diversidade e requisitos legais, e que se presumem relevantes para as empresas do setor de construção de rodovias.

Para a elaboração dos indicadores ambientais, para o projeto de pavimentos, as categorias de impactos ambientais atenderam aos critérios da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), pois conforme revisão preliminar da literatura é a metodologia mais abrangente para se identificar os impactos ambientais no ciclo de vida de um produto ou processo.

3.1.3 Etapa 3 – Avaliação dos indicadores pelo método SPC/AHP

A avaliação dos indicadores e sua relevância para os objetivos dessa pesquisa foram feitas através de um painel de especialistas que envolvem

pesquisadores na área de gestão ambiental, engenheiros especialistas na construção de rodovias.

Para a aferição dos pesos foi escolhido o método Structured Pairwise Comparison (SPC), utilizado por Sharifi et al. (2006) e Taleai et al. (2007), que pode ser considerado um método simplificado da AHP (Saaty, 1991).

Após a seleção dos indicadores mais relevantes, também foi utilizada uma análise hierárquica (SPC/AHP) para a ponderação e agregação dos pesos, a fim de gerar um indicador composto de sustentabilidade (STEFANO, CASAROTTO FILHO E BARICHELLO, 2015), para o sistema de indicadores de seleção de construtoras (indicadores para avaliar práticas). A metodologia SPC/AHP foi aplicada para definir: a construção de uma hierarquia; o estabelecimento de prioridades; e a sua consistência lógica, para selecionar os indicadores para o sistema de gestão sustentável, priorizando a importância relativa dos indicadores, para a tomada de decisão em relação a um objetivo, (STEFANO, CASAROTTO FILHO E BARICHELLO, 2015).

A Figura 19 ilustra o passo-a-passo para a aplicação do método AHP, cujas etapas são descritas a seguir:

a) Definição do problema e dos objetivos (Entendimento e Hierarquização do problema):

1) Selecionar os indicadores construídos (objetivos), a partir da aplicação das metodologias estudadas, o que foi realizado no Capítulo 4; 2) criar critérios que serão relacionados aos resultados sociais, ambientais e econômicos; 3) criar escala de comparação. A Figura 18 demonstra um desenho da matriz de relação de escolha de alternativas, pelo método AHP,

onde o objetivo principal, correspondente ao indicador pré-selecionado. Serão julgados pelos especialistas, conforme importância social, econômica e ambiental conforme uma escala de julgamento proposta por Saaty (1991), na Figura 20.

b) Construção da matriz (coleta do julgamento e construção da matriz):

para cada conjunto de elementos integrantes do mesmo nível hierárquico, de modo que os mesmos sejam comparados entre si em relação ao nível imediatamente acima, tendo concluído a organização dessa matriz, denominada matriz de preferências.

c) Determinação da importância relativa de cada indicador (razão de consistência da matriz e processo de agregação dos vetores de prioridades): através do cálculo de pesos, também estabelecidos pelos especialistas. Enquanto os componentes de pesos maiores estabelecem os níveis de prioridade de cada elemento, a maior soma dos indicadores e pesos serão utilizados para a medição da consistência do julgamento..

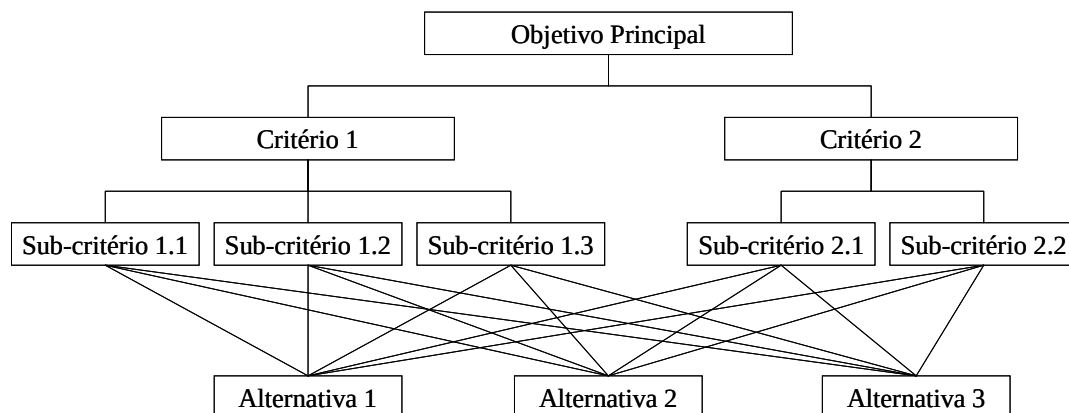


Figura 18 – Matriz de relação de escolhas de alternativas
Fonte: Autor

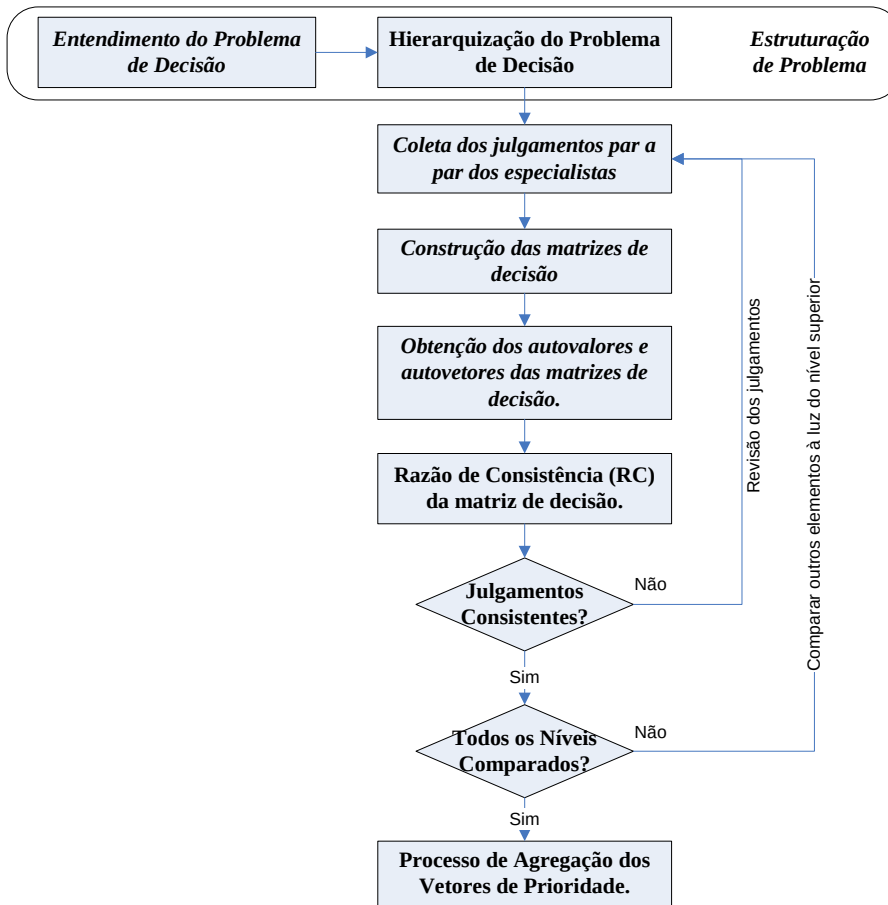


Figura 19 – Passo-a-passo de aplicação do método AHP
Fonte: Autor

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre outra.	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores Intermediários.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Figura 20 – Escala Fundamental de Saaty
Fonte: Saaty (1991)

d) determinação da importância relativa de cada indicador (razão de consistência da matriz e processo de agregação dos vetores de prioridades): através do cálculo de pesos, também estabelecidos pelos especialistas. Enquanto os componentes de pesos maiores estabelecem os níveis de prioridade de cada elemento, a maior soma dos indicadores e pesos serão utilizados para a medição da consistência do julgamento..

Os indicadores para avaliar o desempenho métrico foram selecionados das referências estudadas na pesquisa bibliográfica, conforme atendimento de requisitos do setor de construção de sistemas rodoviários.

3.1.4 Etapa 4 – Elaboração do sistema de indicadores sustentáveis

O desenvolvimento dos sistemas de indicadores de sustentabilidade para empresas na fase de construção de rodovias para a avaliação das práticas, para seleção (processo de licitação) de construtoras e/ou auto avaliação, e indicadores para avaliação do desempenho do empreendimento foram baseados na utilização dos indicadores desenvolvidos na Etapa 3, provenientes da metodologia do GRI (2012) /Diretrizes ONU (2018), ACV (ILCD, 2010) e GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), além de outros autores.

O sistema de indicadores de sustentabilidade atenderam aos seguintes princípios (GRI, 2012):

- **Estratégia e Perfil:** contexto da organização, que compreende todo desempenho organizacional, como a estratégia, a estrutura organizacional e a governança corporativa
- **Abordagem de Gestão:** abrange a forma como uma organização aborda um conjunto de questões, de forma a definir um contexto para a compreensão do desempenho numa área específica.
- **Indicadores de Desempenho:** Indicadores que trazem informações comparáveis sobre o desempenho econômico, ambiental e social da organização.

O sistema de construção dos indicadores de sustentabilidade resultou em um framework, conforme detalhados na Figura 21.

3.1.5 Etapa 5 – Validação e aplicabilidade do sistema e estudo de caso

Nesta etapa o sistema de indicadores de desempenho métrico ambiental, desenvolvido na etapa 4, foi aplicado com os dados da licitação da BR 251, entre Km 0 à 45,6 e das pontes sobre o córrego Santa Paz no Km 16,1 e ponte sobre o Rio Carangola, no Km 28,1 da rodovia BR-356/RJ, que constam no ANEXO I e II, aplicando o ACV, para levantamento dos mesmos.

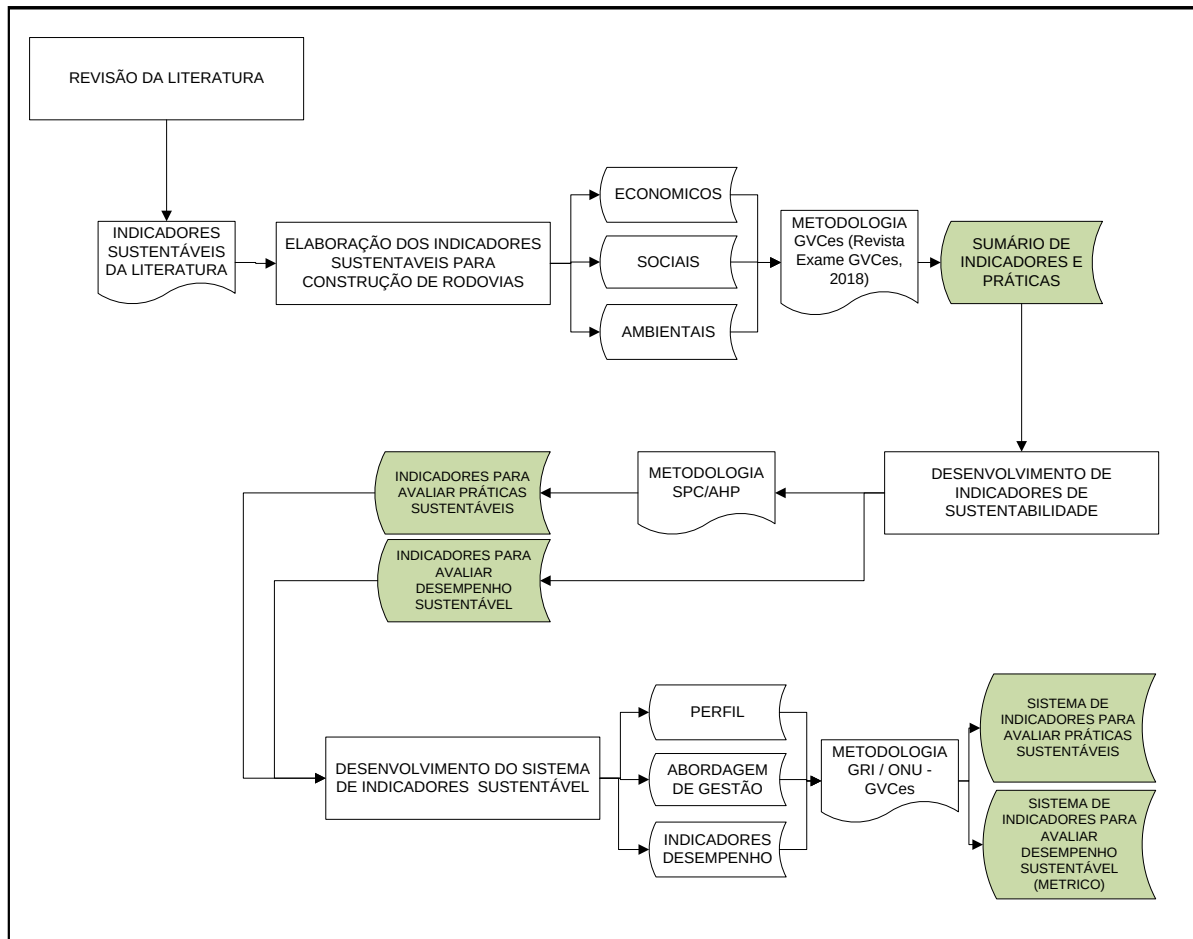


Figura 21 – Framework para elaborar sistema de indicadores sustentáveis .

Fonte: Autor

Os estudos de casos para extração dos dados secundários permitiram uma visão geral referente aos fatos analisados e sua relação com referências teóricas estudadas. Nestes estudos de casos foi utilizada para a coleta de dados a análise documental dos projetos identificados nas licitações para construção do ACV. O trabalho do ACV foi realizado por dois métodos: software OpenLCA (GreenDelta, 2019), e por inventários primários (ILCD, 2010) através da elaboração de uma rotina numa planilha eletrônica. Estes dois métodos foram utilizados para se comparar os resultados entre eles, e para validar a rotina de planilha eletrônica,

que poderá ser uma ferramenta útil para as empresas construtoras de rodovias para avaliar os indicadores ambientais referentes ao projeto de pavimento. Por ser extensa a descrição das etapas da ACV, os dois métodos foram detalhados no Capítulo 6.

Yin (2003 e 2010) salienta que é necessário considerar os seguintes princípios fundamentais para o trabalho de coleta de dados em estudos de caso: a) utilização de duas ou mais fontes de dados que convirjam em relação ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas; b) utilização de banco de dados para os casos, isto é, uma reunião formal de evidências e c) encadeamento de evidências, isto é, ligações explícitas entre as questões feitas, os dados coletados e as conclusões obtidas.

Importante ressaltar que a validação somente foi possível no pilar ambiental da sustentabilidade, em função dos dados e informações apresentadas nas licitações estudadas, que embasaram a construção da ACV.

Para levantar os aspectos e impactos ambientais foi utilizada a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV), que conta com as seguintes premissas, para realização (ILCD, 2010):

- **Aplicação pretendida do estudo:** análise dos processos do ciclo de vida no processo de construção de rodovias, para identificar os indicadores de impactos ambientais e de sustentabilidade da respectiva cadeia de suprimentos.
- **Justificativas para a realização do estudo:** necessidade de maior compreensão dos aspectos e impactos ambientais no ciclo de vida deste

processo e publicação científica dos resultados obtidos, além da criação de indicadores de sustentabilidade.

- **Público-alvo:** interno (a organização como um todo, em especial à alta gerência, como motivação para melhoria da política de sustentabilidade da organização a partir de uma visão de ciclo de vida do portfólio de seus produtos), para levantar os aspectos e impactos ambientais

Sistema de produto: O Sistema de produto, construção de rodovias com pavimento asfáltico.

4 ELABORAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS

A importância do setor da indústria da construção para o desenvolvimento econômico, social e ambiental para a sociedade é indiscutível (GRI, 2017; Butt e Birgisson, 2016), pois o setor é responsável por elevada geração de empregos, renda, impostos, viabilização de moradias, infraestrutura, estradas e tudo que daí advém. Também é sabido que o setor é um grande consumidor de recursos naturais e energéticos, além de gerador de resíduos. Nesse sentido, tem-se duas forças antagônicas: de um lado a importância econômica e social e de outro lado a questão ambiental do setor da construção. Para harmonizar essas forças antagônicas há, atualmente, um aumento de consciência para a adoção de práticas e processos em sua cadeia produtiva que visam à sustentabilidade (GRI, 2017).

A sustentabilidade no setor de construção implica em incorporar práticas sustentáveis que promovam integração com o meio ambiente, adaptando-as para as necessidades de uso, produção e consumo, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras; além da adoção de soluções que propiciem obras econômicas e o bem-estar social. Isso significa que as construções sustentáveis devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas, como a escolha de materiais ambientalmente corretos, de origem certificada e com baixas emissões de CO₂; com menor geração de resíduos durante a fase de obra; o cumprimento das normas, que suprimam menores áreas de vegetação; que demandem menos energia e água em todas as fases –

construção e uso – e que possam ser amplamente reaproveitadas no fim de seu ciclo de vida (GRI. 2017, ANTHONISSEN, VAN DEN BERGH, BRAET, 2016, BUTT e BIRGISSON, 2016, BRYCE et al., 2017, SANTOS *et al.*, 2017). Estas premissas justificam a necessidade e importância de avaliação e mensuração de indicadores e práticas em um sistema de indicadores de sustentabilidade.

A incorporação de práticas de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mercado. Sua adoção é “um caminho sem volta”, pois diferentes agentes – tais como governos, consumidores, investidores e associações – alertam, estimulam e pressionam o setor da construção civil a incorporar essas práticas em suas atividades (GRI-ROI, 2017; GUIGNOLT *et al.*, 2015; TURK *et al.*, 2016; ANTHONISSEN, VAN DEN BERGH e BRAET, 2016). Desta forma, o setor da construção precisa se engajar cada vez mais, mudando a forma de produzir e gerir suas obras, introduzindo uma agenda progressiva de indicadores e práticas de sustentabilidade, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para a sustentabilidade (GRI. 2017, BRYCE et al.; 2017, SANTOS *et al.*, 2017).

No entanto, o setor de construção rodoviário possui características de produção intrínsecas, como ter grandes distância de transportes das matérias primas, e ser uma construção de pequena largura se comparada a sua grande extensão longitudinal (CNT, 2016). Esta característica diferencia as obras de construção rodoviárias das demais e das práticas de sustentabilidade a serem adotadas.

Diante deste contexto, surgiu a necessidade da busca por indicadores sustentáveis, práticas e métricas para a construção de rodovias. Com isso em

mente, este trabalho se inicia com a divisão dos indicadores e das práticas, dentro de cada pilar da sustentabilidade (econômico, social e ambiental). Esta divisão foi baseada nos seguintes principais trabalhos: Veleza e Ellenbecker (2001), GRI (2012), ISO 14031 (1999) e o GVCes (Revista Exame GVCes, 2018)) da Fundação Getúlio Vargas. Com base nestas referências, para cada pilar da sustentabilidade (econômico, social e ambiental), os indicadores foram subdivididos conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Subdivisão das dimensões dos indicadores

DIMENSÃO DOS INDICADORES	INDICADORES	Objetivos dos indicadores
Econômico	Planejamento estratégico sustentável do investimento	Objetivos estratégicos Quantificação de aspectos socioambientais
	Risco e Oportunidades do projeto	Relação dos riscos e oportunidades com os aspectos socioambientais
	Gestão de desempenho do investimento	Sistema de gestão de desempenho Apresentação de resultados
	Crises e planos de contingência	Procedimentos de contingência em crises Mensuração de indicadores de resultado
Social	Diversidade	Erradicação, valorização, combate, inclusão de públicos diversos
	Desenvolvimento Profissional	Garantir educação e desenvolvimento Atendimento a requisitos de competências
	Gestão de fornecedores	Crítérios sociais para seleção e monitorar fornecedores e informações terceiros
	Investimento Social	Política de investimento social Promoção de iniciativas sociais
Ambiental	Gerenciamento Ambiental	Objetivos estratégicos Avaliar e monitorar o desempenho ambiental
	Geração de Resíduos	Gerenciar o passivo ambiental Mapear aspectos e impactos ambientais
	Consumo de recursos naturais	Consumo de recursos naturais Geração de resíduos
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Plano de gerenciamento de resíduos

Fonte: autor

Esta subdivisão estrutural idealizada no Quadro 3 busca atender aos seguintes aspectos contidos em um sistema de indicadores, conforme sugeridos por GRI-ROI (2017); Bryce *et al* (2017) e Santos *et al* (2017):

- Compreensão dos impactos econômicos, sociais e ambientais de suas atividades de forma qualitativa e quantitativa;
- Estabelecimento de interface com todas as partes interessadas sobre os aspectos e impactos econômicos, social e ambiental;
- Definição de quais são os aspectos e resultados mais importantes e relevantes para refletir suas contribuições econômicas, ambientais e sociais;
- Facilidade para definir metas e objetivos estratégicos;
- Facilidade para monitorar (ou se preparar para monitorar) seus resultados.

Em seguida, uma pesquisa bibliográfica foi realizada para verificar os temas em questão: indicadores e práticas de sustentabilidade (ambientais, sociais e econômicos). A pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados *Scopus*, com a combinação das seguintes palavras-chaves: “indicador de desempenho” e “práticas de sustentabilidade” e “sustentabilidade” e “sistemas rodoviários”, o que resultou em uma seleção de dezesseis artigos que evidenciam a importância dos indicadores e práticas sustentáveis para a busca da sustentabilidade em sistemas rodoviários. O Quadro 4 apresenta um resumo das práticas encontradas nestes artigos selecionados.

Quadro 4 – Resultado da pesquisa Scopus - práticas de sustentabilidade

Fontes de referência	Resultados da pesquisa	Setores
Praticò F.G., 2016	Práticas econômicas e ambientais em projetos utilizando novos produtos e tecnologias	Indústria de Produção de asfalto
Butt A.A., Birgisson B., 2016	Práticas econômicas e ambientais utilizando subprodutos	Construção de Rodovia
Du G., Safi M., Pettersson L., Karoumi R., 2014	Práticas de construção de indicadores ambientais	Construção de rodovias
Schlegel et al., 2016	Práticas de redução de consumo de recursos naturais	Construção de Rodovia
Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019	práticas de indicadores de sustentabilidade para avaliar projetos	Construção de Rodovia
Huang et al., 2013	Práticas econômicas e ambientais utilizando subprodutos	Indústria de Produção de asfalto
Giustozzi et al., 2012	Práticas de gerenciamento redução de custos financeiros em projetos sustentáveis	Sistema de manutenção de rodovias
Oltean-Dumbrava, C., Watts, G.R., Miah, A.H.S., 2014	Práticas para elaboração de projetos em prol da sustentabilidade	Construção Civil em geral
Strauss A., et al., 2018	Práticas de indicadores sustentáveis para melhoria do desempenho econômico	Construção de rodovias
Mirzadeh I., Butt A.A., Toller S., Birgisson B., 2014	Práticas de sistema de custeio visando a sustentabilidade	Construção de rodovias
Vedrenne M., Pérez J., Lumbreras J., Rodríguez M.E., 2014	Práticas de construção de ACV para melhorar o desempenho ambiental e econômico	Controle de tráfego de Sistemas Rodoviários
Eurling K.L., 2019	Práticas sociais e econômicas combinando soluções em desenvolvimento de projetos de sustentabilidade	Sistema de Segurança Rodoviário
Martínez-Blanco J., Forin S., Finkbeiner M., 2016	Prática para desenvolvimento de projetos visando a sustentabilidade	Manutenção de Sistemas Rodoviários
Fawcett, W., et al., 2015	Práticas para avaliação do desempenho financeiro de empreendimentos sustentáveis	Manutenção de Sistemas Rodoviários
Kim D.Y., et al., 2014	Práticas de construção de rodovias visando as dimensões sociais e econômicas	Manutenção e controle de tráfego de rodovias
Attallah Y. (2013)	práticas de mensuração dos impactos ambientais	Construção de Rodovia

Fonte: autor

Além da pesquisa de base de dados *Scopus*, destaca-se no referencial teórico dos indicadores e das práticas de outros trabalhos, em especial as diretrizes do GRI (GRI, 2012), ONU (ONU, 2018), GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), critérios da avaliação de ciclo de vida ACV (ELCD, 2010), além de outros autores, que reforçam a importância da elaboração e utilização de indicadores e práticas sustentáveis.

No entanto, após a revisão da literatura, não pôde ser verificada a existência em um único sistema de indicadores e práticas sustentáveis voltados especificamente para a construção de sistemas rodoviários, conforme ilustrado no Quadro 5. Foram somente encontrados práticas e indicadores isolados para o setor, conforme os resultados mostrados no Quadro 4.

Quadro 5 – Autores das práticas e indicadores de sustentabilidade

DIMENSÃO	INDICADORES	Referências de Práticas	Referências Indicadores Métricos
ECONÔMICA	Planejamento estratégico sustentável do investimento	Revista Exame GVCes (2018) GRI (2017) Kahneman (2012) Santana e Souza (2015) Fischer e Comini (2012) Austin et al. (2006) Sommerrock, (2010) Prahalad e Hart (2002) Porter e Krammer (2006) Attallah Y. (2013) Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Huang et al., 2013 Giustozzi et al., 2012	GRI (2017) GRI-ROI (2017) GRI (2012) Veleva e Ellenbecker (2001) Giustozzi et al., 2012 Porter e Krammer (2006)
	Risco e Oportunidades do projeto	Revista Exame GVCes (2018) GRI (2017) Elkington (2012) Oltean-Dumbrava, C., Watts, G.R., Miah, A.H.S., 2014	GRI (2017) GRI-ROI (2017) GRI (2012) Veleva e Ellenbecker (2001) Elkington (2012) Oltean-Dumbrava, C., Watts, G.R., Miah, A.H.S., 2014

Fonte: Autor

Quadro 5 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADORES	Referências de Práticas	Referências Indicadores Métricos
SOCIAL	Gestão de desempenho do investimento	Revista Exame GVCes (2018) GRI (2017) Munck e Souza (2009) Slaper E Hall (2011) Schlange (2006) Attallah Y. (2013) Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019 Strauss A., et al., 2018 Mirzadeh I., Butt A.A., Toller S., Birgisson B., 2014	GRI (2017) GRI-ROI (2017) Attallah Y. (2013) Veleva e Ellenbecker (2001) Strauss A., et al., 2018 Mirzadeh I., Butt A.A., Toller S., Birgisson B., 2014
	Crises e planos de contingência	Revista Exame GVCes (2018) GRI (2017) Porter e Krammer (2006) Schlange (2006)	GRI (2017) GRI-ROI (2017) GRI (2012) Porter e Krammer (2006)
	Diversidade	Revista Exame GVCes (2018) ONU (2018) Schlange (2006) Ahmad e Schroeder (2003) Das, Pagell e Behm; Veltri, (2008) Pagell e Gobeli, (2009) Pullman, Maloni e Carter, (2009) Hutchins e Sutherland (2008) Brown; Willis; Prussia, (2000) Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H. (2019) Kim D.Y., et al., 2014	GRI (2012) ONU (2018) Veleva e Ellenbecker (2001) Kim D.Y., et al. (2014)
	Desenvolvimento Profissional	Revista Exame GVCes (2018) ONU (2018) Elkington (2012) Schlange (2006) Flynn, Hou e Zhao (2010) Wu et al. (2010) Parmagiani <i>et al.</i> (2011)	GRI (2012) ONU (2018) Elkington (2012)
	Gestão de fornecedores	Revista Exame GVCes (2018) ONU (2018) Schlange (2006) Umeda, Nonomura e Tomiyama (2000) Tseng, Lin e Chiu (2009) Bryce et al, (2017) Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H. (2019) Kim D.Y., et al., 2014	GRI (2012) ISO 14031 (1999) ONU (2018)
	Investimento Social	Revista Exame GVCes (2018) ONU (2018) Schlange (2006) Parmagiani <i>et al.</i> (2011) Brown; Willis; Prussia, (2000) Wu et al., (2012) Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H. (2019) Eurling K.L, 2019 Martínez-Blanco J.Forin S.,Finkbeiner M., 2016 Fawcett, W., et al., 2015	ONU (2018) Veleva e Ellenbecker (2001) Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H. (2019) Fawcett, W., et al., 2015

Fonte: Autor

Quadro 5 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADORES	Referências de Práticas	Referências Indicadores Métricos
AMBIENTAL	Gerenciamento Ambiental	ISO 14031 (1999) Revista Exame GVCes (2018) Elkington (2012) Schlange (2006) Muchiri et al. (2011) Figueirêdo et al., (2010) Iritani, Silva, Saavedra, Grael e Ometto, (2015). Huang et al., 2013 Vedrenne M., Pérez J., Lumbreras J., Rodríguez M.E., 2014	ISO 14031 (1999) Veleva e Ellenbecker (2001) Elkington (2012) Iritani, Silva, Saavedra, Grael e Ometto, (2015).
	Geração de Resíduos	ISO 14031 (1999) ILCD, 2010 Revista Exame GVCes (2018) Melnyk, Sroufe e Calantone, (2003); Klassen e Whybark, (1999) Zhu e Sarkis, (2004) Anastasiou e Papayianni (2015) Santos et al. (2015) Butt, Toller e Birgisson (2015) Praticò F.G., 2016 Butt A.A., Birgisson B., 2016	ISO 14031 (1999) GRI (2012) Veleva e Ellenbecker (2001) ILCD (2010) Praticò F.G., 2016
	Consumo de recursos naturais	ISO 14031 (1999) Revista Exame GVCes (2018) Schlange (2006) Yang, Ozer E Al-Quadi, (2016) Schlegel et al., 2016	ISO 14031 (1999) GRI (2012) Veleva e Ellenbecker (2001) ILCD (2010) Schlegel et al., 2016
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	ISO 14031 (1999) Revista Exame GVCes (2018) Schlange (2006) Praticò F.G., 2016 Butt A.A., Birgisson B., 2016 Du G., Safi M., Pettersson L., Karoumi R., 2014	ISO 14031 (1999) GRI (2012) Veleva e Ellenbecker (2001) ILCD (2010) Praticò F.G., 2016 Du G., Safi M., Pettersson L., Karoumi R., 2014

Fonte: Autor

Dos autores que mais se destacaram com um maior número de referências dentro dos pilares da sustentabilidade, conforme o Quadro 5, pôde ser verificado que nenhum destes apresentaram um sistema de indicadores completo, que atendam aos temas e/ou palavras chaves desta pesquisa: “indicador de desempenho”, “práticas de sustentabilidade”, “sustentabilidade” e “sistemas rodoviários”, e a Figura 22 ilustra esta interrelação.

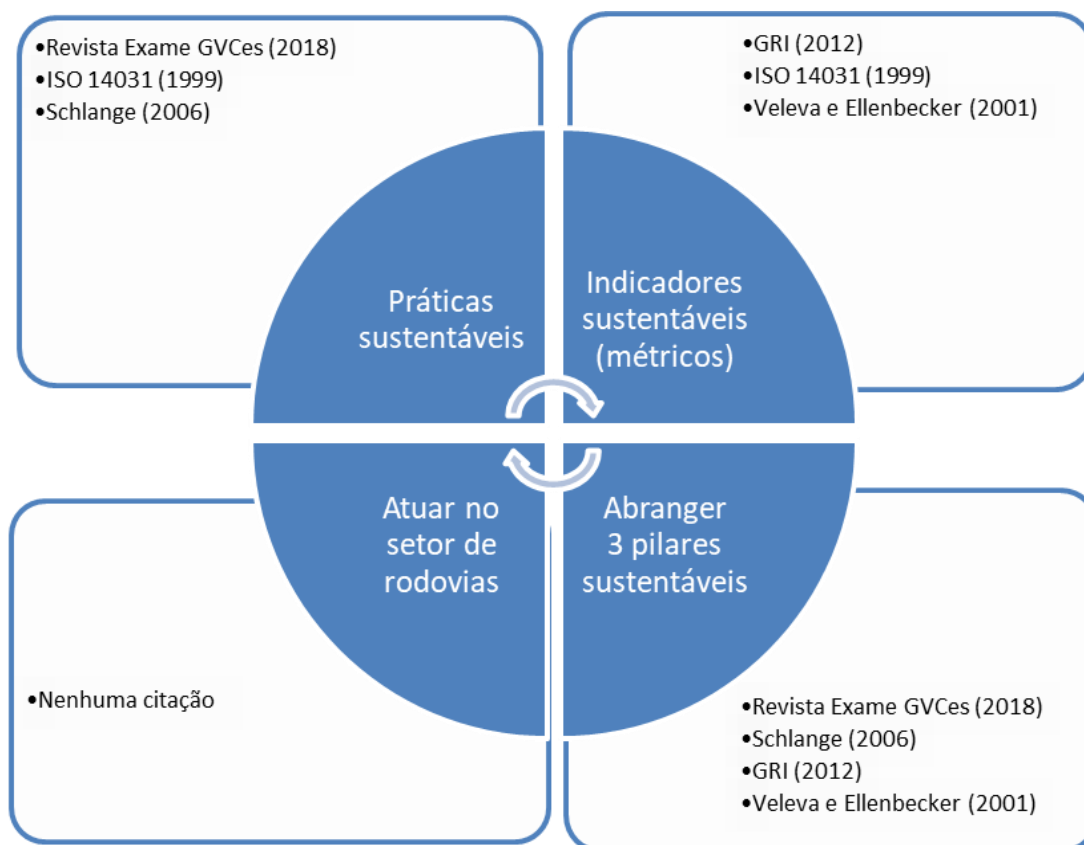


Figura 22 – Relacionamento de citações com critérios de indicadores
Fonte: autor

A construção da Figura 22 teve como método de escolha os autores que se destacaram em no mínimo nove (9) referências, de um total máximo de vinte e quatro (24) citações nas colunas, linhas e temas/palavras chaves: “práticas de sustentabilidade”, “indicador de desempenho” (métricos) e “sustentabilidade” (tripé econômico, social e ambiental), do Quadro 5. Este critério de corte foi estabelecido de forma que o autor seja representado com mais de 1/3 de referências, nos respectivos pilares de sustentabilidade, o que corresponde a um corte de 37,5% de representação das citações.

Nesta interrelação pode ser observado que nenhum autor atuou em todos os quatro temas/palavras chaves da pesquisa realizada, especificadas na Figura 22. Os cinco autores (Revista Exame GVCes, 2018; ISO 14031, 1999; Schlange, 2006; GRI, 2012 e Veleva e Ellenbecker, 2001) estiveram presentes em dois temas/palavras chaves das quatro selecionadas desta pesquisa.

A referência do modelo de indicadores GVCes (Revista Exame GVCes, 2018) esteve presente em todos os indicadores sustentáveis (12 indicadores), com 50% de referências apontadas, porém, presente somente em citações relacionadas ao tema “práticas sustentáveis”, e nenhuma referência no tema “indicadores de desempenho” (métricos), do respectivo Quadro 5.

Importante ressaltar que nenhum destes autores (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006; ISO 14031, 1999; GRI, 2012 e Veleva e Ellenbecker, 2001) foram específicos para o tema/palavra chave do setor de “sistemas rodoviários”.

Desta forma, para suprir esta lacuna, este trabalho selecionou indicadores e práticas de sustentabilidade, com a finalidade de elaborar um sistema de indicadores para empresas de construção de rodovias, pois não foi encontrado, nos autores estudados, nenhum sistema de indicador que atenda todas os temas/palavras chaves desta pesquisa: “indicador de desempenho”, “práticas de sustentabilidade”, “sustentabilidade” e “sistemas rodoviários”, ilustrado na Figura 22.

A escolha dos indicadores da literatura baseou-se nos critérios de seleção propostos por GRI (2012), e estão descritos no ANEXO III.

Os indicadores selecionados, que atenderam aos critérios estabelecidos pelo GRI e ao preenchimento da lacuna deste trabalho, foram provenientes da

metodologia GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), os quais foram identificados no referencial teórico, e apresentados na Tabela 7 (Revista Exame GVCes, 2018). Esta escolha se justifica, pois o GVCes apresenta um sistema de indicadores que teve maior citação nos temas/palavras chaves desta pesquisa (“práticas de sustentabilidade” e “sustentabilidade”), e maior representatividade de indicadores que englobam o tripé da sustentabilidade (econômico, social e ambiental). O Quadro 6, apresenta uma síntese dos indicadores selecionados do GVCes (Revista Exame GVCes, 2018).

Quadro 6 – Relação grupos de indicadores com indicadores GVCes

DIMENSÃO ECONÔMICA	INDICADOR/PRÁTICAS (Revista Exame GVCes, 2018)
Planejamento estratégico sustentável do investimento	Planejamento estratégico sustentável no investimento
Risco e Oportunidades do projeto	Risco e Oportunidades
Crises e planos de contingência	Crises e planos de contingência
	Lucro economic
	Equilíbrio do crescimento
	Cumprimento legal
	Ativos intangíveis
Gestão de desempenho do investimento	Gestão de desempenho do investimento
	Demonstrações financeiras
DIMENSÃO SOCIAL	INDICADOR GVCes (Revista Exame GVCes, 2018)
Diversidade	Erradicação do trabalho infantil
	Erradicação do trabalho forçado e compulsório
	Não discriminação e valorização da diversidade
	Assédio moral, sexual e livre associação
	Remuneração justa
	Atendimento aos funcionários e usuário
	Sanções Judiciais e administrativas
Desenvolvimento Profissional	Desenvolvimento profissional
	Contratação de trabalhadores terceirizados
Gestão de fornecedores	Gestão de fornecedores
	Respeito a privacidade e uso de informação
Investimento Social	Investimento social privado
	Compromisso com a comunidade
DIMENSÃO AMBIETAL	INDICADOR GVCes (Revista Exame GVCes, 2018)
Gerenciamento Ambiental	Gerenciamento ambiental
	Seguro ambiental
	Procedimentos administrativos
	Procedimentos ambientais
	Certificação ambiental
	Produtos e serviços pós consume

Fonte: autor

Quadro 6 – Continuação

DIMENSÃO ECONÔMICA	INDICADOR/PRÁTICAS (Revista Exame GVCes, 2018)
Geração de Resíduos	Geração de resíduos
	Área de preservação permanente
	Reserva legal
Consumo de recursos naturais	Consumo de recursos naturais
Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos

Fonte: autor

Os indicadores de sustentabilidade selecionados em suas dimensões: econômica, social e ambiental também foram divididos em subindicadores e em práticas. Os subindicadores foram identificados do GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), conforme Tabela 7. As práticas possuem como critério de escolha a consistência em ações positivas para atender os subindicadores e indicadores, e foram selecionadas do levantamento realizado da base de dados *Scopus* (Quadro 4), além dos outros autores referenciados no Quadro 5. Embora o sistema de indicadores escolhido como referência deste trabalho GVCes (Revista Exame GVCes, 2018) apresente algumas práticas, o modelo possui também algumas lacunas por não detalhar as práticas e por não se adequar ao setor de construção rodoviária. O outro ponto fundamental é que o sistema de indicadores do GVCes (Revista Exame GVCes, 2018) é um instrumento de uma auto-avaliação das empresas, sem a apresentação de documentos que comprovem as práticas realizadas

O sistema de indicadores proposto nesta tese tem por base práticas que podem ser comprovadas documentalmente, através de um portfólio contendo as ações e práticas sustentáveis realizadas pelas empresas. Sugere-se nesta tese que a apresentação de tal portfólio seja parte integrante dos editais de licitação,

para servir como um instrumento de avaliação e seleção das empresas concorrentes. E por isso, somente as práticas que podem ser analisadas por documentos foram escolhidas nesta tese.

Nos subcapítulos a seguir são apresentados os indicadores selecionados do GVCes (Revsita Exame GVCes, 2018) dentro de suas respectivas dimensões econômica, social e ambiental. Importante ressaltar que os pesos dos subindicadores e práticas foram definidos nesta tese como proporcionais à quantidade total dos respectivos subindicadores e práticas, conforme apresentado nas próximas seções, dentro de cada grupo de indicadores.

4.1 Indicadores econômicos

Os indicadores econômicos, na dimensão econômica da sustentabilidade, referem-se aos impactos da organização sobre as condições econômicas das suas partes interessadas e sobre os sistemas econômicos a nível local, nacional e global. Os indicadores econômicos ilustram (GRI, 2012):

- O fluxo de capital entre as diferentes partes interessadas;
- Os principais impactos econômicos da organização sobre toda a sociedade.

O desempenho financeiro é fundamental para compreender uma organização e a sua própria sustentabilidade. No entanto, esta informação é habitualmente disponibilizada nas demonstrações financeiras. O indicador que raramente surge nos relatórios, apesar de ser frequentemente desejado pelos seus utilizadores, é a contribuição da organização para a sustentabilidade de um sistema económico no qual está inserido (GRI-ROI, 2017).

Os critérios para elaborar os indicadores econômicos no processo de construção de rodovias, foram baseados no GRI (2012) e descritos a seguir:

a) Políticas Econômicas

- Definir compromisso global da organização: relativamente aos aspectos econômicos internos e externos (estabelecidas no planejamento estratégico e contexto da organização, como lucratividade, retorno sobre investimentos, etc.).
- Definir os sucessos e fracassos da organização: levantar no decorrer dos anos anteriores, todos os sucessos (pontos fortes, fracos), em relação ao aspecto financeiro;

b) Riscos e Oportunidades

- Definir os riscos e oportunidades da organização, conforme planejamento estratégico, devem ser definidos quais são os riscos e oportunidades da organização, referentes aos aspectos econômicos, riscos e oportunidades, que podem afetar índices econômicos, como lucratividade e investimentos;
- Definir principais mudanças nos sistemas ou estruturas para melhorar o resultado financeiro da organização, mudanças estas relacionadas aos aspectos econômicos, que podem influenciar nos resultados financeiros da empresa, como fusões, aquisições, ativos e passivos.

De acordo com as referências estudadas para a escolha dos indicadores econômicos, Revista Exame GVCes (2018); GRI (2017); Nogueira (2011), deve-se buscar:

- Atendimento às políticas econômicas; ao compromisso global da organização/projeto, sucessos e fracassos da organização/projeto.
- Definir riscos e oportunidades, conforme planejamento estratégico da organização/projeto e definir mudanças organizacionais ou de projetos.

O Quadro 7 apresenta a justificativa da seleção dos indicadores financeiros, conforme critérios estabelecidos para os indicadores e relação com o empreendimento de construção de rodovias.

Quadro 7 – Seleção dos indicadores econômicos

DIMENSÃO ECONÔMICA	INDICADOR (GVCes)	JUSTIFICATIVA DE INCLUSÃO (I) EXCLUSÃO (E)
Planejamento estratégico sustentável do investimento	Planejamento estratégico sustentável no investimento	I – Empreendimento em questão necessita de planejamento para execução
Risco e Oportunidades do projeto	Risco e Oportunidades	I – Empreendimento em questão possui riscos e oportunidades
Gestão de desempenho do investimento	Gestão de desempenho do investimento	I – Empreendimento em questão possui investimentos para gerenciar
	Demonstrações financeiras	I – Empreendimento em questão possui investimentos para gerenciar
Crises e planos de contingência	Crises e planos de contingência	I – Empreendimento em questão esta sujeito a crises durante execução
	Lucro econômico	I – Empreendimento em questão possui visa retorno financeiro
	Equilíbrio do crescimento	I – Empreendimento em questão possui visa retorno financeiro
	Cumprimento legal	I – Empreendimento em questão possui legislações a seguir
	Ativos intangíveis	E - Não atende requisitos do empreendimento, pois um projeto não contempla ativos intangíveis

Fonte: autor

A seguir, cada um dos indicadores econômicos e as respectivas práticas encontradas na literatura são apresentados.

4.1.1 Indicador Planejamento estratégico sustentável do investimento

O indicador planejamento estratégico sustentável do investimento é composto por critérios que devem conter objetivos socioambientais no planejamento estratégico, quantificar aspectos socioambientais nas projeções financeiras, avaliar os impactos sociais e ambientais (positivos e negativos) e identificar alternativas sinérgicas com a sustentabilidade (Revista Exame GVCes, 2018; Porter e Krammer, 2006) .

As práticas desse indicador devem incluir ações de inovação, reposicionamento e modelo de negócios de produtos, serviços e/ou processos, buscando reduzir os impactos negativos das operações e aumentar os benefícios sociais e ambientais (GRI-ROI, 2017, Porter e Krammer, 2006).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Objetivos sustentáveis formalmente contemplados no planejamento estratégico que quantifica aspectos socioambientais nas projeções financeiras (Revista Exame GVCes, 2018, Porter e Krammer, 2006).
- Sistemática de revisão do negócio, visando avaliar impactos sociais e ambientais (positivos e negativos) e identificar alternativas sinérgicas com a sustentabilidade (Prahalad e Hart 2002; Porter e Krammer, 2006).
- Levantar e analisar as receitas, indenizações a trabalhadores, donativos e outros investimentos na comunidade (Revista Exame GVCes, 2018; Sommerrock, 2010).

- Identificar e considerar as externalidades socioambientais positivas e negativas de seus produtos, processos e modelos de negócio (ILCD, 2010; Revista Exame GVCes, 2018; Hart 2002).
- Avaliação da sinergia de seus produtos, processos e modelos de negócio com a sustentabilidade (ILCD, 2010; Porter e Krammer, 2006).

No Quadro 8 são apresentados os subindicadores do indicador planejamento estratégico sustentável, seus pesos, suas respectivas práticas e o peso de cada uma delas .

Quadro 8 – Subindicadores e práticas do indicador planejamento estratégico

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.1 - Contemplar os objetivos socioambientais no planejamento estratégico	0,33	E.1.1 - Desenvolvimento de produtos e serviços (além do mínimo exigido por lei) que contribuam para o aumento da inclusão social e redução da pobreza (UNEP/SETAC, 2011, Huang et al., 2013)	0,33
		E.1.2 - Criação de um valor social, por meio de uma proposta de valor que não se limita apenas a atender populações mais pobres, mas também a atuar em outros segmentos do mercado (Sommerrock, 2010; Prahalad e Hart 2002; Porter e Krammer, 2006)	0,33
		E.1.3 - Criação de valor para os diferentes públicos com os quais a empresa mantém relacionamento (ILCD, 2010, Revista Exame, 2018, Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019).	0,33

Fonte: autor

Quadro 8 – Continuação

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.2 - Quantificar aspectos socioambientais nas projeções financeiras	0,33	E.2.1 - Uso mais eficiente de recursos naturais visando reduzir custos econômicos e impactos ambientais (UNEP/SETAC, 2011, Giustozzi et al., 2012).	0,25
		E.2.2 - redução dos impactos negativos das operações na sua cadeia de valor (ILCD, 2010, Kahnemam, 2012).	0,25
		E.2.4 - incorporar processos mais sustentáveis em suas atividades, gerando valor adicional para seus negócios (Austin et al., 2006)	0,25
		E.2.5 - investimentos e desenvolvimento de oportunidades relacionadas às mudanças climáticas (investimento em projetos de pegada de carbono, etc.) e à economia verde. (Revista Exame GVCes, 2018, GRI-ROI, 2017)	0,25
E.3 - Avaliar os impactos sociais e ambientais (positivos e negativos) e identificar alternativas sinérgicas com a sustentabilidade	0,33	E.3.1 - Revisão de seu negócio, visando avaliar seus impactos sociais e ambientais, objetivos e metas, além de identificar alternativas em consonância com a sustentabilidade (Revista Exame GVCes, 2018), CEBEDS, 2018)	0,50
		E.3.2 – Empreender a gestão da empresa visando ações sustentáveis (Santana e Souza 2015; Fischer e Comini, 2012)	0,50

Fonte: autor

4.1.2 Indicador Risco e Oportunidades do projeto

No indicador risco e oportunidades é importante levantar e caracterizar a gestão dos impactos econômicos negativos da organização, considerados a curto, médio e longo prazo (Revista Exame GVCes, 2018; Elkington 2012). Assim, este indicador foi dividido em dois critérios: processo de gestão de riscos e oportunidades corporativos que considere questões socioambientais de curto,

médio e longo prazo, levantamento e caracterização da gestão dos impactos econômicos negativos da organização.

Para buscar práticas para atender este indicador é importante atender a critérios que visam mitigação e/ou eliminação de: risco estratégico, risco financeiro (mercado, crédito, liquidez), risco legal ou regulatório (Elkington, 2012).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Processos e procedimentos implementados para gestão de oportunidades corporativas que considere aspectos socioambientais (processo sistemático para descobrir alternativas inovadoras que preservem ou gerem valor para a empresa, para o meio ambiente e para a sociedade. (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2017; Schlange, 2006).
- Responsabilidade gerencial (gestores) sobre a gestão de risco da organização (Revista Exame GVCes, 2018, Elkington (2012).
- Processos e procedimentos que busquem negócios inovadores do ponto de vista socioambiental (Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012).

No Quadro 9 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador riscos e oportunidades.

Quadro 9 - Subindicadores e práticas do indicador riscos e oportunidades

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.4 - Processo de gestão de riscos e oportunidades corporativas que considere questões socioambientais de curto, médio e longo prazo	0,50	E.4.1 - Gestão de riscos corporativos que considere de forma integrada impactos econômicos, sociais e ambientais, visando mitigação e/ou eliminação dos riscos estratégico (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
		E.4.2 – Analise de risco financeiro (mercado, crédito, liquidez) - (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33

Fonte: autor

Quadro 9 - Continuação

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		E.4.3 - Análise de risco legal ou regulatório (Revista Exame GVCes, 2018, GRI-ROI, 2017)	0,33
E.5 - Levantamento e caracterização da gestão dos impactos econômicos negativos da organização	0,50	E.5.1 - Implementar processos e procedimentos para gestão de oportunidades que considere aspectos socioambientais de curto, médio e longo prazo (Attallah Y., 2013)	0,50
		E.5.2 - Buscar alternativas inovadoras que preservem ou gerem valor para a companhia, para o meio ambiente e para a sociedade (Revista Exame GVCes, 2018, GRI-ROI, 2017, ISO 14031, 1999, Oltean-Dumbrava, C., Watts, G.R., Miah, A.H.S., 2014).	0,50

Fonte: autor

4.1.3 Indicador Gestão de Desempenho do investimento

No indicador gestão de desempenho do investimento é importante adotar sistemas de indicadores de gestão baseados em indicadores financeiros sustentáveis adequados ao nível de atividade com relação aos recursos disponíveis (GRI-ROI, 2017; Schlange, 2006)

Para buscar práticas que atendam estes indicadores é importante coletar e organizar as informações referentes aos investimentos socioambientais, e integrar estes dados no sistema de indicadores e informações gerenciais do próprio negócio (GRI-ROI, 2017; Schlange, 2006).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Sistema de gestão de desempenho baseado em indicadores sustentáveis (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2017; Schlange, 2006).
- Processos e procedimentos de coleta e organização de informações para os indicadores de sustentabilidade (GRI, 2017; Munck e Souza, 2009; Slaper e Hall, 2011).
- Acompanhamento e publicação das demonstrações financeiras e indicadores sustentáveis (GRI, 2017; Attallah Y., 2013).
- Lucro econômico ou outras medidas de geração de valor econômico, além das medidas de equilíbrio e crescimento. (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006; Porter e Kramer, 2006).
- Avaliação dos impactos dos investimentos em infraestruturas e serviços que visam essencialmente o benefício público (Slaper e Hall, 2011; Schlange, 2006).
- Sistema de gestão considera indicadores sustentáveis; (GRI, 2017; Slaper e Hall, 2011).
- Sistema integrado ao sistema de informações gerenciais da empresa (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006; Attallah Y., 2013).
- Preparação e manutenção atualizadas nas demonstrações financeiras, (Revista Exame GVCes, 2018; Porter e Kramer, 2006).

No Quadro 10 são apresentados os subindicadores do indicador gestão desempenho do investimento, práticas e forma de avaliação.

Quadro 10 -Subindicadores e práticas do indicador gestão desempenho do investimento

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.6 - Adotar um sistema de gestão de desempenho baseado em indicadores e publicar suas demonstrações financeiras	0,50	E.6.1 - Desenvolver objetivos econômicos de crescimento, investimento e orientação para a inovação (Schlange, 2006, Strauss A., et al., 2018)	0,33
		E.6.2 - Incluir na rentabilidade para seus acionistas, os impactos e ganhos gerados na sociedade e no ambiente (Slaper E Hall, 2011).	0,33
		E.6.3 - Utilizar indicadores como ferramenta de gestão e divulgar/publicar internamente esses valores (GRI-ROI, 2017, Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019)	0,33
E.7 - Medidas de geração de valor econômico para avaliar a adequação do nível de atividade (receitas) com relação aos recursos disponíveis), e cumprimento legal no atendimento as legislações contábeis e financeiras	0,50	E.7.1 - Preparar e publicar as demonstrações financeiras atualizadas monetariamente (GRI-ROI, 2017)	0,33
		E.7.2 - Calcular o lucro econômico ou outras medidas de geração de valor econômico. (Revista Exame GVCes, 2018, Attallah Y., 2013)	0,33
		E.7.3 - Atentar-se que lucro econômico não se trata de lucro contábil, e sim do resultado obtido após a dedução do custo de todo capital investido. (Porter e Krammer, 2006, Mirzadeh I., Butt A.A., Toller S., Birgisson B., 2014)	0,33

Fonte: autor

4.1.4 Indicador Crises e Planos de Contingência

No indicador crises e planos de contingência é importante possuir um plano de contingência para gerenciar as crises e/ou possíveis problemas que possam ocorrer durante a execução dos processos e/ou projetos (Revista Exame GVCes, 2018 e Poter e Krammer, 2006)

A busca de práticas para que atenda este indicador compreende atendimento aos requisitos de responsabilidade civil geral, informações e fraudes, desastres naturais, lucro cessante ou perda de receita (Revista Exame GVCes, 2018, Porter e Krammer, 2006)

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Plano de contingência, em caso de crises financeiras e sociais (Revista Exame GVCes, 2018 Revista Exame GVCes, 2018, Porter e Krammer, 2006).
- Cobertura de seguros das obrigações referentes ao atendimento dos objetivos financeiros sustentáveis estratégicos definidos pela organização. (Revista Exame GVCes, 2018).
- Seguro que abrange cobertura completa para todos os respectivos riscos do negócio (Revista Exame GVCes, 2018).

No Quadro 11 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador crises e planos de contingência.

Quadro 11 – Subindicadores e práticas do indicador crises e planos de contingência

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.8 - Plano de contingência para gerenciar crises e/ou possíveis problemas que possam ocorrer durante a execução do projeto	0,50	E.8.1 - Geração de uma planilha de riscos que contemple todos os riscos provenientes de crises diversas (em âmbitos econômica, social e ambiental) - (Revista Exame GVCes, 2018)	1,00
E.9 - Cobertura de seguro, além da cobertura de riscos do projeto ou empreendimento	0,50	E.9.1 - Riscos operacionais (Riscos cobertos por uma apólice de seguros de todos os riscos, em que somente são enumeradas as exclusões da cobertura): responsabilidade civil geral, desastres naturais, fraudes e lucro cessante ou perda de receita (Revista Exame GVCes, 2018)	1,00

Fonte: Autor

4.2 Indicadores Sociais

O desenvolvimento social é um processo de expansão das liberdades reais que as pessoas desfrutam, como crescimento do produto interno bruto, renda, industrialização e avanço tecnológico e modernização social, removendo as principais fontes de privação de liberdade: pobreza e tirania, carência de oportunidades econômicas e destituição social sistemática, negligência dos serviços públicos e intolerância ou interferência excessiva de Estados repressivos (Sen, 2007).

A ONU (2018), estabeleceu, também, 17 objetivos e metas (ODS) que estimulam a ação em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta, que são:

- Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
- Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar, melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero;
- Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;

- Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos;
- Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos;
- Objetivo 9. Construir infraestruturas robustas, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
- Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resistentes e sustentáveis;
- Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
- Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos;
- Objetivo 14. Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
- Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade;
- Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis;
- Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável;

Sen (2007) definiu cinco tipos distintos de liberdade, em prol da sustentabilidade social, que são: liberdades políticas, facilidades econômicas, oportunidades sociais, garantias de transparência e segurança protetora, que buscam promover a capacidade geral de um ser humano.

Os aspectos específicos que surgem na dimensão social baseiam-se em normas e legislações reconhecidas (GRI, 2012), como por exemplo,:

- Emprego;
- Relações entre trabalhadores e administração;
- Saúde e segurança no local de trabalho;
- Formação e educação;
- Diversidade e igualdade de oportunidades.

Os indicadores de sustentabilidade social, conforme metodologia do GRI (2012) e diretrizes da ONU (2018) foram levantadas, no processo de construção de rodovias, seguindo as seguintes categorias:

- a) **Levantamento de práticas laborais:** desenvolver indicadores relacionados à geração de emprego; relações entre trabalhadores e administração; saúde e segurança no local de trabalho; formação e educação; diversidade e igualdade de oportunidades.
- b) **Busca dos direitos humanos:** fomentar indicadores relacionados à liberdade de associação e o reconhecimento efetivo à negociação coletiva; abolição de todas as formas de trabalho forçado e obrigatório; abolição efetiva do trabalho infantil; eliminação da discriminação no emprego.

- c) **Relacionamento com a sociedade:** buscar indicadores relacionados à interação com a comunidade da circunvizinhança; combate à corrupção; ética nas políticas públicas; evitar a concorrência desleal; busca de conformidades legais.
- d) **Ética na responsabilidade pelo produto:** relacionar indicadores que se preocupem com saúde e segurança do cliente e funcionários; rotulagem correta e ética de produtos e serviços; comunicação ética de marketing; privacidade do cliente; conformidade dos produtos e serviços.

De acordo com as referências estudadas para a escolha dos indicadores econômicos - Revista Exame GVCes (2018); ONU (2018); Schlange (2006); Pagell e Gobeli (2009), Pullman, Maloni e Carter, (2009), deve-se buscar o relacionamento entre as práticas laborais da empresa, a busca pelos direitos humanos, a relação com a comunidade a qual está inserida, além da ética e transparência no desenvolvimento de produtos e serviços

No Quadro 12 é apresentada a justificativa de seleção dos indicadores sociais, conforme critérios estabelecidos para os indicadores e relação com o empreendimento de construção de rodovias.

Quadro 12 – Seleção dos indicadores sociais

DIMENSÃO SOCIAL	INDICADOR (GVCes)	JUSTIFICATIVA PARA INCLUSÃO (I) EXCLUSÃO (E)
Diversidade	Erradicação do trabalho infantil	I – Empreendimento possui potencial prática de trabalho infantil
	Erradicação do trabalho forçado e compulsório	I – Empreendimento possui potencial prática de trabalho forçado
	Não discriminação e valorização da diversidade	I – Empreendimento possui potencial prática de desvalorização de público
	Assédio moral, sexual e livre associação	I – Empreendimento possui potencial prática de assédios

Fonte: autor

Quadro 12 – Continuação

DIMENSÃO SOCIAL	INDICADOR (GVCes)	JUSTIFICATIVA PARA INCLUSÃO (I) EXCLUSÃO (E)
Desenvolvimento Profissional	Remuneração justa	I – Empreendimento possui potencial política de remuneração injusta
	Atendimento aos funcionários e usuário	I – Empreendimento possui funcionários e usuários para tratativas
	Sanções Judiciais e administrativas	E - Não se aplica ao empreendimento por ser um projeto pontual
	Desenvolvimento profissional	I – Empreendimento possui funcionários para gerir competências
	Contratação de trabalhadores terceirizados	I – Empreendimento possui funcionários e serviços terceirizados
Gestão de fornecedores	Gestão de fornecedores	I – Empreendimento possui fornecedores para gerenciar
Investimento Social	Respeito a privacidade e uso de informação	I – Empreendimento faz uso de informações de terceiros
	Investimento social privado	I – Empreendimento possui prováveis ações para investimentos
	Compromisso com a comunidade	I – Empreendimento possui comunidade para se relacionar

Fonte: autor

A seguir, cada um dos indicadores sociais e as respectivas práticas encontradas na literatura são apresentados.

4.2.1 Indicador Diversidade

No indicador diversidade é importante o compromisso formal em relação à erradicação do trabalho infantil, forçado e programa específico para contratação de aprendizes para atender o mínimo exigido pela legislação, valorização da diversidade, combate ao assédio moral, livre associação, políticas justas de remuneração e canais de diálogos com funcionários e terceiros (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012; Pullman, Maloni e Carter, (2009).

Para buscar práticas que atendam este indicador é importante a formalização de um código de conduta, políticas corporativas que contemplem este tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão), além da adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018, GRI, 2012, SETAC, 2011, Pullman, Maloni e Carter, 2009).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Compromisso formal com relação à erradicação do trabalho infantil, programas com aprendizes, discriminação sexual, gênero e racial, trabalho forçado, deficientes físicos estabelecidos em manual de conduta ética e procedimentos da empresa (Revista Exame GVCes, 2018 ; ONU, 2018, Schlange, 2006 ; Pullman, Maloni e Carter, 2009).
- Atendimento às legislações pertinentes em relação ao trabalho infantil, programas com aprendizes, discriminação sexual e racial, trabalho forçado, deficientes físicos (Revista Exame GVCes, 2018; ONU, 2018).
- Políticas específicas para valorização das diversidades raciais, aprendizes e deficientes físicos (Schlange, 2006 ; Pullman, Maloni e Carter, 2009).
- Processos e procedimentos implementados que asseguram os direitos trabalhistas na força de trabalho (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006).
- Investimento em meios de acessibilidade (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006).
- Comunicação com as partes interessadas sobre os compromissos formais em prol da diversidade (programas com aprendizes, discriminação sexual,

gênero e racial, trabalho forçado, deficientes físicos) - (Revista Exame GVCes, 2018; Ahmad e Schroeder, 2003; Pullman, Maloni e Carter, 2009).

- Políticas de recrutamento, seleção integração de públicos diversos (programas com aprendizes, discriminação sexual, gênero e racial, trabalho forçado, deficientes físicos) - (Hutchins e Sutherland, 2008; Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019).
- Canais de acessos para denúncias em relação às práticas discriminatórias, disponibilizando um canal confidencial para funcionários diretos e trabalhadores terceirizados para o recebimento destas denúncias e reclamações. (Revista Exame GVCes, 2018; Pullman, Maloni e Carter, 2009).

No Quadro 13 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador diversidade.

Quadro 13 – Subindicadores e práticas do indicador diversidade

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.1 - Compromisso formal com relação à erradicação do trabalho infantil e programa específico para contratação de aprendizes para atender o mínimo exigido pela legislação.	0,12	S.1.1 - Compromisso formal com relação à erradicação do trabalho infantil, por meio de: - Código de Conduta formalizado Política Corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão - Adesão formal de funcionários em iniciativas voluntárias para buscar a erradicação do tema (Revista Exame GVCes, 2018, SETAC, 2011, Kim D.Y., et al., 2014) - Buscar ação preventiva em potenciais situações que caracterizam trabalho infantil em todas as suas operações (ONU, 2018),	0,20
		S.1.2 - Comunicação sistemática do compromisso da erradicação da erradicação do trabalho infantil a todas as partes interessadas. (ONU, 2018, CEBDS, 2018).	0,20

Fonte: autor

Quadro 13 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.1.3 - Disponibilizar um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas dessas denúncias envolvendo trabalho infantil na empresa ou na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame – GVCes, 2018)	0,20
		S.1.4 - Criar programas para contratação de aprendizes, e oferecer: - Capacitação técnica do aprendiz em sua área específica de atuação - Promoção da autonomia, da capacidade de planejamento e da criatividade do aprendiz - Recrutamento e contratação junto a comunidades de baixa renda, próximas às instalações da empresa - Recrutamento e contratação por meio de organizações especializadas, atuantes no desenvolvimento e recuperação de jovens. - Adoção de planos de efetivação ou encaminhamento profissional (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.1.5 - Cumprir quota de percentual de aprendizes contratados na empresa de no mínimo 5% e no máximo 15% dos trabalhadores por localidade, conforme lei 10.097, de 19/12/2000, Art. 429 e sua regulamentação, o decreto 5.598/2005 (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
S.2 - Compromisso formal com a erradicação do trabalho forçado ou compulsório	0,12	S.2.1 - Compromisso formal com a erradicação do trabalho forçado ou compulsório, por meio de: - Código de conduta formalizado - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) - Adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018, SETAC, 2011, Kim D.Y., et al., 2014)	0,25
		S.2.2 - Comunicação sistemática do compromisso de erradicação do trabalho forçado para a todas as partes interessadas, e contemplar em todas as operações da empresa e de sua cadeia de suprimentos (ONU, 2018)	0,25

Fonte: autor

Quadro 13 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.3 - Compromisso formal com a valorização da diversidade e processos, e procedimentos implementados que objetivem a valorização da diversidade em matéria de emprego e ocupação	0,12	S.2.3 - Criar programa de conscientização do público interno sobre o risco de envolvimento da empresa com o trabalho forçado ou compulsório (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.2.4 - Disponibilizar de um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas a essas denúncias envolvendo este tipo de trabalho na empresa e na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.3.1 - Compromisso formal com a erradicação de todas as formas de discriminação, por meio de: - Código de conduta formalizado; - política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão), e - Adesão formal a iniciativas voluntárias - Eliminar a discriminação relacionada diversidade em: - Seleção e contratação: - Remuneração - Promoção - Acesso a treinamento - Sensibilização de funcionários diretos e trabalhadores terceirizados para o tema. (Revista Exame GVCes, 2018, Kim D.Y., et al., 2014)	0,20
		S.3.2 - Estabelecer postos de trabalho para deficientes (Schlange, 2006)	0,20
		S.3.3 - Buscar ações de prevenções em situações que caracterizem a discriminação da diversidade em todas as suas operações e monitorar a diversidade na empresa desenvolvendo atividades de valorização de grupos pouco representados na empresa. (Brown; Willis; Prussia, 2000; UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.3.4 - Contemplar o tema diversidade em todas as operações da empresa e de sua cadeia de suprimentos e realizar a comunicação sistemática do compromisso com a diversidade para a todas as partes interessadas (Brown; Willis; Prussia, 2000; ONU, 2018)	0,20

Fonte: autor

Quadro 13 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.3.5 - Disponibilizar de um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas a essas denúncias envolvendo a diversidade na empresa e na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
S.4 - Participação de mulheres e negros nos quadros da empresa /projeto	0,12	S.4.1 - Compromisso formal para participação de mulheres e negros no quadro da empresa, por meio de: - Código de conduta formalizado, - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) - Adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018, Kim D.Y., et al., 2014)	0,33
		S.4.2 - Comunicação sistemática do compromisso participação de mulheres e negros nos quadros da empresa para a todas as partes interessadas (Revista Exame GVCes, 2018, Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019)	0,33
		S.4.3 - Programa de conscientização do público interno sobre a participação de mulheres e negros nos quadros de funcionários da empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
S.5 - Compromisso formal para combater o assédio moral (violência verbal, física, psíquica) e assédio sexual	0,12	S.5.1 - Compromisso formal para combater o assédio moral (violência verbal, física, psíquica) e assédio sexual, por meio de: - Código de conduta formalizado, - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) e - Adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018 Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019, Kim D.Y., et al., 2014)	0,25
		S.5.2 - Contemplar a erradicação do assédio moral em todas as operações da empresa e de sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25

Fonte: autor

Quadro 13 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.6 - Processos e procedimentos implementados de comunicação e diálogo que buscam acolher, registrar, responder e esclarecer todas as críticas e sugestões ou denúncias relativas ao cumprimento de seu código de conduta, para o público interno e demais partes interessadas, e atendê-las quando procedente.	0,12	S.5.3 - Comunicação sistemática do compromisso para erradicação de todas as formas de assédio a todas as partes interessadas (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.5.4 - Disponibilização de um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas a essas denúncias envolvendo todos os tipos de assédios na empresa e na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.6.1 - Processos e procedimentos implementados de comunicação e diálogo que buscam acolher, registrar, responder e esclarecer todas as críticas e sugestões ou denúncias relativas ao cumprimento de seu código de conduta, para o público interno e demais partes interessadas, e atendê-las quando procedente (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
		S.6.2 - Possuir um código de ética e ter programa de orientação e treinamento para os empregados de todos os níveis hierárquicos para garantir que os valores e princípios estejam incorporados aos processos de trabalho e às atitudes e comportamento das pessoas. (Brown; Willis; Prussia, 2000)	0,33
		S.6.3 - Possuir canal de comunicação consolidado com os sindicatos, informando-os e fornecendo-lhes dados financeiros e relativos a objetivos estratégicos para subsidiar as discussões com informações transparentes. (Brown; Willis; Prussia, 2000, Schlange, 2006)	0,33
S.7 - Política de remuneração que garanta aos funcionários e sua família um nível de vida adequado	0,12	S.7.1 - Possuir política de remuneração que garanta aos funcionários e sua família um nível de vida adequado (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
		S.7.2 - Buscar a redução da distância entre a maior e menor remuneração pagas pela empresa, contribuindo para uma sociedade economicamente mais justa (Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019, Ahmad e Schroeder, 2003; Das, Pagell e Behm; Veltri, 2008; Pagell e Gobeli, 2009; Pullman, Maloni e Carter, 2009), e contemplar a realização de pesquisa para medir a satisfação dos funcionários quanto à política de remuneração e benefícios oferecidos pela empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50

Fonte: autor

Quadro 13 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.8 - Compromisso formal com a livre associação sindical e ao direito à negociação coletiva, e processos e procedimentos implementados que asseguram os direitos trabalhistas na força de trabalho	0,12	S.8.1 - Compromisso formal para a livre associação sindical, por meio de: - Código de conduta formalizado, - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) - Adesão formal a iniciativas voluntárias Incentiva e assegura o exercício destes direitos em todas as operações da empresa IRevista Exame GVCes, 2018; Kim D.Y., et al., 2014)	0,20
		S.8.2 - Processos e procedimentos implementados que asseguram os direitos trabalhistas dos funcionários (Revista Exame GVCes, 2018, Hutchins e Shtherland, 2008)	0,20
		S.8.3 - Comunicar os empregados sobre seus direitos e garantir que o seu exercício não resulta em consequências negativas IRevista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.8.4 - Oferecer condições seguras e programas de saúde para os empregado (Schlange, 2006)	0,20
		S.8.5 - Contemplar uma agenda aberta de diálogo, independente das negociações coletivas e da data-base definidas pelo governo e/ou entidades de representação dos funcionários IRevista Exame GVCes, 2018)	0,20

Fonte: Autor

4.2.2 Indicador Desenvolvimento Profissional

O indicador desempenho profissional expressa a importância de garantir o acesso de todos os seus funcionários à atividades de educação e desenvolvimento que ampliem a competência, as oportunidades de carreira e a

empregabilidade, e garantir a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados (Revista Exame GVCes, 2018, GRI, 2012; Elkington, 2012).

Para buscar práticas que atendam este indicador é importante a garantia ao acesso de todos os funcionários a atividades de educação e desenvolvimento, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Acesso de todos os seus funcionários a atividades de educação e desenvolvimento para ampliar as competências, as oportunidades de carreira e a empregabilidade (Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012; Schlange, 2006; Wu et al., 2010).
- Bolsas de estudos, independentemente da aplicação em sua função atual (Elkington, 2012; Schlange, 2006).
- Programas que garantam a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados (ONU, 2018; Elkington, 2012; Schlange, 2006; Wu et al., 2010).
- Diagnóstico de competências potenciais para serem desenvolvidas atividades internas de educação, (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006; Wu et al., 2010).
- Capacitar e desenvolver funcionários e terceiros para suprir deficiências em competências (Elkington, 2012; Wu et al., 2010).

- Atividades de educação e desenvolvimento para ampliar também as competências, as oportunidades de crescimento profissional de terceiros. (Revista Exame GVCes, 2018; ONU, 2018; Wu et al., 2010).

No Quadro 14 estão apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador desenvolvimento profissional.

Quadro 14 – Subindicadores e práticas do indicador desenvolvimento profissional

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.9 - Garantir o acesso de todos os seus funcionários a atividades de educação e desenvolvimento que ampliem a competência, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico, e processos e procedimentos que busquem educação e desenvolvimento que ampliem a competência, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico	0,50	S.9.1 - Elaborar diagnóstico de competências potenciais a serem desenvolvidas atividades internas de educação, capacitação e desenvolvimento de competências, com recompensas e aperfeiçoamento contínuo de todo o seu pessoal, considerando a aplicabilidade em sua função atual, (Parmigiani et al.; 2011; (Revista Exame GVCes, 2018, Schlange, 2006, Elkington, 2012)	0,50
		S.9.2 - Criar e oferecer bolsas de estudos, independentemente da aplicação em sua função atual (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
S.10 - Garantir a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados, inclusive no manual de conduta ética do projeto e/ou empreendimento	0,50	S.10.1 - Garantir a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados, além de realizar a conscientização sobre o tema equidade e utilizar indicadores para identificar áreas problemáticas, Parmigiani et al.; 2011; Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
		S.10.2 - Promover a equidade na remuneração de trabalhadores terceirizados e funcionários que exerçam funções equivalentes (ONU, 2018, Flynn, Hou e Zhao, 2010a., Wu et al., 2010)	0,50

Fonte: Autor

4.2.3 Indicador Gestão de Fornecedores

O indicador gestão de fornecedores expressa a importância de critérios sociais para qualificação, seleção e monitoramento de seus fornecedores de bens e serviços, erradicação do trabalho infantil e trabalho forçado ou compulsório pelo fornecedor, além de políticas relacionadas à ética entre contratante e contratado (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012; Schlange, 2006).

Para buscar práticas que contemplem o atendimento deste indicador é importante destacar os critérios que divulguem previamente e de forma transparente nos processos de seleção dos fornecedores, prever o reconhecimento e comunicação dos fornecedores que valorizam a adoção de práticas socioambientais, inclusão de cláusulas contratuais passíveis de monitoramento, previsão de medidas disciplinares e legais para situações de não enquadramento e processos de gestão (homologação, seleção etc.) da empresa, que diferenciam fornecedores pelo atendimento a critérios socioambientais (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012; Schlange, 2006).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Critérios sociais para qualificação, seleção e monitoramento de fornecedores de bens e serviço. (GRI, 2012; Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006; Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019).
- Cláusulas contratuais passíveis de monitoramento de critérios de sustentabilidade de fornecedores de bens e serviço. (Revista Exame GVCes, 2018).

- Desqualificação ao não enquadramento ou descumprimento de legislação referente aos critérios sociais de fornecedores de bens e serviços (GRI, 2012; Revista Exame GVCes, 2018; Umeda, Nonomura e Tomiyama, 2000).
- Desenvolver projetos e programas de sustentabilidade junto a fornecedores de bens e serviços. (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006; Bryce et al, 2017 ; Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019).
- Divulgação previamente e de forma transparente nos processos de seleção dos fornecedores (GRI, 2012; Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006).
- Reconhecer por meio de prêmios ou campanhas de comunicação os fornecedores que valorizam a adoção de práticas socioambientais (Revista Exame GVCes, 2018; Schlange, 2006).

O Quadro 15, abaixo, ilustra os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador gestão de fornecedores.

Quadro 15 – Subindicadores e práticas do indicador gestão de fornecedores

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.11 - Critérios sociais para qualificação, seleção e monitoramento de seus fornecedores de bens e serviços	0,25	S.11.3 - Incentivar à contratação de fornecedores locais (UNEP/SETAC, 2011, ONU, 2018, Kim D.Y., et al., 2014);	0,33
		S.11.4 - Incentivar à contratação de pequenos e médios fornecedores; (Schlange, 2006)	0,33
		S.11.5 - Realizar o pagamento pontual e correto das obrigações dos fornecedores subcontratados (Schlange, 2006)	0,33

Fonte: Autor

Quadro 15 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.12 - Erradicação do trabalho infantil e trabalho forçado ou compulsório pelo fornecedor, e procedimento adotado pela empresa para não contratação de fornecedores comprovadamente envolvidos com trabalho infantil e/ou com o trabalho forçado ou compulsório	0,25	S.12.1 - Programa de conscientização e monitoramento dos fornecedores sobre o risco de envolvimento com o trabalho infantil (ONU, 2018, IRevista Exame GVCes, 2018; CEBDS, 2018)	0,20
		S.12.2 - Programa de conscientização e monitoramento dos fornecedores sobre o risco de envolvimento ativo ou passivo com o trabalho forçado ou compulsório (UNEP/SETAC, 2011, CEBDS, 2018)	0,20
		S.12.3 - Manter um manual de conduta ética que proíba expressamente a utilização de práticas ilegais (ambientais e sociais) para obtenção de vantagens comerciais (Bryce et al, 2017)	0,20
		S.12.4 - Apuração e respostas a denúncias públicas de situações envolvendo trabalho infantil nos respectivos fornecedores (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.12.5 - Apuração e respostas a denúncias públicas de situações envolvendo trabalho forçado ou compulsório nos seus fornecedores (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
S.13 - Engajamento de seus fornecedores em relação a aspectos de médio e longo prazo relacionados ao negócio	0,25	S.13.1 - Possuir políticas de seleção e avaliação de fornecedores e parceiros conhecidos pelas partes envolvidas e não baseadas apenas em fatores como qualidade, preço e prazo. Mas com normas conhecidas de seleção e avaliação de fornecedores que contemplam critérios e exigências relativas ao cumprimento da legislação trabalhista, previdenciária e fiscal, além de critérios básicos de respeito à legislação, critérios específicos de responsabilidade social, e adoção de padrões ambientais. (Umeda, Nonomura e Tommiyama, 2000, Tseng, Lin e Chiu, 2009)	0,50
		S.13.2 - Estabelecer sanções para os fornecedores, em casos de falhas na aplicação de políticas de sustentabilidade (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50

Fonte: Autor

Quadro 15 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.14 - Política corporativa que impede o uso de informações de terceiros (clientes, fornecedores, parceiros) sem sua autorização formal e previamente concedida	0,25	S.14.1 - Política corporativa que impede o uso de informações de terceiros (clientes, fornecedores, parceiros) sem sua autorização formal e previamente concedida (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.14.2 - Fornecer orientações e procedimentos para as áreas responsáveis pela coleta, guarda e análise de dados provenientes de fornecedores, como dados cadastrais, informações confidenciais, e requisitos dos contratos firmados (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.14.3 - Estabelecer processos de auditoria externa para avaliar a eficácia dos sistemas de segurança estabelecidos visando evitar acesso ou apropriação indevida das informações por terceiros (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.14.4 - Verificação (interna ou externa) visando evitar acesso ou uso indevido das informações por membros da própria empresa (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.14.5 - Disponibilização de meios simples e eficazes para que o consumidor requeira a interrupção no uso de seus dados para fins comerciais, a qualquer tempo, mesmo que os tenha autorizado anteriormente serviço de atendimento a demandas de consumidores a empresa (Revista Exame, GVCes, 2018; CEBDS, 2018; Uteng T.P, Singh, Y.J., Hagen O.H., 2019)	0,20

Fonte: Autor

4.2.4 Indicador Investimento Social

No indicador investimento social é importante contemplar o tema e promoção de iniciativas de investimento social, incentivo de práticas de

voluntariado e bom relacionamento com a comunidade local (Revista Exame GVCes, 2018; ONU, 2018; GRI 2012; Parmagiani et al. (2011).

Para buscar práticas que contemplem este indicador é importante destacar nos investimentos sociais: avaliação e monitoramento dos resultados das iniciativas apoiadas, auditorias sobre os resultados e gestão das iniciativas apoiadas, criar condições para autossuficiência financeira e organizacional dos projetos (visão longo prazo), definir de forma clara a estratégia, indicadores e metas específicas para o investimento social, adotar práticas de transparência sobre as ações e recursos empregados, realizar consultas com *stakeholders* relevantes para a definição das prioridades de investimento (Revista Exame GVCes, 2018; ONU, 2018; GRI 2012; Schlange, 2006).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Processos e procedimentos que contemplem o tema de investimento social privado (Revista Exame GVCes, 2018; ONU, 2018; Schlange, 2006; Parmagiani et al., 2011).
- Promover iniciativas de investimento social privado (educação, cultura, saúde, geração de renda, acesso à informação, infraestrutura, e ter diferentes origens de recursos, tais como recursos próprios, incentivados ou não etc. Investimentos decorrentes do cumprimento de obrigações legais ou contratuais não deverão ser incluídos) - (Schlange, 2006; Parmagiani et al., 2011; Wu et al., 2012).

- Mensuração e avaliação dos indicadores das ações provenientes dos investimentos sociais praticados pela empresa (Parmagiani et al., 2011; Brown, Willis, Prussia, 2000).
- Práticas de voluntariado e relacionamento com a comunidade em seus investimentos sociais (Revista Exame GVCes, 2018; ONU, 2018).
- Considerar o investimento social na construção ou implementação dos seus investimentos financeiros (Revista Exame GVCes, 2018; Parmagiani et al., 2011).
- Realizar investimentos sociais com recursos disponíveis por meio de incentivos fiscais. (Revista Exame GVCes, 2018).
- Definição clara da estratégia, indicadores e metas específicas para o investimento social (Schlange, 2006; Parmagiani et al., 2011).

O Quadro 16 ilustra os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador investimento social.

Quadro 16 – Subindicadores e práticas do indicador investimento social

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.15 Política corporativa que contemple o tema de investimento social privado, promover iniciativas de investimento social privado, como investimentos sociais de natureza não voluntária a toda empresa	0,33	S.15.1 Política corporativa que contemple o tema de investimento social privado no planejamento estratégico da empresa (Revista Exame GVCes, 2018, ONU, 2018, GRI 2012, Eurling K.L, 2019)	0,25
		S.15.2 Contribuir na construção e diálogo participativo na implementação de políticas públicas e/ou de agendas coletivas de desenvolvimento sustentável, além de participar de conselhos e comitês (ou similares) para debater o desenvolvimento local (Revista Exame GVCes, 2018; CEBDS, 2018; ONU, 2018, Martínez-Blanco J., Forin S., Finkbeiner M., 2016)	0,25

Fonte: autor

Quadro 16 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.16 - Incentivar o voluntariado por meio de programa estruturado, incluindo etapas de monitoramento e avaliação, respeitando as aptidões e desejos do funcionário	0,33	S.15.3 - Estabelecer indicadores de acompanhamento das metas estabelecidas, monitorar, avaliar e comunicar os resultados sobre os investimentos sociais e definir de forma clara a estratégia, indicadores e metas específicas para o investimento social (CEBDS, 2018, Fawcett, W., et al., 2015; Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019, Fawcett, W., et al., 2015)	0,25
		S.15.4 - Política de investimento social disponível na área de livre acesso do website da empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.16.1 - Incentivar o voluntariado por meio de programa estruturado, incluindo etapas de monitoramento e avaliação, (Revista Exame GVCes, 2018, ONU, 2018)	0,50
	0,33	S.16.2 Nas ações de voluntariados: - Avaliar regularmente os resultados - Adotar práticas de transparência sobre as ações e recursos empregados - Realizar consultas com stakeholders relevantes para a definição das prioridades de investimento (Revista Exame GVCes, 2018, ONU, 2018, CEBDS, 2018, Fawcett, W., et al., 2015, Wu et al., 2012)	0,50
		S.17 - Política corporativa que contemple o tema de relacionamento com a comunidade local, e participar de esforços para a elaboração de políticas públicas por meio de propostas ou posicionamentos formais	0,20
		S.17.1 - Desenvolver política corporativa que contemple o tema de relacionamento com a comunidade local e trocar experiências com atividades culturais da economia regional/local. (Schlange, 2006 e ONU, 2018)	0,20
		S.17.2 - Garantir que as reclamações das comunidades sejam respondidas e gerenciadas de forma apropriada mapear, identificar e avaliar os riscos e impactos gerados na comunidade resultantes das atividades da empresa (CEBDS, 2018 e ONU, 2018)	0,20
		S.17.3 - Assegurar que informações sociais pertinentes sejam divulgadas e disseminadas em área de livre acesso do website da empresa (Revista Exame GVCes, 2018 e UNEP/SETAC, 2018, ONU, 2018)	0,20

Fonte: autor

Quadro 16 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.17.4 - Buscar medidas reparadoras em resposta às reclamações e manifestações da comunidade e possuir processo estruturado para registrar reclamações e promoção de reuniões sistemáticas para informar lideranças locais sobre providências tomadas (Wu et al., 2012; Brown; Willis; Prussia, 2000 e Parmagiani <i>et al.</i> 2011)	0,20
		S.17.5 - Possuir uma política formal de anteciparem-se as demandas da comunidade e informa-las sobre atuais e futuros planos de impactos de suas atividades, e envolver a comunidade na resolução de problemas (Wu et al., 2012)	0,20

Fonte: autor

4.3 Indicadores Ambientais

Os indicadores de desempenho ambientais, na dimensão ambiental, conforme Veleza e Ellencker (2001) referem-se aos impactos da organização nos sistemas naturais vivos e não vivos, incluindo ecossistemas, solos, ar e água. Os indicadores ambientais abrangem o desempenho relacionado com o consumo (por ex., matérias-primas, energia, água) e com a produção (por ex., emissões, efluentes, resíduos).

Para levantamento destes indicadores foi utilizada a metodologia GRI (2012), além da metodologia ELCD (2010), que envolve os seguintes passos:

- a) **Definição de objetivo:** definir os objetivos da organização relacionados ao desempenho ambiental, como de forma a demonstrar os resultados do desempenho em relação aos seguintes tópicos/aspectos ambientais, visando

o levantamento dos mesmos, como: consumo de matérias-primas; consumo de energia e água, além de outros recursos; geração de emissões, efluentes e resíduos, além dos impactos proporcionados pelos produtos/serviços;

- b) ***Compromisso ambiental da organização:*** definir políticas que indiquem o compromisso global da organização relativamente aos aspectos ambientais, ou indique a forma de obter acesso a essas informações, como: levantamento dos respectivos aspetos e impactos ambientais (consumo de matérias-primas; consumo de energia e água, além de outros recursos; geração de emissões, efluentes e resíduos, além dos impactos proporcionados pelos produtos/serviços)

De acordo com as referências estudadas para conseguir sucesso na escolha dos indicadores económicos, GRI (2012), ISO 14031 (1999), Revista Exame GVCes (2018), Elkington (2012), deve-se buscar:

- Análise dos processos do ciclo de vida no processo de construção de rodovias, para identificar os indicadores de impactos ambientais e de sustentabilidade da respectiva cadeia de suprimentos.
- Maior compreensão dos aspectos e impactos ambientais no ciclo de vida deste processo e publicação científica dos resultados obtidos.
- Sistema de produto: o sistema de produto, construção de rodovias com pavimento asfáltico, englobando toda cadeia de suprimentos, além das limitações e categorias de impactos do mesmo.

No Quadro 17 são apresentadas as justificativas da seleção dos indicadores ambientais, conforme critérios estabelecidos para os indicadores e relação com o empreendimento de construção de rodovias.

Quadro 17 – Seleção dos indicadores ambientais

DIMENSÃO AMBIETAL	INDICADOR (GVCes)	JUSTIFICATIVA PARA INCLUSÃO (I) EXCLUSÃO (E)
Gerenciamento Ambiental	Gerenciamento ambiental	I – Empreendimento possui aspectos ambientais para gerenciar
	Seguro ambiental	E - Não se aplica em função do projeto já possuir todo levantamento de aspectos e impactos no licenciamento, onde já foram analisadas e realizadas as contrapartidas em todos os aspectos e impactos.
	Procedimentos administrativos	E - Não se aplica, pois se trata de um projeto pontual e não um empreendimento que necessite de atividades administrativas
	Procedimentos ambientais	I – Empreendimentos possuem rotinas ambientais para cumprir
	Certificação ambiental	E - Não se aplica, pois se trata de um empreendimento temporário.
	Produtos e serviços pós consumo	E - Não se aplica, pois o empreendimento é um sistema rodoviário que não é consumido, e sim utilizado
Geração de Resíduos Consumo de recursos naturais	Geração de resíduos	I – Empreendimento gera resíduos em sua cadeia de suprimentos
	Consumo de recursos naturais	I – Empreendimento consome recursos em sua cadeia de suprimentos
	Área de preservação permanente	I – Empreendimento possui potencial risco de reserva permanente
	Reserva legal	I – Empreendimento possui potencial risco de reserve legal
Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	I – Empreendimento gera resíduos em sua cadeia de suprimentos

Fonte: autor

A seguir, cada um dos indicadores ambientais e as respectivas práticas encontradas na literatura serão apresentados.

4.3.1 Indicador Gerenciamento Ambiental

No indicador gerenciamento ambiental é importante criar políticas corporativas que contemplem os seus aspectos ambientais cujas diretrizes são refletidas nos seus processos de planejamento e gestão em todas as unidades da empresa, publicar periodicamente o seu desempenho ambiental, sensibilização ou treinamento voltados ao público interno e programas estruturados para o gerenciamento de seu desempenho ambiental (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012; ISO 14031, 1999; Elkington, 2012)

Para buscar práticas que atendam a este indicador é importante contemplar política corporativa e seus aspectos ambientais cujas diretrizes devem ser refletidas nos seus processos de planejamento e gestão em todas as unidades da empresa, como: uso sustentável de recursos naturais, uso sustentável dos serviços ecossistêmicos, uso racional de insumos com foco na redução da geração de resíduos e Identificação dos riscos e vulnerabilidades da empresa, visando à adaptação à mudança do clima (ISO 14031, 1999; Elkington, 2012)

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Política corporativa que contemple os seus aspectos ambientais cujas diretrizes são refletidas nos seus processos de planejamento e gestão em todas as unidades da empresa (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018).
- Processos e procedimentos que consideram a responsabilidade da empresa com impactos advindos dos subprodutos e/ou na etapa de pós-

consumo de seus produtos (ISO 14031, 1999; Muchiri et al., 2011; Iritani et al., 2015).

- Mecanismos para verificação do nível de conhecimento e comprometimento do público interno em relação às ações ambientais (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018).
- Criar indicadores de desempenho para mensurar os aspectos ambientais (Muchiri et al., 2011).
- Desenvolver projetos específicos para a coleta e reuso dos resíduos de seus produtos na cadeia produtiva (Iritani et al., 2015).
- Considerar a responsabilidade da empresa com impactos advindos dos subprodutos e/ou na etapa de pós-consumo de seus produtos (Revista Exame GVCes, 2018; Iritani et al., 2015).

No Quadro 18 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador gerenciamento ambiental.

Quadro 18 – Subindicadores e práticas do indicador gerenciamento ambiental

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.1 - Política Corporativa que contemple os seus aspectos ambientais cujas diretrizes são refletidas nos seus processos de gestão e planejamento em todas as unidades da empresa, abrangendo proced. adotados pela empresa para o recebimento de demandas de partes interessadas em relação ao meio ambiente;	0,33	A.1.1 - Ações para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, proteção e/ou conservação da biodiversidade (CEBDS, 2018, Elkington, 2012)	0,20
		A.1.2 - Prevenção à poluição e impactos ambientais decorrentes das suas instalações e operações (ISO 14031, 1999)	0,20

Fonte: Autor

Quadro 18 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
Programa formal, e efetivamente implementado, de comunicação de riscos ambientais; e licenciamento ambiental de seus projetos, instalações e operações	0,33	A.1.3 - Cumprir rigorosamente os parâmetros e requisitos exigidos pela legislação nacional, desenvolvendo programas internos de melhoramento ambiental, priorizando políticas preventivas e possuir área ou comitê responsável pelo meio ambiente (Muchiri et al., 2011, ISO 14031, 1999)	0,20
		A.1.4 - Tratar a questão ambiental como tema transversal em sua estrutura organizacional inclui-a no planejamento estratégico. (Figueirêdo et al., 2010)	0,20
		A.1.5 - Adotar programa estruturado de divulgação, mobilização, treinamento e monitoramento do conhecimento e adesão dos funcionários à política ambiental e divulgar por meio de documentos administrativos, tais como editais, contratos e propostas comerciais (ISO 14031, 1999)	0,20
A.2 - Sensibilização ou treinamento voltadas ao público interno incluindo funcionários diretos e trabalhadores terceirizados e/ou outros focado nos aspectos e impactos ambientais	0,33	A.2.1 - Avaliação de funcionários que considere explicitamente o desempenho ambiental da empresa e verificação do nível de conhecimento e comprometimento do público interno em relação à política corporativa ambiental (CEBDS, 2018)	1,00
A.3 - programas estruturados para o gerenciamento de seu desempenho ambiental, e publicar periodicamente o seu desempenho ambiental	0,33	A.3.1 - Desenvolver novos modelos de negócios considerando, desde a concepção, os princípios e as oportunidades relacionadas à sustentabilidade ambiental (Iritani, Silva, Saavedra, Graef e Ometto, 2015, Huang et al., 2013; ISO 14031, 1999).	0,25
		A.3.2 – Mensurar o desempenho ambiental e criar objetivos, para mitigar riscos significativos e utilização dos recursos naturais (Schlange, 2006)	0,25
		A.3.3 - Exigir a conformidade legal ambiental para fornecedores críticos, além de instigar ações de melhoria de desempenho ambiental para os mesmos (UNEP/SETAC, 2011, ILCD, 2010; Vedrenne M., Pérez J., Lumberras J., Rodríguez M.E., 2014, CEBDS, 2018)	0,25

Fonte: Autor

Quadro 18 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		A.3.4 – Desenvolver procedimentos documentados e implementados que orientem a execução de operações com potenciais impactos ambientais significativos (ISO 14031, 1999)	0,25

Fonte: Autor

4.3.2 Indicador Geração de Resíduos

No indicador geração de resíduos é importante realizar estudo de impactos e aspectos ambientais de seus produtos, além de ações desenvolvidas pela empresa em prol da conservação e do uso sustentável da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012; Veleva e Ellenbecker, 2001).

Para atender este indicador é necessário buscar práticas que contemplem processos administrativos da empresa, que selecionem prática de gestão, para o consumo de água, energia, efluentes líquidos e qualidade dos corpos receptores, emissões atmosféricas e geração de resíduos (ISO 14031,1999; Veleva e Ellenbecker, 2001).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Processos e procedimento sistemático de avaliação e monitoramento de passivos ambientais (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018).
- Criar meios utilizados para a divulgação do desempenho dos indicadores de geração de resíduos ambientais (ISO 14031, 1999; Muchiri et al., 2011).
- Gerenciar os riscos provenientes da geração dos resíduos gerados (ISO 14031, 1999; Elkington, 2012).

- Possuir metas para redução da geração dos resíduos (ISO 14031, 1999; Iritani et al., 2015).
- Emitir relatórios de sustentabilidade em relação à geração dos resíduos (Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012).
- Disponibilizar recursos para a mitigação da geração dos resíduos (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012).

No Quadro 19 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador geração de resíduos.

Quadro 19 – Subindicadores e práticas do indicador geração de resíduos

SUBINDICADORES	Peso Indicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.4 - Estudo de impactos e aspectos ambientais de seus produtos (bens ou serviços), e Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva legal em suas propriedades ou propriedades de terceiros	0,50	A.4.1 - Planejar, desenvolver e implementar processos industriais e tecnologias que minimizem ou eliminem as perdas, reduzam os desperdícios, e proporcionem operações seguras e busquem desenvolver produtos que são recicláveis, ou podem ser remanufaturados ou reutilizados (Melnik, Sroufe e Calantone, 2003; Klassen; Whybark, 1999 e Zhu e Sarkis, 2004, Praticò F.G., 2016, Butt A.A., Birgisson B., 2016, CEBDS, 2018, Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
		A.4.2 - Produzir estudos de impacto ambiental do processos e cadeia de suprimentos, segundo exigências da legislação e focar sua ação preventiva nos processos que oferecem dano potencial à saúde e risco à segurança de seus empregados, além de cumprir com a obrigação legal. (Anastasiou e Papayianni, 2015, Santos et al., 2015, Butt, Toller e Birgisson, 2015, ILCD, 2010)	0,33
		A.4.3 - Conhecer e desenvolver ações para prevenir os principais impactos ambientais causados por seus processos e produtos ou serviços, e realizar regularmente atividades de controle e monitoramento (Santos et al., 2015, ISO 14031, 1999)	0,33

Fonte: Autor

Quadro 19 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.5 Ações desenvolvidas pela empresa em prol da conservação e do uso sustentável da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos	0,50	A.5.1 - Desenvolver ações e prol da conservação do uso da sustentabilidade e divulgação da política corporativa que contemple os seus aspectos ambientais (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		A.5.2 - Realizar campanha de divulgação da proteção ambiental com a elaboração e distribuição de cartilhas, cartazes, folhetos e outros materiais (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		A.5.3 - Possuir sistemas de gestão ambientais padronizados e formalizados, incluindo ampla identificação de riscos, plano de ação, alocação de recursos, treinamento de empregados e auditoria. (Yang, Ozer E Al-Quadi, 2016)	0,25
		A.5.4 - Publicar periodicamente o seu desempenho ambiental e divulgar o consumo de recursos naturais nos processos administrativos (ILCD, 2010)	0,25

Fonte: Autor

4.3.3 Indicador Consumo de recursos naturais

O indicador consumo de recursos naturais se relaciona com a importância de práticas de utilização de materiais reciclados, reúso de recursos naturais, avaliar o desempenho ambiental e desenvolvimento de uma produção mais limpa (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012).

Para alcançar práticas que estruturam este indicador, importante contemplar processos administrativos da empresa, com prática na gestão, para o consumo de água, energia, efluentes líquidos, emissões atmosféricas e geração de resíduos (Schlange, 2006).

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Criar programa estruturado com metas, monitoramento, mensuração, recursos e responsáveis definidos em relação ao consumo de recursos naturais (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012).
- Processos e procedimentos para utilização de materiais recicláveis ou reúso na empresa (ISO 14031, 1999; Elkington, 2012; Muchiri et al., 2011).
- Prática para o uso eficiente de recursos e para produção mais limpa e avaliação de ciclo de vida (Revista Exame GVCes, 2018; Iritani et al., 2015).
- Avaliar periodicamente os aspectos e os impactos ambientais, diretos e indiretos, potenciais e efetivos, de suas atividades (ISO 14031, 1999; Muchiri et al., 2011).
- Avaliação dos riscos e oportunidades derivados da relação de suas operações com os serviços ecossistêmicos (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018).

No Quadro 20 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador consumo de recursos naturais.

Quadro 20 – Subindicadores e práticas do indicador consumo de recursos naturais

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.6 - Utilização de materiais reciclados em suas operações	0,25	A.6.1 - Criar abordagem para a avaliação de seu desempenho ambiental em relação a prática de reciclagem de materiais (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
		A.6.2 - Avaliar de forma estruturada e sistemática seu desempenho ambiental, em relação à reciclagem, considerando o ciclo de vida de seus produtos ou serviços, como referência de avaliação e monitoramento (Schlange, 2006)	0,50

Fonte: Autor

Quadro 20 – Continuação

SUBINDICADOR	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.7 - Utilizar água de reuso em seus processos produtivos e/ou captação de água da chuva (pluvial) em seus processos administrativos (escritórios, refeitórios, banheiros)	0,25	A.7.1 - Buscar fontes alternativas de energia e água, para os setores administrativos, além de monitorar o uso eficiente da água e energia consumida (Schlange, 2006)	1,00
A.8 - Avaliação de seu desempenho ambiental	0,25	A.8.1 - Avaliar periodicamente os aspectos e os impactos ambientais, diretos e indiretos, potenciais e efetivos, de suas atividades, processos, procedimentos, produtos e serviços. (ISO 14031, 1999)	0,50
		A.8.2 – Identificar e avaliar os riscos e oportunidades derivados da relação de suas operações e serviços (ISO 14031, 1999, ILCD, 2010, Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
A.9 - Pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica para o uso eficiente de recursos e para produção mais limpa	0,25	A.9.1 - Desenvolvimento de produtos e serviços que considere, entre outros, aspectos relativos à redução do uso de recursos e da geração de resíduos (ILCD, 2010, UNEP/SETAC, 2011, Schlegel et al., 2016)	0,20
		A.9.2 - Criação de valor compartilhado por meio do desenvolvimento de novos produtos que remediem ou desenvolvem aspectos ambientais (Porter e Kramer, 2006)	0,20
		A.9.3 - Monitorar todas as etapas do processo produtivo ou execução dos serviços oferecidos, com indicadores específicos (ISO 14031, 1999)	0,20
		A.9.4 - Definição de transporte e logística levantando os respectivos aspectos ambientais para obtenção de insumos e distribuição dos produtos/serviços da empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		A.9.5 - Considerar a responsabilidade da empresa com impactos advindos dos subprodutos e/ou na etapa de pós-consumo de seus produtos (ONU, 2018)	0,20

Fonte: Autor

4.3.4 Indicador Emissões Atmosféricas, Efluentes Líquidos e Resíduos

No indicador Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos é importante elaborar inventários de emissões e considerar o processo de avaliação e mitigação destes aspectos (Revista Exame GVCes, 2018; GRI, 2012; Schlange, 2006)

Para buscar práticas que contemplem este indicador, importante ressaltar nestas à geração e destinação de resíduos sólidos, Inventário, metas de redução da geração, metas de reuso ou reciclagem e monitoramento com indicadores específicos (CEBDS, 2018; ISO 14031, 1999; Schlange, 2006)

Os critérios para selecionar as práticas foram:

- Processos e procedimentos com relação à geração e destinação, mitigação de emissões, efluentes e resíduos (ISO 14031, 1999; Iritani et al., 2015).
- Estabelecer Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012).
- Gerenciamento e/ou minimização de impactos dos produtos com maior potencial de impacto ambiental pós-consumo (ISO 14031, 1999; Muchiri et al., 2011).
- Mensurar inventário ambiental (ISO 14031, 1999; Muchiri et al., 2011).
- Desenvolver programas e metas para mitigar/eliminar a geração de emissões, efluentes e resíduos (ISO 14031, 1999).
- Atender a legislação pertinente em relação ao monitoramento de suas emissões/efluentes e poder garantir e comprovar que os mesmos são

lançados em conformidade com a legislação (ISO 14031, 1999; Revista Exame GVCes, 2018; Elkington, 2012).

No Quadro 21 são apresentados os subindicadores, práticas e forma de avaliação do indicador emissões atmosféricas.

Quadro 21 – Subindicadores e práticas do indicador emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos

SUBINDICADORES	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.10 - Elaborar inventário das emissões, provenientes de suas atividades considera as emissões no processo de avaliação sistemática de aspectos e impactos ambientais de suas atividades	0,50	A.10.1 - Minimizar a emissão de efluentes, resíduos e dejetos (Schlange, 2006)	0,50
		A.10.2 - Garantir de conformidade legal dos processos de manipulação, armazenagem, tratamento, destinação e logística reversa, para levantar e monitorar seus respectivos inventários ambientais - (ISO 14031, 1999, Praticò F.G., 2016, Butt A.A., Birgisson B., 2016)	0,50
A.11 - Mitigação das suas próprias emissões	0,50	A.11.1 - Regularizar questões de destinação de emissões/efluentes líquidos de processos produtivos e administrativos, conforme legislação aplicável (ISO 14031, 1999)	0,33
		A.11.2 - Uso de meios de transporte mais sustentáveis, (Schlange, 2006)	0,33
		A.11.3 - Monitorar as emissões dos meios de transporte, além de garantir e comprovar que os mesmos estão em conformidade com a legislação aplicável (limites de emissão) – (ILCD, 2010; CEBDS, 2018, Du G., Safi M., Pettersson L., Karoumi R., 2014)	0,33

Fonte: Autor

4.4 Sumário dos indicadores de sustentabilidade

Os indicadores, subindicadores e práticas selecionadas, com suas respectivas referências e fontes, provenientes de todo o estudo realizado, foram sintetizados na Tabela 9, com os respectivos pesos proporcionais de cada subindicador e prática.

Tabela 9 – Sistema de Indicadores de Sustentabilidade selecionados

Dimensão	Indicador	Subindicador	Peso Subindicador	Prática	Peso Prática
Econômica	Planejamento estratégico sustentável	E1	0,33	E.1.1	0,33
				E.1.2	0,33
				E.1.3	0,33
		E.2	0,33	E.2.1	0,20
				E.2.2	0,20
				E.2.3	0,20
				E.2.4	0,20
				E.2.5	0,20
		E.3	0,33	E.3.1	0,33
				E.3.2	0,33
				E.3.3	0,33
	Riscos e Oportunidades	E.4	0,50	E.4.1	0,33
				E.4.2	0,33
				E.4.3	0,33
		E.5	0,50	E.5.1	0,50
				E.5.2	0,50
	Gestão de desempenho do investimento	E.6	0,50	E.6.1	0,33
				E.6.2	0,33
				E.6.3	0,33
		E.7	0,50	E.7.1	0,33
				E.7.2	0,33
	Crises e Planos de contingência	E.8	0,50	E.8.1	0,50
				E.9.1	0,50
		E.9	0,50	E.9.1	0,50
Dimensão	Indicador	Subindicador	Peso Subindicador	Prática	Peso Prática
Social	Diversidade	S.1	0,12	S.1.1	0,20
				S.1.2	0,20
				S.1.3	0,20
				S.1.4	0,20
				S.1.5	0,20
		S.2	0,12	S.2.1	0,25
				S.2.2	0,25
				S.2.3	0,25
				S.2.4	0,25
		S.3	0,12	S.3.1	0,20
				S.3.2	0,20
				S.3.3	0,20
				S.3.4	0,20
				S.3.5	0,20

Fonte: autor

Tabela 9 – Continuação

Dimensão	Indicador	Subindicador	Peso Subindicador	Prática	Peso Prática
Social		S.4	0,12	S.4.1	0,33
				S.4.2	0,33
				S.4.3	0,33
		S.5	0,12	S.5.1	0,25
				S.5.2	0,25
				S.5.3	0,25
				S.5.4	0,25
		S.6	0,12	S.6.1	0,33
				S.6.2	0,33
				S.6.3	0,33
		S.7	0,12	S.7.1	0,50
				S.7.2	0,50
		S.8	0,12	S.8.1	0,20
				S.8.2	0,20
				S.8.3	0,20
				S.8.4	0,20
				S.8.5	0,20
	Desenvolvimento Profissional	S.9	0,50	S.9.1	0,50
				S.9.2	0,50
		S.10	0,50	S.10.1	0,50
				S.10.2	0,50
	Gestão de Fornecedores	S.11	0,25	S.11.1	0,33
				S.11.2	0,33
				S.11.3	0,33
		S.12	0,25	S.12.1	0,20
				S.12.2	0,20
				S.12.3	0,20
				S.12.4	0,20
				S.12.5	0,20
		S.13	0,25	S.13.1	0,50
				S.13.2	0,50
		S.14	0,25	S.14.1	0,20
				S.14.2	0,20
				S.14.3	0,20
				S.14.4	0,20
				S.14.5	0,20
	Investimento Social	S.15	0,33	S.15.1	0,25
				S.15.2	0,25
				S.15.3	0,25
				S.15.4	0,25
		S.16	0,33	S.16.1	0,50
				S.16.2	0,50
		S.17	0,33	S.17.1	0,20
				S.17.2	0,20
				S.17.3	0,20
				S.17.4	0,20
				S.17.5	0,20
Dimensão	Indicador	Subindicador	Peso Subindicador	Prática	Peso Prática
Ambiental	Gerenciamento Ambiental	A.1	0,33	A.1.1	0,20
				A.1.2	0,20
				A.1.3	0,20
				A.1.4	0,20
				A.1.5	0,20
		A.2	0,33	A.2.1	1,00
		A.3	0,33	A.3.1	0,25
				A.3.2	0,25
				A.3.3	0,25
				A.3.4	0,25

Fonte: autor

Tabela 9 – Continuação

Dimensão	Indicador	Subindicador	Peso Subindicador	Prática	Peso Prática
Ambiental	Geração de Resíduos	A.4	0,50	A.4.1	0,33
				A.4.2	0,33
				A.4.3	0,33
		A.5	0,50	A.5.1	0,25
				A.5.2	0,25
				A.5.3	0,25
				A.5.4	0,25
	Consumo de Recursos Naturais	A.6	0,25	A.6.1	0,50
				A.6.2	0,50
		A.7	0,25	A.7.1	1,00
		A.8	0,25	A.8.1	0,50
				A.8.2	0,50
		A.9	0,25	A.9.1	0,20
				A.9.2	0,20
				A.9.3	0,20
				A.9.4	0,20
				A.9.5	0,20
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos/resíduos	A.10	0,50	A.10.1	0,50
				A.10.2	0,50
		A.11	0,50	A.11.1	0,33
				A.11.2	0,33
				A.11.3	0,33

Fonte: autor

Em uma primária etapa, neste capítulo, foram selecionados os indicadores e práticas de sustentabilidade que atenderam o contexto da organização, que compreende todo desempenho organizacional, como a estratégia, estrutura organizacional e a governança corporativa; aborda um conjunto de questões, de forma a definir um contexto para a compreensão do desempenho dos pilares da sustentabilidade; e indicadores que trazem informações comparáveis sobre o desempenho econômico, ambiental e social da organização (GRI, 2012).

No entanto, é importante considerar que a avaliação do nível de sustentabilidade é uma abordagem complexa, pois envolve um conjunto de indicadores divididos em três dimensões (econômica, social e ambiental), além de possuir aspectos qualitativos e quantitativos (Bonnfey, 2005). Desta forma, no Capítulo 5, será determinado o peso de cada uma das três dimensões e o peso

dos indicadores de cada dimensão, através de um painel de especialistas utilizando uma versão simplificada do método SPC/AHP, as notas para avaliar as práticas de sustentabilidade (qualitativo), além de selecionar os indicadores métricos sustentáveis (quantitativo) das referências estudadas.

5 SISTEMA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS

No Capítulo 4 foram levantados os indicadores, subindicadores e práticas sustentáveis de uma empresa construtora de rodovias, que foram sumarizados na Tabela 9, com pesos atrelados proporcionalmente aos respectivos subindicadores e práticas, dentro de cada indicador selecionado.

Para auferir um índice de sustentabilidade é de suma importância determinar pesos, também, para cada dimensão da sustentabilidade e indicador selecionado, além de desenvolver métodos de avaliação das práticas de sustentabilidade, e indicadores de avaliação do desempenho métrico sustentável, de um empreendimento e/ou negócio, que serão apresentados nos subcapítulos a seguir.

5.1 Desenvolvimento de sistema de indicadores para avaliação das práticas de sustentabilidade

No capítulo 4 foram apresentadas as práticas que compõem cada um dos subindicadores selecionados e seus respectivos pesos. Importante ressaltar que os pesos dos subindicadores e práticas foram definidos nesta tese como proporcionais à quantidade total dos respectivos subindicadores e práticas, conforme apresentado no Capítulo 4, dentro de cada grupo de indicadores. Como critério para avaliar as práticas será utilizado o modelo adaptado da Fundação Getúlio Vargas – GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), que elaborou um critério

de pontuação para aferição da sustentabilidade nas empresas baseado em níveis de aplicação de práticas de sustentabilidade, a saber: aplicação total, atende parcial e não aplicação de práticas de sustentabilidade. e desta forma o critério de pontuação ficou estabelecido para cada prática de um subindicador deverá ser atribuída da seguinte forma:

I - Apresentou documentação suficiente que comprova a realização/adoção de cada prática (nota - 1,0)

II - Apresentou a documentação suficiente, mas o relato/documento não possibilita averiguar se a prática está em andamento e/ou é realizada de forma adequada (nota – 0,5)

III - Não apresentou documentação suficiente que comprova a realização/adoção de cada prática (nota - 0,0).

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo da nota entre 0 e 1 para o indicador hipotético 1, utilizando-se as Equações 1 e 2 a seguir.

Indicador <i>a</i>	Peso do subindicador <i>i</i> (<i>PS_i</i>)	Prática (<i>ij</i>)	Peso da prática (<i>Pij</i>)	Nota Prática (<i>NPr_{ij}</i>)
Subindicador 1	x0,50	Prática 1.1	x0,5	x 0,0 – Não Comprovou documentação x 0,5 – Comprovação parcial x 1,0 – Comprovou documentação
		Prática 1.2	x0,50	x 0,0 – Não Comprovou documentação x 0,5 – Comprovação parcial x 1,0 – Comprovou documentação
Subindicador 2	x0,50	Prática 2.1	x0,33	x 0,0 – Não Comprovou documentação x 0,5 – Comprovação parcial x 1,0 – Comprovou documentação
		Prática 2.2	x 0,33	x 0,0 – Não Comprovou documentação x 0,5 – Comprovação parcial x 1,0 – Comprovou documentação
		Prática 2.3	x 0,33	x 0,0 – Não Comprovou documentação x 0,5 – Comprovação parcial x 1,0 – Comprovou documentação

$$Nota\ do\ subindicador\ i^a = PS_i \times \sum_j^m NPr_{ij} \times P_{ij}$$

(Equação 1)

$$Nota\ indicador\ a = \sum_i^n Nota\ subindicador\ i^a$$

(Equação 2)

Onde: a = número do indicador; i = número do subindicador do indicador a ; PS_i = peso do subindicador i ; j = número da prática do subindicador i ; m = número de práticas do subindicador i ; NPr_{ij} = nota da prática j do subindicador i ; P_{ij} = peso da prática j do subindicador i ; n = número de subindicadores do indicador a .

Assim a nota do indicador hipotético a , pode ser calculada:

Nota do Indicador a = {Peso Subindicador 1 x ((Nota Prática 1.1 [0;1] x Peso Prática 1.1) + (Nota Prática 1.2 [0;1] x Peso Prática 1.2))} + {Peso Subindicador 2 x ((Nota Prática 2.1 [0;1] x Peso Prática 2.1) + (Nota Prática 2.2 [0;1] x Peso Prática 2.2) + (Nota Prática 2.3 [0;1] x Peso Prática 2.3))} = [0;1]

A auferição de pesos, aos indicadores e dimensões foi operacionalizada por meio de um método de avaliação multicritério: método análise AHP (Análise Hierárquica do Problema).

O procedimento é composto por duas etapas: inicialmente, os aspectos são elencados por ordem de importância dentro de um mesmo nível hierárquico e,

posteriormente, são realizadas comparações sobre sua importância, se muito ou pouco importante, em relação ao critério subsequente, embora em outra área de conhecimento, onde os resultados alimentam uma matriz de comparação, conforme Quadro 22.

Quadro 22 – Matriz modelo de aplicação dos critérios de seleção

Indicador 01	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
Indicador 1	1			
Indicador 2		1		
indicador 3			1	
indicador 4				1

Fonte: Autor

Para a aplicação do método SPC nesse trabalho, foi elaborado um questionário on-line (ANEXO IV) e encaminhado à especialistas da área de engenharia de engenharia de transporte. Foram obtidas respostas de 8 especialistas, e os mesmos julgaram a importância de cada domínio e de cada indicador dentro dos respectivos domínios. Este processo foi realizado considerando apenas os domínios entre si e posteriormente os indicadores pertencentes a um mesmo domínio, totalizando 8 questões.

Como o resultado desse método prevê não apenas a ordem de importância (ranking), mas também o grau, foi adotada uma escala de valores inteiros. Nesta escala de valores foi atribuído o valor 1 ao domínio (ou indicador) considerado

como o mais importante pelo especialista e o valor “n” foi atribuído ao domínio (ou indicador) considerado como o menos importante pelo especialista. A distinção do grau de importância foi efetuada de maneira que se o primeiro domínio (ou indicador) tivesse uma fraca importância sobre o segundo, o valor deste seria igual 2 (já que ao primeiro foi atribuído o valor 1). Entretanto, se o primeiro domínio (ou tema) tivesse uma forte importância sobre o segundo, o seu valor seria igual a 3. Ou seja, para cada julgamento de fraca importância é adicionada uma posição no ranking, enquanto que para cada julgamento de forte importância são adicionadas duas posições. Esse procedimento é efetuado sucessivamente, considerando todos os domínios (ou temas) em análise.

Para exemplificar, é possível considerar os três domínios apresentados nesse trabalho: Econômico, Social e Ambiental. Na aplicação do método SPC, um determinado especialista estabeleceu que a ordem de importância dos domínios seria: Econômico, Social e Ambiental. Em seguida, este especialista comparou o grau de importância desses domínios e julgou que Econômico tem uma forte importância em relação a Social e, na sequência, Social tem uma fraca importância em relação ao Ambiental. O resultado desse processo mostra, portanto, que a posição 1 do ranking foi atribuído ao Econômico; o valor 3 foi atribuído ao Social e, por fim, o valor 4 foi atribuído ao Ambiental .

Em resumo, a coluna denominada “Soma Normalizada” consiste nos pesos dos domínios, obtidos conforme o método SPC proposto nesse trabalho. Cabe ressaltar que o mesmo procedimento foi realizado para a obtenção dos pesos dos temas referentes aos domínios Econômico, Social e Ambiental, avaliaram a importância dos domínios e depois, dentro de cada domínio, a importância dos

temas. Além da ordem de importância (ranking) dos domínios e temas, a aplicação do método SPC permite observar o grau de importância (fraco ou forte) de um domínio (ou tema) sobre o domínio (ou tema) subsequente. No entanto, com o objetivo de comparar a contribuição desse método sobre um método baseado apenas no simples ranking dos domínios e temas, as respostas obtidas também foram avaliadas, descartando-se o referido grau de importância dado pelo método SPC. Ou seja, a diferença entre um domínio (ou tema) teria sempre apenas 1 ponto de diferença.

Considerando agora o julgamento de todos os especialistas, os respectivos valores obtidos para cada domínio foram somados. Com esse critério, a menor somatória representa o domínio mais importante, pois isso significa que houve uma maior frequência de tal domínio nas primeiras posições do ranking. Por fim, para a determinação dos pesos, foi calculado o inverso da somatória de cada domínio pois, como dito anteriormente, o menor valor seria o mais importante. Esses valores foram ainda normalizados de forma que os pesos dos 3 domínios totalizassem 1,0 (ou 100%). A Tabela 10 apresenta as respostas quanto à aplicação do método SPC para os domínios, e a contabilização dos resultados dessa amostra segundo o procedimento de cálculo aqui empregado.

Os questionários enviados e respondidos pelos 8 especialistas consultados avaliaram a importância dos domínios (econômico, social e ambiental) e a importância de cada indicador.

Tabela 10 – Contabilização das respostas do SPC/AHP

Indicadores Econômicos									
Respondentes									
Indicador (CRITÉRIO)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Risco e Oportunidades do projeto	1	1	2	3	1	2	3	5	Soma
Planejamento estratégico sustentável	2	3	1	4	3	1	1	3	1/Soma
Gestão de desempenho do investimento	3	5	3	1	4	4	2	1	Soma Normalizado
Crises e planos de contingência	5	7	4	2	5	5	4	6	
Indicadores Sociais									
Respondentes									
Indicador	1	2	3	4	5	6	7	8	
Desenvolvimento Social Profissional	1	1	1	3	1	1	1	4	Soma
Gestão Sustentável de Fornecedores	5	6	5	5	3	3	2	3	1/Soma
Investimento Social e erradicação do trabalho infantil	2	1	2	1	2	4	3	1	Soma Normalizado
Diversidade (não discriminação no ambiente de trabalho)	3	2	4	7	4	5	4	5	
Indicadores Ambientais									
Respondentes									
Indicador	1	2	3	4	5	6	7	8	
Gerenciamento ambiental	1	1	2	2	1	1	1	2	Soma
Consumo de recursos naturais	4	4	3	3	5	4	2	4	1/Soma
Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	2	3	1	1	3	6	3	3	Soma Normalizado
Geração de resíduos	3	5	4	6	7	3	4	1	
Dominios									
Respondentes									
Dominio	1	2	3	4	5	6	7	8	
Econômico	3	3	3	3	4	5	3	4	Soma
Social	1	1	2	2	1	1	1	3	1/Soma
Ambiental	2	2	1	1	2	3	4	1	Soma Normalizado

Fonte: Autor

Analisando os valores obtidos, a partir do método aplicado, observou-se uma maior ênfase entre os domínios “social” e “ambiental”, representando 45,9% e 34,4%, respectivamente. Assim, observa-se uma mudança de paradigma com relação ao domínio econômico, onde desde o início do século XXI era utilizado para determinar o sucesso empresarial, como apontado por Veleza e Ellenbecher (2001) e Graef e Bezerra, (2017). Desta forma, observa-se que há uma mudança de consciência com relação à sustentabilidade das empresas que devem englobar de uma forma holística as três dimensões.

Os indicadores de desempenho social identificam aspectos de desempenho no que se refere à práticas laborais, aos direitos humanos, à sociedade e à responsabilidade social corporativa (GRI, 2012, Sen, 2007 e ONU, 2018), visando a busca dos seguintes benefícios:

- Desenvolver a economia local através da geração de emprego e renda;
- Gerar benefícios através dos impostos pagos;
- Promover a integração positiva da comunidade ao qual esta inserido;
- Buscar a implementação de práticas laborais e direitos humanos.

Muitos dos benefícios dos indicadores ambientais se traduzem em ganhos econômicos, com a redução de custos, melhor uso, operação e manutenção das edificações (GRI, 2012; Veleza e Ellenbecher, 2001; ISO 14031, 1999) devendo englobar ainda o desempenho relacionado com:

- Consumo de matérias-primas;
- Consumo de energia;
- Consumo de água;

- Redução de emissões, efluentes e resíduos.

Para o grau de importância dos indicadores pôde ser observado que os indicadores que relacionaram os temas: “gerenciamento”, “planejamento” e “desenvolvimento”, foram preferidos pelos especialistas, evidenciando a importância do gerenciamento, planejamento e desenvolvimento para alcance do desempenho sustentável e levantamento dos impactos e aspectos sustentáveis (GRI, 2012, Nogueira, 2011).

Tiveram maior grau de importância:

- Domínio Econômico: Indicador “Planejamento estratégico sustentável”; e “Riscos e Oportunidades do projeto” tiveram índices de 30,7% (idênticos) de importância;
- Domínio Social: Indicador “Desenvolvimento social profissional” teve índice de 38,4% de importância;
- Domínio/pilar Ambiental: Indicador “Gerenciamento ambiental” teve índice de 45,2% de importância;

A Tabela 11 ilustra a metodologia de pontuação qualitativa dos indicadores, para avaliação de práticas, utilizada como ferramenta para seleção de empresas construtoras, conforme estudos de levantamentos dos indicadores no Capítulo 4 e resultado do SPC/AHP, para empresas do setor de construção de rodovias. Também apresenta a metodologia para o cálculo do Índice de Sustentabilidade que determinará o Nível de Sustentabilidade da empresa construtora.

Para auferir o Nível de Sustentabilidade através do Índice de Sustentabilidade calculado através dos indicadores, subindicadores e das práticas

de sustentabilidade apresentados na Tabela 11, foi utilizada a escala adaptada de Rabelo e Lima (2012), conforme apresentada no Quadro 23. Assim, através dos intervalos do Índice de Sustentabilidade é possível classificar o Nível de Sustentabilidade das empresas em cinco níveis.

Tabela 11 – Sistema de Indicadores de Avaliação de Práticas de Sustentabilidade

Pilar da Sustentabilidade	Indicador	Peso Indicador (Soma Normalizada)	Sub-indicador	Peso Sub-indicador	Prática	Peso Prática
Econômica Peso (0,197)	Planejamento estratégico sustentável (1)	0,307	E1	0,33	E.1.1	0,33
					E.1.2	0,33
					E.1.3	0,33
			E.2	0,33	E.2.1	0,20
					E.2.2	0,20
					E.2.3	0,20
					E.2.4	0,20
					E.2.5	0,20
			E.3	0,33	E.3.1	0,33
					E.3.2	0,33
					E.3.3	0,33
	Riscos e Oportunidades (2)	0,307	E.4	0,50	E.4.1	0,33
					E.4.2	0,33
			E.5	0,50	E.4.3	0,33
					E.5.1	0,50
Social Peso (0,459)	Gestão de desempenho do investimento (3)	0,240	E.6	0,50	E.5.2	0,50
					E.6.1	0,33
					E.6.2	0,33
					E.6.3	0,33
			E.7	0,50	E.7.1	0,33
					E.7.2	0,33
					E.7.3	0,33
					E.7.3	0,33
	Crises e Planos de contingência (4)	0,145	E.8	0,50	E.8.1	1,00
			E.9	0,50	E.9.1	1,00
	Diversidade (5)	0,384	S.1	0,12	S.1.1	0,20
					S.1.2	0,20
					S.1.3	0,20
					S.1.4	0,20
					S.1.5	0,20
			S.2	0,12	S.2.1	0,25
					S.2.2	0,25
					S.2.3	0,25
					S.2.4	0,25
			S.3	0,12	S.3.1	0,20
					S.3.2	0,20
					S.3.3	0,20
					S.3.4	0,20
					S.3.5	0,20
			S.4	0,12	S.4.1	0,33
					S.4.2	0,33
					S.4.3	0,33

Fonte: autor

Tabela 11 – Continuação

Pilar da Sustentabilidade	Indicador	Peso Indicador (Soma Normalizada)	Sub-indicador	Peso Sub-indicador	Prática	Peso Prática
Social Peso (0,459)	Diversidade (5)	0,384	S.5	0,12	S.5.1	0,25
					S.5.2	0,25
					S.5.3	0,25
					S.5.4	0,25
			S.6	0,12	S.6.1	0,33
					S.6.2	0,33
					S.6.3	0,33
			S.7	0,12	S.7.1	0,50
					S.7.2	0,50
			S.8	0,12	S.8.1	0,20
					S.8.2	0,20
					S.8.3	0,20
					S.8.4	0,20
					S.8.5	0,20
	Desenvolvimento Profissional (6)	0,156	S.9	0,50	S.9.1	0,50
			S.10	0,50	S.9.2	0,50
					S.10.1	0,50
Social Peso (0,459)	Investimento Social (8)	0,147	S.11	0,25	S.10.2	0,50
					S.11.1	0,33
					S.11.2	0,33
					S.11.3	0,33
					S.12.1	0,20
			S.12	0,25	S.12.2	0,20
					S.12.3	0,20
					S.12.4	0,20
					S.12.5	0,20
					S.13.1	0,50
			S.13	0,25	S.13.2	0,50
					S.14.1	0,20
					S.14.2	0,20
					S.14.3	0,20
					S.14.4	0,20
					S.14.5	0,20
			S.14	0,25	S.15.1	0,25
					S.15.2	0,25
					S.15.3	0,25
					S.15.4	0,25
			S.15	0,33	S.16.1	0,50
					S.16.2	0,50
					S.17.1	0,20
					S.17.2	0,20
			S.16	0,33	S.17.3	0,20
					S.17.4	0,20
					S.17.5	0,20
			S.17	0,33	A.1.1	0,20
Ambiental Peso (0,344)	Gerenciamento Ambiental (9)	0,452	A.1	0,33	A.1.2	0,20
					A.1.3	0,20
					A.1.4	0,20
					A.1.5	0,20
					A.2.1	1,00
			A.2	0,33	A.3.1	0,25
					A.3.2	0,25
					A.3.3	0,25
					A.3.4	0,25
					A.4.1	0,33
	Geração de Resíduos (10)	0,171	A.3	0,33	A.4.2	0,33
					A.4.3	0,33
					A.5.1	0,25
			A.4	0,50	A.5.2	0,25
					A.5.3	0,25
					A.5.4	0,25
	Consumo de Recursos Naturais (11)	0,226	A.5	0,50	A.6.1	0,50
					A.6.2	0,50
					A.7.1	1,00
			A.6	0,25	A.8.1	0,50
					A.8.2	0,50

Fonte: autor

Tabela 11 – Continuação

Ambiental Peso (0,344)	Consumo de Recursos Naturais (11)	0,226	A.9	0,25	A.9.1	0,20
					A.9.2	0,20
					A.9.3	0,20
					A.9.4	0,20
					A.9.5	0,20
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos/resíduos (12)	0,151	A.10	0,50	A.10.1	0,50
					A.10.2	0,50
			A.11	0,50	A.11.1	0,33
					A.11.2	0,33
A.11.3	0,33					
NOTA DO INDICADOR _i = Peso do indicador _i x $\sum$ (Peso Subindicador _{ij} x ($\sum$ Nota Práticas _{ij} [0;1] x Peso Práticas _{ij}))						
= [0;1]						
Índice de sustentabilidade: Peso do domínio econômico x($\sum$ Nota dos Indicadores econômicos) + Peso do domínio social x($\sum$ Nota os Indicadores sociais) + Peso do domínio ambiental x ($\sum$ Nota Indicadores ambientais) = [0;1]						

Fonte: autor

Quadro 23 – Avaliação do nível de sustentabilidade global

Nível de Sustentabilidade	Legenda	Índice de Sustentabilidade
Sustentabilidade excelente	VERDE	1 <= IS <= 0,800
Sustentabilidade boa	AZUL	0,799 <= IS <= 0,650
Sustentabilidade media	AMARELO	0,649 <= IS <= 0,500
Sustentabilidade ruim	ROSA	0,499 <= IS <= 0,300
Sustentabilidade crítica	VERMELHO	0,209 <= IS <= 0,000

Fonte; Adaptado pelo autor de Rabelo e Lima, 2012

5.2 Desenvolvimento de sistema de indicadores para avaliar desempenho métrico sustentáveis

Os Indicadores possuem, de acordo com Bonnefoy (2005), duas funções básicas. A primeira, função descritiva, consiste na obtenção de informações sobre determinado objeto de estudo o qual denomina-se “práticas”, já levantadas no Capítulo 4, para iniciar a estruturação de um sistema de indicadores de sustentabilidade. A segunda função, conhecida como função valorativa, diz

respeito às situações em que se agrega a “métrica”, que tem a função de avaliar o desempenho durante a execução de um empreendimento e/ou projeto. Assim os indicadores selecionados no item 5.1 representam indicadores para avaliar práticas sustentáveis cuja a avaliação se dá pelo atendimento de práticas para se auferir o nível de sustentabilidade das empresas.

Tanto o GRI (GRI, 2012), como a ONU (ONU, 2018), além de outros autores, como Veleza e Ellenbecker (2001), Porter e Krammer (2006), ISO 14031 (1999), expressam também a importância de que todo indicador deve ser mensurado de forma “métrica”, para assim apresentar resultados objetivos, de forma a facilitar sua respectiva análise sobre os resultados mensuráveis, além de suprir a lacuna da falta de avaliação do desempenho métrico da sustentabilidade, relatada nesta tese. Estes mesmos autores sugerem também os aspectos que devem ser atrelados a um indicador métrico para avaliar o nível de sustentabilidade em um sistema de indicadores de desempenho:

- Mensurar os principais impactos da empresa, empreendimento/projeto, relacionados com a sustentabilidade. O que inclui o efeito sobre a legislação nacional e as expectativas em relação às normas internacionalmente aceitas;
- Mensurar e explicar os principais processos de gestão para abordar o desempenho e/ou as principais alterações, atrelados à sustentabilidade.
- Mensurar os riscos e as oportunidades mais significativas, de processos, aspectos e impactos, de acordo com a sua relevância para a estratégia

organizacional, para o posicionamento competitivo e para a criação de valor quantitativo;

- Levantar objetivos de desempenho, comparado-os com metas, relativos ao período de referência do indicador.

Partindo da metodologia, iniciada no Capítulo 4, conforme o desdobramentos dos indicadores do GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), que originou a Tabela 9, foram selecionados indicadores métricos, de forma a atender aos aspectos para seleção de indicadores, propostos por GRI (GRI, 2012), ONU (ONU, 2018), Veleza e Ellenbecker (2001), Porter e Krammer (2006), ISO 14031 (1999), sintetizado no Quadro 24, com a finalidade de realizar a avaliação do desempenho de um empreendimento/projeto de forma métrica. Não foram estabelecidos os objetivos e metas para os indicadores de desempenho em função da falta de dados e comparativos, provenientes das construtoras pesquisadas.

Quadro 24 – Indicadores de avaliação de desempenho métrico

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Fonte do indicador
ECONÔMICA	Planejamento estratégico sustentável do investimento	Planejamento estratégico sustentável do investimento	Total de investimentos sociambiental investido em um projeto/ Total investido em todo o projeto	Valor econômico direto gerado e distribuído, incluindo receitas, custos operacionais, indenizações a trabalhadores, donativos e outros investimentos na comunidade, lucros não distribuídos. (GRI, 2012)
	Risco e Oportunidades do projeto	Risco e Oportunidades do projeto	Total investido para eliminar os riscos de (erros, falhas e potenciais problemas) sociambientais de um projeto/ total investido no projeto	Implicações financeiras e outros riscos e oportunidades para as atividades da organização, devido às alterações climáticas. (GRI, 2012)

Fonte: autor

Quadro 24 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Fonte do indicador
ECONÔMICA	Gestão de desempenho do investimento	Gestão de desempenho do investimento	Total do investimento por m3 de construção do projeto	Custos associados com o gerenciamento socioambiental (Veleva e Ellenbecker, 2001)
		Demonstrações financeiras		
	Crises e planos de contingência	Crises e planos de contingência	Total de reserva de investimentos contingencial	Cobertura das obrigações referentes ao plano de benefícios definidos pela organização. (GRI, 2012)
		Lucro econômico	socioambiental, para possíveis problemas do projetos/ total investidos em todo o projeto	
		Equilíbrio do crescimento		
		Cumprimento legal		
SOCIAL	Diversidade – Erradicação do trabalho infantil Contratação de aprendizes	Erradicação do trabalho infantil	Total de aprendizes contratados no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	Composição dos órgãos sociais da empresa e relação dos trabalhadores por categoria, de acordo com o gênero, a faixa etária, as minorias e outros indicadores de diversidade (GRI, 2012)
	Diversidade - Erradicação do trabalho forçado	Erradicação do trabalho forçado e compulsório	Total de contratados abaixo do piso no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	Composição dos órgãos sociais da empresa e relação dos trabalhadores por categoria, de acordo com o gênero, a faixa etária, as minorias e outros indicadores de diversidade (GRI, 2012)
	Diversidade – Erradicação da discriminação de públicos diversos Procedimentos para eliminar a discriminação Valorização Procedimentos para valorizar públicos diversos	Não discriminação e valorização da diversidade	Total de diversos contratados no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	Composição dos órgãos sociais da empresa e relação dos trabalhadores por categoria, de acordo com o gênero, a faixa etária, as minorias e outros indicadores de diversidade (GRI, 2012)
	Diversidade - Combater assédio moral e sexual e remuneração justa	Assédio moral, sexual e livre associação	Total de reclamações sobre assédio moral e sexual, remuneração recebidas no empreendimento e/ou projeto	Taxa de reclamações registradas (Veleva e Ellenbecker, 2001)
		Remuneração justa Atendimento aos funcionários e usuário		

Fonte: autor

Quadro 24 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Fonte do indicador
SOCIAL	Desenvolvimento Profissional	Desenvolvimento profissional	Total de trabalhadores com ensino mínimo exigido no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	Programas para a gestão de competências e aprendizagem contínua que apoiam a continuidade da empregabilidade dos funcionários e para a gestão de carreira. (GRI, 2012)
		Contratação de trabalhadores terceirizados	Total de terceiros contratados no projeto e/ou empreendimento / total de contratados no projeto e/ou empreendimento	Número total de trabalhadores e respectiva taxa de rotatividade, por faixa etária, género e região. (GRI, 2012)
	Gestão de fornecedores	Gestão de fornecedores	Total de não conformidades de fornecedores (sociais) – atendimento a requisitos relacionados a erradicação, diversidades e cotas / total de itens ou índices avaliados	Número de fornecedores contactados com gerenciamento ambiental (ISO 14031,1999)
		Respeito a privacidade e uso de informação		
	Investimento social	Investimento social privado Compromisso com a comunidade	Total investido na comunidade da circunvizinhança em melhorias sociais e cumprimento da legislação / total do investido em todo o projeto	Gastos e contribuições para caridade sobre o percentual da receita (Veleva e Ellenbecker, 2001)
AMBIENTAL	Gerenciamento Ambiental	Gerenciamento ambiental	Total de investimento sobre os riscos ambientais, referente a aspectos ambientais / total investido no meio ambiente em todo projeto	Percentagens de metas ambientais atingidas (ISO 14031,1999)
		Procedimentos ambientais	Total de não conformidades ambientais detectadas, provenientes de não atendimento a aspectos e/ou geração de impactos ambientais	Número de incidentes ambientais (ISO 14031,1999)
	Geração de Resíduos	Geração de resíduos	Total de geração de resíduos dos impactos e aspectos ambientais	Porcentagem de resíduos gerados (Veleva e Ellenbecker, 2001 e ILCD, 2010)

Fonte: autor

Quadro 24 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Fonte do indicador
	Consumo de recursos naturais	Consumo de recursos naturais Área de preservação permanente Reserva legal	Depleção de Recursos e Energia provenientes dos impactos e aspectos ambientais Requisitos legais (licenças)	- Consumo de água, Uso de Material e Uso de Energia (Veleva e Ellenbecker, 2001)
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Total de geração de emissões atmosféricas dos impactos e aspectos ambientais	Total de emissões diretas e indiretas (ILCD, 2010)

Fonte: autor

Neste capítulo foi desenvolvido os critérios para avaliar os índices de sustentabilidade, para cada dimensão da sustentabilidade de forma a avaliar práticas – que também pode ser utilizado para seleção, em processos de licitação/contratação e/ou autoavaliação de construtoras– conforme Tabela 11, e de indicadores de desempenho métricos para avaliar o desempenho sustentável, de um empreendimento e/ou projeto, conforme Quadro 24.

O ANEXO V ilustra as ferramentas em forma de questionários e tabelas para aplicação dos indicadores numa empresa e seu respectivo empreendimento.

No Capítulos 6 será desenvolvido um ACV (Avaliação de Ciclo de Vida), em dois estudos de casos de construção de rodovias, para que seja levantando os indicadores métricos do pilar de sustentabilidade ambiental para validação do sistema de desempenho métrico.

A aplicação da ferramenta de validação do sistema de indicadores métricos somente pode ser realizada para os indicadores representados pelo pilar ambiental da sustentabilidade, devido a falta de dados e informações, referentes

aos aspectos econômicos e sociais das empresas participantes dos editais de licitação utilizados para os estudos de casos.

6 VALIDAÇÃO DOS SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO MÉTRICO PROVENIENTES DO RESULTADO DA ACV.

Os estudos de casos em questão, para busca de fontes secundárias, pesquisados por meio de editais, foi a construção da BR 251/DF: Divisa entre Góias e DF, Km 0 à 45,6 e das pontes sobre o córrego Santa Paz no Km 16,1 e ponte sobre o Rio Carangola no Km 28,1 da rodovia BR-356/RJ (ANEXOS I e II).

A Tabela 12 detalha as distâncias de transporte, tanto para o transporte de materiais, como para o canteiro de obras, dele, para a obra e operação, e a Tabela 13 ilustra os materiais e processos necessários para a construção, nesta cadeia de suprimentos.

Tabela 12 – Distâncias percorridas de transporte e materiais BR251/DF

Materiais/Processo	Distância Km			
	Inventário	Usina 3	Usina 4	Pista
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "C"	Asfalto	442,4	464	
	Brita	16,6	146,16	
	Areia	193,56	64	
	Asfalto	16,6	146,16	58,32
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "B"	Asfalto	442,4	464	
	Brita	16,6	146,16	
	Areia	193,56	64	58,32
	Asfalto	16,6	146,16	
Pré-Misturado a Frio (PMF)	Asfalto	442,4	464	
	Areia	16,6	146,16	
	Brita	193,56	64	58,32
Imprimação	Asfalto	411,3		27,9
Pintura de Ligação	Asfalto	411,3		16,05
Reparo profundo	Brita			9,51
Reestabilização de Base	Brita			12,54
Base estabilizada Granulometricamente	Brita			10,03
	Brita			10,03
Sub-base Estabilizada Granulometricamente	Brita			10,03
	Brita			10,03
Total		2796,88	2168,64	240,96

Fonte: autor

Tabela 13 – Materiais utilizados na construção da rodovia BR 251/DF

PROCESSOS/ETAPAS	MATERIAIS UTILIZADOS	ESPECIFICAÇÕES
SUBLEITO	Brita (Pedreira)	Base Estabilizada Granulometricamente
REFORÇO DO SUBLEITO	Brita (Pedreira)	Base Estabilizada Granulometricamente
SUB-BASE	Brita (Pedreira)	Base Estabilizada Granulometricamente
BASE	Brita (Pedreira)	Base Estabilizada Granulometricamente
REVESTIMENTO ASFALTICO	Areia (Areial)	Areia
	Brita (Pedreira)	Brita
	Asfalto (ligante)	CAP – 30/45 e 50/70
	Filler (Cal + cimento)	Filler
EQUIPAMENTOS	Caminhões e Máquinas	Trator de Esteiras – Caterpillar D6M
		Motoniveladora – Caterpillar 120H
		Trator Agrícola – Massey Ferguson MF 292/4
		Carregadeira de Pneus – Caterpillar 950H
		Retroescavadeira – MasseyFerguson MF 86HF
		Rolo Compressor – Tandm C-431
		Rolo Compressor – SP 8000
		Rolo Compressor – Dynapac – CA-25P
		Carregadeira de Pneus – Cae W-20
		Rolo Compactador – Dynapac CC-422C
		Rolo Compactador – Tema Terra SP8000
		Escavadeira – Caterpillar 320L

Fonte: Autor

A Tabela 14 abaixo detalha o consumo de materiais conforme estudos de casos estudados para realização,

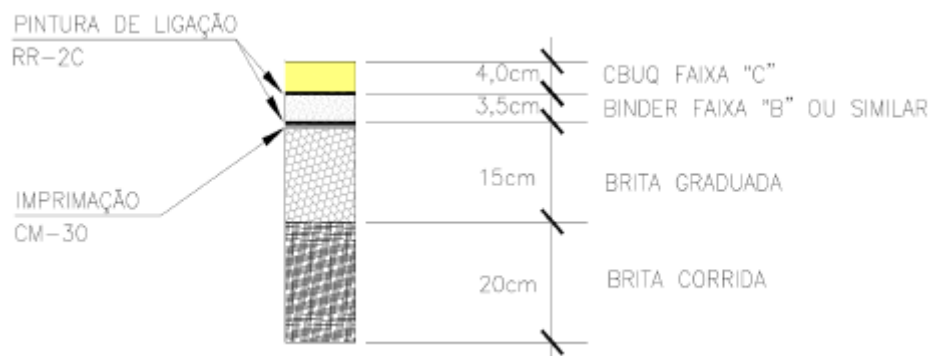
Tabela 14 – Consumo de material para construção de rodovias

MATERIAL	Altura (m)	Largura da faixa de rolamento (m)	Comprimento (m)	Volume por camada (m3)	Composição	Ton/m3	Ton/m ²	Ton/faixa.km
Concreto Betuminoso Usinado a quente faixa C	0,04	3,6	1000	144	CAP 30/45	0,132		19,008
					Brita	2,0088		289,2672
Densidade - 2,4 ton/m3					Areia	0,192		27,648
					Filler	0,0672		9,6768
Concreto Betuminoso Usinado a quente faixa C	0,035	3,6	1000	126	cap 50/70	0,12		15,12
Densidade - 2,4 ton/m3					Brita	1,704		214,704
					Areia	0,576		72,576
Pre misturado a frio	0	3,6	1000	0	RM-1C	0,14		0
Densidade = 2,3 ton/m3					Areia	0,27		0
					Brita	1,89		0
Pintura de ligação		3,6	1000		RR 1C		0,0004	1,44
Imprimação		3,6	1000		CM – 30		0,0012	4,32
Base de brita graduada	0,15	3,6	1000	540	Brita	2,2		1188
sub-base brita corrida	0,2	3,6	1000	720	Brita	2,2		1584

Fonte: Autor

A maioria dos pavimentos no Brasil possui as seguintes camadas: camadas naturais (solo), que são divididas em (1) subclasse natural e (2) subclasse compactado e camadas construídas: (3) curso sub-base, (4) percurso de base, (5) revestimento primário, (6) percurso de ligante (concreto betuminoso quente tipo "B"), (7) revestimento de aderência e (8) percurso de superfície (concreto betuminoso quente tipo "C"). (DNIT, 2010). Para este estudo, apenas as camadas construídas foram consideradas. A quantidade de revestimento primário e revestimento de aderência foi calculada com base na área de aplicação, uma vez que são camadas finas. A Figura 23 detalha as camadas utilizadas para cada delas, bem como as taxas de aplicação (densidades para camadas espessas e

quantidade por área para camadas finas) e quantidade total aplicada em 1 km de estrada (com largura total de 7,2 m).



Camada	Rateio de aplicação	Quantidade (m ³)
Sub-base – Brita Corrida	2,100 kg/m ³	4,540
Base – Brita Graduada	2,100 kg/m ³	2,270
Imprimação	1.2 kg/m ²	8.64
Binder Faixa “B”	2,400 kg/m ³	605
Pintura de Ligação	0.4 kg/m ²	2.88
CBQU Faixa “C”	2,400 kg/m ³	691

Figura 23 – Estrutura da rodovia construída
Fonte: Autor

Com base nas quantidades totais de cada camada (Figura 23), é possível determinar as quantidades de areia, brita e altura necessárias para a construção de 1 km de pavimento (com largura total de 7,2 m). Isso é mostrado na Tabela 15, junto com outros dados de inventário descritos nas subseções a seguir.

Tabela 15 - Inventário para construção de 1 km de pavimento.

Componente	Quantidade (com 7.2 m largura)	Unidade
Areia	220	Metro/ton
Brita	7,820	Metro/ton
Asfalto	80	Metro/ton
Transporte (materiais)	689,000	Tkm
Transporte (operação)	180,000	Tkm
Operação Hidraulicas	3,780	m ³ excavado
Diesel (material)	331,258	Kg diesel
Diesel maquinas, >=74.57 kW	14.8	Horas de operação
Eletricidade de media voltage	2,380	kWh

Fonte: autor

É importante mencionar que a quantidade de materiais necessários pode variar, dependendo da profundidade das camadas e da largura das faixas. Os números mostrados na Tabela 15 são para as profundidades usadas na Figura 23. No entanto, essas profundidades dependem das características do solo, e os valores mostrados na Figura 23 não devem ser usados sem considerar as propriedades do solo.

As distâncias de transporte dos materiais de construção para o canteiro de obras e dentro do canteiro de obras dependem da localização e extensão de cada projeto de construção de estradas. Para este estudo, as distâncias foram tomadas como as distâncias médias de transporte relatadas para dois projetos de construção de estradas no Brasil, a construção das rodovias federais BR-251 (DNIT, 2012) e BR-356 (DNIT, 2014).

Para este respectivo estudo de caso, foram utilizadas as menores distâncias possíveis para transporte de materiais e construção de rodovias, ilustrados na tabela 14, acima, onde os materiais são recebidos de caminhões basculantes dos fornecedores, até os canteiros de obras, denominados nas colunas Usina 3 e Usina 4. Em seguida são transportados para o local de aplicação, conforme a distância média denominada na coluna Pista, e lá aplicados. Foram criados dois canteiros de obras (Usina 3 e Usina 4), para customização do transporte, do fornecedor até o canteiro de obras. Partiremos também do princípio, que para produzir um km de asfalto, utilizaremos o transporte de um dos canteiros de obras, para o local da produção, utilizando no caso o canteiro de obras Usina 3 por atender todos os processos de produção dos produtos utilizados na obra.

Presume-se que todos os transportes ocorram em caminhões de 23 toneladas métricas, com padrões de emissões EURO5. O inventário utilizado será do banco de dados Ecoinvent, e inclui todas as atividades de operação, como produção de combustível (diesel), produção e manutenção de caminhões, construção e manutenção de estradas (Keller, 2010).

A operação da maquinaria, para operação, foi organizada da seguinte forma: para cada camada de pavimento: (1) percurso da sub-base: compactador do tipo pé de almofada; (2) curso básico: compactador do tipo padfoot, seguido por um compactador do tipo liso; (3) demãos e primários: caminhão de pulverização de asfalto; e (4) cursos de encadernação e superfície: caminhão basculante para asfalto, caminhão pavimentador, compactador de tipo liso e compactador pneumático (este último apenas para curso de superfície). Os escavadores hidráulicos foram considerados para a preparação e escavação do solo. A operação da planta de concreto de mistura quente foi contabilizada com base no combustível necessário para aquecer as misturas, na eletricidade usada em misturadores, correias, bombas, compressores, ventiladores e elevador, entre outros, e na operação de carregamento frontal para alimentar a planta. A Tabela 16 resume cada uso de equipamento, juntamente com as condições e especificações operacionais do equipamento.

Table 16. Sumario de especificações das maquinas para operação.

Sub-base – Brita Corrida		
Tipo de Máquina	Especificações	Referencias
Compactador Padfoot	• 4 passes per lane ¹	Caterpillar modelo CP54B (Caterpillar, 2020a)
	• Dimensão compactador: 2.1 m	
	• Velocidade: 5.5 km/hr	
	• Potência: 98 kW	

Fonte: autor

Table 16. Continuação.

Base – Brita Graduada		
Tipo de Máquina	Especificações	Referencias
Compactador Padfoot	Idem acima	Idem acima
Copactador liso	8 passadas na pista¹ - Dimensão, velocidade e potência, idem acima	Caterpillar modelo CS54B (Caterpillar, 2020b)
Imprimação e Pintura de ligação		
Tipo de Máquina	Especificações	Referencias
Caminhão de asfalto	1-2 passadas na pista - Distância: 3.6 m - Velocidade: 10 km/hr - Potência: 205 kW	Based no modelo VW Constellation 6x4 26.280 (Volkswagen, 2020)
Binder Faixa “B” e CBQU Faixa “C”		
Tipo de Máquina	Especificações	Referencias
Caminhão basculante para asfalto	- Velocidade: 4 km/hr - Potência: 205 kW	Baseado no modelo VW Constellation 6x4 26.280 (Volkswagen, 2020)
Maquina pavimentadora	- Dimensão maxima: 9.1 m - Velocidade operação: 4 km/hr - Potência: 194 kW	Baseado no BOMAG CR662RM asphalt paver modelo (BOMAG, 2016)
Compactador liso	1 passada na pista - Distância, velocidade e potência idem acima	Baseado no modelo Caterpillar CS54B (Caterpillar, 2020b)
Compactadro Pneumatico	1 passada na pista - Distância: 2.1 m - Velocidade: 10 km/hr - Potência: 98 kW	Baseado no modelo Caterpillar CW34 (Caterpillar, 2020c)
Escavação		
Tipo de Máquina	Especificações	Referencias
Escavadeira hidraulica	Baseado no volume escavado	N/A
Planta de asfalto quente		
Componente	Especificações	Referencias
Equipamento para aquecer combustivel	Consumo de combustive: 7.2 L/ton mix de asfalto quente	Toledo et al. (2017)
Electricidade	- Pontência: 240 kW - Capacidade: 130 t/hr	Baseado no modelo Wirtgen-Ciber UACF INOVA 1200 P-1 (Wirtgen-Ciber, 2017) e modelo BOMAG Magnum 140 (BOMAG, 2015)
Carregador frontal para alimentação	- Capacidade: 10 m³ - Velocidade: 7 km/hr - Distancia entre delivery pontos: 50 m	Baseado no modelo Caterpillar 980M (Caterpillar, 2020d)

¹Numero de passadas depende do tipo de solo e ajuste durante a fase de construção.

Os inventários que descrevem a operação de máquinas foram obtidos no banco de dados Ecoinvent (Wernet et al., 2016), utilizando dados de Kellenberger et al. (2007). Para a operação da máquina representada em horas de operação, foi utilizado o inventário de máquinas movidas a diesel, com capacidade superior a 74,57 kW e alto fator de carga. Esse banco de dados foi baseado em cálculos realizados pelo MOVES (US Vehicle Simulator Emissions), usando o modelo de veículos não-rodoviários 2008a (US EPA, 2020). Para a escavadeira hidráulica, o inventário utilizado foi baseado no volume escavado. A operação da usina de asfalto de mistura quente foi dividida em operação de uma máquina de construção movida a diesel (Kellenberger et al., 2007) e eletricidade usada, usando inventários do banco de dados Ecoinvent, e utilizados para geografia global, com modificações feitas para incorporar o mix de produção de eletricidade brasileiro (Dones et al., 2007; Wernet et al., 2016) e o processo de produção de diesel brasileiro (Fehrenbach et al., 2018), quando aplicável.

6.1 Avaliação de ciclo de vida

A importância da sustentabilidade está relacionada ao consumo consciente, mas engloba outras ações, e ao ter este tipo de entendimento, as pessoas e empresas passam a adotar o pensamento do ciclo de vida (BRYCE et al, 2017, SANTOS et al, 2017).

O sistema de produto engloba: 4 cadeias produtivas principais – areia, pedra/cascalho, e asfalto e seus subprodutos; equipamentos utilizados e métodos construtivos empregados; consumo de energia elétrica (matriz energética

brasileira); transporte e distribuição dos materiais empregados. A Figura 24 ilustra o sistema do produto em questão.

A função do sistema de produto consiste na construção de vias pavimentadas. Portanto a unidade funcional deve representar aspectos qualitativos e quantitativos de vida útil desta via. O tempo estimado para execução de sua função é de **20** anos, considerando as especificações de uso e, principalmente, o tempo médio com que se executa a manutenção. A Unidade funcional deste sistema de produto é kg/km de rodovia construída.

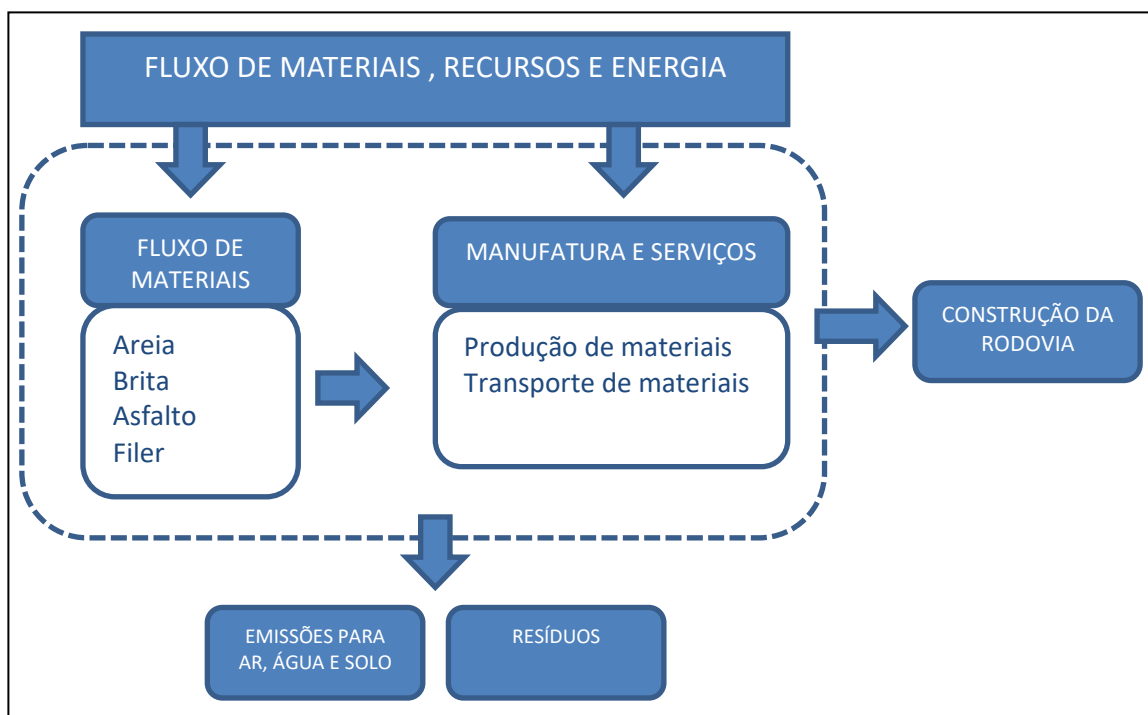


Figura 24 - Sistema de produto
Fonte: Autor

Cada um dos componentes do sistema de produto estão detalhados a seguir.

- **Areia** (Silva et al., 2017): extração de areia é feita em cava e para isso é necessário utilizar uma escavadeira para fazer um buraco e retirar a primeira "capa" para poder chegar até onde o mineral está. Esse processo irá formar uma lagoa e nela será colocada a draga para sucção da areia. Esse processo de escavação é chamado de decapeamento. Depois de feito o decapeamento e depois de formada a lagoa, é colocado um barco chamado de draga para fazer a sucção de areia, como se fosse um canudo. A areia que foi sugada pela draga é levada por tubulações até um equipamento que lembra uma torre, chamado de classificador. Dentro dele tem várias peneiras que vibram e separam os diferentes tipos de areia de acordo com a granulometria. Cada tipo de areia é levado também por tubulações até o monte de estocagem. Por fim, a areia é estocada em montes e carregada por um tipo de esteira até os caminhões.
 - Entradas: produto, materiais e energia (combustíveis);
 - Saídas: produto, emissões gasosas e disposição final;
- **Brita e cascalho** (Silva et al., 2017): Utilizando caminhões, tratores e escavadeiras, o processo começa com a remoção do material de capeamento que recobre o maciço rochoso. O material recolhido é despejado em áreas específicas para disposição do material estéril e inerte, que são cuidadosamente controladas para a drenagem, estabilidade, entre outros, deixando os locais em condições propícias para uso futuro. Depois da preparação adequada das bancadas, com cálculo e marcação de malhas, começa a fase de perfuração. Para isso, são usadas

perfuratrizes hidráulicas cabinadas, equipadas com coletores de poeira e sistemas de umectação de furos automáticos, isso ocorre no desmonte, que preza pela segurança e qualidade do processo. Em seguida ocorre a britagem primária, onde o bloco de rocha tem seu tamanho reduzido em britadores de mandíbulas. Após a fragmentação, os blocos são transportados em correias transportadoras até a pilha pulmão, que funciona como estoque regulador para cobrir eventuais paradas na produção e também como estoque de produto para algumas aplicações que necessitem de rocha em grandes granulometrias. O material coletado no pulmão primário é levado para a rebitagem, onde os blocos de rocha passam por sequência de britadores e peneiras para a redução e separação de tamanhos, respectivamente. Nas peneiras ocorrem as separações dos produtos nas faixas granulométricas que atendem às necessidades do mercado, e a eficiência dos equipamentos e processos. Os produtos separados em faixas granulométricas específicas são estocados em pilhas ou em silos, estando disponíveis para entrega ou retirada para abastecimento do mercado consumidor.

- Entradas: produto, materiais e energia (combustíveis);
- Saídas: produto, emissões gasosas e disposição final;
- **Asfalto** (Fehrenbach et al., 2018): O asfalto é produzido nas refinarias de petróleo através da destilação fracionada. Nela, o óleo bruto é aquecido e suas frações separadas de acordo com o seu ponto de ebulição. As frações mais leves são as primeiras a serem produzidas e o material que permanece no fundo da torre de destilação são os produtos asfálticos.

- Entradas: produto, materiais e energia (combustíveis);
- Saídas: produto, emissões gasosas e disposição final;
- **Transporte e Distribuição** (Wernet et al., 2016): quantidade de transporte utilizado para materiais, pessoas e preparação do solo e aplicação dos produtos/compactação;
 - Entradas: produto, materiais e energia (combustíveis);
 - Saídas: produto, emissões gasosas e disposição final;

O estudo compreendeu o cálculo do potencial de impacto ambiental dos fluxos coletados, o que demanda conhecimento de como as substâncias emitidas contribuem para um tipo de impacto. Para isso, foram realizadas duas etapas (ILCD, 2010):

- **Classificação:** compreende a classificação dos fluxos em função de sua contribuição para uma categoria de impacto ambiental.
- **Caracterização:** após a classificação dos fluxos, aplica-se o fator de equivalência em função da unidade de medida da categoria de impacto. Após essa conversão, os dados são consolidados por categoria de impacto.

Os impactos relacionados à construção do pavimento dependerão das dimensões do pavimento, ou seja, das profundidades das camadas e da largura das faixas, as quais foram assumidas como 3,6 metros, totalizando 7,2 metros para uma estrada de duas faixas, como é comum no Brasil (DNIT, 2010). Esses dados foram obtidos a partir da análise de dois projetos de construção de estradas no Brasil, as rodovias federais BR-251 e BR-356 (DNIT, 2012; DNIT, 2014).

6.1.1 Resultados ACV pelo software OpenLCA

A metodologia do ACV, realizada com software OpenLCA, utilizou como base três inventários para extração e produção de materiais, disponíveis no banco de dados Ecoinvent versão 3 (Wernet et al., 2016). Os inventários para extração e produção de areia e cascalho foram determinados por Silva et al. (2017) para o Brasil. O inventário para produção de asfalto foi obtido de Fehrenbach et al. (2018), que usaram um modelo global de refinaria, calibrado com dados específicos de cada país para o Brasil.

A Tabela 17 abaixo apresenta os fluxos incluídos e excluídos no sistema de produto. Nota-se apenas a cadeia produtiva de um fluxo considerado relevante.

Tabela 17 - Fluxos dos produtos aplicados no software

Fluxos	Quant.(kg)	Percentual unid. func.	Referências
Oleo Diesel - Transporte (Kg material)	1.200.004	12,8%	Wernet et al., 2016
Asfalto (Kg. material)	79776	0,8%	Fehrenbach et al. (2018)
Brita (Kg. material)	7811942	84,1%	Silva et al. (2017)
Areia (Kg. material)	219802	2,3%	Silva et al. (2017)

Fonte: autor

A avaliação de impacto do ciclo de vida foi usada para quantificar os impactos para as seguintes categorias: mudança climática: potencial de aquecimento global (PAG); potencial de acidificação terrestre (TAP); potencial de depleção de ozônio (ODP); potencial de eutrofização de água doce (FWEP), potencial de eutrofização marinha (MEP) e potencial de ecotoxicidade em água doce (FWECP). Duas abordagens diferentes foram seguidas para calcular os impactos. Primeiro, foi utilizado o método hierárquico de ponto médio ReCiPe

2016 (Huijbregts et al., 2016) v1.13, uma vez que possui fatores de normalização global, em oposição aos fatores de normalização para uma determinada região ou país, sendo que não existem fatores específicos para a América do Sul. Segundo, uma combinação de métodos diferentes foi usada para avaliar o impacto de diferentes categorias de impacto, seguindo as recomendações do Manual do ILCD (EC-JRC-IES, 2011). O método IPCC 2013 (Stocker et al., 2013) foi utilizado para a categoria GWP, o método CML 2001 (Guinée et al., 2002) foi utilizado para as categorias TAP e ODP, o método EDIP 2003 (Hauschild e Potting, 2005) para as categorias FWEP e MEP, e o USEtox v1.0 (Rosenbaum et al., 2008) foi usado para a categoria FWECP. O software OpenLCA versão 1.10.2 da GreenDelta (GreenDelta, 2019) foi usado para calcular os impactos de cada sistema do produto dentro dos seus limites do sistema de produto. Este sistema de produto inclui todas as atividades que levam ao produto final, o pavimento da estrada neste estudo.

Os impactos totais para as categorias consideradas são mostrados nas Figuras 25 e 26. As Figuras 27 e 28 mostram os impactos expressos como uma porcentagem de contribuição de cada processo no sistema de construção de pavimentos de estradas: extração / processamento de areia, brita e asfalto, referido como simplesmente "Areia", "Brita" e "Asfalto "; transporte desses materiais para e dentro do canteiro de obras, conhecido como "Transporte"; e uso e operação de máquinas para construir o pavimento, conhecido como "Máquinas". Um cenário alternativo considerado neste estudo foi substituir o diesel pelo biodiesel nos caminhões de transporte. Isso alteraria os impactos causados pelo transporte de materiais para o canteiro de obras. O inventário adicional necessário

para isso inclui estoques para produção e transporte de biodiesel em caminhões movidos a biodiesel. O inventário original para transporte em caminhões movidos a biodiesel foi modificado substituindo a produção média global de biodiesel (éster metílico) pela produção de biodiesel (éster metílico de óleo de soja) no Brasil (Jungbluth et al., 2007). As denominações S1 e S2 indicam os diferentes cenários considerados: S1 representa o cenário atual em que todo o transporte é alimentado por diesel, enquanto S2 representa uma alternativa na qual o transporte da indústria para o canteiro de obras é alimentado por biodiesel derivado da soja.

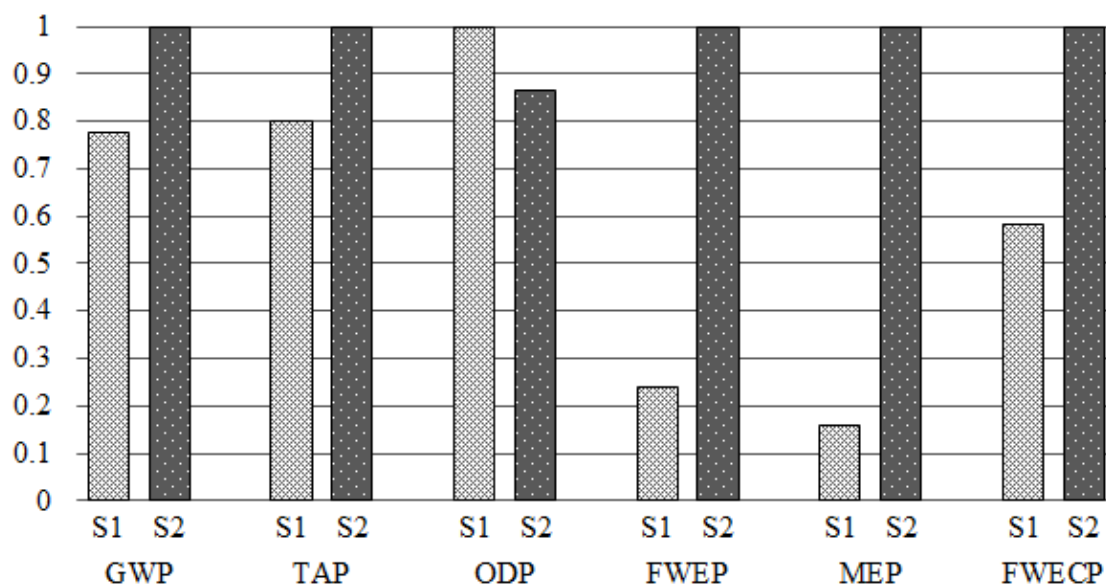


Figura 25 - Total de impacto (S1) e cenário alternativo (S2) / categoria (Método ReCiPe)

Fonte: autor

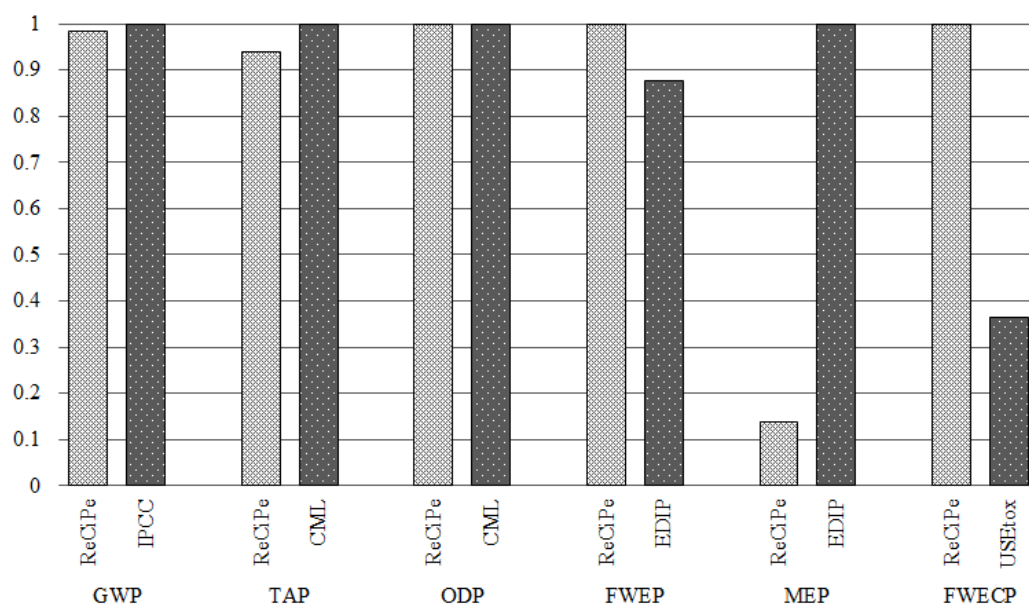


Figura 26 - Total de impacto no cenário (S1) por categoria

Fonte: autor

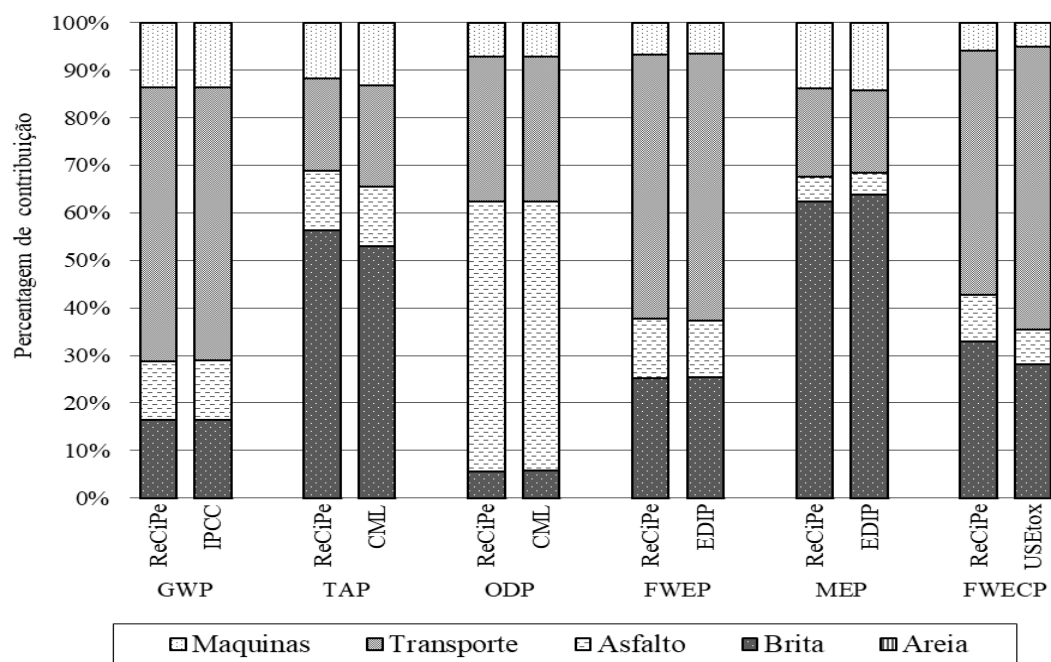


Figura 27 - Contribuição por processos no total do impacto por categoria (S1)

Fonte: autor

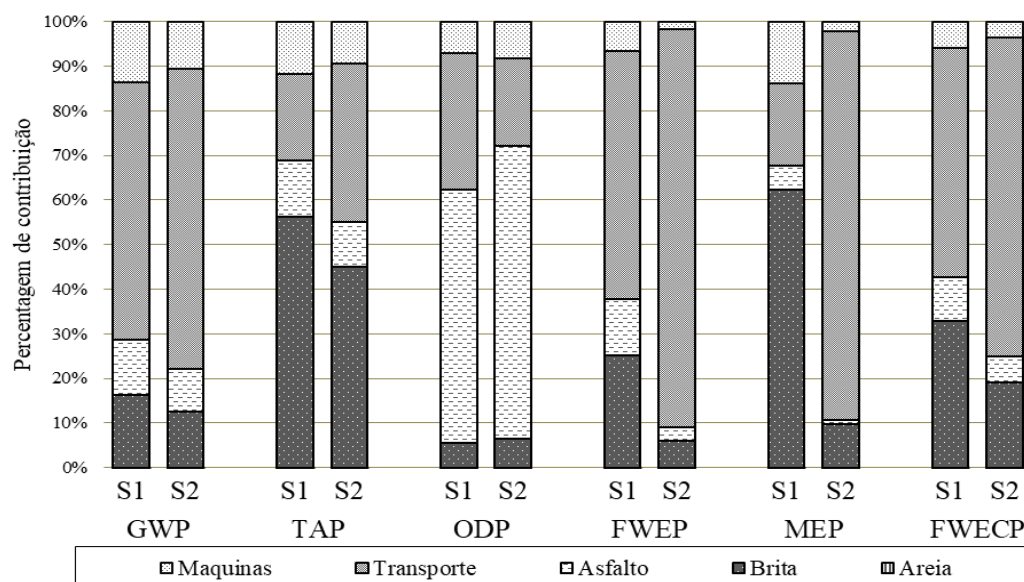


Figura 28 – Contribuição por processo S1 e S2

Fonte: autor

A Tabela 18 mostra o impacto total de cada cenário (S1 e S2) em todas as categorias de impacto analisadas. Para o S1, foram utilizadas duas abordagens da LCIA: ReCiPe 2016 e os métodos combinados. Para levar em conta as diferentes unidades usadas por cada método, para o impacto da ecotoxicidade em água doce, a conversão 894 CTUe / kg 1,4-DCB eq. foi usada. Para S2, apenas o método ReCiPe foi aplicado. Os impactos totais (normalizados em uma escala de 0 a 1) para S1 e S2 usando o método ReCiPe e para S1 usando ambas as abordagens de LCIA são mostrados nas Figura 25 e Figura 26, respectivamente.

Table 18 - Total de impacto por cenário S1 e S2 utilizando métodos combinados

Categoria de Impacto	Unidade	ReCiPe 2016		Metodos combinados ¹
		S1	S2	S1
GWP	kg CO ₂ eq.	2.52×10^5	3.25×10^5	2.56×10^5
TAP	kg SO ₂ eq.	2.24×10^3	2.79×10^3	2.38×10^3
ODP	kg CFC-11 eq.	8.37×10^{-2}	7.24×10^{-2}	8.38×10^{-2}
FWEP	kg P eq.	1.86×10^1	7.74×10^1	1.63×10^1
MEP	kg N eq.	1.17×10^2	7.33×10^2	8.49×10^2
FWECF	kg 1,4-DCB eq.	2.62×10^3	4.50×10^3	9.55×10^2

¹Metodos utilizados: IPCC 2013 para GWP; CML 2001 para TAP e ODP; EDIP 2003 para FWEP e MEP; USEtox v1.0 para FWECF.

Fonte: autor

Como pode ser visto na Tabela 18 e na Figura 25, o cenário atual (S1), no qual todos os caminhões de transporte são movidos a diesel, teve impactos ambientais inferiores ao cenário alternativo (S2), no qual os caminhões de transporte para o canteiro de obras são movidos a biodiesel, em todas as categorias, exceto na categoria de depleção de ozônio (ODP). Para as categorias GWP e TAP, o cenário S2 foi 29% e 26% maior que o S1, respectivamente. Para a categoria ODP, o S2 foi 13,5% menor que o S1. Para as categorias de eutrofização de água doce e marinha (FWEP e MEP), houve uma grande diferença entre os dois cenários, com S1 tendo apenas 24% e 16% do impacto de S2 para cada categoria, respectivamente. Para o impacto da ecotoxicidade em água doce (FWECP), o S2 teve um impacto 1,7 vezes maior que o S1.

Comparando as duas abordagens da LCIA, houve uma concordância muito boa entre os métodos ReCiPe e IPCC para a categoria GWP e os métodos ReCiPe e CML para a categoria ODP, com menos de 2% de diferença no impacto total entre os métodos para cada caso (consulte Figura 26). Houve boa concordância entre os métodos ReCiPe e CML para a categoria TAP e os métodos ReCiPe e EDIP para a categoria FWEP, com o método ReCiPe fornecendo valores 6% menores e 14% maiores que os outros métodos, respectivamente. Para as categorias de eutrofização marinha (MEP) e ecotoxicidade em água doce (FWECP), houve uma discrepância considerável entre os valores obtidos usando cada método. Notavelmente, para a categoria MEP, o método ReCiPe forneceu um valor que era cerca de 14% do valor obtido com o método EDIP e, para o FWECP, o método ReCiPe forneceu um valor 1,7

vezes maior que o método USEtox. Abaixo segue os comentários sobre as categorias de impacto.

- **Aquecimento Global (GWP):**

O transporte para dentro do canteiro de obras foi o principal contribuinte da categoria GWP para S1 e S2 (57,5% e 67,1% do impacto total do GWP, usando o método ReCiPe, respectivamente). Para o S1, a maior parte do impacto devido ao processo de Transporte (71% baseado nos métodos ReCiPe e IPCC) resultou de emissões diretas de CO₂ durante o próprio transporte. A produção do diesel usado nos caminhões de transporte representou 11,2% do impacto no transporte.

Com o transporte tendo uma contribuição considerável para a categoria de aquecimento global, foi considerado um cenário alternativo, no qual o combustível de transporte foi alterado para biodiesel (S2). Diferentemente de S1, para S2, a maior parte do impacto (75%) do processo de Transporte decorreu da produção de óleo de soja, matéria-prima utilizada na produção de biodiesel no Brasil. A contribuição da produção de óleo de soja para o impacto do GWP deve-se às emissões de diesel no uso de máquinas durante a mudança de terra e a transformação para o plantio de soja. No S2, apenas 3% do impacto do GWP devido ao transporte é causado por emissões durante o transporte, uma vez que aproximadamente 95% dessas emissões de CO₂ são não fósseis (Jungbluth et al., 2007). Embora o impacto durante o transporte em si reduza quando o diesel é substituído pelo biodiesel, quando os processos de produção dos combustíveis são considerados, o biodiesel se torna mais impactante que o diesel, resultando em S2 com um impacto no GWP 29% maior que o do S1.

Os processos de brita, areia, asfalto e maquinaria têm o mesmo impacto total para S1 e S2; no entanto, sua porcentagem de contribuição muda, pois os dois cenários diferem no processo de Transporte. Para S1, o processo de brita contribuiu com 16% para o impacto total do GWP. Destes, 39% resultaram de emissões diretas durante a combustão de diesel no uso de máquinas durante o processo de produção de brita e 35% resultaram de produção de explosivos para serem utilizados no processo de jateamento de pedreiras. O processo Asfalto contribuiu com 12,5% para o impacto total do GWP, sendo aproximadamente 60% devido a emissões indiretas durante a operação da refinaria (geradores a diesel-elétricos e produção de calor) e os 40% restantes provenientes de emissões diretas. O processo de Máquinas contribuiu com 13,6% para o impacto total do GWP, sendo 82% provenientes de emissões diretas durante o uso de máquinas (máquinas para construção, escavação e usina de concreto misturado a quente); o restante do impacto decorreu do processo de produção de diesel. A eletricidade teve uma contribuição menor no processo de Máquinas, de apenas 1,4%.

Para a categoria de impacto GWP, não foram observadas variações significativas entre os dois métodos de LCIA utilizados, ReCiPe e IPCC. A pequena diferença total de impacto de GWP entre os dois métodos, de 1,6%, deve-se à diferenças nos fatores de impacto de algumas substâncias, como o N₂O, e a ausência de algumas substâncias no banco de dados do ReCiPe, como o CO. O fator para a substância que mais contribui, o CO₂, é o mesmo para os dois métodos.

- **Acidificação terrestre (TAP):**

Baseado no método ReCiPe, o S2 teve um impacto TAP 26% maior que o do S1. Esse aumento está relacionado a maiores emissões diretas de NOx durante a combustão do biodiesel, uma vez que os ésteres metílicos contêm oxigênio, enquanto o diesel não. A presença de oxigênio no biodiesel tem sido associada ao aumento da formação de NOx devido às temperaturas locais mais altas durante a combustão (Özener et al., 2014). Em termos de distribuição dos impactos no processo de Transporte, a produção de combustível contribuiu com cerca de 30% para o Transporte movido a diesel e biodiesel. No transporte movido a biodiesel, as emissões diretas representaram 52% do impacto, enquanto no transporte a diesel esse valor foi de 37%.

Para o cenário atual (S1), a maior parte do impacto da TAP é proveniente do processo Brita (55,8% usando ReCiPe e 52,5% usando CML). No processo de brita, os dois métodos indicam (com muito bom acordo) as emissões diretas durante a decapagem (78%) e o consumo de diesel em máquinas e caminhões (10%) como os estágios mais impactantes. No entanto, os métodos diferem em termos da contribuição de substâncias-chave. Baseado no ReCiPe, o NOx é a substância que mais contribui, correspondendo a 55% do impacto da TAP do cascalho, seguido pelo NH3 com 36%. Baseado na CML, o NOx também é a substância que mais contribui, mas com uma participação maior de 71%, seguido pelo NH3 com 27%. Essa diferença pode ser atribuída aos fatores de impacto das substâncias em cada método. O ReCiPe atribui um valor mais alto para o NH3 que o CML (2,45 vs 1,88 kg / kg de SO2 eq.), Mas um valor mais baixo para o NOx (0,56 vs. 0,70 kg / kg de SO2 eq.) (Guinée et al., 2002; Huijbregts et al. 2016).

Mesmo assim, ambos os métodos estimaram o mesmo impacto da TAP para o processo de cascalho, de $1,6 \times 10^{-4}$ kg de SO₂ eq.

Ainda considerando S1, o segundo processo que mais contribuiu para o impacto da TAP foi o Transporte (19,4% usando ReCiPe e 21,2% usando CML). Embora ambos os métodos tenham resultado em porcentagens de contribuição semelhantes, o método CML resultou em um impacto da TAP para o processo de Transporte 16% maior que o do ReCiPe. Isso se deve a diferentes fatores de impacto para o NO_x, que foi a principal substância contribuinte para o processo de Transporte, em cada método.

- **Potencial de depleção de ozônio (ODP)**

A produção de asfalto foi o principal contribuinte para o impacto do ODP nos dois cenários: 56,8% e 65,6% do total para S1 e S2, respectivamente. Dentro do processo Asfalto, essencialmente todo (> 99%) o impacto do ODP vem de emissões diretas da refinaria de petróleo. A produção de produtos à base de petróleo, incluindo diesel, libera compostos halogenados, principalmente Halon-1301, Halon-1211 e CFC-114 (Fehrenbach et al., 2018), que contribuem para a depleção da camada de ozônio.

Nos processos de Transporte, Máquinas e Brita, a produção de diesel é o principal contribuinte para o impacto do ODP de cada processo. No entanto, para o S2, como o biodiesel substitui aproximadamente 80% do diesel, o impacto do ODP no processo de Transporte reduz em 44%, o que gera uma redução de 13,5% no impacto total do ODP.

Comparando os métodos ReCiPe e CML, os resultados foram quase idênticos. Isso era esperado, uma vez que ambos os métodos usam os Potenciais

de Destruição de Ozônio publicados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) (EC-JRC-IES, 2011).

- **Potencial de eutrofização de água doce e marinha (FWEP e MEP):**

Para o potencial de eutrofização aquática, o fósforo (P) é usado como composto de referência para sistemas de água doce e nitrogênio (N), para sistemas marítimos, uma vez que são os nutrientes limitantes do crescimento de algas em cada compartimento correspondente (Huijbergts et al., 2016). Comparando os dois métodos utilizados, o EDIP proporcionou um impacto no FWEP 12,4% menor que o do ReCiPe, enquanto que proporcionou um impacto no MEP 7,3 vezes maior que o do ReCiPe. Para o FWEP, essa diferença menor se deve à EDIP atribuir um valor menor do fator de impacto (12% menor que o do ReCiPe), para emissões contendo P para fontes de água doce (Huijbergts et al., 2016; Hauschild e Potting, 2005).

Para o MEP, o método EDIP atribui um fator de impacto mais alto às substâncias emitidas para o ar do que o método ReCiPe. Isso se deve aos diferentes modelos de exposição atmosférica de N e P usados pelos dois métodos (RAINS para EDIP e EUTREND para ReCiPe) - EC-JRC-IES, 2011, sendo que o usado pela EDIP é considerado um modelo de pior cenário (Huijbergts et al., 2016; Hauschild e Potting, 2005). Como resultado, como quantidades consideráveis de substâncias, como NO_x, NH₃ e N₂O, são emitidas para o ar em todos os processos, o impacto do MEP calculado usando EDIP é significativamente maior que o do ReCiPe.

Embora os dois métodos estimam valores diferentes para o impacto total nas categorias FWEP e MEP, a contribuição dos processos (Figura 27) dentro de

cada categoria é muito semelhante. A diferença nos fatores de impacto entre os dois métodos afetou todos os processos aproximadamente na mesma quantidade, uma vez que as substâncias que mais contribuíram foram as mesmas (P e fosfato para FWEP e NOx para MEP).

Para a categoria FWEP, o impacto total derivou principalmente dos processos de Transporte (55,4% usando ReCiPe e 56% usando EDIP2003) e Brita (25,1% usando ambos os métodos). Nos dois processos, o principal contribuinte foram as emissões de fosfato do tratamento de resíduos de processos de produção de máquinas, construção e matérias-primas. Para a categoria MEP, o impacto total foi composto principalmente de brita (61,8% usando ReCiPe e 63,4% usando EDIP) e transporte (18,4% usando ReCiPe e 17,4% usando EDIP). Para o processo de brita, 88% do impacto veio de emissões diretas no ar durante a decapagem e do consumo de diesel usando o método ReCiPe. No EDIP, a contribuição dessas etapas foi de 98%. No setor de transportes, o principal contribuinte foram as emissões de NOx durante o transporte e a produção de diesel, com uma participação de impacto de 82% com base no ReCiPe e 98% com o EDIP.

Os impactos do FWEP e MEP devido ao transporte foram 6,5 e 30,0 vezes maiores, respectivamente, para o cenário de biodiesel do que para o cenário atual. O transporte movido a biodiesel tem um impacto maior à eutrofização do que o movido a diesel, devido às emissões de P e fosfato (para FWEP) e nitrato (para MEP) durante o uso e a aplicação de fertilizantes no cultivo de soja. O aumento do impacto no processo de Transporte resultou em um aumento do impacto total de 4,2 e 6,3 vezes, respectivamente, para FWEP e MEP, para S2 em relação a S1.

- **Potencial de ecotoxicidade em água doce (FWECP):**

O FWECP para S1 foi 2,7 maior usando ReCiPe do que usando USEtox (como mostrado na Tabela 18 e representado na Figura 26). Embora essa diferença seja significativa e possa ser explicada pela diferença de fatores de impacto entre os métodos, é importante ressaltar que o modelo USEtox não foi desenvolvido para comparações absolutas (Rosenbaum et al., 2008). Além disso, as altas incertezas nos parâmetros usados nos dois modelos os tornam ideais para identificar as 10 a 20 substâncias mais contribuintes, em vez de prever o valor real do impacto total (EC-JRC-IES, 2011). Portanto, a discussão a seguir se concentrará na porcentagem de contribuição de cada processo e nas principais substâncias contribuintes, em vez de avaliar o valor numérico do impacto.

Ambos os métodos indicam Transporte e Brita como os processos mais impactantes, mas o USEtox coloca mais ênfase no Transporte do que o ReCiPe (contribuição de 59,5% contra 51,5%). Para o Transporte, o impacto vem predominantemente do tratamento de resíduos do processo de produção de caminhões (57% usando ReCiPe e 53% usando USEtox) e emissões de desgaste de pneus e freios (10% usando USEtox). Para Brita, o impacto deriva principalmente do tratamento de resíduos do processo de produção de explosivos (61,5% usando ReCiPe e 60% usando USEtox). Quanto às substâncias que causam maior impacto, ambos os métodos indicam o íon Cobre como a substância que mais contribui e listam os íons Zinco, Níquel, Vanádio e Prata, entre outros, como contribuintes significativos, embora não necessariamente na mesma ordem.

A substituição do diesel pelo biodiesel no S2 resultou em um impacto total no FWECP 1,7 vezes maior que o do S1. A maior parte do impacto no processo de Transporte veio da esterificação do óleo de soja, em particular, o tratamento de resíduos da produção de matérias-primas necessárias à produção de biodiesel, como fertilizantes, ácido fosfórico e metanol.

Para todas as categorias de impacto, neste método, Transporte e Brita foram os dois principais processos contribuintes. Para a categoria ODP, em particular, o Asfalto foi o processo mais impactante. A substituição do diesel pelo biodiesel derivado da soja não se mostrou benéfica, exceto na categoria ODP. Os diferentes métodos utilizados para cada categoria resultaram em contribuições percentuais semelhantes aos processos considerados para o impacto total e identificaram os mesmos subprocessos e substâncias que os mais impactantes, mesmo que o valor absoluto do impacto nem sempre tenha sido acordado, dependendo da categoria.

6.1.2 Resultados ACV pelo inventário primário em planilha eletrônica

A metodologia utilizada para a AICV utilizou os critérios do EDIP (Hauschild e Potting, 2005), e inventários de base de dados primários, e o estudo não tem como objetivo realizar as etapas de normalização e ponderação. A interpretação utilizada deve ser realizada de acordo com o objetivo do estudo, que é analisar o ciclo de vida do respectivo processo e identificar os que apresentam impactos potenciais.

Para levantamento das quantificações das emissões, utilização de recursos e geração de resíduos, para atender aos critérios do EDIP, foram utilizadas tabelas dinâmicas de um software de planilha eletrônica, que funciona como um conjunto de ferramentas desenhadas para realizar tarefas e com cálculos matemáticos, conforme a quantidade de recursos utilizados nos inventários para a construção de uma rodovia por km, conforme ilustrado no ANEXO VI.

Não foram considerados impactos consequenciais nesse estudo, pois a modelagem utilizada para o ACV será a modelagem atribucional, já que a modelagem consequential é mais subjetiva que a abordagem escolhida:

- **Métodos, categorias de impacto e limitações do estudo:** Depleção de energia: impactos relacionados ao consumo de conteúdo energético ao longo do ciclo de vida; Depleção de recursos naturais: impactos relacionados ao consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis; Aquecimento global: medido em relação a 1 kg de CO₂, compreende às emissões de gases do efeito estufa; Depleção da camada de ozônio: medido em relação a 1kg de C₂H₄; Acidificação: impactos relacionados à formação de chuva-ácida, medido em relação a 1 kg de SO₂; Formação de oxidantes fotoquímicos: medido em relação a 1 kg de etileno; Ecotoxicidade: impactos relacionados à ecotoxicidade aquática e do solo, medido em relação a 1m³ de água e 1m³ de solo por massa de substância; Toxicidade humana: compreende os impactos relacionados à toxicidade humana, medido em relação à massa corpórea por 1 kg de substância tóxica; Eutrofização: compreende os impactos relacionados à eutrofização de recursos hídricos por despejos ou lançamentos difusos de matéria orgânica, medido em relação a 1 kg de PO₂

A metodologia utilizada para a AICV utilizou os critérios do EDIP. A interpretação utilizada deve ser feita de acordo com o objetivo do estudo, que é analisar o ciclo de vida do respectivo processo e identificar os que apresentam impactos potenciais:

- **Categorias de impacto ambiental, método de ACV e interpretação subsequente a ser utilizada:** Premissas, tipo e qualidade de dados/informações e limitações: O presente estudo fez uso de dois tipos de dados: dados primários (obtidos dos processos da empresa). Os dados são coletados com periodicidade de levantamento de média mensal e serão precisos no processo construção da rodovia; dados secundários (obtidos da literatura e da base de dados do ELCD, 2010).

A Tabela 19 abaixo apresenta os fluxos incluídos e excluídos no sistema de produto. Nota-se que há apenas a cadeia produtiva de um fluxo considerado relevante. E a Tabela 20 resume os resultados globais dos impactos potenciais para o sistema do produto, do respectivo estudo de caso, para cada km de sistema rodoviário construído.

Tabela 19 - Fluxos dos produtos aplicados em inventários primários

Fluxos	Quant.(kg)	Percentual unid. func.	Referências
Oleo Diesel - Transporte (Kg material)	1.200.004	12,8%	ELCD. 2018
Asfalto (Kg. material)	79776	0,8%	ELCD. 2018
Brita (Kg. material)	7811942	84,1%	SOUZA, 2012
Areia (Kg. material)	219802	2,3%	ROSSI, 2013

Fonte: Autor

Tabela 20 – Total de emissões/depleções de impactos inventários primários

Categorias de Impacto por km de rodovia	Toxicidade humana (kg)	Acidificação (kg)	Aquecimento global (kg)	Camada de ozônio (kg)	Formação de oxidantes fotoquímicos (kg)	Eutrofização (kg)	Ecotoxicidade (kg)	Depleção de Energia (mwh)	Depleção de recursos naturais renováveis (Ton)	Depleção de recursos naturais não renováveis (Ton)	Depleção de resíduos (Ton)
Fases	432,96	2615,97	186527,45	0,00016	410,93	31,93	9614,00	1262624	4878962	43727993	6106524
% Emissões	0,217%	1,310%	93,435%	0,000%	0,206%	0,016%	4,816%	-	-	-	-
Asfalto	27,31	86,91	22875,78	0,00000	27,33	2,50	27,31	103708	0,00	111039,94	0
Areia	0,03	0,01	2296,15	0,00000	0,00	0,00	0,00	0	476	123	293
Brita	352,91	2034,19	65694,21	0,00000	344,72	0,55	344,22	846688	4864340	43613764	6103427
Transporte	52,72	494,86	95661,32	0,00016	38,89	28,88	9242,47	312226	14145	3065	2804

Fonte: autor

As categorias de impacto, conforme as categorias do EDIP, demonstram quantos Kg. gerados de emissões/resíduos, ou recursos utilizadas, por km de sistema rodoviário construído, no estudo foram:

- **Depleção de energia:** impactos relacionados ao consumo de conteúdo energético ao longo do ciclo de vida, a Figura 29 evidencia a utilização deste recurso para cada processo, e a Figura 30 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos; 67,06% de toda energia consumida neste sistema de produto foi proveniente da fase de produção da brita, os processos de transporte e asfalto consumiram 24, 73% e 8,21%, respectivamente.

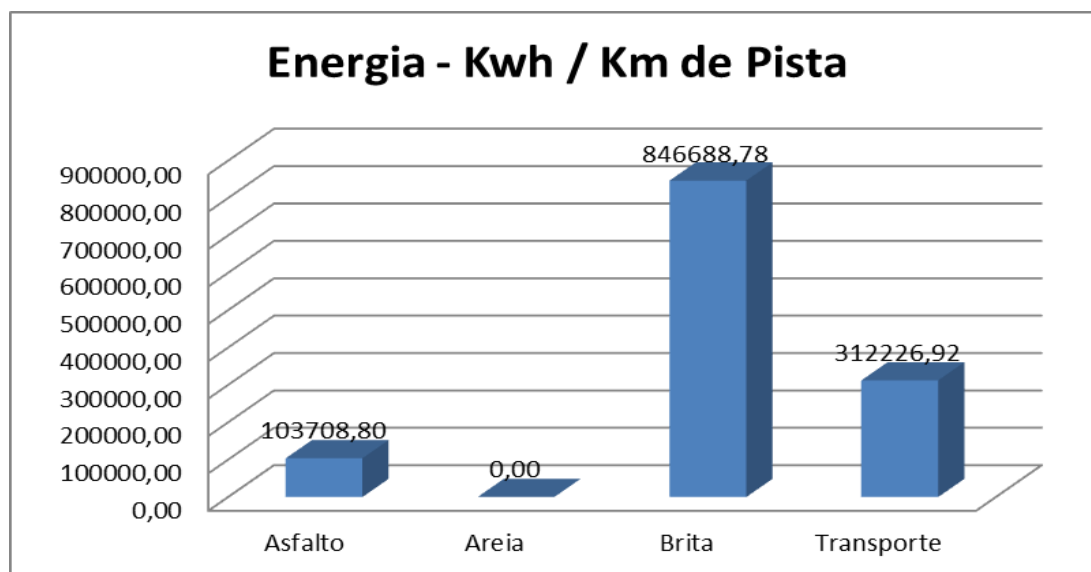


Figura 29 – Depleção de energia
Fonte: Autor

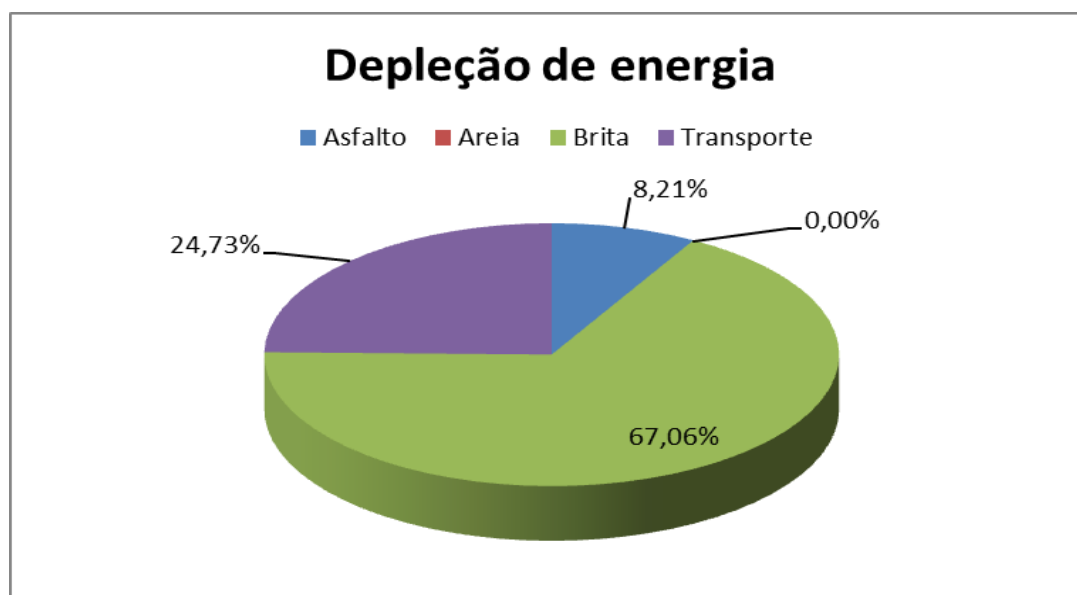


Figura 30 – Distribuição por sistema de produto depleção energia
Fonte: Autor

- **Depleção de recursos naturais renováveis:** impactos relacionados ao consumo de recursos naturais renováveis, que é demonstrado na Figura 31, e a Figura 32 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos, 99,70% de todo recurso natural renovável consumido neste sistema de produto foi proveniente da fase de produção da brita; e 0,29% proveniente da fase de produção da transporte. Estas categorias se destacaram na utilização de recursos naturais renováveis, em função da utilização da água para o beneficiamento de seus respectivos produtos, areia e brita. No total foram utilizados em todo sistema de produto, mais de 4.864 mil ton/km de pista construída, de recursos naturais renováveis.

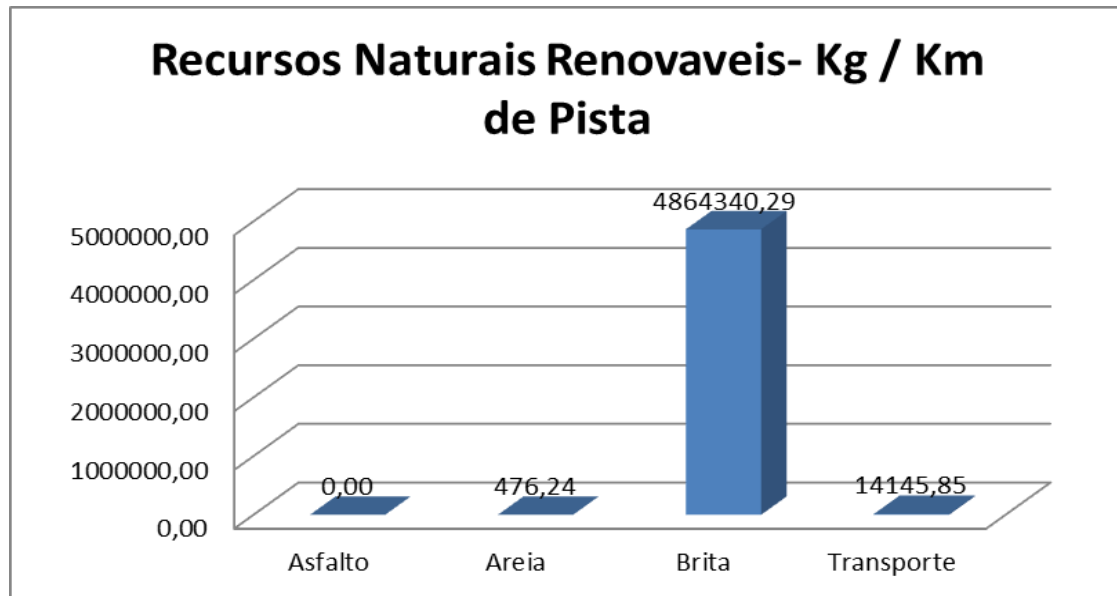


Figura 31 – Recursos naturais renováveis
Fonte: Autor

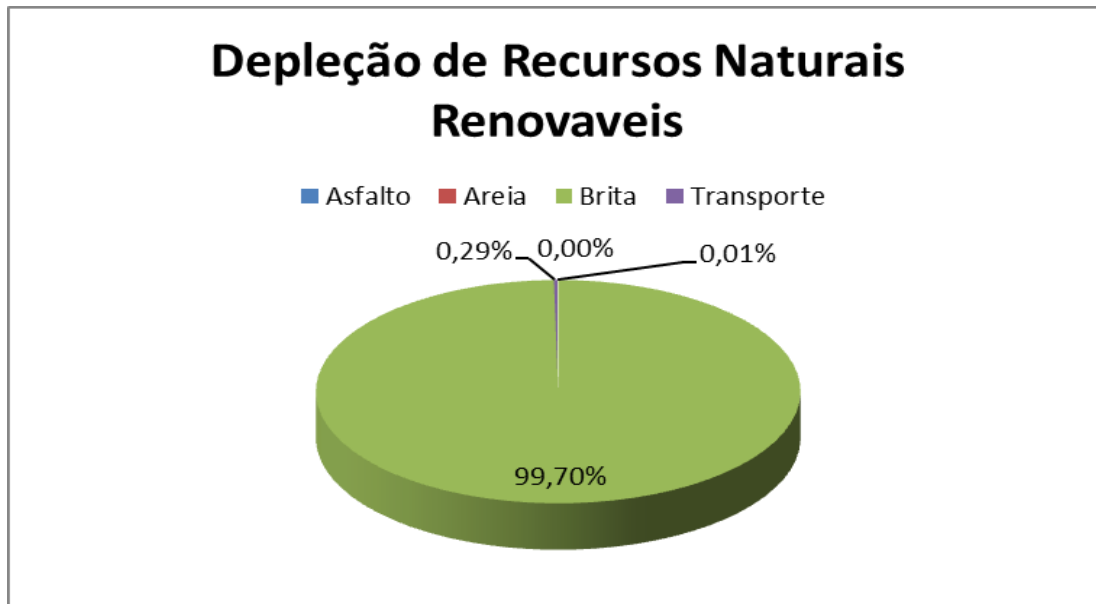


Figura 32 – Distribuição por sistema de produto recursos renováveis
Fonte: Autor

- Depleção de recursos naturais não renováveis:** impactos relacionados ao consumo de recursos naturais não renováveis, que é demonstrado na Figura 33, e a Figura 34 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos, 99,74% de todo recurso natural não renovável consumido neste sistema de produto foi proveniente da fase de produção da brita; e 0,25% proveniente da fase de produção da asfalto. Estas categorias se destacaram na utilização de recursos naturais não renováveis, em função da extração dos suas respectivas matéria-primas, que serão beneficiadas, para serem transformadas em seus respectivos produtos, Brita e Areia. No total foram utilizados em todo sistema de produto quase 43.613 ton/ km de pista construída, de recursos naturais não renováveis.

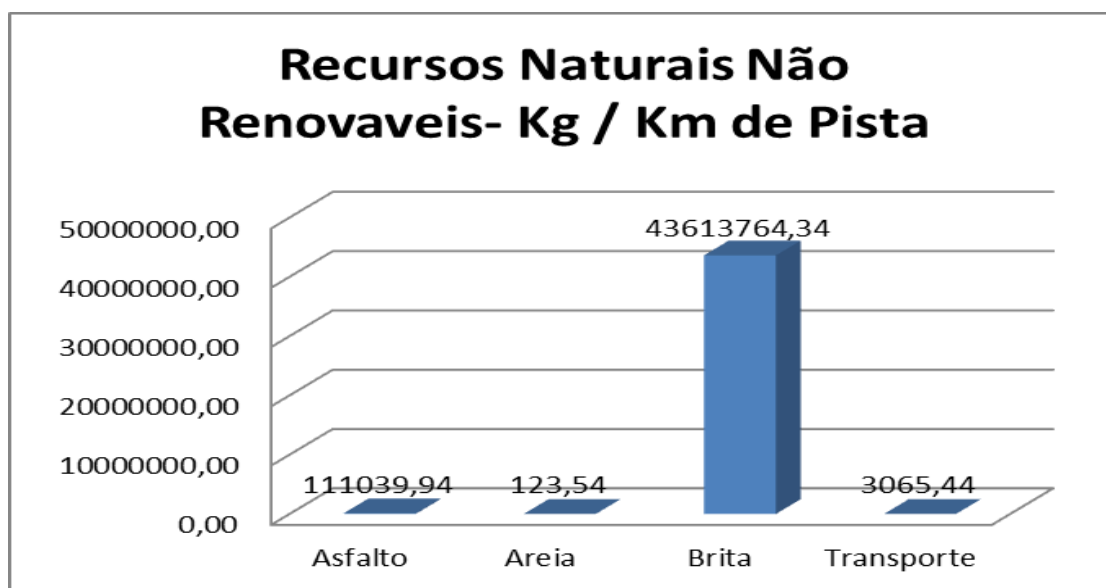


Figura 33 – Recursos naturais não renováveis
Fonte: Autor

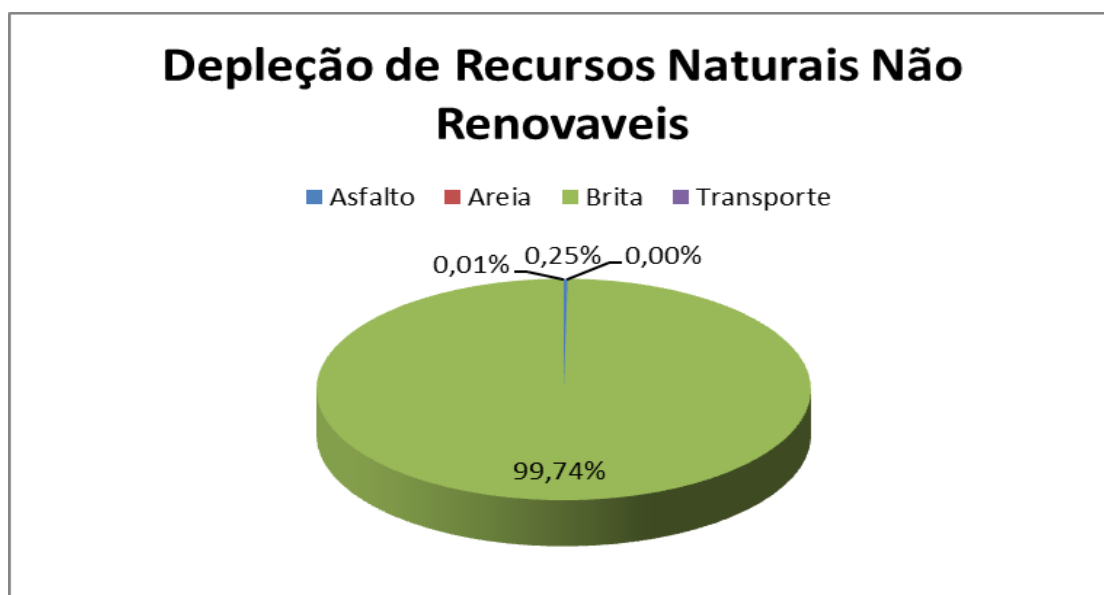


Figura 34 – Distribuição por sistema de produto Recursos não renováveis
Fonte: Autor

- **Aquecimento global:** medido em relação a 1 kg de CO₂, compreende às emissões de gases do efeito estufa, conforme Figura 35. e a Figura 36 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos. A fase de transporte representou 51,29% destas emissões e a fabricação da brita 35,22% e asfalto representa 12,26% dos impactos, medido em relação a kg/km de pista de CO₂, compreende às emissões de gases do efeito estufa. Estas duas fases são responsáveis pela emissão de quase 186.527 ton/km de pista construído..

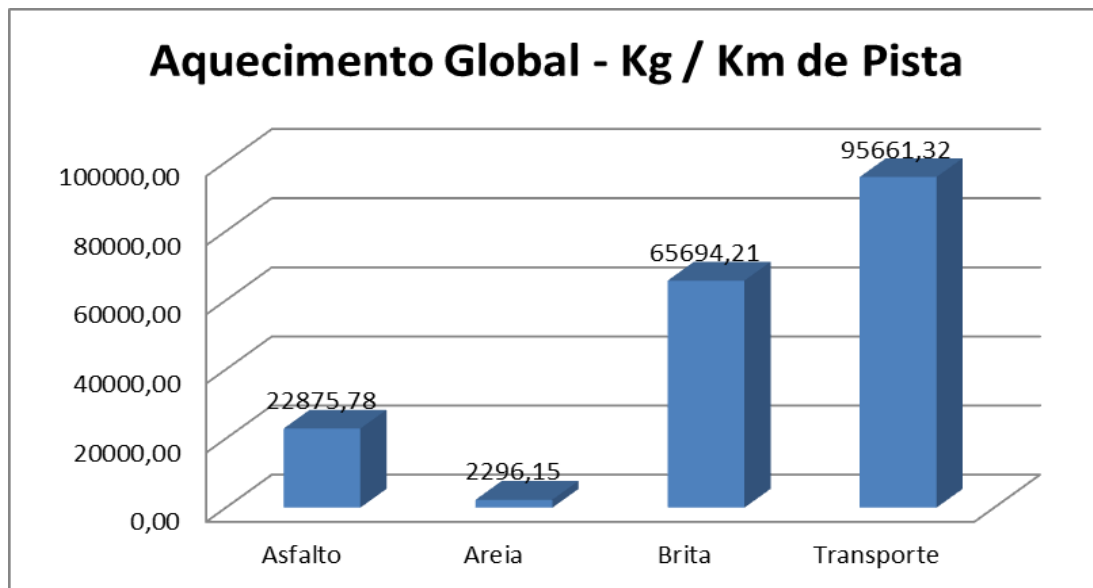


Figura 35 – Aquecimento Global
Fonte: Autor

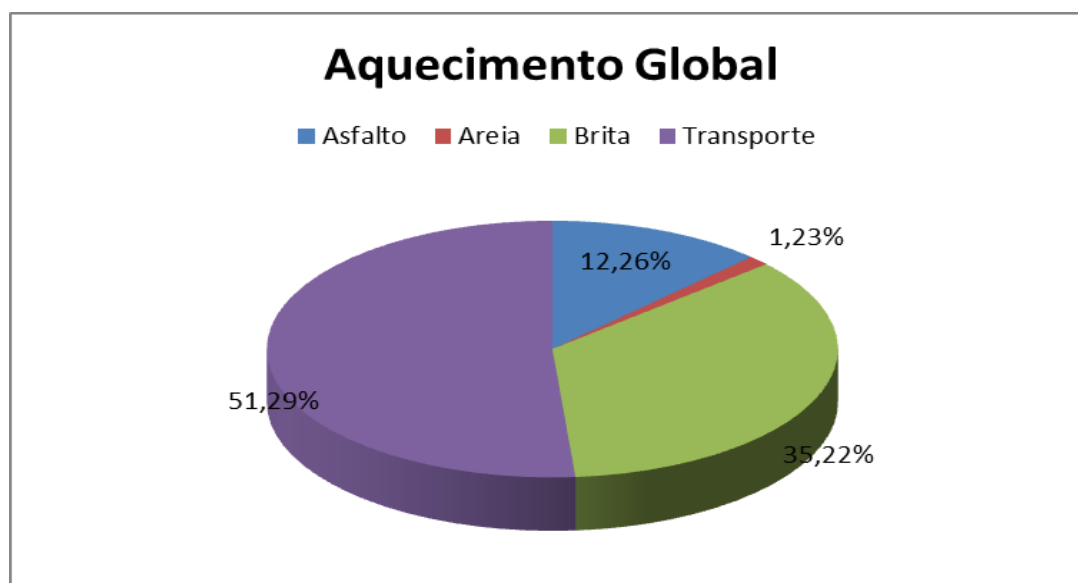


Figura 36 – Distribuição de Sisetma de produto aquecimento global
Fonte: Autor

- Depleção da camada de ozônio:** medido em relação a 1kg de C_2H_4 , de acordo com a Figura 37, e a Figura 38 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos. Para esta categoria, o impacto ocorre somente na fase de transporte, que compreende toda a cadeia logística, sendo a emissão de 0,00016 kg/km de rodovia de rodovia construída.

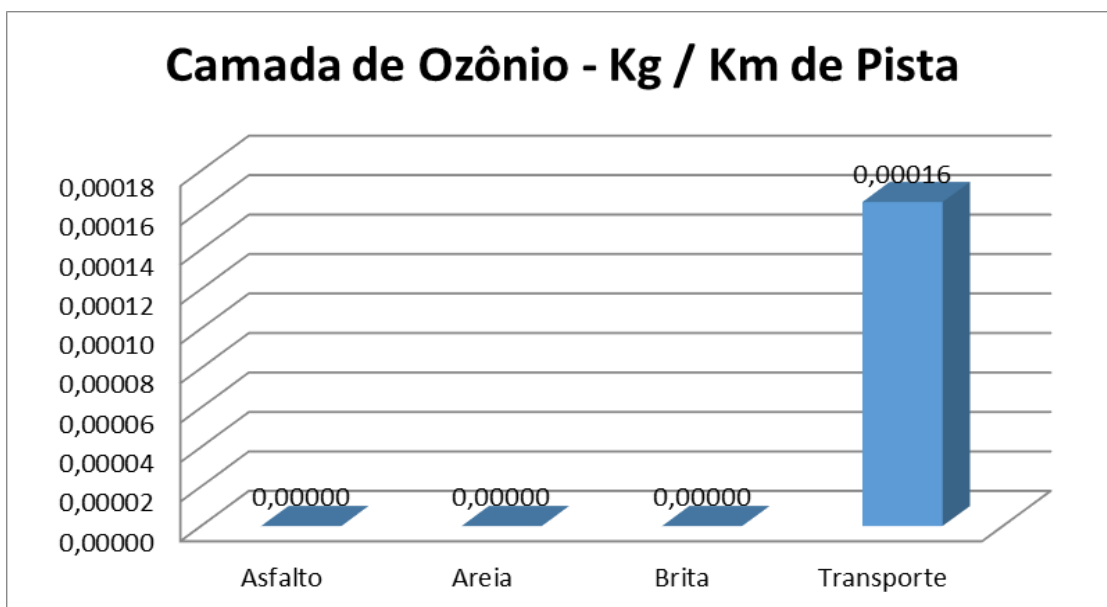


Figura 37 – Depleção da camada de ozônio

Fonte: Autor

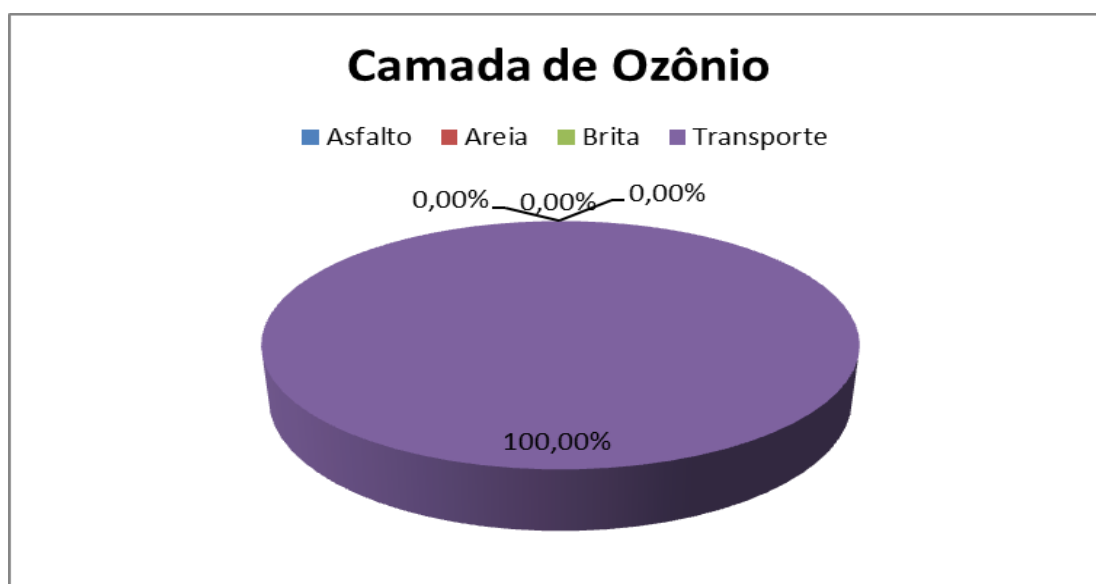


Figura 38 – Distribuição por sistema de produto Camada de Ozônio

Fonte: Autor

- Acidificação:** impactos relacionados à formação de chuva-ácida, medido em relação a 1 kg de SO₂, conforme Figura 39, e a Figura 40 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos. Nessa categoria, 77,76% dos incidentes ocorreram durante o

estágio de produção da Brita, 18,92% Transporte e 3,32% Asfalto. Portanto, nessa categoria de impacto, o estágio de produção da Brita foi relevante, emitindo quase 2.615 kg/km de pista rodovia construída..

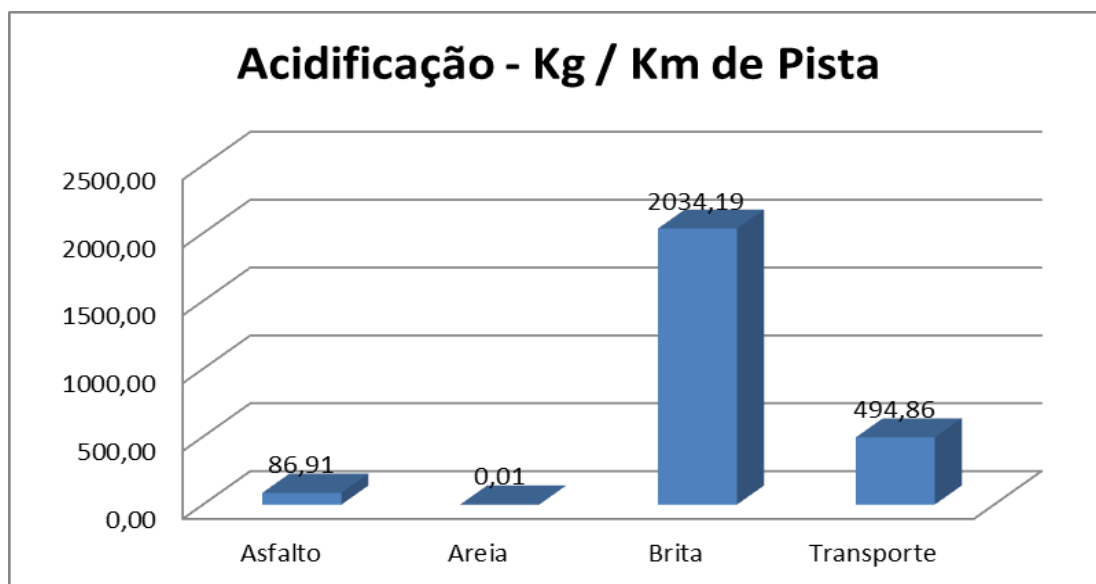


Figura 39 – Acidificação
Fonte: Autor

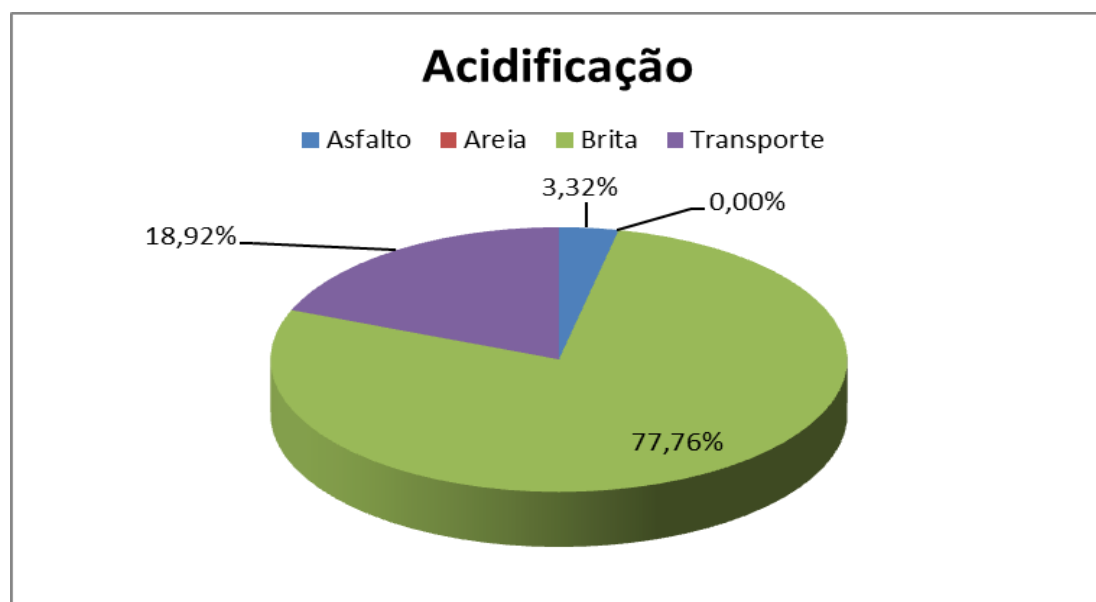


Figura 40 – Distribuição por sistema de produto Acidificação
Fonte: Autor

- **Formação de oxidantes fotoquímicos:** medido em relação a 1 kg de etileno, visualizado na Figura 41, e a Figura 42 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos. 83,89% dos impactos do OF ocorreram na fase de produção da brita, 9,46% no Transporte e 6,65% para o Asfalto . Esta fase é responsável pela emissão de mais 410 kg/km de pista de rodovia construída.

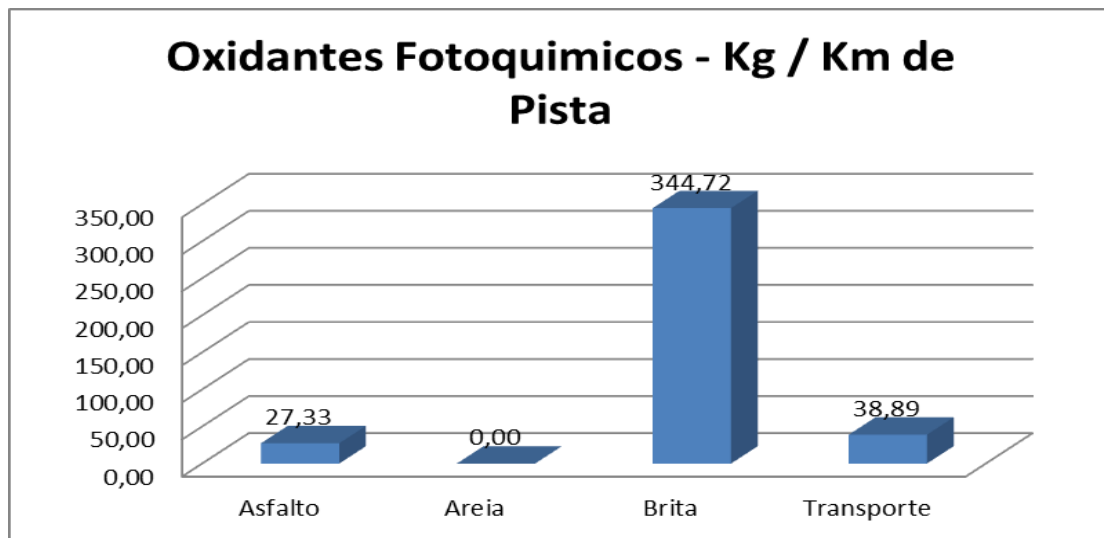


Figura 41 – Formação de agentes fotoquímicos
Fonte: Autor

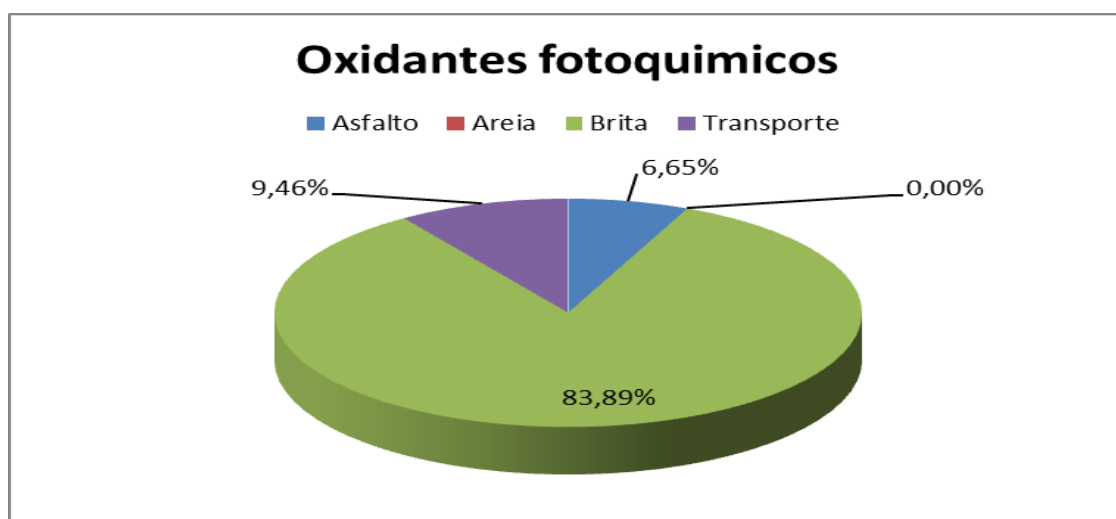


Figura 42 – Distribuição por sistema de produtos agentes fotoquímicos
Fonte: Autor

- **Ecotoxicidade:** impactos relacionados à ecotoxicidade aquática e do solo, medido em relação a 1m³ de água e 1m³ de solo por massa de substância, conforme Figura 43, e a Figura 44 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos. No que diz respeito à ecotoxicidade, 96,24% dos impactos foram provenientes da fase de Transporte, 3,58% dos impactos foram relacionados à fase de produção da Brita. As emissões provenientes de impacto correspondem a quase 9.245 kg/km de pista construído.

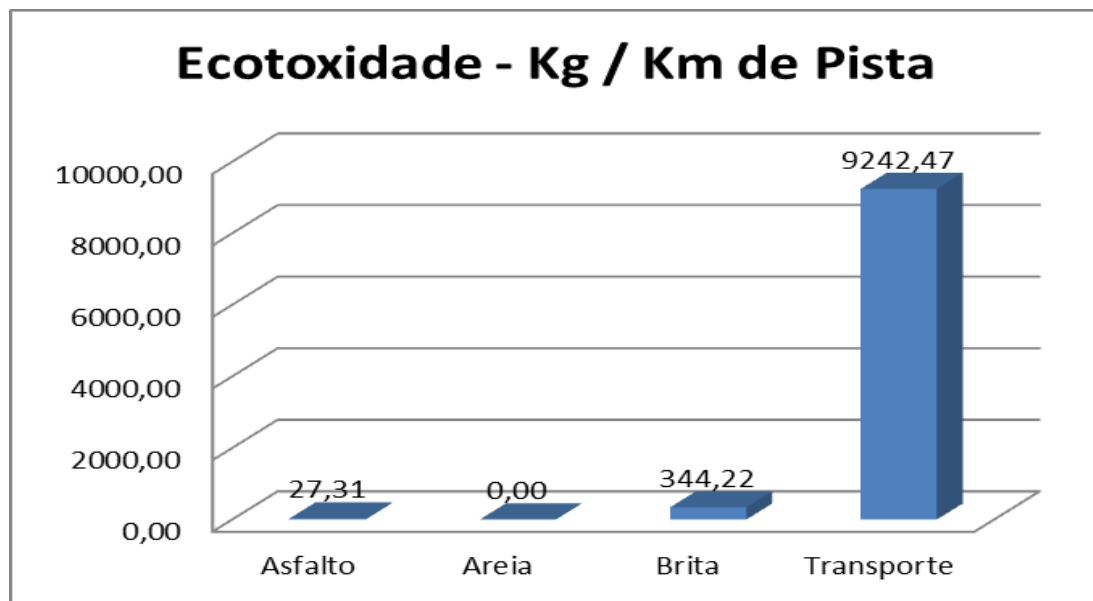


Figura 43 – Ecotoxidade
Fonte: Autor

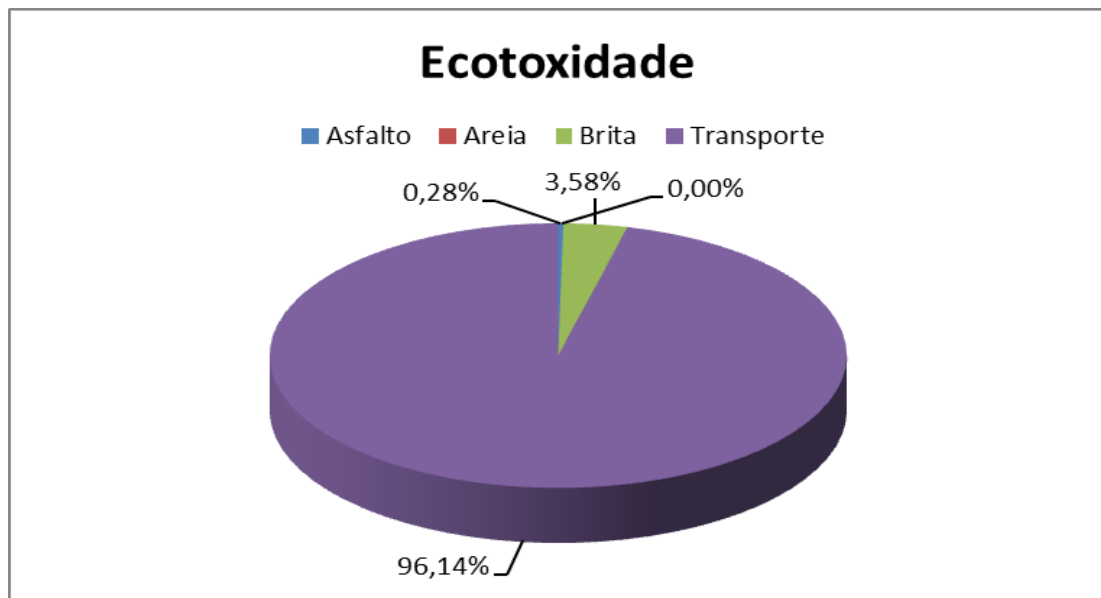


Figura 44 – Distribuição por sistema de produto ecotoxidade
Fonte: Autor

- **Toxicidade humana:** compreende os impactos relacionados à toxicidade humana, medido em relação à massa corpórea por 1 kg de substância tóxica, de acordo com a Figura 45, e a Figura 46 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos. Exatos 81,51% deste impacto ocorreu na fase de produção da brita; e 6,31% na fase de produção de asfalto e 12,18% da fase de Transporte. Estas duas fases são responsáveis pela emissão de mais de 432 Kg/km de pista construído..

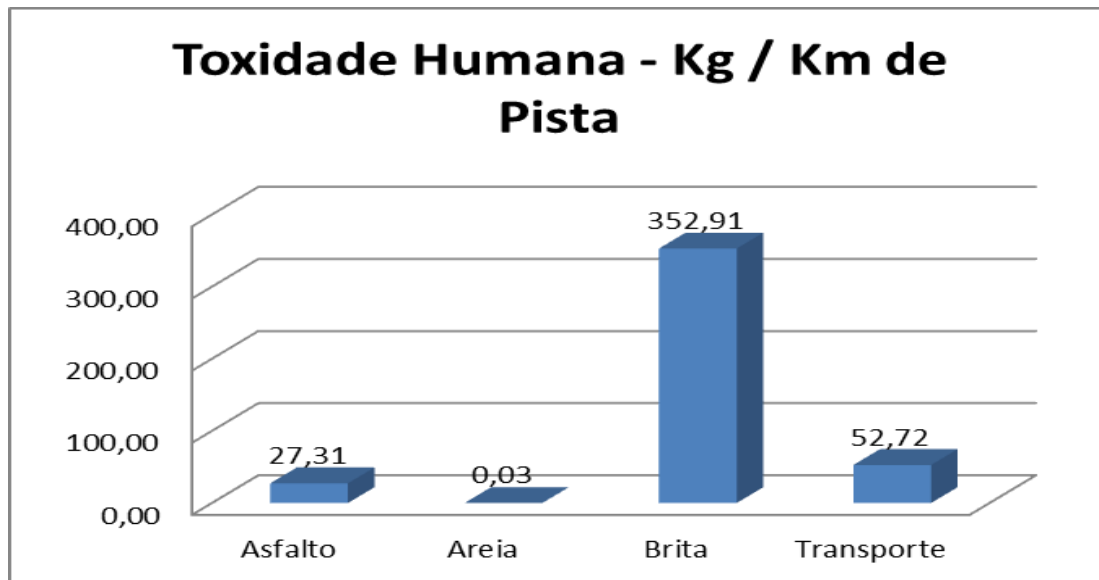


Figura 45 – Toxidade humana
Fonte: Autor

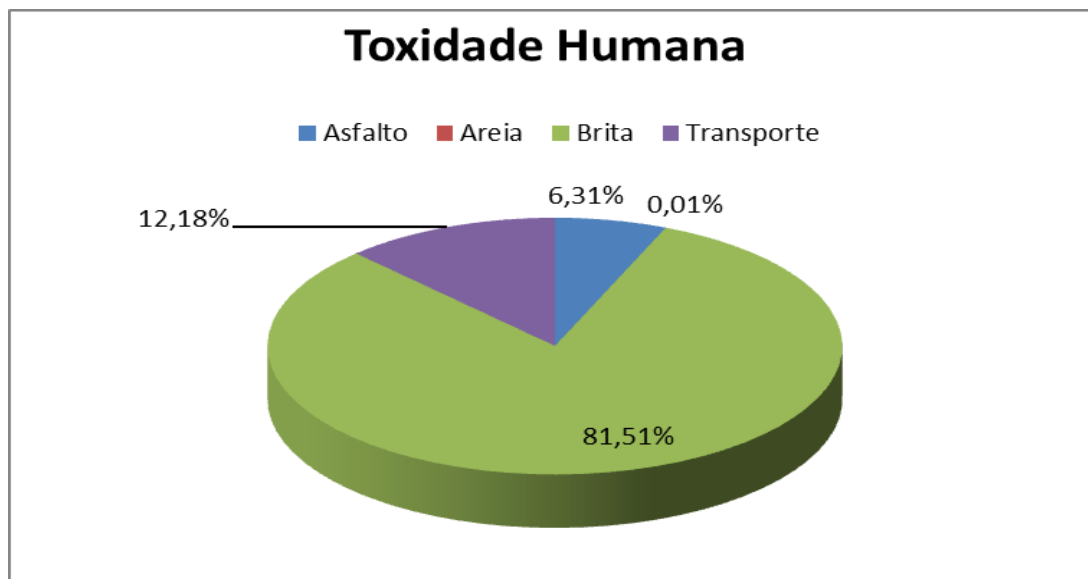


Figura 46 – Distribuição por sistema de produto toxidade humana
Fonte: Autor

- **Eutrofização:** compreende os impactos relacionados à eutrofização de recursos hídricos por despejos ou lançamentos difusos de matéria orgânica, medido em relação a 1 kg de PO_2 , demonstrado na Figura 47, e a Figura 48 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva

cadeia de suprimentos, 90,45% deste impacto foi proveniente da fase de Transporte, 7,84% da fase de produção do asfalto; 1,71% da fase de produção da Brita. Estas fases são responsáveis pela emissão mais de 31 kg /km de pista construído.

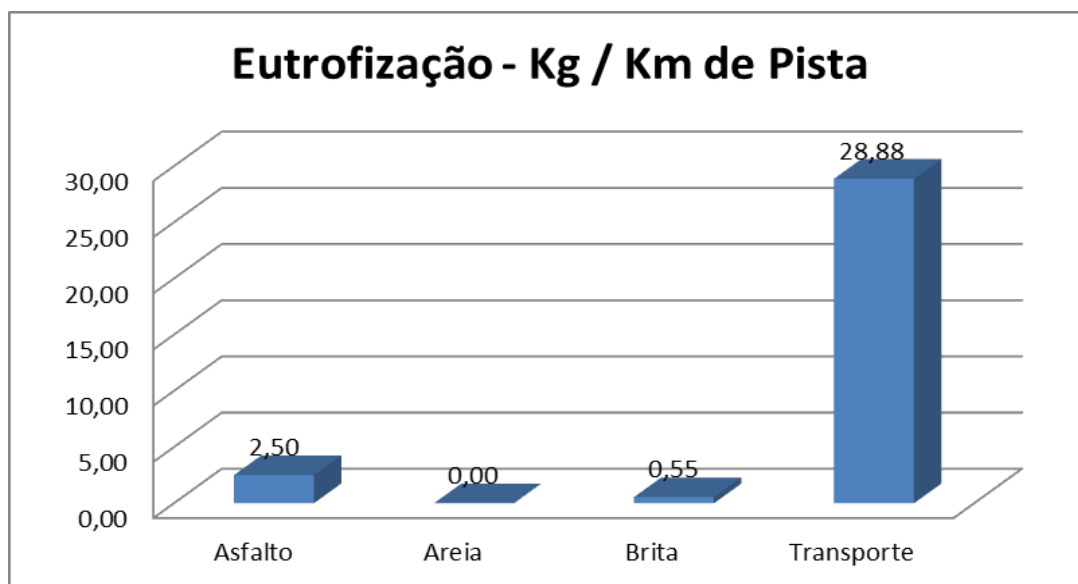


Figura 47 – Eutrofização
Fonte: Autor

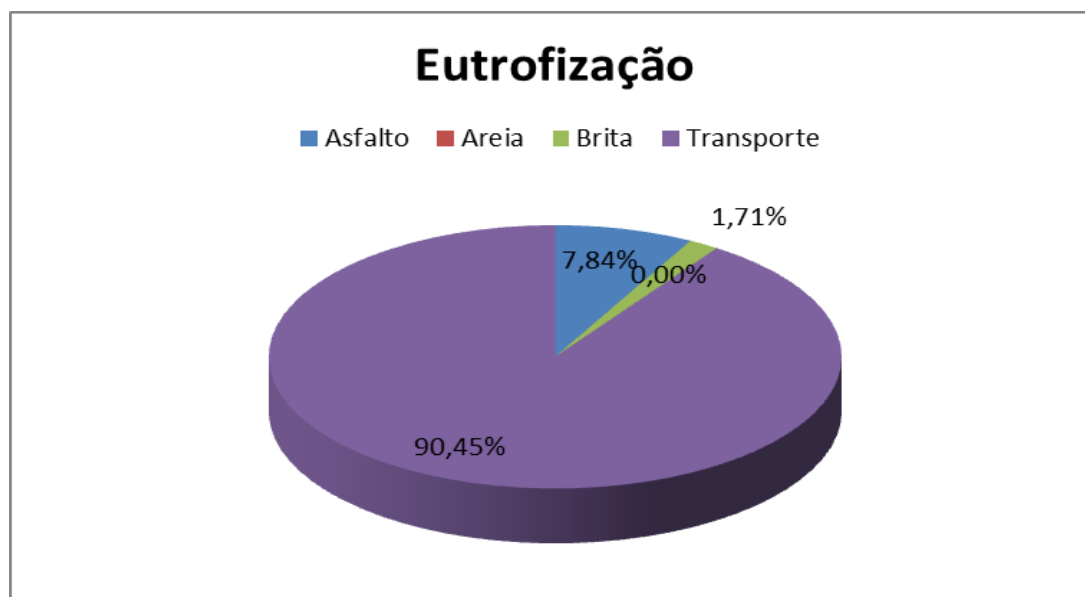


Figura 48 – Distribuição por sistema de produto eutrofização
Fonte: Autor

- **Depleção de resíduos:** compreende os impactos relacionados aos resíduos gerados no sistema de produto, onde as quantidades são ilustradas na Figura 49, e a Figura 50 corresponde à distribuição proporcional do aspecto, dentro da respectiva cadeia de suprimentos, 99,95% de todo da depleção de resíduo deste sistema de produto foi proveniente da fase de produção da brita. Esta categoria se destacou na Depleção de resíduos, em função de suas respectivas matéria-primas, serem sólidas, ocasionando rejeitos no beneficiamento de seus respectivos processos. No total foi gerado em todo sistema de produto mais de 6.104 ton kg/ km de pista construída, de resíduos.

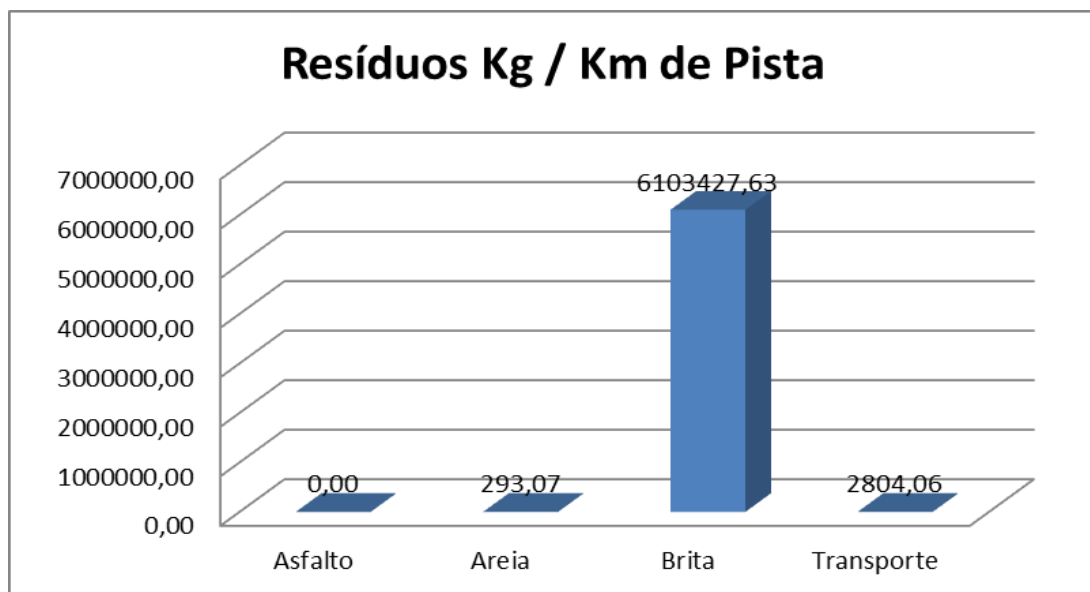


Figura 49 – Resíduos
Fonte: Autor



Figura 50 – Distribuição por sistema de produtos Resíduos
Fonte: Autor

6.1.3 Validação e comparação entre os métodos do software OpenLCA e base de dados primários

Neste trabalho foi desenvolvida a prática de ACV, para validar os indicadores de desempenho ambientais, em duas metodologias para levantamento dos impactos ambientais: metodologia de levantamento de impactos ambientais pelo software OpenLCA (GreenDelta, 2019), e de levantamento de impactos ambientais por meio da base de dados de inventários primários (ILCD, 2010), que foi sintetizada em planilha de cálculo eletrônica, para a construção de sistemas rodoviários. Os dados levantados

Foi observado que há algumas diferenças, nos valores absolutos, nas categorias de impactos presentes nas duas metodologias em função das bases de dados, que foram coletadas de fontes diferentes. Porém, nas proporções por categorias, demonstraram equivalência. Outro diferencial, foi na categoria de

Transporte, pois o software OpenLCA faz a separação do sistema de transporte em todas as categorias, realizando a soma do total dentro do mesmo grupo (Transporte), já para a metodologia por inventários, cada sistema (areia, brita, asfalto), os mesmos possuem seus respectivos sistemas de transportes, onde o item Transporte corresponde somente aos serviços realizados no canteiro de obras. A Tabela 21, abaixo demonstra os resultados em números absolutos e percentuais.

Importante ressaltar que para cada trabalho de ACV, proveniente de fontes distintas, sempre haverá diferenças nos valores absolutos, pois sempre poderá ocorrer divergências nas base de dados, em função de características específicas de cada país e processo, além do uso de metodologias e formas de cálculos distintas.

Tabela 21 – Comparação de resultados das metodologias ACV

Categorias	Método	Processos				Total	Unidade	% Absoluta
		Areia	Brita	Asfalto	Transporte			
Aquecimento Global (GWP)	ReCiPe 2016 v1.13	1.024,28	40.231,50	31.272,19	179.417,77	251.945,74	kg CO2 eq.	98,0500%
	% de Participação	0,41%	15,97%	12,41%	71,21%	100,00%		
	Inventários Primários	2.296,15	66.533,50	22.875,00	95.640,00	186.527,45		93,4430%
	% de Participação	1,23%	35,66%	12,26%	51,27%	100,00%		
Acidificação (TAP)	ReCiPe 2016 v1.13	8,11	1.249,91	282,41	694,67	2.235,10	kg SO2 eq.	0,8700%
	% de Participação	0,36%	55,92%	12,64%	31,08%	100,00%		
	Inventários Primários	0,01	2.060,18	86,91	494,76	2.615,77		1,3100%
	% de Participação	0,00%	78,77%	3,32%	18,89%	100,00%		
Depleção da camada de ozônio (ODP)	ReCiPe 2016 v1.13	0	0	0,05	0,04	0,09	kg CFC-11 eq.	0,0001%
	% de Participação	0,00%	0,00%	55,56%	44,44%	100,00%		
	Inventários Primários	0	0	0	0,00016	0,00016		0,0001%
	% de Participação	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%		

Fonte: autor

Pela Tabela, acima, pode ser observada uma diferença de emissões, proveniente ao GWP, em um acréscimo de 34% dos dados levantados pelo software OpenLCA, em relação aos inventários primários. Grande parte desta diferença é representada pela categoria do transporte, que absorveu dos processos de Areia, Brita e Asfalto as emissões referente ao transporte destes respectivos processos. Os inventários de transporte do mesmo software, também proporcionam maiores emissões Kg CO₂ eq, devido a fonte de que foi calculado.

O aspecto TAP apresentou um valor de 17% de emissões maiores nos dados extraídos dos inventários primários em relação aos dados apurados pelo software OpenLCA, devido as diferenças quantitativas, também, das fontes utilizadas.

A categoria ODP, embora tenha emissões insignificantes, também teve valores superiores nos dados apurados pelo software OpenLCA, em função destes aspectos serem provenientes do processo de transporte, que conforme já discutido, as fontes extraídas do software OpenLCA geraram maiores emissões, em relação à fonte levantada pelos inventários primários.

Também devem ser ressaltados os valores absolutos das representatividades destes aspectos, conforme ilustrado na Tabela 21. A emissão GWP representa 98,05% das emissões geradas pelo método do software OpenLCA. O mesmo aspecto representa 93,04 pelo método dos inventários primários, evidenciando uma pequena diferença de 5,3%, do aspecto que mais se destacou no total das emissões entre as duas metodologias de cálculo.

O aspecto TAP, embora tenha uma diferença de 50,57% de uma metodologia para outra, desmonstrou uma representatividade no valor absoluto

das emissões similares (0,87% do método OpenLCA, e 1,31% pelo método de inventários primários). Já o aspecto ODP teve emissões insignificativas em ambos os métodos, representando quase 0,00% de emissões.

Pôde ser observado, também, nos métodos pesquisados que a avaliação de ciclo de vida (ACV), é um método adequado para levantamento dos indicadores ambientais, mediante outros métodos, como pegada de carbono, gerenciamento ambiental, logística reversa (ILCD, 2010), ou seja, são analisados os efeitos ambientais associados às atividades produtivas ao longo de todo o ciclo de vida do produto, e não efeitos pontuais, somente. O principal benefício deste método seria tirar o abstrato da sustentabilidade, medir, para gerenciar e apoiar a tomada de decisões.

Nos estudos de casos estudados, os dados dos editais apresentaram dados suficientes para que os indicadores de desempenho métricos ambientais, desenvolvidos no Capítulo 5 (Quadro 24), sejam validados, conforme apresentação dos indicadores abaixo, conforme Tabela 22, abaixo.

Tabela 22 – Validação dos indicadores de desempenho ambiental

Indicador	Indicador metric Fonte: Quadro 24	Indicador dos projetos	Resultado
Gerenciamento Ambiental	Total de investimento sobre os riscos ambientais, referente a aspectos ambientais / total investido no meio ambiente em todo projeto	Total investido no item MEIO AMBIENTE / Total investido na OBRA Fonte: Anexo I	R\$ 731.154,69 / 29.706.649,39 = 0,024 2,4%

Fonte: autor

Tabela 22 – Continuação

Indicador	Indicador metric Fonte: Quadro 24	Indicador dos projetos	Resultado	
	Total de não conformidades ambientais detectadas, provenientes de não atendimento a aspectos e/ou geração de impactos ambientais	Os empreendimentos obtiveram as lincenças ambientais e não cometeu nenhuma infração ambiental	0	

Indicador	Indicador metric Fonte: Quadro 24	Aspecto ambiental (kg/km pista)	Método OpenLCA	Método Inventários Primários
Geração de Resíduos	Total de geração de resíduos dos impactos e aspectos ambientais	Depleção de resíduos	-	6.106.524
Consumo de Recursos Naturais	Depleção de Recursos e Energia provenientes dos impactos e aspectos ambientais	Depleção de recursos naturais renováveis	-	4.878.962
		Depleção de recursos naturais não renováveis	-	43.727.993
		Depleção de Energia (mwh)	-	1.262.624
Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Total de geração de emissões atmosféricas dos aspectos	Toxicidade humana	-	432,96
		Aquecimento global	251.945	186.527
		Eutrofização total	-	31,93
		Eutrofização do ar	18	-
		Eutrofização da água	116	-
		Ecotoxicidade total	-	9.614
		Ecotoxicidade do ar	2621	-
		Acidificação	2.335	2.615,76
		Depleção da camada de ozônio	0,09	0,00016
		Formação de ox. fotoquímicos	-	410

Fonte: autor

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a construção de um sistema rodoviário tenha vários aspectos positivos, sendo possível citar a alteração das atividades econômicas, maior mobilidade e maior geração de empregos, decorrente da alteração da economia local, em contra partida possui aspectos negativos relacionados ao alto consumo de matérias-primas, geração de resíduos, problemas financeiros e sociais. O Brasil tem incentivado e investido em pesquisas e leis que conscientizam as construtoras e a sociedade com relação à construção sustentável.

Em função deste panorama foram propostos nesta tese objetivos para que construtoras de rodovias fomentem uma gestão sustentável. O atingimento dos objetivos propostos são descritos a seguir.

O primeiro objetivo proposto neste trabalho de: “Desenvolver um índice de sustentabilidade utilizando um sistema de indicadores para avaliar práticas sustentáveis”, que poderá servir para a seleção de empresas para construção de rodovias em editais públicos e para a autoavaliação das empresas construtoras de rodovias, ao invés de somente realizar a seleção das construtoras por meio de certidões negativas, preço e análise financeira, conforme Lei Nº 8.666, (1993).

Portanto, utilizar um índice de sustentabilidade pode ajudar de duas formas: ter a sustentabilidade como um elemento de escolha das empresas, não seria apenas pelo melhor preço, mas aquela que tenha além do melhor preço, melhor técnica e melhor índice de sustentabilidade. Importante ressaltar que partir do método AHP simplificado aplicado o estudo apresentou uma maior ênfase para

os pilares “social” e “ambiental”, representando 45,9% e 34,4%, respectivamente, para este sistema de indicadores para avaliar as práticas sustentáveis.

Para o objetivo de “Desenvolver um sistema indicadores de desempenho métrico sustentável econômicos, sociais e ambientais, para avaliar o desempenho métrico sustentável para os projetos e/ou empreendimentos de construtoras de rodovias”, pode-se dizer que este sistema foi concebido por meio estudos de metodologias aplicadas pelo GRI (2012) e Diretrizes ONU (2018), além do GVCes (Revista Exame GVCes, 2018), além de outros autores. Estas metodologias ofereceram uma estrutura para a elaboração de um sistema de indicadores de desempenho sustentável, para ser utilizada pelas construtoras de sistemas rodoviários. Este sistema de indicadores pode ser utilizado independentemente da dimensão da empresa e projeto, setor ou localização; e serve para medir, divulgar e prestar contas às várias partes interessadas, sobre o desempenho das organizações, visando atingir o objetivo do desenvolvimento sustentável.

Os sistemas de indicadores de sustentabilidade, tanto para avaliar práticas, como para avaliar o desempenho métrico de um projeto/empreendimento, elaborados nesta tese, pode ser uma ferramenta útil, equilibrada e razoável para auferir o nível de sustentabilidade de uma empresa construtora de rodovias.

Para atingir o objetivo “Validar e avaliar o desempenho métrico sustentável através dos indicadores quantitativos de impactos ambientais estabelecidos, e aplicação do procedimento de ACV”, foi desenvolvido um estudo de caso de um projeto de construção de uma rodovia pavimentada, realizando-se uma análise da ACV, para validar os indicadores de desempenho métricos ambientais. Para tal

foram utilizados dois métodos, um com dados de inventários primários e outro utilizado o software OpenLCA. O estudo de caso realizado evidenciou que a categoria de impacto ambiental que mais gerou emissões, em ambos os métodos utilizados (OpenLCA e inventários primários), foi a emissão de CO₂, impactado pelo processo de transporte. Outro resultado importante foi a depleção de recursos renováveis e não renováveis, aproximadamente 99,00% de todo recurso natural renovável e não renovável consumido neste sistema de produto, foi proveniente da fase de produção da brita. Esta categoria se destaca na utilização de recursos naturais não renováveis, em função da extração de suas respectivas matéria-primas, que são beneficiadas para serem transformadas em produto final.

Considerando essas categorias de impacto, a seguir são apresentadas algumas estratégias e melhorias ambientais no ciclo de vida da construção do sistema rodoviário: otimizar os sistemas de transporte, como utilização e eficiência logística/operacional, com finalidade de diminuir a quilometragem para a distribuição dos materiais e operação; além de buscar produtos alternativos para substituir principalmente o produto brita, por outros materiais recicláveis e/ou de demolição, além de diminuir a utilização de recursos não renováveis. Como produto desta etapa está a planilha em Excel (ANEXO VI) que poderá ser utilizada para as empresas para realizar a avaliação ambiental do projeto de pavimento.

No entanto, esta tese possui algumas limitações que são descritas a seguir. Com relação às duas lacunas de pesquisas levantadas na análise bibliométrica, no Capítulo 2, que podem embasar e estruturar trabalhos futuros. A primeira diz respeito ao escopo do sistema de produtos da análise da ACV, que não

considerou as fases de uso, manutenção, fim de vida do produto; além da utilização de outros tipos de pavimentos, como, por exemplo, o concreto. A segunda lacuna está associada a fontes de dados secundárias usadas na fase de ACV, que representam principalmente a realidade de outros países, onde podem ser observadas diferenças das metodologias utilizadas pelos inventários primários e do software OpenLCA. Acredita-se que, com o desenvolvimento de bancos de dados para o Brasil, essa limitação pode ser superada e os resultados podem refletir maior precisão.

Importante ressaltar, também para trabalhos futuros, a aplicação deste sistema de indicadores de avaliação das práticas em um estudo de caso com empresas do setor. Este estudo de caso serviria para melhorar a análise de seleção do empreiteiras em processos de licitação; e validação dos indicadores de desempenho métricos elaborados nos pilares: econômico e social, além do ambiental realizado neste trabalho, para também criar e desenvolver padrões de objetivos e metas de sustentabilidade para o setor.

Para finalizar, o framework da ACV em planilha eletrônica (ANEXO VI) proposto, pode se tornar uma ferramenta a ser incorporada na gestão dos negócios empresariais, para melhorar o desempenho ambiental do projeto de pavimentação. Além disto, os dados de saída obtidos podem ser utilizados para subsidiar a tomada de decisão quanto a decisões estratégicas, em relação ao projeto/empreendimento.

REFERÊNCIAS

ABEDA – Associação das Empresas Distribuidoras de Asfalto. Disponível em: <<http://www.abeda.org.br>>. Acesso em: 22 /11/2017.

AHMAD, S.; SCHROEDER, R. G. The impact of human resource management practices on operational performance: recognizing country and industry differences. **Journal of Operations Management**. v. 21, n.1, p.19-43, 2003.

ALAM, S., KUMAR, A. Sustainability outcomes of infrastructure sustainability rating schemes for road projects. In: Australasian Transport Research Forum, ATRF 2013 – **Proceedings 2013 36th Australasian Transport Research Forum, ATRF 2013**. Anais: Brisbane, Australia, 2013.

ALAM, S., KUMAR, A. Road use phase environmental indicator for sustainable pavement management system. In: **8th International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements, MAIREPAV 2016**, Singapore. Anais: Singapore, 2016.

ANASTASIOU, E. K, LIAPIS, A., PAPAYIANNI, I. T Comparative life cycle assessment of concrete road pavements using industrial by-products as alternative materials. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 101, p. 1-8, 2015.

ANTHONISSEN, J., VAN DEN BERGH, W., BRAET, J. Review and environmental impact assessment of green technologies for base courses in bituminous pavements. **Environmental Impact Assessment Review**, n. 50, p. 139-147, 2016.

ARAUJO, J. P. C., OLIVEIRA, J. R. M., SILVA, H. M. R. D. The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements. **Transportation Research Part D**, n. 32, p. 97-110, 2014.

ATTALLAH, Y. Economic and environmental considerations for pavement management systems. International. **In: Conference on Advances and Trends in Engineering Materials and Their Applications, ATEMA TORONTO 2013;** Anais Toronto, Canada: 2013.

AUSTIN, J.; STEVENSON, H.; WEI-SKILLERN, J. Social and commercial entrepreneurship: same, different, or both? **Revista de Administração**, v.47, n.3, p.370-384, 2012.

AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**. v. 12. p. 639-662, 2004.

BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. **Metodologias de pesquisa em ciência: Análises quantitativa e qualitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

BARANDICA J.M., FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ G., BERZOSA Á., DELGADO J.A., ACOSTA F.J., Applying life cycle thinking to reduce greenhouse gas emissions from road projects. **Journal of Cleaner Production**. v. 57. p. 79 – 91, 2013.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide aparecida de Souza. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. Petrópolis: Vozes, 2003.

BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Gráfica Imprinta. Rio de Janeiro, 3ª Edição: 2010.

BOMAG Marini. Usina de Asfalto Magnum 140. < www.bomagmarini.com > Acesso em 10/12/2015.

BOMAG. Rubber Track Asphalt Paver Cedarapids CR662RM. < www.bomag.com > Acesso em 02/01/2016.

BONNEFOY, C.; ARMIJO, M. Indicadores de desempeño en el sector público. **Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social – ILPES**. Santiago do Chile, 2005.

BRASIL. **Ministério do Planejamento. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos**. Indicadores de programas: guia metodológico. Brasília: 2010.

BROWN, K.; WILLIS, P.; PRUSSIA, G. Predicting Safe Employee Behavior in the Steel Industry: Development and Test of a Sociotechnical Model. **Journal of Operations Management**, v.18, n.4, p.445-465, 2000.

BRYCE J., BRODIE S., PARRY T., LO PRESTI D. A systematic assessment of road pavement sustainability through a review of rating tools. **Resources, Conservation and Recycling**. V. 120 – p. 108 – 118, 2017.

BUJANG, M., HAININ, M. R., ABD MAJID, M. Z., SATAR, M. K. I. M., AZAHAR, W. N. A. W. Assessment framework for pavement material and technology elements in green highway index. **Journal of Cleaner Production**, n. 174, p. 1240-1246, 2018.

BUSTAMANTE, E.G., FLORES, R.F. Life cycle engineering for roads (LCE4ROADS), the new sustainability certification system for roads from the LCE4ROADS FP7 project. In: **5th International Symposium on Life-Cycle Engineering, IALCCE, Delft; Netherlands**. Anais: Delft; Netherlands, 2017.

BUTT, A. A., TOLLER, S., BIRGISSON, B. Life cycle assessment for the green procurement of roads: a way forward. **Journal of Cleaner Production**, n. 90, p. 163-170, 2015.

BUTT A.A., BIRGISSON B., Assessment of the attributes based life cycle assessment framework for road projects. **Structure and Infrastructure Engineering**. v. 12. p. 1177 – 1184, 2016.

CATERPILLAR (2020a). Product Specifications for CP54B. < <https://www.cat.com> > Acesso em 13/04/2020.

CATERPILLAR (2020b). Product Specifications for CS54B. < <https://www.cat.com> > Acesso em 13/04/2020.

CATERPILLAR (2020c). Product Specifications for CW34. < <https://www.cat.com> > Acesso em 13/04/2020.

CATERPILLAR (2020d). Product Specifications for 980M. < <https://www.cat.com> > Acesso em 13/04/2020.

CEBDS. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds>>. Acesso em: 20/04/2018.

CIPRIANI, E., GEMMA, A., NIGRO, M. A road network design model for large-scale urban network. **Advances in Intelligent Systems and Computing**. v. 262, p. 139-149, 2014.

CHAI, G., BARTLETT, R., KELLY, G., YANG, L. Model for Benchmarking a Pavement Maintenance Budget for Sustainable Road Transport Infrastructure. In: **Geo-China International Conference: Innovative and Sustainable Solutions in Asphalt Pavements, Geo-China 2016**. Anais Shandong, China, 2016.

CNT, **Pesquisa Confederação de Transportes**, Brasília, DF, 2016.

DAS, A.; PAGELL, M.; BEHM, M.; VELTRI, A. Toward a theory of the linkages between safety and quality. **Journal of Operations Management**. v.26, n.4, p. 521-535, Jul., 2008.

DELAI, I.; TAKAHASHI, S. Sustainability measurement system: a reference model proposal. **Social Responsibility Journal**, v. 7, n. 3, p. 438-471, 2011.

DNIT. **Manual de custos rodoviários**. Brasília, DF: 2003.

DNIT. **Manual de Pavimentação Asfáltica**. Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transporte. Brasília, DF: 2006.

DNIT. **IPR – 742: Manual de implantação básica de rodovia**. Brasília, DF: 2010.

DNIT. **Projeto Executivo de Engenharia para Restauração da Rodovia BR 251/DF**, Brasília, DF: 2012.

DNIT. **Projetos Executivos das Obras de Adequação, Reforço e Alargamento das Pontes Nova Grécia no km 1,6, Ponte sobre o Córrego Santa Paz no km 16,1 e Ponte sobre o Rio Carangola no km 28,1 da Rodovia BR-356/RJ**. Volume 1. Relatório do Projeto Executivo e Documentos para Licitação, Brasília, DF: 2014.

DONES, R.; BAUER, C.; BOLLIGER, R.; BURGER, B.; FAIST EMMENEGGER, M.; FRISCHKNECHT, R.; HECK, T.; JUNGBLUTH, N.; RÖDER, A.; TUCHSCHMID, M. Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries. ecoinvent report No. 5. Paul Scherrer Institut Villigen, **Swiss Centre for Life Cycle Inventories**, Dübendorf, CH, 2007.

DU G., SAFI M., PETTERSSON L., KAROUMI R. Life cycle assessment as a decision support tool for bridge procurement: environmental impact comparison among five bridge designs. **International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 19, n. 12, p. 1948-1964, 2014.

EC - EUROPEAN COMMISSION – Joint Research Centre – Institute for Environmental Sustainability. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. EUR 24571 EN (1st ed.). Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2011.

ELCD: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu>. Acesso em: 21/09/2018.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. São Paulo: Makron Books, 2012.

EURING, K.L. Call to action: Towards a practice of inclusive road safety. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer**. v. 172, n. 1, p. 10-17, 2019.

FAWCETT, W., URQUIJO, I.R., KRIEG, H., HUGHES, M., MIKALSEN, L., GUTIÉRREZ, Ó.R.R. Cost and environmental evaluation of flexible strategies for a highway construction project under traffic growth uncertainty. **Journal of Infrastructure Systems**. v. 21, n. 3, 2015.

FEHRENBACH, H.; LIEBICH, A.; ABDALLA, N.; BIEMANN, K.; FRÖHLICH, K.; SIMON, B. **Life Cycle Inventories of Petroleum Refinery Operation**. Ecoinvent Association: Zürich, Switzerland, 2018.

FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Como Elaborar Modelo Lógico de Programas: um roteiro básico**. Nota Técnica. Brasília: IPEA, 2007.

FIORINI, P.C., JABBOUR, C. J. C., Information Systems and sustainable supply chain management towards a mores sustainable society: Where we are and shere we are going. **International Journal of Information Management**, n. 6, p. 241-149, 2017.

FIGUEIRÊDO, M. C. B., RODRIGUES, G. S., CALDEIRA-PIRES, A., ROSA, M. F. ARAGÃO, F. A. S., VIEIRA, V. P. P. B., MOTA, F. S. B. Environmental performance evolution of agro-industrial innovations – part 1: Ambitec-Life Cycle, a methodological approach for considering life cycle thinking. **Journal of Cleaner Production**. v. 18. p. 1368-1375, 2010.

FISCHER, R. M.; COMINI, G. Sustainable development: from responsibility to entrepreneurship. **Revista de Administração**, v.47, n.3, p.363-369, 2012.

FIKSEL. J, MCDANIEL, J, MENDENHALL, C. Measuring progress towards sustainability principles, process, and best practices, **Greening of Industry Network Conference Best Practice Proceedings**. v. 1. p. 1 – 36, 1999.

FLAPPER, S. D. P., FORTUIN, L. STOOP, P. P M. Towards consistent performance management systems. International **Journal of Operations & Production Management**. v. 16. n. 7. p. 27-37, 1995.

FLORES, R.F., MONTOLIU, C.M.-P., BUSTAMANTE, E.G. Life Cycle Engineering for Roads (LCE4ROADS), the New Sustainability Certification System for Roads from the LCE4ROADS FP7 Project. **Transportation Research Procedia**. v. 14, p. 896-905, 2016.

FLYNN, B. B.; HOU, B.; ZHAO, X. The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. **Journal of Operations Management**. v. 28, n.1, 2010.

FOLAN, P., BROWNE, J. A review of performance measurement: Towards performance management. **Computers in industry**. v. 56. p. 663-680, 2005.

FRANCISCHINI, P. G.; CABEL, G. M. Proposição de um indicador geral de desempenho utilizando AHP. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 23., 2003, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: UFOP, 2003.

GALATIOTO F., HUANG Y., PARRY T., BIRD R., BELL M., Traffic modelling in system boundary expansion of road pavement life cycle assessment. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. v. 36. p. 65 – 75, 2015.

GIUSTOZZI F., CRISPINO M., FLINTSCH G., Multi-attribute life cycle assessment of preventive maintenance treatments on road pavements for achieving environmental sustainability. **International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 17, p. 409 – 419, 2012.

GRAEL, P. F. F.; BEZERRA, B. S. Sistema de produto para a avaliação de ciclo de vida para construção de rodovias. In: **6th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**, 10., 2017, São Paulo. Anais São Paulo: UNIP, 2017.

GRAEL, P. F. F.; BEZERRA, B. S, MARTIN, E. J. Uma revisão sobre a avaliação de ciclo de vida na construção de rodovias com pavimentação asfáltica”. **FaSci-Tech**, v. 1. n. 14, p. 52 - 66, 2019.

GREENDELTA. OpenLCA. <<http://www.openlca.org/>> Acesso em 13/04/2019.

GRI, **Relatórios de sustentabilidade da GRI**, Amsterda, Holanda, 2012.

GRI, **Guia de Sustentabilidade na construção**, Minas Gerais, Brasil, 2017.

GRI-ROI, **Relatórios de sustentabilidade GRI: Quanto vale esta jornada?**, Amsterda, Holanda, 2012.

GUERRIERI M., LO CASTO B., PERI G., RIZZO G., Embedding “roadside equipment” in the environmental assessment of transportation system: the case of safety barriers. **International Journal of Energy and Environmental Engineering**. v. 6. p. 111 – 120, 2015.

GUINÉE, J.B.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; KONING, A. DE; OERS, L. VAN; WEGENER SLEESWIJK, A.; SUH, S.; UDO DE HAES, H.A.; BRUIJN, H. DE; DUIN, R. VAN; HUIJBREGTS, M.A.J. **Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards**. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002.

GULOTTA, T.M., MISTRETTA, M., PRATICÒ, F.G. Life cycle assessment of roads: Material and process related energy savings. **Modelling, Measurement and Control C**. v. 79, p. 146-153, 2018.

GUIGNOLT, S, TOUZÉ, S, VON DER WEID, F., MÉNARD, Y., VILLENEUVE, J. Recycling Construction and Demolition Wastes as Building Materials: A Life Cycle Assessment. **Journal of Industry Ecology**, v. 19, n. 6, 2015.

HASAN, U., WHYTE, A., AL JASSMI, H. Critical review and methodological issues in integrated life-cycle analysis on road networks. **Journal of Cleaner Production**. v. 206, p. 541-558, 2019.

HAUSCHILD, M. & POTTING, J. **Spatial differentiation in Life Cycle impact assessment – The EDIP2003 methodology**. Environmental News, 80. Danish Ministry of the Environment – Environmental protection Agency, 2005.

HERVA, M.; FRANCO, A.; CARRASCO, E.F.; ROCA, E. Review of corporate environmental indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 15, 2011.

HUANG, Y., SPRAY, A., PARRY, T. Sensitivity analysis of methodological choices in road pavement LCA. **International Journal Life Cycle Assessment**, n. 18, p. 93-101, 2012.

HUANG Y., SPRAY A., PARRY T., Sensitivity analysis of methodological choices in road pavement LCA. **International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 18. p. 93 – 101, 2013.

HUIJBREGTS, M.A.J.; STEINMANN, Z.J.N.; ELSHOUT, P.M.F.; STAM, G.; VERONES, F.; VIEIRA, M.; ZIJP, M.; HOLLANDER, A.; VAN ZELM, R. **ReCiPe2016. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report I: Characterization. RIVM Report 2016-0104**. National Institute for Human Health and the Environment, Bilthoven, 2016.

ILCD Handbook. Institute for Environment and Sustainability. European Union. 2010.

IRITANI, D.R., SILVA, D.A.L., SAAVEDRA, Y.M.B., GRAEL, P.F.F., OMETTO, A.R. Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry. **Journal Cleaner Production**. Vol 96, Page 308 – 318, 2015.
ISO 14040:2001: **Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estruturas**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). São Paulo, Brasil. 2001.

ISO 14031:1999: **Gerenciamento Ambiental – Avaliação do desempenho ambiental**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999). São Paulo, Brasil. 1999.

JANNUZZI, P. M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista do Serviço Público**, Brasília, abr/jun, 2005.

JULLIEN, A., DAUVERGNE, M., CERESO, V. Environmental assessment of road construction and maintenance policies using LCA. **Transportation Research Part D**, n. 29, p. 56-65, 2014.

JULLIEN, A., DAUVERGNE, M., PROUST, C. Road LCA: the dedicated ECORCE tool and database. **International Journal Life Cycle Assessment**, n. 20, p. 655-670, 2015.

JUNGBLUTH, N.; CHUDACOFF, M.; DAURIAT, A.; DINKEL, F.; DOKA, G.; FAIST EMMENEGGER, M.; GNANSOUNOU, E.; KLJUN, N.; SPIELMANN, M.; STETTLER, C.; SUTTER, J. **Life Cycle Inventories of Bioenergy. Final report ecoinvent data v2.0**, v. 17. Swiss Center for LCI: Dübendorf and Uster, Switzerland, 2007.

KAHNEMAN, D. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KAYA, T.; KAHRAMAN, C. An integrated fuzzy AHP-ELECTRE methodology for environmental impact assessment. **Expert Systems with Applications**. v. 38, p. 8553-8562. 2011.

KELLER, M. **Handbook emission factors for road transport 3.1**. Bern: INFRAS, 2010.

KELLENBERGER, D.; ALTHAUS, H.-J.; JUNGBLUTH, N.; KÜNNIGER, T. **Life Cycle Inventories of Building Products. Final report ecoinvent data v2.0**, v. 7. Swiss Center for LCI, Empa – TSL, Dübendorf: Switzerland, 2007.

KIM, D.Y., MENCHES, C.L., KIM, D., KWEON, T., HUH, Y. Comparative simulation analysis of pavement technology for a decision support system in the U.S. road renewal industry. **KSCE Journal of Civil Engineering**. V. 18, n. 4, p. 920-926, 2014.

KLASSEN, R. D.; WHYBARK, D. C. The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance. **Academy of Management Journal**. v.42, n.6, p. 599-615, 1999.

LARREA-GALLEGOS G., VÁZQUEZ-ROWE I., GALLICE G., Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of Manu National Park, Peru. **International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 22. p. 1109 – 1124, 2016.

LEI Nº 8.666: Normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Presidências da República – Casa Civil. Brasília, 21 de junho de 1993.

LIN R.-Y., SHA A.-M., YANG F.-L., DU L., Evaluation method for greenhouse gas emissions of asphalt pavement. **Chang'an Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban/Journal of Chang'an University) - Natural Science Edition**. v. 34. p. 19-26, 2014.

LOIJOS A., SANTERO N., OCHSENDORF J. Life cycle climate impacts of the US concrete pavement network. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 72. p. 76 – 83, 2013.

LOPRENCIPE, G., PANTUSO, A., DI MASCIO, P. Sustainable Pavement Management System in Urban Areas Considering the Vehicle Operating Costs. **Sustainability (Switzerland)**. v. 9, n. 453, 2017.

MA. F., SHA A., LIN R., HUANG Y., WANG C., **Greenhouse gas emissions from asphalt pavement construction: A case study in China.** v. 13, n. 351, 2016.

MARTÍNEZ, S., GONZÁLEZ, C., HOSPITALER, A., ALBERO, V. Sustainability assessment of constructive solutions for urban Spain: A multi-objective combinatorial optimization problem. **Sustainability (Switzerland).** v. 11, n. 839, 2019.

MARTÍNEZ-BLANCO J., FORIN S., FINKBEINER M., Launch of a new report: “Road testing organizational life cycle assessment around the world: applications, experiences and lessons learned”. **International Journal of Life Cycle Assessment.** v. 23, n. 1, p. 159-163, 2016.

MELNYK, S.; SROUFE, R.; CALANTONE; R. Assessing the Impact of Environmental Management Systems on Corporate and Environmental Performance. **Journal of Operations Management,** v.21, n.3, p.329-351, 2003.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção.** v. 17, n. 1, p. 216-229. 2007.

MIRZADEH I., BUTT A.A., TOLLER S., BIRGISSON B. Life cycle cost analysis based on the fundamental cost contributors for asphalt pavements. **Structure and Infrastructure Engineering.** v. 10, n. 12, p. 1638-1647, 2014.

MORETTI L., DI MASCIO P., D'ANDREA A., Environmental impact assessment of road asphalt pavements. **Modern Applied Science.** v. 7. p. 1 – 11, 2013.

MONTGOMERY, R., SCHIRMER, H., JR., HIRSCH, A. A sustainability rating system for roads in developing countries. In: **International Conference on Sustainable Infrastructure: Creating Infrastructure for a Sustainable World, ICSI 2014, Long Beach**. Anais: Long Beach, United States, 2014.

MUCHIRI, P., PINTELON, L., GELDERS, L., MARTIN, H. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal Production Economics**. v. 131. p. 295-302, 2011.

MUNCK, L.; SOUZA, R. B. de. Gestão por competências e sustentabilidade empresarial: em busca de um quadro de análise. **Gestão e Sociedade**, v 3, n.6, p.254-288, 2009.

NICUȚĂ A.M., FRUNZĂ R., Environmental impact assessment for traditional versus recycled road asphalt mixtures. **Environmental Engineering and Management Journal**. v. 12. p. 575 – 585, 2013.

NOGUEIRA, E. **Introdução à Engenharia Econômica**. 1. ed. Brasil: Editora EdUFSCar, 2011.

NOSHADRAVAN A., WILDNAUER M., GREGORY J., KIRCHAIN R., Comparative pavement life cycle assessment with parameter uncertainty. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. v. 25. p. 131 – 138, 2013.

OLSTHOORN, X, TYTECA, D, WEHRMEYER, W, WAGNER, M. Environmental indicators for business: a review of the literature and standardization methods. **Journal of Cleaner Production**. v. 9. p. 453-463, 2001.

ONU. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/> >. Acesso em: 24/04/2018.

OLTEAN-DUMBRAVA, C., WATTS, G.R., MIAH, A.H.S., "top-down-bottom-up" methodology as a common approach to defining bespoke sets of sustainability assessment criteria for the built environment. **Journal of Management in Engineering**. v. 30, n. 1, p. 19-31, 2014.

ÖZENER, O.; YÜKSEK, L.; ERGENÇ, A. T.; ÖZKAN, M. (2014). Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. **Fuel**, v. 115, p. 875-883, 2014.

PAGELL, M.; GOBELI, D. How plant managers' experiences and attitudes toward sustainability relate to operational performance. **Production and Operations Management**. v. 18, n. 3, p. 278-299, 2009.

PARMIGIANI, A.; KLASSEN, R. D.; RUSSO, M. V. Efficiency meets accountability: Performance implications of supply chain configuration, control, and capabilities. **Journal of Operations Management**. v. 29, n. 3, p. 212-223, 2011.

PIECK, S.K. Asphalt dreams: Road construction and environmental citizenship in Peru. **Development and Change**. v. 44, p. 1039-1063, 2013.

PELLECUER, L., ASSAF, G.J., ST-JACQUES, M. Life cycle environmental benefits of pavement surface maintenance. **Canadian Journal of Civil Engineering**. v. 41, p. 695-702, 2014.

POPESCU, D., BURLACU, A., RĂCĂNEL, C. Sustainable development of roads infrastructure. In: **16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Ecology, Economics, Education and Legislation, SGEM 2016; Albena; Bulgaria**; Anais: Albena, Bulgaria, 2016.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. Strategy & Society, the Link between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility. **Harvard Business Review**, v.84, n.12, p.78-92, 2006.

PRAHALAD, C. K.; VART, S. L. The Fortune at the Bottom of the Pyramid. **Strategy + Business Magazine**, n.26, p.1-16, 2002.

PRATICÒ, F.G. Metrics for Management of Asphalt Plant Sustainability. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 143, n. 04016116, 2016.

PRASAD, Biren. Survey of life-cycle measures and metrics for concurrent product and process design. Artificial Intelligence for Engineering Design, **Analysis and Manufacturing**. v. 14. p. 163-176, 2000.

PULLMAN, M. E.; MALONI, M. J.; CARTER, C. R. Food for thought: Social versus environmental sustainability practices and performance outcomes. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, p. 38-54, 2009.

RABELO, L. S., LIMA, P V. P. S..Indicadores de sustentabilidade em cultivos de algas vermelhas. In: **PHILIPPI J; R; MALHEIROS, T; F; Indicadores de Sustentabilidade e gestão ambiental., Barueri, SP**. Manole, 2012.

RAO, Y., ZHANG, J., XU, Q., WANG, S. Sustainability assessment of road networks: A new perspective based on service ability and landscape connectivity. **Sustainable Cities and Society**. v. 40, p. 471-483, 2018.

RATTANACHOT, W, WANG, Y., CHONG, D., SUWANSAWAS, S. Adaptation strategies of transport infra structures to global climate change. **Transport Policy**, n. 41, p. 159-166, 2015.

REVISTA EXAME GVCes < <https://exame.abril.com.br/revista-exame/o-mundo-em-2030/>> Acesso em: 19/10/2018.

REZA B., SADIQ R., HEWAGE K. Emergy-based life cycle assessment (Em-LCA) for sustainability appraisal of infrastructure systems: A case study on paved roads. **Clean Technologies and Environmental Policy**. v. 16. p. 251 – 266, 2014.

ROCHET, C.; BOUT-COLONNA, L.; KERAMIDAS, O. **The Risk of Efficiency Indicators in the Monitoring of Public Policies. EGPA – Reforming the Public Sector**. University of Bern. 2005.

ROSENBAUM, R. K.; BACHMANN, T. K.; GOLD, L. S.; HUIJBREGTS, M. A. J.; JOLLIET, O.; JURASKE, R.; KOEHLER, A.; LARSEN, H. F.; MACLEOD, M.; MARGNI, M.; MCKONE, T. E.; PAYET, J.; SCHUHMACHER, M.; VAN DE MEENT, D.; HAUSCHILD, M. Z. USEtox – The UNEP/SETAC-consensus model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13 n. 7, p. 532-546, 2008.

ROSSI, E. **Avaliação de ciclo de vida da brita para construção civil: estudo e caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Faculdade de Engenharia Urbana, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. São Paulo, 2013.**

RUA, M. G. Desmistificando o problema: uma rápida introdução ao estudo dos indicadores. Mimeo, **Escola Nacional de Administração Pública**, Brasília, 2004.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. Petrópolis: Vozes, 2004.

SAATY, T. **Método de análise hierárquica. Tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva**. São Paulo: Makron Books, 1991.

SANTANA, A. L. J. de M.; SOUZA, L. M. de. (Orgs.). **Empreendedorismo com foco em negócios sociais**. Curitiba: NITS UFPR, 2015.

SANTOS J., FERREIRA A., FLINTSCH G. A life cycle assessment model for pavement management: Road pavement construction and management in Portugal. **International Journal of Pavement Engineering**. v. 16. p. 315 – 336, 2015.

SANTOS J., BRYCE J., FLINTSCH G., FERREIRA A. A comprehensive life cycle costs analysis of in-place recycling and conventional pavement construction and maintenance practices. **International Journal of Pavement Engineering**. v. 18. p. 727 – 743, 2016.

SANTOS, J., FERREIRA, A., FLINTSCH, G., CEREZO, V. A multi-objective optimization approach for sustainable pavement management. **In: 5th International Symposium on Life-Cycle Engineering, IALCCE, Delft; Netherlands**. Anais: Delft; Netherlands, 2016.

SANTOS J., FERREIRA A., FLINTSCH G. A multi-objective optimization-based pavement management decision-support system for enhancing pavement sustainability. **Journal of Cleaner Production**. v. 164. p. 1380 – 1393, 2017.

SANTOS, J., FERREIRA, A., FLINTSCH, G., CEREZO, V. A multi-objective optimisation approach for sustainable pavement management. **Structure and Infrastructure Engineering**. v. 14, p. 854-868, 2018.

SANTOS, J., BRESSI, S., CEREZO, V., LO PRESTI, D. SUP&R DSS: A sustainability-based decision support system for road pavements. **Journal of Cleaner Production**. v. 206, p. 524-540, 2019.

SCHLANGE, L. E. What drives Sustainable Entrepreneurs? **ABEAI**, p.1-16, 2006.

SCHLEGEL, T., PUIATTI, D., RITTER, H. J., LESUEUR, D., DENAYER, C., SHTIZA, A. The limits of partial life cycle assessment studies in road construction practices: A case study on the use of hydrated lime in hot mix asphalt. **Transportation Research Part D**. n. 48, p. 141-160, 2016.

SEARCY, C. The Role of Sustainable Development Indicators in Corporate Decision-making. **International Institute for Sustainable Development (IISD)**, v. 1, p. 1-23, 2009.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. 1. ed. Brasil: Editora Schwarcz Ltda, 2007.

SHARIFI, M. A., BOERBOOM, L., SHAMSUDIN, K. B. E VEERAMUTHU, L. Spatial multiple criteria decision analysis in integrated planning for public transport and land use development study in Klang Valley, Malaysia, **ISPRS Technical Commission II Symposium**, p. 12-14, 2006.

SILVA, F. B.; OLIVEIRA, L. A.; PASSUELLO, A. C. B.; MORAGA, G. L.; SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; SAADE, M. R. M.; GMÜNDER, S.; MYERS, N. **Life Cycle Inventory of Cement, Concrete and related Industries – Latin America**. Ecoinvent Association: Zürich, Switzerland, 2017.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 3. ed. London: Pearson Education Limited, 2001.

SLAPER, T. F.; HALL, T. J. The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work? **Indiana Business Review**, v. 86, n. 1, p. 4-8, 2011.

SOMMERROCK, K. **Social Entrepreneurship Business Model**. New York: Macmillan: Palgrave, 2010.

SOUZA, A. **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA AREIA EM MINERADORA DE PEQUENO PORTE, NA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Faculdade de Engenharia Urbana, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. São Paulo, 2012.**

STEFANO, N. M., CASAROTTO FILHO , N., BARICHELO , R. Management of Electronic Journals using Fuzzy AHP Methodology. **IEEE Latin America Transactions**, v. 13, n. 1, p. 330 - 336, 2015.

STOCKER, T.F.; QIN, D; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (eds.). IPCC, 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2013.

STRAUSS, A., IVANKOVIC, A.M., MOLD, L., BERGMEISTER, K., MATOS, J.C., CASAS, J.R. Performance indicators for the assessment of reinforced concrete structures at European level according to COST TU1406. **Bautechnik**. v. 95, n. 2, p. 123-138, 2018.

STRIPPLE, Håkan. **Life Cycle Assessment of Road: A Pilot Study for Inventory Analysis**. 2. Ed., IVL Swedish Environmental Research Institute. Gothenburg, Sweden, 2001.

TALEAI, M., SHARIFI, A., SLIUZAS, R. E MESGARI, M. Evaluating the compatibility of multi-functional and intensive urban land uses, **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 9 n. 4, p. 375-391, 2007.

TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; VEY, I. H. Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura. **Gestão e Produção**. v. 17. n. 1, p. 75-93, 2010.

TORRES-MACHI, C., OSORIO-LIRD, A., CHAMORRO, A., VIDELA, C., TIGHE, S.L., MOURGUES, C. Impact of environmental assessment and budgetary restrictions in pavement maintenance decisions: Application to an urban network. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. v. 59, p. 192-204, 2018.

TRAVESSINI, R. RODRIGUES, T, BRAGHINI, A. J., COLMENERO J. C., BEINLICH, S., ZOCHE L. Selection of ideas in the furniture industry with the help of the method Analytic Hierarchy Process (AHP). **Espacios**. v. 36, n. 09. p. 2 – 10, 2015.

TSENG, M; LIN, Y; CHIU, A. S. F. Fuzzy AHP-based study of cleaner production implementation in Taiwan PWB manufacturer. **Journal of Cleaner Production**. v. 17, p. 1249-1256. 2009.

TURK, J. K, PRANJIĆ, A. M, MILADENOVIC, A., COTIĆ, Z., JURJACIĆ, P. Environmental comparison of two alternative road pavement rehabilitation techniques: cold-in-place-recycling versus traditional reconstruction. **Journal of Cleaner Production**, n. 121, p. 45-65, 2016.

TOLEDO, A. B.; MONTEIRO, A. L. J.; GOMES, F. G.; BEVILACQUA, M. A.; RIBEIRO, R. C. **Conversão de uma Usina de Asfalto. Relatório Técnico apresentado ao Comitê Organizador do Prêmio GLP de Inovação e Tecnologia na categoria Meio Ambiente**, 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. Atlas: São Paulo: 2008.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. O positivismo; a fenomenologia; o marxismo**. Atlas: São Paulo, 2015.

UMEDA, Y., NONOMURA, A., TOMIYAMA, T. Study on life-cycle design for the post mass production paradigm. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**. v. 14. p. 149-161, 2000.

UNEP/SETAC (United Nations Environment Programme), Life Cycle Management – A business Guide to Sustainability, 2007. <<http://www.unep.org>> Acesso em: 25/04/2011.

UNEP (United Nations Environment Programme), Life Cycle Management – A business Guide to Sustainability <<http://www.unep.org>> Acesso em: 25/04/2015.

US EPA . **MOVES and Related Models – Nonroad Technical Reports**. <<https://www.epa.gov/moves/nonroad-technicalreports#2008a>> Acesso em 13/04/2020.

UTENG, T.P., SINGH, Y.J., HAGEN, O.H. Social sustainability and transport: Making “smart mobility” socially sustainable. **Urban Social Sustainability: Theory, Policy and Practice**. v. 1, p. 59-77, 2019.

VALE, C. E.. **Qualidade Ambiental ISO 14000**. Editora Senac. Sao Paulo. 6^a Edição: 2006.

VAN DAM, T.J., TAYLOR, P. **Concrete pavements and sustainability. Green Building with Concrete: Sustainable Design and Construction**, Second Edition v. 1, p. 109-127, 2015.

VELEVA, V., ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of Cleaner Production**. v. 9. P. 519-549, 2001.

VEDRENNE M., PÉREZ J., LUMBRERAS J., RODRÍGUEZ M.E., Life cycle assessment as a policy-support tool: The case of taxis in the city of Madrid. **Energy Policy**. v. 66, p. 185-197, 2014.

VOLKSWAGEN CAMINHÕES E ÔNIBUS. Especificações Técnicas VW Constellation 26.280. < <https://www.vwco.com.br> > Acesso em 13/04/2020.

WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21 n. 9, p. 1218–1230, 2016.

WESTKÄMPER, E., ALTNG, ARNDT. Life cycle management and assessment: Approaches and visions towards sustainable manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**. v. 49. n. 2 p. 501 - 526, 2000.

WIRTGEN-CIBER. **Lista de Cargas/ Lista de Cargas/ List of Motors UACF INOVA 1200 P-1**, 2017.

WHITE, G. P., A survey and taxonomy of strategy-related performance measures for manufacturing. **Intenational Journal of Operations & Production Management**, v. 16. n. 3. p. 42-61, 1996.

WU, S. J.; MELNYK, S. A.; FLYNN, B. B. Operational capabilities: A secret ingredient. **Decision Sciences**, v. 41, n. 4, p. 721-754, 2010.

WU, S. J.; MELNYK, S. A.; SWINK, M. An empirical investigation of the combinatorial nature of operational practices and operational capabilities: Compensatory or additive? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 2, p. 121–155, 2012.

YANG, R., OZER H., AL-QUADI, I.L, Regional upstream life-cycle impacts of petroleum products in the United States. **Journal of Cleaner Production**. v. 139. p. 1138 – 1149, 2016.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 3ª edição, Sage, Newbury Park, CA, 2003.

Yin, R. K. **Pesquisa Estudo de Caso-Planeamento e Métodos**. 4ª edição,. 2010.

YU, B., LU, Q. Life cycle assessment of pavement: Methodology and case study. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. v. 17, p. 380-388. 2012.

ZHANG, Y., GOULIAS, D., AYDILEK, A. Sustainability evaluation of pavements using recycled materials. In: **10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, BCRRA, Athens; Greece**. Anais: Athens; Greece, 2018.

ZHU, Q.; SARKIS, J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. **Journal of Operations Management**. v. 22, n. 3, p. 265-289, 2004.

ANEXO I

ESTUDO DE CASO DE CONSTRUÇÃO DA RODOVIA BR 251/DF

QUADRO DEMONSTRATIVO DE CONSUMO DE MATERIAIS - BR-251/DF												
MATERIAIS		OD INSUMO POR m³			CONSUMO POR t			CONSUMO POR m³				
		QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	
Concreto Betuminoso Utilizado Quando Faltou "C"	CAP-30x45											
	Barra	$0,037 \times 2,40 / 1,50 = 1,3362$	m²	$0,0550 \times 2,40 = 0,1320$	t	$0,0370 / 1,50 = 0,0246$	m²	0,0550	t	0,0370	t	
	Areia	$0,000 \times 2,40 / 1,50 = 0,1200$	m²	$0,0000 \times 2,40 = 0,1920$	t	$0,0000 / 1,50 = 0,0633$	m²	0,0000	t	0,0000	t	
Concreto Betuminoso Utilizado Quando Faltou "B"	Barra	$0,033 \times 2,40 / 1,50 = 0,0448$	m²	$0,0230 \times 2,40 = 0,0672$	t	$0,0230 / 1,50 = 0,0157$	m²	0,0230	t	0,0230	t	
	Areia	$0,000 \times 2,40 / 1,50 = 0,1200$	m²	$0,0000 \times 2,40 = 0,1920$	t	$0,0000 / 1,50 = 0,0633$	m²	0,0000	t	0,0000	t	
	Areia	$0,000 \times 2,40 / 1,50 = 0,1200$	m²	$0,0000 \times 2,40 = 0,1920$	t	$0,0000 / 1,50 = 0,0633$	m²	0,0000	t	0,0000	t	
Pré-Misturado a Frio (PMF)	Barra	$0,710 \times 2,40 / 1,50 = 1,1360$	m²	$0,7100 \times 2,40 = 1,7040$	t	$0,7100 / 1,50 = 0,4733$	m²	0,7100	t	0,7100	t	
	Areia	$0,240 \times 2,40 / 1,50 = 0,3840$	m²	$0,2400 \times 2,40 = 0,5760$	t	$0,2400 / 1,50 = 0,1600$	m²	0,2400	t	0,2400	t	
	Areia	$0,1174 \times 2,30 / 1,50 = 0,1800$	m²	$0,1174 \times 2,30 = 0,2700$	t	$0,1174 / 1,50 = 0,0783$	m²	0,1174	t	0,1174	t	
Implicação	Barra	$0,0217 \times 2,30 / 1,50 = 1,2000$	m²	$0,0217 \times 2,30 = 0,5000$	t	$0,0217 / 1,50 = 0,0476$	m²	0,0217	t	0,0217	t	
	Areia		m²		t		m²		t	0,0012	t	
	Areia		m²		t		m²		t	0,0004	t	
TAXAS ADOPTADAS	Barra	$1,00 \times 2,114 / 2,114 = 1,00$	m²	$1,00 \times 2,114 = 2,114$	t		m²		t		t	
	Areia	$1,00 \times 2,069 / 2,069 = 1,00$	m²	$1,00 \times 2,069 = 2,069$	t		m²		t		t	
	Areia	$1,00 \times 2,069 / 2,069 = 1,00$	m²	$1,00 \times 2,069 = 2,069$	t		m²		t		t	
DIMENSIONES ADOPTADAS	Barra	$1,00 \times 2,114 / 2,114 = 1,00$	m²	$1,00 \times 2,114 = 2,114$	t		m²		t		t	
	Areia	$1,00 \times 2,069 / 2,069 = 1,00$	m²	$1,00 \times 2,069 = 2,069$	t		m²		t		t	
	Areia	$1,00 \times 2,069 / 2,069 = 1,00$	m²	$1,00 \times 2,069 = 2,069$	t		m²		t		t	

QUADRO RESUMO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTE (DMT) - BR-381 DF												
SERVIÇO	MATERIAL	PERCURSO		TRANSPORTE LOCAL (DMT)			TRANSPORTE COMERCIAL (DMT)			DMT		
		ORIGEM	DESTINO	NP	P	TOTAL	NP	P	TOTAL	TOTAL	TOTAL	
Concreto Betuminoso Utilizado a Quente Páteo "C"	CA P-30-40	UBEM/União ABMS	União de A até U-03						402,44	402,44	402,44	
		UBEM/União ABMS	União de A até U-04						404,00	404,00	404,00	
	Beto	Pedreira P-06	União de A até U-03						16,00	16,00	16,00	
		Pedreira P-06	União de A até U-04						148,16	148,16	148,16	
	Areia	Areial A-01	União de A até U-03						93,08	93,08	93,08	
		Areial A-01	União de A até U-04						94,00	94,00	94,00	
	Fibra	Pedreira P-06	União de A até U-03						16,00	16,00	16,00	
		Pedreira P-06	União de A até U-04						148,16	148,16	148,16	
	Módulo	União de A até U-03 e U-04	P-16						93,32	93,32	93,32	
		UBEM/União ABMS	União de A até U-03						402,44	402,44	402,44	
Concreto Betuminoso Utilizado a Quente Páteo "D"	CA P-05-10	UBEM/União ABMS	União de A até U-04						404,00	404,00	404,00	
	Beto	Pedreira P-06	União de A até U-03						16,00	16,00	16,00	
		Pedreira P-06	União de A até U-04						148,16	148,16	148,16	
	Areia	Areial A-01	União de A até U-03						93,08	93,08	93,08	
		Areial A-01	União de A até U-04						94,00	94,00	94,00	
	Módulo	União de A até U-03 e U-04	P-16						93,32	93,32	93,32	
		UBEM/União ABMS	União de A até U-03						402,44	402,44	402,44	
	UBEM/União ABMS	União de A até U-04							404,00	404,00	404,00	
	Beto	Pedreira P-06	União de A até U-03						16,00	16,00	16,00	
		Pedreira P-06	União de A até U-04						148,16	148,16	148,16	
Proteção à Pila (PAP)	Areia	Areial A-01	União de A até U-03						93,08	93,08	93,08	
		Areial A-01	União de A até U-04						94,00	94,00	94,00	
	Módulo	União de A até U-03 e U-04	P-16						93,32	93,32	93,32	
		UBEM/União ABMS	União de A até U-03						402,44	402,44	402,44	
	UBEM/União ABMS	União de A até U-04							404,00	404,00	404,00	
	Beto	Pedreira P-06	União de A até U-03						16,00	16,00	16,00	
		Pedreira P-06	União de A até U-04						148,16	148,16	148,16	
	Areia	Areial A-01	União de A até U-03						93,08	93,08	93,08	
		Areial A-01	União de A até U-04						94,00	94,00	94,00	
	Módulo	União de A até U-03 e U-04	P-16						93,32	93,32	93,32	
Impermeação	CM-300	UBEM/União ABMS	Tanques de Estoqueagem	0,30	27,00	27,30	0,30		41,30	41,30	41,30	
	PR-10	Tanques de Estoqueagem	P-16				0,30		41,30	41,30	41,30	
	UBEM/União ABMS	Tanques de Estoqueagem										
	Tanques de Estoqueagem		P-16	0,30	15,05	15,05						
	Solo	J-03	P-16	0,30	8,08	8,08					8,08	
	Solo	J-03	P-16	1,00	11,24	11,24					11,24	
Beto e Solo-Beto Utilizados Gradacionalmente	Solo	J-03 e J-06	P-16	0,06	9,16	19,03					19,03	
	Olivento	Bra-B-01	Control de Obras				0,30		40,70	40,70	40,70	
		Control de Obras	P-16	0,30	15,05	15,05					15,05	
	Areia	Areial A-01	Control de Obras				0,30		110,90	110,90	110,90	
		Control de Obras	P-16	0,30	15,05	15,05					15,05	
		Areial A-01	P-16						93,30	93,30	93,30	
Drenagem / Ute Canal	Beto / Páteo de Mito	Pedreira P-06	Control de Obras				0,30		93,63	93,63	93,63	
		Control de Obras	P-16	0,30	15,05	15,05					15,05	
	Pedreira P-06		P-16						40,80	40,80	40,80	
	Bra-B-01		Control de Obras				0,30		40,70	40,70	40,70	
	Módulo / Aço / Graxa	Control de Obras	P-16	0,30	15,05	15,05					15,05	
	Tubo de Concreto	Control de Obras	P-16	0,30	15,05	15,05					15,05	
Material de encaixote	Módulo	Páteo	Detalhado	0,04	9,00	10,00					10,00	

* A definição de qual ocorrência e/ou material utilizar em cada serviço, foi realizada quando alcançamos a menor DMT possível.

Projeto Rodovia Trecho Subtrecho Segmento Extensão		:Executivo de Engenharia para Restauração de Rodovia :BR-251/DF :BR-251/DF Ent ^o DF-295 (Div. GO/DF) – Ent ^o DF-149(B) (Div. DF/GO); :BR-251/DF Ent ^o DF-295 (Divisa GO/DF) – Ent ^o DF-081(A) (EPCT); :BR-251/DF – km 0,00 ao km 45,6 :45,6 km	ORÇAMENTO DATA BASE JANEIRO DE 2012
CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	VALOR TOTAL	
	RESUMO DO ORÇAMENTO		
1	TERRAPLENAGEM	R\$ 753.481,43	
2	DRENAGEM E OBRAS-DE-ARTE CORRENTES	R\$ 2.473.802,07	
3	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 19.634.044,08	
4	SINALIZAÇÃO	R\$ 1.120.504,29	
5	OBRAS COMPLEMENTARES	R\$ 1.558.865,53	
6	MEIO AMBIENTE	R\$ 735.154,68	
7	INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTO DE OBRAS E ACAMPAMENTOS	R\$ 1.791.833,26	
8	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	R\$ 309.483,99	
	SUB-TOTAL DO ORÇAMENTO	R\$ 28.416.309,34	
9	SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO / CONSERVAÇÃO DOS 5 ANOS	R\$ 1.289.340,00	
	TOTAL DO ORÇAMENTO	R\$ 29.705.649,34	

ANEXO II

ESTUDO DE CASO DE CONSTRUÇÃO PONTE PONTES NOVA GRÉCIA NO
KM 1,6, PONTE SOBRE O CÔRREGO SANTA PAZ NO KM 16,1 E PONTE
SOBRE O RIO CARANGOLA NO KM 28,1 DA RODOVIA BR-356/RJ

4.2.4 DEMONSTRATIVO DO CONSUMO DE MATERIAIS

DEMONSTRATIVO DO CONSUMO DE MATERIAIS										
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	MATERIAIS	CONSUMO POR m³/m²					CONSUMO POR t			
		Unid.	Quantidade	Unid.	Quantidade	Unid.	Quantidade	Unid.	Quantidade	
Remoção Mecanizada de Revestimento	CBUQ	m³	1,000	t	2,400	m³	1,000 ÷ 2,40 t/m³ = 0,417	t	1,000	
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "B"	CBUQ	m³	1,000	t	2,400	m³	1,000 ÷ 2,40 t/m³ = 0,417	t	1,000	
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "C"	CBUQ	m³	1,000	t	2,400	m³	1,000 ÷ 2,40 t/m³ = 0,417	t	1,000	
Pintura de ligação	RR-1C	m²		t	1,000 x 0,0004 t/m² = 0,00040	m²		t	1,000	
Imprimação	CM-30	m²		t	1,000 x 0,0012 t/m² = 0,00120	m²		t	1,000	
Base de Brita Graduada	Brita	m³	(1,000 x 2,20 t/m³) ÷ 1,50 t/m³ = 1,467	t	1,000 x 2,20 t/m³ = 2,200	m³	1,000 ÷ 1,50 t/m³ = 0,667	t	1,000	
Sub-base de brita coriã	Brita	m³	(1,000 x 2,20 t/m³) ÷ 1,50 t/m³ = 1,467	t	1,000 x 2,20 t/m³ = 2,200	m³	1,000 ÷ 1,50 t/m³ = 0,667	t	1,000	
NOTAS										
TRAÇOS										
CBUQ Faixa "C"	comercial	CBUQ Faixa "B"		comercial						
DENSIDADES										
Pedra Britada/Areia	1,50 t/m³	CBUQ/BINDER		2,40	t/m³					
Pó de pedra	1,50 t/m³	Base de brita graduada		2,20	t/m³					
Dope-RR-1C/CM-30	1,00 t/m³	Colchão de pó de pedra		2,20	t/m³					
CAP-20/CAP-7	1,00 t/m³	Revestimento fresado		1,80	t/m³					
Cimento Portland	1,43 t/m³	Base reciclada c/ asfalto		2,40	t/m³					
		Base reestabilizada		2,10	t/m³					

4.2.5 QUADRO DEMONSTRATIVO DE QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

QUADRO DEMONSTRATIVO DE QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO										
Discriminação	Ext. (m)	Larg. (m)	Esp. (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Massa (m)	DMT (km)	Dens./taxas Aplicação	Unid.	Quant.
PAVIMENTAÇÃO										
Ponte Nova Grécia										
Estaca 4+0,00 à Estaca 11+5,00										
1 - Pavimento Novo em cima do antigo acostamento										
Remoção de Pavimento	120,172	var.	0,035	188,86	6,6101		5,00		m³	6,6101
Pintura de Ligação	120,172	var.		377,72					m²	377,72
Aquisição de RR-2C				377,72				0,0004t/m²	t	0,151088
Transporte de RR-2C				377,72			324,00	0,0004t/m²	t	0,151088
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "B "	120,172	var.	0,035	188,86	6,6101	15,86424	67,30	2,40 t/m³	t	15,86424
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "C "	120,172	var.	0,04	188,86	7,5544	18,13056	67,30	2,40 t/m³	t	18,13056
2 - Acostamento novo										
Base de Brita Guaduada	138	Var	0,25	205,41	61,97		31,35		m³	61,97
Sub - base de brita corrida	138	Var	0,16	205,41	46,28		31,35		m³	46,28
Imprimação	138	Var		205,41					m²	205,41
Aquisição de CM-30				205,41				0,0012t/m²	t	0,246492
Transporte de CM - 30				205,41			324,00	0,0012t/m²	t	0,246492
Pintura de ligação	145	Var		205,37					m²	205,37
Aquisição de RR-2C				205,37				0,0004t/m²	t	0,082148
Transporte de RR - 2C				205,37			324,00	0,0004t/m²	t	0,082148
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "B "	145	var.	0,035	205,37	7,18795	17,25108	67,30	2,40 t/m³	t	17,25108

QUADRO DEMONSTRATIVO DE QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO										
Discriminação	Ext. (m)	Larg. (m)	Esp. (m)	Área (m²)	Volume (m³)	Massa (m)	DMT (km)	Dens./taxas Aplicação	Unid.	Quant.
3 - Pavimento Novo Ponte (Incluindo acostamento)										
Remoção de Pavimento	7	9,2	0,075	64,4	4,83		5,00		m³	4,83
Pintura de ligação	7	11		126						126
Aquisição de RR-2C				126				0,0004t/m²	t	0,0504
Transporte de RR - 2C				126			324,00	0,0004t/m²	t	0,0504
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "B "	7	11	0,035	77	2,695	6,468	67,30	2,40 t/m³	t	6,468
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "C "	7	7	0,04	49	1,96	4,704	67,30	2,40 t/m³	t	4,704

Totais	Unid	Quant
Nova Grécia		
Remoção de Pavimento	m³	11,4401
Base de Brita Guaduada	m³	61,97
Sub - base de brita corrida	m²	46,28
Imprimação	t	205,41
Aquisição de CM-30	t	0,246492
Transporte de CM - 30	m²	0,246492
Pintura de ligação	m²	709,09
Aquisição de RR-2C	t	0,283636
Transporte de RR - 2C	t	0,283636
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "B "	t	39,58332
Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa "C "	t	22,83456

ANEXO III**CRITÉRIOS GRI DE SELEÇÃO DE INDICADORES**

- a) **Orientação para definir o indicador:** atitudes que podem ser tomadas, ou opções que a organização, possa ter em consideração para a tomada de decisões daquilo que deve ser medido e, na generalidade, interpretar ou definir. Os resultados foram atingidos por um indicador e orientar a tomada de decisões ao longo do processo de elaboração e medição, dos mesmos, tais como a seleção das questões e indicadores a comunicar e a melhor forma de realizar. Cada um dos princípios consiste numa definição, explicação e avaliação para a organização que pretende elaborar os indicadores. Esta avaliação visa servir como ferramentas para o autodiagnóstico, como verificar se os dados serão importantes e relevantes para o os objetivos da organização.
- b) **Definir o conteúdo dos indicadores:** Identificar as questões e respectivos indicadores que sejam relevantes, e que possam ser disponibilizados, Relevância, de que as informações presentes no referido indicador, abrangem questões que reflitam os impactos económicos, ambientais e sociais da organização, ou que poderiam influenciar significativamente as avaliações e decisões das partes interessadas, do contexto de sustentabilidade. A partir do conjunto de questões e indicadores identificados, os mesmos foram avaliados com a finalidade de levantar:

- **Desempenho global:** valores, políticas, estratégias, sistemas de gestão operacional, objetivos, metas fundamentais, competências essenciais da organização e a forma como estas podem contribuir para o desenvolvimento sustentável.
- **Medir sucesso e fracasso:** fatores cruciais que possibilitem o sucesso organizacional.
- **Riscos e oportunidades:** oportunidades, riscos ou impactos de sustentabilidade identificados por especialistas conceituados ou por organismos credenciados nesta área.
- **Avaliar mudanças:** desafios do setor, leis, regulamentos, acordos, de importância estratégica para a organização.

c) **Assegurar o conteúdo dos indicadores:** assegurar o conteúdo dos indicadores, por meio de:

- **Comparabilidade:** questões e informações serão selecionadas, compiladas e comunicadas de uma forma consistente, e apresentadas de forma a permitir às partes interessadas a análise de mudanças no desempenho da organização, ao longo do tempo, assim como análises relativas a outras organizações;
- **Equilíbrio:** aspectos positivos e negativos do desempenho da organização de modo a permitir uma avaliação equilibrada e razoável do desempenho global da organização;

- **Precisão:** as informações devem ser suficientemente precisas e detalhadas para que as partes interessadas possam tomar decisões com um elevado grau de confiança;
- **Periodicidade:** as informações deverão ser apresentadas de acordo com um cronograma regular, de forma a permitir às partes interessadas que utilizem tomar decisões sustentadas;
- **Clareza:** as informações devem estar disponíveis, de modo a serem perceptíveis e acessíveis às partes interessadas; e
- **Fidedignidade:** os processos utilizados na preparação dos indicadores devem ser recolhidos, registados, compilados, analisados e divulgados, de modo a poderem ser sujeitos a análise, o que estabelece a qualidade e relevância da informação.

d) **Estabelecer os limites dos indicadores:** Os limites dos indicadores de sustentabilidade deverão conter:

- **Conteúdo:** gerir as políticas financeiras, ambientais e sociais de uma empresa, de forma a obter benefícios das suas atividades; e
- **Influência significativa:** participar nas decisões relativas às políticas para a área financeira, ambiental e social. Efetuar a combinação entre o controle ou influência que a organização exerce sobre ela, e do indicador, para abordar o desempenho e a gestão das operações. A definição do limite do indicador baseia-se no diferentes graus de acesso à informação e na capacidade de afetar conclusões.

Conforme GRI (2012), um sistema de indicadores de sustentabilidade resulta em um framework que atende aos seguintes princípios, conforme detalhados na Figura 51

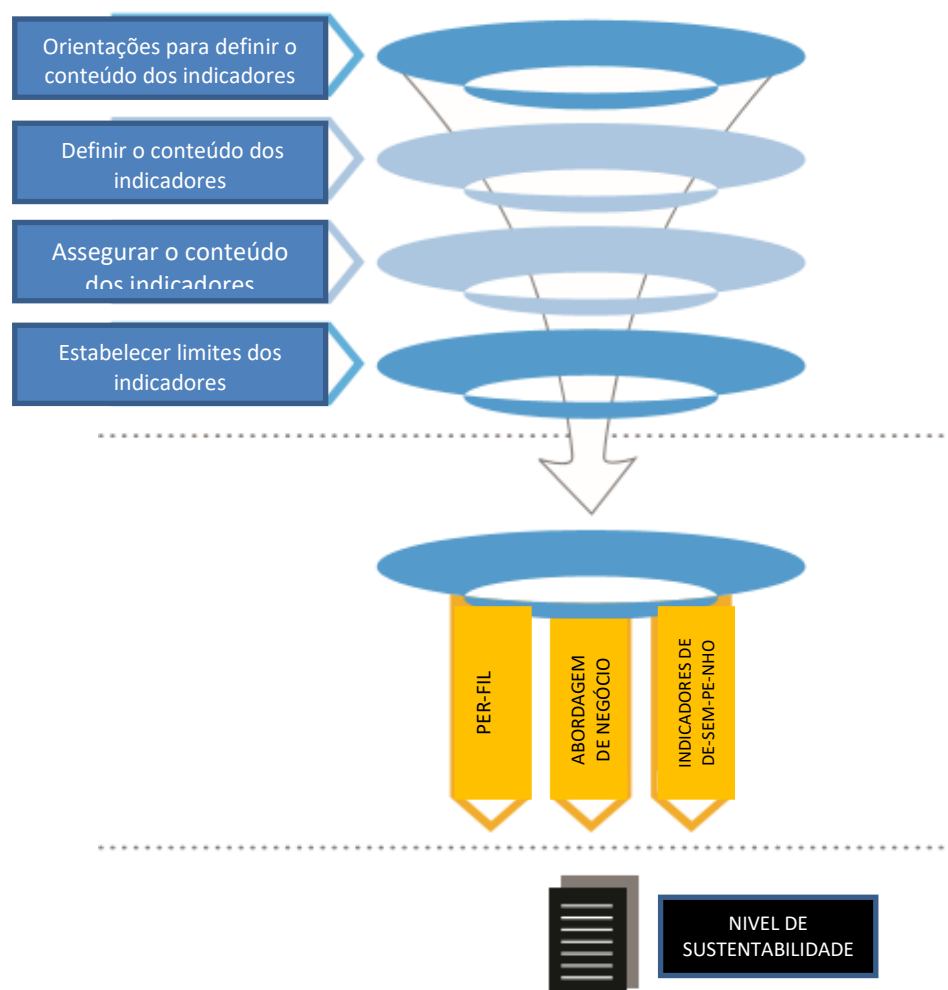


Figura 51 – Framework para definição do nível de sustentabilidade.
Fonte: Adpatado GRI (2012)

Os indicadores de sustentabilidade resulta em um sistema que contempla:

- **Estratégia e Perfil:** contexto da organização, que compreende todo desempenho organizacional, como a estratégia, o estrutura organizacional e a governança corporativa
- **Abordagem de Gestão:** abrange a forma como uma organização aborda um conjunto de questões, de forma a definir um contexto para a compreensão do desempenho numa área específica.
- **Indicadores de Desempenho:** Indicadores que trazem à luz informações comparáveis sobre o desempenho econômico, ambiental e social da organização.

ANEXO IV**PESQUISA DE APLICAÇÃO DO AHP**

Relevância dos indicadores de Sustentabilidade

Este questionário faz parte de pesquisa de doutorado do aluno Paulo Graef, do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da FEB/UNESP, sob orientação da Professora Dra. Barbara S. Bezerra.

A pesquisa visa o desenvolvimento de um Modelo de Indicadores de Desempenho Sustentável para a Construção de Rodovias. Para a construção deste modelo os indicadores de sustentabilidade foram divididos em 3 dimensões: Econômica, Social e Ambiental.

O objetivo deste questionário é criar um ranking das 3 dimensões e de seus respectivos indicadores de sustentabilidade. A abordagem adotada é a análise AHP simplificada, de modo a classificar tais indicadores em ordem de relevância, buscando estabelecer o quanto o indicador classificado em primeiro (o mais importante) é mais relevante que o classificado em segundo (menos importante que o primeiro) pelo avaliador, e assim sucessivamente.

Desde já agradecemos por seu tempo em responder a este questionário. A sua participação como avaliador é fundamental para execução desta pesquisa! O tempo estimado para completar o questionário é de até 7 minutos.

* Required

E-mail *

Your answer

Primeiramente você deverá classificar os indicadores da dimensão "Econômica". A dimensão Econômica nesta pesquisa foi dividida em 4 indicadores. Por favor, ordene os indicadores da dimensão Econômica por importância sendo em 1º o mais importante e em 4º o menos importante.

	1º (Mais Importante)	2º	3º	4º (Menos Importante)
Risco e Oportunidades do projeto	☐	☐	☐	☐
Planejamento estratégico sustentável	☐	☐	☐	☐
Gestão de desempenho do investimento	☐	☐	☐	☐
Crisis e planos de contingência	☐	☐	☐	☐

Tomando como base a ordenação feita por você na questão anterior, compare e responda, o quanto o indicador ordenado em 1º é mais importante que o ordenado em 2º, assinalando "Muito" ou "Pouco", e assim sucessivamente. *

	Pouco	Muito
Quanto o indicador ordenado em 1º é mais importante que o indicador ordenado em 2º.	☐	☐
Quanto o indicador ordenado em 2º é mais relevante que o indicador ordenado em 3º.	☐	☐
Quanto o indicador ordenado em 3º é mais relevante que o indicador ordenado em 4º.	☐	☐

Em seguida você deverá realizar a classificação dos indicadores da dimensão "Social". A dimensão social nesta pesquisa foi dividida em 4 indicadores. Por favor, ordene os indicadores da dimensão Social por importância, sendo em 1º o mais importante e em 4º o menos importante.

	1º (Mais Importante)	2º	3º	4º (Menos Importante)
Desenvolvimento Social Profissional (Capacitação dos funcionários)	☐	☐	☐	☐
Gestão Sustentável de Fornecedores	☐	☐	☐	☐
Investimento Social e erradicação do trabalho infantil Desenvolvimento Social Profissional (Capacitação dos funcionários)	☐	☐	☐	☐
Diversidade (não discriminação no ambiente de trabalho)	☐	☐	☐	☐

Tomando como base a ordenação feita por você, na questão anterior, compare e responda, o quanto o indicador ordenado em primeiro é mais importante que o ordenado em segundo, assinalando "Muito" ou "Pouco", e assim sucessivamente. *

	Pouco	Muito
Quanto o indicador ordenado em 1º é mais relevante que o indicador ordenado em 2º.	☐	☐
Quanto o indicador ordenado em 2º é mais relevante que o indicador ordenado em 3º.	☐	☐
Quanto o indicador ordenado em 3º é mais relevante que o indicador ordenado em 4º.	☐	☐

E agora você deverá classificar os indicadores da dimensão "Ambiental". A dimensão Ambiental nesta pesquisa foi dividida em 4 indicadores. Por favor, ordene os indicadores da dimensão Ambiental por importância, sendo em 1º o mais importante e em 4º o menos importante.

	1º (Mais Importante)	2º	3º	4º (Menos Importante)
Gerenciamento ambiental	☐	☐	☐	☐
Consumo de recursos naturais	☐	☐	☐	☐
Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	☐	☐	☐	☐
Preocupação com o Passivo ambiental	☐	☐	☐	☐

Tomando como base a ordenação feita por você na questão anterior, compare e responda, o quanto o indicador ordenado em primeiro é mais importante que o ordenado em segundo, assinalando "Muito" ou "Pouco", e assim sucessivamente. *

	Pouco	Muito
Quanto o indicador ordenado em 1º é mais relevante que o indicador ordenado em 2º.	☐	☐
Quanto o indicador ordenado em 2º é mais relevante que o indicador ordenado em 3º.	☐	☐
Quanto o indicador ordenado em 3º é mais relevante que o indicador ordenado em 4º.	☐	☐

Por fim, você deverá classificar as 3 dimensões: Econômica, Social e Ambiental. Por favor, ordene as 3 dimensões que aparecem no quadro abaixo por importância, sendo em 1º a dimensão mais importante e em 3º a menos importante. *

	1º (Mais Importante)	2º	3º (Menos Importante)
Economico	☐	☐	☐
Social	☐	☐	☐
Ambiental	☐	☐	☐

Tomando como base a ordenação feita por você na questão anterior, compare e responda, o quanto a dimensão ordenada em primeiro é mais importante que a ordenada em segundo, assinalando "Muito" ou "Pouco", e assim sucessivamente. *

	Pouco	Muito
Quanto a dimensão ordenada em 1º é mais importante que a dimensão ordenada em 2º	☐	☐
Quando a dimensão ordenada em 2º é mais importante que a dimensão ordenada em 3º	☐	☐

SUBMIT

Never submit passwords through Google Forms.

ANEXO V

Ferramentas para aplicação de sistema de indicadores

Tabela 23 – Questionário para avaliar práticas de sustentabilidade

SUBINDICADORES PILAR ECONÔMICO	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.1 - Contemplar os objetivos socioambientais no planejamento estratégico	0,33	E.1.1 - Desenvolvimento de produtos e serviços (além do mínimo exigido por lei) que contribuam para o aumento da inclusão social e redução da pobreza (UNEP/SETAC, 2011, Huang et al., 2013)	0,33
		E.1.2 - Criação de um valor social, por meio de uma proposta de valor que não se limita apenas a atender populações mais pobres, mas também a atuar em outros segmentos do mercado (Sommerrock, 2010; Prahalad e Hart 2002; Porter e Kramer, 2006)	0,33
		E.1.3 - Criação de valor para os diferentes públicos com os quais a empresa mantém relacionamento (ILCD, 2010, Revista Exame, 2018, Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019).	0,33
E.2 - Quantificar aspectos socioambientais nas projeções financeiras	0,33	E.2.1 - Uso mais eficiente de recursos naturais visando reduzir custos econômicos e impactos ambientais (UNEP/SETAC, 2011, Giustozzi et al., 2012).	0,25
		E.2.2 - redução dos impactos negativos das operações na sua cadeia de valor (ILCD, 2010, Kahnemam, 2012).	0,25
		E.2.4 - incorporar processos mais sustentáveis em suas atividades, gerando valor adicional para seus negócios (Austin et al., 2006)	0,25
		E.2.5 - investimentos e desenvolvimento de oportunidades relacionadas às mudanças climáticas (investimento em projetos de pegada de carbono, etc.) e à economia verde. (Revista Exame GVCes, 2018, GRI-ROI, 2017)	0,25
E.3 - Avaliar os impactos sociais e ambientais (positivos e negativos) e identificar alternativas sinérgicas com a sustentabilidade	0,33	E.3.1 - Revisão de seu negócio, visando avaliar seus impactos sociais e ambientais, objetivos e metas, além de identificar alternativas em consonância com a sustentabilidade (Revista Exame GVCes, 2018), CEBEDS, 2018)	0,50

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR ECONÔMICO	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.4 - Processo de gestão de riscos e oportunidades corporativos que considere questões socioambientais de curto, médio e longo prazo	0,50	E.3.2 – Empreender a gestão da empresa visando ações sustentáveis (Santana e Souza 2015; Fischer e Comini, 2012)	0,50
		E.4.1 - Gestão de riscos corporativos que considere de forma integrada impactos econômicos, sociais e ambientais, visando mitigação e/ou eliminação dos riscos estratégico (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
		E.4.2 – Análise de risco financeiro (mercado, crédito, liquidez) - (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
		E.4.3 - Análise de risco legal ou regulatório (Revista Exame GVCes, 2018, GRI-ROI, 2017)	0,33
E.5 - Levantamento e caracterização da gestão dos impactos econômicos negativos da organização	0,50	E.5.1 - Implementar processos e procedimentos para gestão de oportunidades que considere aspectos socioambientais de curto, médio e longo prazo (Attallah Y., 2013)	0,50
		E.5.2 - Buscar alternativas inovadoras que preservem ou gerem valor para a companhia, para o meio ambiente e para a sociedade (Revista Exame GVCes, 2018, GRI-ROI, 2017, ISO 14031, 1999, Oltean-Dumbrava, C., Watts, G.R., Miah, A.H.S., 2014).	0,50
E.6 - Adotar um sistema de gestão de desempenho baseado em indicadores e publicar suas demonstrações financeiras	0,50	E.6.1 - Desenvolver objetivos econômicos de crescimento, investimento e orientação para a inovação (Schlange, 2006, Strauss A., et al., 2018)	0,33
		E.6.2 - Incluir na rentabilidade para seus acionistas, os impactos e ganhos gerados na sociedade e no ambiente (Slaper E Hall, 2011).	0,33
		E.6.3 - Utilizar indicadores como ferramenta de gestão e divulgar/publicar internamente esses valores (GRI-ROI, 2017, Santos J., Bressi S., Cerezo V., Lo Presti D., 2019)	0,33

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR ECONÔMICO	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
E.7 - Medidas de geração de valor econômico para avaliar a adequação do nível de atividade (receitas) com relação aos recursos disponíveis), e cumprimento legal no atendimento as legislações contábeis e financeiras	0,50	E.7.1 - Preparar e publicar as demonstrações financeiras atualizadas monetariamente (GRI-ROI, 2017)	0,33
		E.7.2 - Calcular o lucro econômico ou outras medidas de geração de valor econômico. (Revista Exame GVCes, 2018, Attallah Y., 2013)	0,33
		E.7.3 - Atentar-se que lucro econômico não se trata de lucro contábil, e sim do resultado obtido após a dedução do custo de todo capital investido. (Porter e Krammer, 2006, Mirzadeh I., Butt A.A., Toller S., Birgisson B., 2014)	0,33
E.8 - Plano de contingência para gerenciar crises e/ou possíveis problemas que possam ocorrer durante a execução do projeto	0,50	E.8.1 - Geração de uma planilha de riscos que contemple todos os riscos provenientes de crises diversas (em âmbitos econômica, social e ambiental) - (Revista Exame GVCes, 2018)	1,00
E.9 - Cobertura de seguro, além da cobertura de riscos do projeto ou empreendimento	0,50	E.9.1 - Riscos operacionais (Riscos cobertos por uma apólice de seguros de todos os riscos, em que somente são enumeradas as exclusões da cobertura): responsabilidade civil geral, desastres naturais, fraudes e lucro cessante ou perda de receita (Revista Exame GVCes, 2018)	1,00
SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.1 - Compromisso formal com relação à erradicação do trabalho infantil e programa específico para contratação de aprendizes para atender o mínimo exigido pela legislação.	0,12	S.1.1 - Compromisso formal com relação à erradicação do trabalho infantil, por meio de: - Código de Conduta formalizado Política Corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão - Adesão formal de funcionários em iniciativas voluntárias para buscar a erradicação do tema (Revista Exame GVCes, 2018, SETAC, 2011, Kim D.Y., et al., 2014) - Buscar ação preventiva em potenciais situações que caracterizam trabalho infantil em todas as suas operações (ONU, 2018),	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.1.2 - Comunicação sistemática do compromisso da erradicação do trabalho infantil a todas as partes interessadas. (ONU, 2018, CEBDS, 2018).	0,20
		S.1.3 - Disponibilizar um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas dessas denúncias envolvendo trabalho infantil na empresa ou na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame – GVCes, 2018)	0,20
		S.1.4 - Criar programas para contratação de aprendizes, e oferecer: - Capacitação técnica do aprendiz em sua área específica de atuação - Promoção da autonomia, da capacidade de planejamento e da criatividade do aprendiz - Recrutamento e contratação junto a comunidades de baixa renda, próximas às instalações da empresa - Recrutamento e contratação por meio de organizações especializadas, atuantes no desenvolvimento e recuperação de jovens. - Adoção de planos de efetivação ou encaminhamento profissional (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.1.5 - Cumprir quota de percentual de aprendizes contratados na empresa de no mínimo 5% e no máximo 15% dos trabalhadores por localidade, conforme lei 10.097, de 19/12/2000, Art. 429 e sua regulamentação, o decreto 5.598/2005 (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
S.2 - Compromisso formal com a erradicação do trabalho forçado ou compulsório	0,12	S.2.1 - Compromisso formal com a erradicação do trabalho forçado ou compulsório, por meio de: - Código de conduta formalizado - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) - Adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018, SETAC, 2011, Kim D.Y., et al., 2014)	0,25
		S.2.2 - Comunicação sistemática do compromisso de erradicação do trabalho forçado para a todas as partes interessadas, e contemplar em todas as operações da empresa e de sua cadeia de suprimentos (ONU, 2018)	0,25

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.3 - Compromisso formal com a valorização da diversidade e processos, e procedimentos implementados que objetivem a valorização da diversidade em matéria de emprego e ocupação	0,12	S.2.3 - Criar programa de conscientização do público interno sobre o risco de envolvimento da empresa com o trabalho forçado ou compulsório (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.2.4 - Disponibilizar de um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas a essas denúncias envolvendo este tipo de trabalho na empresa e na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.3.1 - Compromisso formal com a erradicação de todas as formas de discriminação, por meio de: - Código de conduta formalizado; - política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão), e - Adesão formal a iniciativas voluntárias - Eliminar a discriminação relacionada diversidade em: - Seleção e contratação: - Remuneração - Promoção - Acesso a treinamento - Sensibilização de funcionários diretos e trabalhadores terceirizados para o tema. (Revista Exame GVCes, 2018, Kim D.Y., et al., 2014)	0,20
		S.3.2 - Estabelecer postos de trabalho para deficientes (Schlange, 2006)	0,20
		S.3.3 - Buscar ações de prevenções em situações que caracterizem a discriminação da diversidade em todas as suas operações e monitorar a diversidade na empresa desenvolvendo atividades de valorização de grupos pouco representados na empresa. (Brown; Willis; Prussia, 2000; UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.3.4 - Contemplar o tema diversidade em todas as operações da empresa e de sua cadeia de suprimentos e realizar a comunicação sistemática do compromisso com a diversidade para a todas as partes interessadas (Brown; Willis; Prussia, 2000; ONU, 2018)	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.3.5 - Disponibilizar de um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas a essas denúncias envolvendo a diversidade na empresa e na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
S.4 - Participação de mulheres e negros nos quadros da empresa /projeto	0,12	S.4.1 - Compromisso formal para participação de mulheres e negros no quadro da empresa, por meio de: - Código de conduta formalizado, - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) - Adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018, Kim D.Y., et al., 2014)	0,33
		S.4.2 - Comunicação sistemática do compromisso participação de mulheres e negros nos quadros da empresa para a todas as partes interessadas (Revista Exame GVCes, 2018, Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019)	0,33
		S.4.3 - Programa de conscientização do público interno sobre a participação de mulheres e negros nos quadros de funcionários da empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
S.5 - Compromisso formal para combater o assédio moral (violência verbal, física, psíquica) e assédio sexual	0,12	S.5.1 - Compromisso formal para combater o assédio moral (violência verbal, física, psíquica) e assédio sexual, por meio de: - Código de conduta formalizado, - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) e - Adesão formal a iniciativas voluntárias (Revista Exame GVCes, 2018 Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019, Kim D.Y., et al., 2014)	0,25
		S.5.2 - Contemplar a erradicação do assédio moral em todas as operações da empresa e de sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.6 - Processos e procedimentos implementados de comunicação e diálogo que buscam acolher, registrar, responder e esclarecer todas as críticas e sugestões ou denúncias relativas ao cumprimento de seu código de conduta, para o público interno e demais partes interessadas, e atendê-las quando procedente.	0,12	S.5.3 - Comunicação sistemática do compromisso para erradicação de todas as formas de assédio a todas as partes interessadas (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.5.4 - Disponibilização de um canal de denúncias e um processo de apuração e respostas a essas denúncias envolvendo todos os tipos de assédios na empresa e na sua cadeia de suprimentos (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		S.6.1 - Processos e procedimentos implementados de comunicação e diálogo que buscam acolher, registrar, responder e esclarecer todas as críticas e sugestões ou denúncias relativas ao cumprimento de seu código de conduta, para o público interno e demais partes interessadas, e atendê-las quando procedente (Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
	0,12	S.6.2 - Possuir um código de ética e ter programa de orientação e treinamento para os empregados de todos os níveis hierárquicos para garantir que os valores e princípios estejam incorporados aos processos de trabalho e às atitudes e comportamento das pessoas. (Brown; Willis; Prussia, 2000)	0,33
		S.6.3 - Possuir canal de comunicação consolidado com os sindicatos, informando-os e fornecendo-lhes dados financeiros e relativos a objetivos estratégicos para subsidiar as discussões com informações transparentes. (Brown; Willis; Prussia, 2000, Schlange, 2006)	0,33
		S.7.1 - Possuir política de remuneração que garanta aos funcionários e sua família um nível de vida adequado (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
S.7 - Política de remuneração que garanta aos funcionários e sua família um nível de vida adequado	0,12	S.7.2 - Buscar a redução da distância entre a maior e menor remuneração pagas pela empresa, contribuindo para uma sociedade economicamente mais justa (Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019, Ahmad e Schroeder, 2003; Das, Pagell e Behm; Veltri, 2008; Pagell e Gobeli, 2009; Pullman, Maloni e Carter, 2009), e contemplar a realização de pesquisa para medir a satisfação dos funcionários quanto à política de remuneração e benefícios oferecidos pela empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.8 - Compromisso formal com a livre associação sindical e ao direito à negociação coletiva, e processos e procedimentos implementados que asseguram os direitos trabalhistas na força de trabalho	0,12	S.8.1 - Compromisso formal para a livre associação sindical, por meio de: - Código de conduta formalizado, - Política corporativa que contemple o tema (aprovada pela alta direção e que estabelece diretrizes para a gestão) - Adesão formal a iniciativas voluntárias Incentiva e assegura o exercício destes direitos em todas as operações da empresa IRevista Exame GVCes, 2018; Kim D.Y., et al., 2014)	0,20
		S.8.2 - Processos e procedimentos implementados que asseguram os direitos trabalhistas dos funcionários (Revista Exame GVCes, 2018, Hutchins e Shtherland, 2008)	0,20
		S.8.3 - Comunicar os empregados sobre seus direitos e garantir que o seu exercício não resulta em consequências negativas IRevista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.8.4 - Oferecer condições seguras e programas de saúde para os empregado (Schlange, 2006)	0,20
		S.8.5 - Contemplar uma agenda aberta de diálogo, independente das negociações coletivas e da data-base definidas pelo governo e/ou entidades de representação dos funcionários IRevista Exame GVCes, 2018)	0,20
S.9 - Garantir o acesso de todos os seus funcionários a atividades de educação e desenvolvimento que ampliem a competência, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico, e processos e procedimentos que busquem educação e desenvolvimento que ampliem	0,50	S.9.1 - Elaborar diagnóstico de competências potenciais a serem desenvolvidas atividades internas de educação, capacitação e desenvolvimento de competências, com recompensas e aperfeiçoamento contínuo de todo o seu pessoal, considerando a aplicabilidade em sua função atual, (Parmigiani et al.; 2011; (Revista Exame GVCes, 2018, Schlange, 2006, Elkington, 2012)	0,50

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
a competência, as oportunidades de carreira e a empregabilidade, independente do seu nível hierárquico		S.9.2 - Criar e oferecer bolsas de estudos, independentemente da aplicação em sua função atual (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
S.10 - Garantir a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados, inclusive no manual de conduta ética do projeto e/ou empreendimento	0,50	S.10.1 - Garantir a equidade de tratamento e condições de trabalho entre funcionários e trabalhadores terceirizados, além de realizar a conscientização sobre o tema equidade e utilizar indicadores para identificar áreas problemáticas, Parmigiani et al.; 2011; Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
		S.10.2 - Promover a equidade na remuneração de trabalhadores terceirizados e funcionários que exerçam funções equivalentes (ONU, 2018, Flynn, Hou e Zhao, 2010a., Wu et al., 2010)	0,50
S.11 - Critérios sociais para qualificação, seleção e monitoramento de seus fornecedores de bens e serviços	0,25	S.11.3 - Incentivar à contratação de fornecedores locais (UNEP/SETAC, 2011, ONU, 2018, Kim D.Y., et al., 2014);	0,33
		S.11.4 - Incentivar à contratação de pequenos e médios fornecedores; (Schlange, 2006)	0,33
		S.11.5 - Realizar o pagamento pontual e correto das obrigações dos fornecedores subcontratados (Schlange, 2006)	0,33
S.12 - Erradicação do trabalho infantil e trabalho forçado ou compulsório pelo fornecedor, e procedimento adotado pela empresa para não contratação de fornecedores comprovadamente envolvidos com trabalho infantil e/ou com o trabalho forçado ou compulsório	0,25	S.12.1 - Programa de conscientização e monitoramento dos fornecedores sobre o risco de envolvimento com o trabalho infantil (ONU, 2018, IRevista Exame GVCes, 2018; CEBDS, 2018)	0,20
		S.12.2 - Programa de conscientização e monitoramento dos fornecedores sobre o risco de envolvimento ativo ou passivo com o trabalho forçado ou compulsório (UNEP/SETAC, 2011, CEBDS, 2018)	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.12.3 - Manter um manual de conduta ética que proíba expressamente a utilização de práticas ilegais (ambientais e sociais) para obtenção de vantagens comerciais (Bryce et al, 2017)	0,20
		S.12.4 - Apuração e respostas a denúncias públicas de situações envolvendo trabalho infantil nos respectivos fornecedores (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.12.5 - Apuração e respostas a denúncias públicas de situações envolvendo trabalho forçado ou compulsório nos seus fornecedores (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
S.13 - Engajamento de seus fornecedores em relação a aspectos de médio e longo prazo relacionados ao negócio	0,25	S.13.1 - Possuir políticas de seleção e avaliação de fornecedores e parceiros conhecidos pelas partes envolvidas e não baseadas apenas em fatores como qualidade, preço e prazo. Mas com normas conhecidas de seleção e avaliação de fornecedores que contemplam critérios e exigências relativas ao cumprimento da legislação trabalhista, previdenciária e fiscal, além de critérios básicos de respeito à legislação, critérios específicos de responsabilidade social, e adoção de padrões ambientais. (Umeda, Nonomura e Tommiyama, 2000, Tseng, Lin e Chiu, 2009)	0,50
		S.13.2 - Estabelecer sanções para os fornecedores, em casos de falhas na aplicação de políticas de sustentabilidade (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
S.14 - Política corporativa que impede o uso de informações de terceiros (clientes, fornecedores, parceiros) sem sua autorização formal e previamente concedida	0,25	S.14.1 - Política corporativa que impede o uso de informações de terceiros (clientes, fornecedores, parceiros) sem sua autorização formal e previamente concedida (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.14.2 - Fornecer orientações e procedimentos para as áreas responsáveis pela coleta, guarda e análise de dados provenientes de fornecedores, como dados cadastrais, informações confidenciais, e requisitos dos contratos firmados (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		S.14.3 - Estabelecer processos de auditoria externa para avaliar a eficácia dos sistemas de segurança estabelecidos visando evitar acesso ou apropriação indevida das informações por terceiros (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.14.4 - Verificação (interna ou externa) visando evitar acesso ou uso indevido das informações por membros da própria empresa (UNEP/SETAC, 2011)	0,20
		S.14.5 - Disponibilização de meios simples e eficazes para que o consumidor requeira a interrupção no uso de seus dados para fins comerciais, a qualquer tempo, mesmo que os tenha autorizado anteriormente serviço de atendimento a demandas de consumidores a empresa (Revista Exame, GVCes, 2018; CEBDS, 2018; Uteng T.P, Singh, Y.J., Hagen O.H., 2019)	0,20
S.15 Política corporativa que contemple o tema de investimento social privado, promover iniciativas de investimento social privado, como investimentos sociais de natureza não voluntária a toda empresa	0,33	S.15.1 Política corporativa que contemple o tema de investimento social privado no planejamento estratégico da empresa (Revista Exame GVCes, 2018, ONU, 2018, GRI 2012, Eurling K.L, 2019)	0,25
		S.15.2 Contribuir na construção e diálogo participativo na implementação de políticas públicas e/ou de agendas coletivas de desenvolvimento sustentável, além de participar de conselhos e comitês (ou similares) para debater o desenvolvimento local (Revista Exame GVCes, 2018; CEBDS, 2018; ONU, 2018, Martínez-Blanco J., Forin S., Finkbeiner M., 2016)	0,25

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
S.16 - Incentivar o voluntariado por meio de programa estruturado, incluindo etapas de monitoramento e avaliação, respeitando as aptidões e desejos do funcionário	0,33	S.15.3 - Estabelecer indicadores de acompanhamento das metas estabelecidas, monitorar, avaliar e comunicar os resultados sobre os investimentos sociais e definir de forma clara a estratégia, indicadores e metas específicas para o investimento social (CEBDS, 2018, Fawcett, W., et al., 2015; Uteng T.P., Singh Y.J., Hagen O.H., 2019, Fawcett, W., et al., 2015)	0,25
		S.15.4 - Política de investimento social disponível na área de livre acesso do website da empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
	0,33	S.16.1 - Incentivar o voluntariado por meio de programa estruturado, incluindo etapas de monitoramento e avaliação, (Revista Exame GVCes, 2018, ONU, 2018)	0,50
		S.16.2 Nas ações de voluntariados: - Avaliar regularmente os resultados - Adotar práticas de transparência sobre as ações e recursos empregados - Realizar consultas com stakeholders relevantes para a definição das prioridades de investimento (Revista Exame GVCes, 2018, ONU, 2018, CEBDS, 2018, Fawcett, W., et al., 2015, Wu et al., 2012)	0,50
		S.17.1 - Desenvolver política corporativa que contemple o tema de relacionamento com a comunidade local e trocar experiências com atividades culturais da economia regional/local. (Schlange, 2006 e ONU, 2018)	0,20
S.17 - Política corporativa que contemple o tema de relacionamento com a comunidade local, e participar de esforços para a elaboração de políticas públicas por meio de propostas ou posicionamentos formais	0,33	S.17.2 - Garantir que as reclamações das comunidades sejam respondidas e gerenciadas de forma apropriada mapear, identificar e avaliar os riscos e impactos gerados na comunidade resultantes das atividades da empresa (CEBDS, 2018 e ONU, 2018)	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR SOCIAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		S.17.3 - Assegurar que informações sociais pertinentes sejam divulgadas e disseminadas em área de livre acesso do website da empresa (Revista Exame GVCes, 2018 e UNEP/SETAC, 2018, ONU, 2018)	0,20
		S.17.4 - Buscar medidas reparadoras em resposta às reclamações e manifestações da comunidade e possuir processo estruturado para registrar reclamações e promoção de reuniões sistemáticas para informar lideranças locais sobre providências tomadas (Wu et al., 2012; Brown; Willis; Prussia, 2000 e Parmagiani <i>et al.</i> 2011)	0,20
		S.17.5 - Possuir uma política formal de anteciparem-se as demandas da comunidade e informa-las sobre atuais e futuros planos de impactos de suas atividades, e envolver a comunidade na resolução de problemas (Wu et al., 2012)	0,20
SUBINDICADORES PILAR AMBIENTAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.1 - Política Corporativa que contemple os seus aspectos ambientais cujas diretrizes são refletidas nos seus processos de gestão e planejamento em todas as unidades da empresa, abrangendo proced. adotados pela empresa para o recebimento de demandas de partes interessadas em relação ao meio ambiente;	0,33	A.1.1 - Ações para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, proteção e/ou conservação da biodiversidade (CEBDS, 2018, Elkington, 2012)	0,20
		A.1.2 - Prevenção à poluição e impactos ambientais decorrentes das suas instalações e operações (ISO 14031, 1999)	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR AMBIENTAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
Programa formal, e efetivamente implementado, de comunicação de riscos ambientais; e licenciamento ambiental de seus projetos, instalações e operações		A.1.3 - Cumprir rigorosamente os parâmetros e requisitos exigidos pela legislação nacional, desenvolvendo programas internos de melhoramento ambiental, priorizando políticas preventivas e possuir área ou comitê responsável pelo meio ambiente (Muchiri et al., 2011, ISO 14031, 1999)	0,20
		A.1.4 - Tratar a questão ambiental como tema transversal em sua estrutura organizacional inclui-a no planejamento estratégico. (Figueirêdo et al., 2010)	0,20
		A.1.5 - Adotar programa estruturado de divulgação, mobilização, treinamento e monitoramento do conhecimento e adesão dos funcionários à política ambiental e divulgar por meio de documentos administrativos, tais como editais, contratos e propostas comerciais (ISO 14031, 1999)	0,20
A.2 - Sensibilização ou treinamento voltadas ao público interno incluindo funcionários diretos e trabalhadores terceirizados e/ou outros focado nos aspectos e impactos ambientais	0,33	A.2.1 - Avaliação de funcionários que considere explicitamente o desempenho ambiental da empresa e verificação do nível de conhecimento e comprometimento do público interno em relação à política corporativa ambiental (CEBDS, 2018)	1,00
A.3 - programas estruturados para o gerenciamento de seu desempenho ambiental, e publicar periodicamente o seu desempenho ambiental	0,33	A.3.1 - Desenvolver novos modelos de negócios considerando, desde a concepção, os princípios e as oportunidades relacionadas à sustentabilidade ambiental (Iritani, Silva, Saavedra, Graef e Ometto, 2015, Huang et al., 2013; ISO 14031, 1999).	0,25
		A.3.2 – Mensurar o desempenho ambiental e criar objetivos, para mitigar riscos significativos e utilização dos recursos naturais (Schlange, 2006)	0,25
		A.3.3 - Exigir a conformidade legal ambiental para fornecedores críticos, além de instigar ações de melhoria de desempenho ambiental para os mesmos (UNEP/SETAC, 2011, ILCD, 2010; Vedrenne M., Pérez J., Lumbreras J., Rodríguez M.E., 2014, CEBDS, 2018)	0,25

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR AMBIENTAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		A.3.4 – Desenvolver procedimentos documentados e implementados que orientem a execução de operações com potenciais impactos ambientais significativos (ISO 14031, 1999)	0,25
A.4 - Estudo de impactos e aspectos ambientais de seus produtos (bens ou serviços), e Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva legal em suas propriedades ou propriedades de terceiros	0,50	A.4.1 - Planejar, desenvolver e implementar processos industriais e tecnologias que minimizem ou eliminem as perdas, reduzam os desperdícios, e proporcionem operações seguras e busquem desenvolver produtos que são recicláveis, ou podem ser remanufaturados ou reutilizados (Melnyk, Sroufe e Calantone, 2003; Klassen; Whybark, 1999 e Zhu e Sarkis, 2004, Praticò F.G., 2016, Butt A.A., Birgisson B., 2016, CEBDS, 2018, Revista Exame GVCes, 2018)	0,33
		A.4.2 - Produzir estudos de impacto ambiental do processos e cadeia de suprimentos, segundo exigências da legislação e focar sua ação preventiva nos processos que oferecem dano potencial à saúde e risco à segurança de seus empregados, além de cumprir com a obrigação legal. (Anastasiou e Papayianni, 2015, Santos et al., 2015, Butt, Toller e Birgisson, 2015, ILCD, 2010)	0,33
		A.4.3 - Conhecer e desenvolver ações para prevenir os principais impactos ambientais causados por seus processos e produtos ou serviços, e realizar regularmente atividades de controle e monitoramento (Santos et al., 2015, ISO 14031, 1999)	0,33
A.5 Ações desenvolvidas pela empresa em prol da conservação e do uso sustentável da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos	0,50	A.5.1 - Desenvolver ações e prol da conservação do uso da sustentabilidade e divulgação da política corporativa que contemple os seus aspectos ambientais (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		A.5.2 - Realizar campanha de divulgação da proteção ambiental com a elaboração e distribuição de cartilhas, cartazes, folhetos e outros materiais (Revista Exame GVCes, 2018)	0,25
		A.5.3 - Possuir sistemas de gestão ambientais padronizados e formalizados, incluindo ampla identificação de riscos, plano de ação, alocação de recursos, treinamento de empregados e auditoria. (Yang, Ozer E Al-Quadi, 2016)	0,25

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR AMBIENTAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
A.6 - Utilização de materiais reciclados em suas operações	0,25	A.5.4 - Publicar periodicamente o seu desempenho ambiental e divulgar o consumo de recursos naturais nos processos administrativos (ILCD, 2010)	0,25
		A.6.1 - Criar abordagem para a avaliação de seu desempenho ambiental em relação a prática de reciclagem de materiais (Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
	0,25	A.6.2 - Avaliar de forma estruturada e sistemática seu desempenho ambiental, em relação à reciclagem, considerando o ciclo de vida de seus produtos ou serviços, como referência de avaliação e monitoramento (Schlange, 2006)	0,50
A.7 - Utilizar água de reuso em seus processos produtivos e/ou captação de água da chuva (pluvial) em seus processos administrativos (escritórios, refeitórios, banheiros)	0,25	A.7.1 - Buscar fontes alternativas de energia e água, para os setores administrativos, além de monitorar o uso eficiente da água e energia consumida (Schlange, 2006)	1,00
A.8 - Avaliação de seu desempenho ambiental	0,25	A.8.1 - Avaliar periodicamente os aspectos e os impactos ambientais, diretos e indiretos, potenciais e efetivos, de suas atividades, processos, procedimentos, produtos e serviços. (ISO 14031, 1999)	0,50
A.9 - Pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica para o uso eficiente de recursos e para produção mais limpa	0,25	A.8.2 – Identificar e avaliar os riscos e oportunidades derivados da relação de suas operações e serviços (ISO 14031, 1999, ILCD, 2010, Revista Exame GVCes, 2018)	0,50
		A.9.1 - Desenvolvimento de produtos e serviços que considere, entre outros, aspectos relativos à redução do uso de recursos e da geração de resíduos (ILCD, 2010, UNEP/SETAC, 2011, Schlegel et al., 2016)	0,20
		A.9.2 - Criação de valor compartilhado por meio do desenvolvimento de novos produtos que remediem ou desenvolvem aspectos ambientais (Porter e Kramer, 2006)	0,20

Tabela 23 – Continuação

SUBINDICADORES PILAR AMBIENTAL	Peso Subindicador	PRÁTICA	Peso Prática
		A.9.3 - Monitorar todas as etapas do processo produtivo ou execução dos serviços oferecidos, com indicadores específicos (ISO 14031, 1999)	0,20
		A.9.4 - Definição de transporte e logística levantando os respectivos aspectos ambientais para obtenção de insumos e distribuição dos produtos/serviços da empresa (Revista Exame GVCes, 2018)	0,20
		A.9.5 - Considerar a responsabilidade da empresa com impactos advindos dos subprodutos e/ou na etapa de pós-consumo de seus produtos (ONU, 2018)	0,20
A.10 - Elaborar inventário das emissões, provenientes de suas atividades considera as emissões no processo de avaliação sistemática de aspectos e impactos ambientais de suas atividades	0,50	A.10.1 - Minimizar a emissão de efluentes, resíduos e dejetos (Schlange, 2006)	0,50
		A.10.2 - Garantir de conformidade legal dos processos de manipulação, armazenagem, tratamento, destinação e logística reversa, para levantar e monitorar seus respectivos inventários ambientais - (ISO 14031, 1999, Praticò F.G., 2016, Butt A.A., Birgisson B., 2016)	0,50
A.11 - Mitigação das suas próprias emissões	0,50	A.11.1 - Regularizar questões de destinação de emissões/efluentes líquidos de processos produtivos e administrativos, conforme legislação aplicável (ISO 14031, 1999)	0,33
		A.11.2 - Uso de meios de transporte mais sustentáveis, (Schlange, 2006)	0,33
		A.11.3 - Monitorar as emissões dos meios de transporte, além de garantir e comprovar que os mesmos estão em conformidade com a legislação aplicável (limites de emissão) – (ILCD, 2010; CEBDS, 2018, Du G., Safi M., Pettersson L., Karoumi R., 2014)	0,33

Fonte: Autor

Tabela 24 – Tabulação de notas da avaliação das práticas sustentáveis

Pilar da Sustentabilidade	Indicador	Peso Indicador (Soma Normalizada)	Sub-indicador	Peso Sub-indicador	Prática	Peso Prática	Nota atribuída	Resultado
Econômica	Planejamento estratégico sustentável (1)	0,307	E.1	0,33	E.1.1	0,33		
					E.1.2	0,33		
					E.1.3	0,33		
			E.2	0,33	E.2.1	0,2		
					E.2.2	0,2		
					E.2.3	0,2		
					E.2.4	0,2		
					E.2.5	0,2		
			E.3	0,33	E.3.1	0,33		
					E.3.2	0,33		
					E.3.3	0,33		
	Riscos e Oportunidades (2)	0,307	E.4	0,5	E.4.1	0,33		
					E.4.2	0,33		
					E.4.3	0,33		
			E.5	0,5	E.5.1	0,5		
					E.5.2	0,5		
	Gestão de desempenho do investimento (3)	0,24	E.6	0,5	E.6.1	0,33		
					E.6.2	0,33		
					E.6.3	0,33		
			E.7	0,5	E.7.1	0,33		
					E.7.2	0,33		
					E.7.3	0,33		
	Crises e Planos de contingência (4)	0,145	E.8	0,5	E.8.1	1		
			E.9	0,5	E.9.1	1		
Social	Diversidade (5)	0,384	S.1	0,12	S.1.1	0,2		
					S.1.2	0,2		
					S.1.3	0,2		
					S.1.4	0,2		
					S.1.5	0,2		
			S.2	0,12	S.2.1	0,25		
					S.2.2	0,25		
					S.2.3	0,25		
					S.2.4	0,25		

Tabela 24 – Continuação

Pilar da Sustentabilidade	Indicador	Peso Indicador (Soma Normalizada)	Sub-iindicador	Peso Sub-indicador	Prática	Peso Prática	Nota atribuída	Resultado
Social	Peso 0,459		S.3	0,12	S.3.1	0,2		
					S.3.2	0,2		
					S.3.3	0,2		
					S.3.4	0,2		
					S.3.5	0,2		
			S.4	0,12	S.4.1	0,33		
					S.4.2	0,33		
					S.4.3	0,33		
			S.5	0,12	S.5.1	0,25		
					S.5.2	0,25		
					S.5.3	0,25		
					S.5.4	0,25		
			S.6	0,12	S.6.1	0,33		
					S.6.2	0,33		
					S.6.3	0,33		
			S.7	0,12	S.7.1	0,5		
					S.7.2	0,5		
			S.8	0,12	S.8.1	0,2		
					S.8.2	0,2		
					S.8.3	0,2		
					S.8.4	0,2		
					S.8.5	0,2		
	Desenvolvimento Profissional (6)	0,156	S.9	0,5	S.9.1	0,5		
					S.9.2	0,5		
			S.10	0,5	S.10.1	0,5		
					S.10.2	0,5		
	Gestão de Fornecedores (7)	0,312	S.11	0,25	S.11.1	0,33		
					S.11.2	0,33		
					S.11.3	0,33		
			S.12	0,25	S.12.1	0,2		
					S.12.2	0,2		
					S.12.3	0,2		
					S.12.4	0,2		
					S.12.5	0,2		

Tabela 24 – Continuação

Pilar da Sustentabilidade	Indicador	Peso Indicador (Soma Normalizada)	Sub-iindicador	Peso Sub-indicador	Prática	Peso Prática	Nota atribuída	Resultado
Social	Peso 0,459	0,312	S.13	0,25	S.13.1	0,5		
					S.13.2	0,5		
			S.14	0,25	S.14.1	0,2		
					S.14.2	0,2		
					S.14.3	0,2		
					S.14.4	0,2		
					S.14.5	0,2		
			S.15	0,33	S.15.1	0,25		
					S.15.2	0,25		
					S.15.3	0,25		
					S.15.4	0,25		
	Investiment o Social (8)	0,147	S.16	0,33	S.16.1	0,5		
					S.16.2	0,5		
			S.17	0,33	S.17.1	0,2		
					S.17.2	0,2		
					S.17.3	0,2		
					S.17.4	0,2		
					S.17.5	0,2		
Ambiental	Peso 0,344	0,452	A.1	0,33	A.1.1	0,2		
					A.1.2	0,2		
					A.1.3	0,2		
					A.1.4	0,2		
					A.1.5	0,2		
			A.2	0,33	A.2.1	1		
			A.3	0,33	A.3.1	0,25		
					A.3.2	0,25		
					A.3.3	0,25		
					A.3.4	0,25		
	Geração de Resíduos (10)	0,171	A.4	0,5	A.4.1	0,33		
					A.4.2	0,33		
					A.4.3	0,33		
			A.5	0,5	A.5.1	0,25		
					A.5.2	0,25		
					A.5.3	0,25		
					A.5.4	0,25		

Tabela 24 – Continuação

Pilar da Sustentabilidade	Indicador	Peso Indicador (Soma Normalizada)	Sub-iindicador	Peso Sub-indicador	Prática	Peso Prática	Nota atribuída	Resultado
Ambiental	Consumo de Recursos Naturais (11)	0,226	A.6	0,25	A.6.1	0,5		
					A.6.2	0,5		
			A.7	0,25	A.7.1	1		
			A.8	0,25	A.8.1	0,5		
					A.8.2	0,5		
			A.9	0,25	A.9.1	0,2		
					A.9.2	0,2		
					A.9.3	0,2		
					A.9.4	0,2		
					A.9.5	0,2		
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos/resíduos (12)	0,151	A.10	0,5	A.10.1	0,5		
					A.10.2	0,5		
			A.11	0,5	A.11.1	0,33		
					A.11.2	0,33		
					A.11.3	0,33		

$$\text{NOTA DO INDICADOR}_i = \text{Peso do indicador}_i \times \sum (\text{Peso Subindicador}_{ij} \times (\sum \text{Nota Práticas}_{ij} [0;1] \times \text{Peso Práticas}_{ij})) = [0;1]$$

RESULTADO GLOBAL: Índice econômico ($\sum$ Indicadores econômicos) x domínio econômico + Índice social ($\sum$ Indicadores sociais) x domínio social + Índice ambiental ($\sum$ Indicadores ambientais) x domínio ambiental = Nível de Sustentabilidade [0;1]

Nível de sustentabilidade	Legenda	Intervalo
Sustentabilidade excelente	VERDE	$1 \leq IS \leq 0,800$
Sustentabilidade boa	AZUL	$0,799 \leq IS \leq 0,650$
Sustentabilidade média	AMARELO	$0,649 \leq IS \leq 0,500$
Sustentabilidade ruim	ROSA	$0,499 \leq IS \leq 0,300$
Sustentabilidade crítica	VERMELHO	$0,299 \leq IS \leq 0,000$

Fonte:autor

Tabela 25 – Indicadores de desempenho métrico para aplicação

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Resultado
ECONÔMICA	Planejamento estratégico sustentável do investimento	Planejamento estratégico sustentável do investimento	Total de investimentos sociambiental investido em um projeto/ Total investido em todo o projeto	
	Risco e Oportunidades do projeto	Risco e Oportunidades do projeto	Total investido para eliminar os riscos de (erros, falhas e potenciais problemas) sociambientais de um projeto/ total investido em todo projeto	
	Gestão de desempenho do investimento	Gestão de desempenho do investimento	Total do investimento por m3 de construção do projeto	
		Demonstrações financeiras		
	Crises e planos de contingência	Crises e planos de contingência	Total de reserva de investimentos contingencial socioambiental, para possíveis problemas do projetos/ total investidos em todo o projeto	
		Lucro econômico		
		Equilíbrio do crescimento		
		Cumprimento legal		

Tabela 25 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Resultado
SOCIAL	Diversidade – Erradicação do trabalho infantil Contratação de aprendizes	Erradicação do trabalho infantil	Total de aprendizes contratados no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	
	Diversidade - Erradicação do trabalho forçado	Erradicação do trabalho forçado e compulsório	Total de contratados abaixo do piso no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	
	Diversidade – Erradicação da discriminação de públicos diversos Procedimentos para eliminar a discriminação Valorização Procedimentos para valorizar públicos diversos	Não discriminação e valorização da diversidade	Total de diversos contratados no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	
	Diversidade - Combater assédio moral e sexual e remuneração justa	Assédio moral, sexual e livre associação Remuneração justa Atendimento aos funcionários e usuário	Total de reclamações sobre assédio moral e sexual, remuneração recebidas no empreendimento e/ou projeto	
	Desenvolvimento Profissional	Desenvolvimento profissional	Total de trabalhadores com ensino mínimo exigido no empreendimento e/ou projeto / total de contratados no total do projeto e/ou empreendimento	
		Contratação de trabalhadores terceirizados	Total de terceiros contratados no projeto e/ou empreendimento/ total de contratados no projeto e/ou empreendimento	

Tabela 25 – Continuação

DIMENSÃO	INDICADOR	INDICADORES GVCes (Revistão Exame, 2018)	Métrica Adaptado ao empreendimento	Resultado
SOCIAL	Gestão de fornecedores	Gestão de fornecedores	Total de não conformidades de fornecedores (sociais) – atendimento a requisitos relacionados a erradicação, diversidades e cotas / total de itens ou índices avaliados	
		Respeito a privacidade e uso de informação		
	Investimento social	Investimento social privado Compromisso com a comunidade	Total investido na comunidade da circunvizinhança em melhorias sociais e cumprimento da legislação / total do investido em todo o projeto	
AMBIENTAL	Gerenciamento Ambiental	Gerenciamento ambiental	Total de investimento sobre os riscos ambientais, referente a aspectos ambientais / total investido no meio ambiente em todo projeto	
		Procedimentos ambientais	Total de não conformidades ambientais detectadas, provenientes de não atendimento a aspectos e/ou geração de impactos ambientais	
	Geração de Resíduos	Geração de resíduos	Total de geração de resíduos dos impactos e aspectos ambientais	
	Consumo de recursos naturais	Consumo de recursos naturais Área de preservação permanente Reserva legal	Depleção de Recursos e Energia provenientes dos impactos e aspectos ambientais Requisitos legais (licenças)	
	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos	Total de geração de emissões atmosféricas dos impactos e aspectos ambientais	

Fonte: autor

ANEXO VI**Programa para análise de ACV (planilha eletrônica)**

Detalhado as etapas deste processos, em suas respectivas planilhas do software:

- 1) **Levantamento da quantidade consumida de materiais para construção de um sistema rodoviário:** abaixo, conforme quadro 25, conforme o levantamento realizado nas referências foi montada a planilha de quantidades utilizadas de materiais em sistemas rodoviários. Nas células coloridas em azul, na coluna C, devem ser inseridos as especificações dos pavimentos, conforme deseja-se construir, como a largura da faixa, comprimento, e comprimento, em unidade metro linear, respectivamente, a coluna G, 16, 17 e 18 dará o resultado da multiplicação, para o volume de produtos utilizados de cada camada, em unidade kg. A da rodovia especificação (faixas, comprimentos, etc.) deve ser informada na coluna K, 10, 11 e 12
- 2) **Totalização dos recursos, emissões e resíduos gerados:** o quadro 26, ilustra o levantamento de emissões e resíduos geradas, recursos utilizados, em entradas e saídas dos processos (no quadro 26 esta exemplificado uma fração do inventário do processo de produção de areia), onde é multiplicado a quantidade total de cada material/processo, do empreendimento, levantando na etapa 1 acima, e multiplicada por cada componente da tabela do inventário. O resultado final, de cada componente por km de pista, ainda é multiplicado pelo fator de correção TRACI. Em seguida cada componente é distribuído nos fatores do EDIP, conforme classificação do próprio EDIP, e somados para cada categoria de impacto.

Quadro 25 – Levantamento de material utilizado

B		C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2											
3	Camadas				Volume da camada por 1 km de rodovia				Camada de área por 1 km de rodovia		
4	Mix Concreto Betuminoso Quente - Tipo "C" ("CBQU")				Camada	Volume (m³)	Massa (kg)		Camada	Área (m²)	Massa (kg)
5	Composição (kg/kg camada)				CBQU	288	691200		Pintura de ligação	7200	2880
6	Asfalto		0,055		Blinder	252	604800		Imprimação	7200	8640
7	Areia		0,080		Base	1080	2268000		Especificações da rodovia		
8	Brita		0,837		Sub-base	2160	4536000		Largura da pista	3,6	m
9	Filler		0,028						(base)	1	km
10	Densidade (kg/m³)		2400						Número de pistas	2	
11	Espessura (m)		0,04								
12	Mix Concreto Betuminoso Quente - Tipo "B" ("Binder")				Sumário de materiais necessários por						
13	Composição (kg/kg camada)				Material	Massa (kg)	% Total				
14	Asfalto		0,050		Asfalto	79776	1,0				
15	Areia		0,240		Areia	219802	2,7				
16	Brita		0,710		Brita	7811942	96,3				
17	Densidade (kg/m³)		2400								
18	Espessura (m)		0,035								
19	Pintura de Ligação				Tipo de Transporte						
20	Composição (kg/kg camada)				Transporte até o canteiro		688968				
21	Asfalto		1		Transporte no canteiro		180036				
22	Rateio de aplicação (kg/m²)		0,4		Total		869004				
23	Imprimação										
24	Composição (kg/kg camada)										
25	Asfalto		1								
26	Rateio de aplicação (kg/m²)		1,2								
27	Base				Sumário de Máquinas						
28	Composição (kg/kg camada)				Operação hidráulica	3780	m³				
29	Brita		1		Operação construção	14,8	hr				
30	Areia 2		0		Diesel máquinas	331258	Kg				
31	Densidade (kg/m³)		2100		Eleticidade	2395	kVhr				
32	Espessura (m)		0,15								
33	Sub-base										
34	Composição (kg/kg camada)										
35	Brita		1								
36	Areia 2		0								
37	Densidade (kg/m³)		2100								
38	Espessura (m)		0,3								

Fonte: autor

Quadro 26 – Levantamento de inventário areia

				ENTRADAS e Impacto - EDIP 1997																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1		ENTRADAS	EXTRAÇÃO AREIA	QUANTIDADE		Consumo de recursos não renováveis																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Fonte: autor

- 3) Soma do resultado final de cada categoria de impacto: no quadro 27, abaixo, é demonstrado o somatório para cada categoria de impacto do EDIP,
- 4) por material/processo do sistema de produto, somando os totais de cada inventário estudado.

Quadro 27 – Somatório por categoria de impacto

Categorias de Impacto - EDIP 1997											
		Toxidade humana	Acidificação	Aquecimento global	Camada de ozônio	Formação de ox. fotoquímicos	Eutrofização	Ecotoxicidade	Depleção de Energia	Depleção de recursos naturais renováveis	Depleção de recursos naturais não renováveis
%		0,208%	1,221%	94,044%	0,000%	0,198%	0,015%	4,314%			
Processos		464,77	2728,76	210221,39	0,00016	442,65	34,43	9643,72	1377080,36	4941102,56	44396206,97
Asfalto		54,62	173,82	45750,98	0,00000	54,65	5,01	54,62	207415,00	0,00	222077,10
Areia		0,03	0,01	2296,15	0,00000	0,00	0,00	0,00	476,24	123,54	293,07
Brita		357,42	2060,18	66533,47	0,00000	349,12	0,55	348,61	857505,45	44170941,55	6181400,51
Transporte		52,70	494,76	95640,79	0,00016	38,88	28,87	9240,49	312159,91	14142,82	3064,78

Fonte: autor

Para o material/processo transporte, os recursos utilizados é o óleo diesel combustível, energia, etc, neste caso o quadro 28 ilustra a forma de calculo o recurso utilizado em Kg.

Quadro 28 – Total de óleo diesel utilizado

	C	D	E	F	G	H	J	K
31								
32								
33								
34	Material	Camada	Quantidade (kg)	Ponto de Saída	Ponto de chegada	Tipo de Transporte	Distância percorrida (Km)	Total(tkm)
35	Asfalto	CBQU	38016	Industria	Mix concreto quente site	Industria para o canteiro	450	17107
36		Binder	30240	Industria	Mix concreto quente site	Industria para o canteiro	450	13608
37		Pintura ligação	2880	Industria	Estoque	Industria para o canteiro	410	1181
38				Estoque	Faixa	Na construção do canteiro	30	86
39		Imprimação	8640	Industria	Estoque	Industria para o canteiro	410	3542
40				Estoque	Faixa	Na construção do canteiro	15	130
41		Total	79776	N/A	N/A	N/A	N/A	35654
42	Areia	CBQU	74649,6	Industria	Mix concreto quente site	Industria para o canteiro	130	9704
43		Blinder course	145152	Industria	Mix concreto quente site	Industria para o canteiro	130	18870
44		Base	0	Industria	Storage on site	Industria para o canteiro	130	0
45				Estoque	Faixa	Na construção do canteiro	15	0
46		Sub-base	0	Industria	Estoque	Industria para o canteiro	130	0
47				Estoque	Faixa	Na construção do canteiro	15	0
48		Total	219801,6	N/A	N/A	N/A	N/A	28574
49	Brita	CBQU	578534,4	Industria	Mix concreto quente site	Industria para o canteiro	80	46283
50		Binder	429408	Industria	Mix concreto quente site	Industria para o canteiro	80	34353
51				Industria	Estoque	Industria para o canteiro	80	181440
52		Base	2268000	Estoque	Faixa	Na construção do canteiro	15	34020
53				Industria	Estoque	Industria para o canteiro	80	362880
54		Sub-base	4536000	Estoque	Faixa	Na construção do canteiro	15	68040
55		Total	7811942,4	N/A	N/A	N/A	N/A	727015
56	Mix quente tipo C	CBQU	691200	Mix concreto quente	Faixa	Na construção do canteiro	60	41472
57	Mix quente tipo b	Binder	604800	Mix concreto quente	Faixa	Na construção do canteiro	60	36288
58								
59							Total Freight (tkm)	869004

Fonte: autor

A fórmula de cálculo do total em kg de óleo diesel utilizado é o total de km percorridos para transporte do material das usinas onde é inserido na coluna J as distâncias percorridas, multiplicado pelas quantidades de materiais da coluna E). A célula K39 evidencia o total de kg utilizados do óleo diesel combustível, (total de distância percorrida em km dividida pela capacidade do caminhão).

A planilha eletrônica e os inventários pode ser visualizado acessando o QR Code, abaixo:

