



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**HOZANA RAQUEL DE MEDEIROS GARCIA**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES/COMERCIAIS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE, BRASIL.**

**FORTALEZA**

**2021**

HOZANA RAQUEL DE MEDEIROS GARCIA

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES/COMERCIAIS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE, BRASIL.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Marisete Dantas de Aquino.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- G199a Garcia, Hozana Raquel de Medeiros.  
Avaliação da sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais do Município de Fortaleza/CE, Brasil / Hozana Raquel de Medeiros Garcia. – 2021.  
235 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino.
1. Impactos ambientais, econômicos e sociais. 2. Gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais. 3. Análise da sustentabilidade do ciclo de vida. I. Título.

CDD 628

---

HOZANA RAQUEL DE MEDEIROS GARCIA

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES/COMERCIAIS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE, BRASIL.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 17/06/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Marisete Dantas de Aquino (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Cláudia Coutinho Nóbrega  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A Deus, pela sua infinita misericórdia e imensa benevolência. Aos meus pais, Iris Xavier de Medeiros e Antônio Ronaldo Gomes Garcia, pelo apoio e amor.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Marisete Dantas Aquino, pela atenção, paciência, carinho, amizade e orientações repassadas durante minha trajetória acadêmica no doutorado.

Aos professores participantes da banca examinadora, doutores Francisco Suetônio, Adeildo Cabral, Fernando José e Cláudia Coutinho, pelas valiosas colaborações.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo fomento que permitiu a realização deste doutorado.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFC, pela contribuição na minha formação, aportando mais conhecimentos. Às secretárias do Programa, Shirley e Neuza, pelos esclarecimentos fornecidos às dúvidas.

À Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos – SCSP pelos dados disponibilizados.

À Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza, pela autorização para a aplicação dos questionários à população residentes nos bairros que compõem a Secretaria Executiva Regional (SER – VI), nos Postos de Saúde.

Aos catadores da Associação de Catadores do Jangurussu (ASCAJAN), à população residente na SER VI e à SCSP, por se disporem a participar da pesquisa.

Aos meus colegas de classe, pelos momentos compartilhados durante todo o período do doutorado. De maneira especial, sou grata aos meus amigos Adriano Almeida, Ricardo Mendes, Janine, Dalila, Roani, Wesllen e Amanda, por o apoio, ajuda e carinho durante esse período na UFC.

Aos meus colegas de trabalho do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA/*Campus* Óbidos, pelas palavras de incentivo e apoio.

Ao meu companheiro, Ari Marcelo, que esteve ao meu lado durante o doutorado me motivando e ajudando nos momentos difíceis, quando os desafios se apresentavam para serem superados, pelo seu amor e compreensão nos momentos de ausência.

Aos meus avós, Maria da Dores, Espedito (*in memoriam*), Rita Xavier e Sebastião Cícero, exemplos de coragem e perseverança. Neles encontrei a confiança necessária para seguir meus objetivos.

Aos meus pais, Iris Xavier e Ronaldo Garcia, meus sinceros agradecimentos, pois sem eles essa conquista não teria sido possível. Eles sempre me apoiaram, respeitaram e confiaram nas minhas decisões, aportaram-me valores importantes - como o respeito ao próximo, honestidade e coragem.

Aos meus irmãos, Gelson Iezzi, Inácio Antônio e Lara Garcia e a minha cunhada Monalisa Souza pelos momentos em família, em meio a conversas edificantes, pela compreensão de minha ausência em momentos importantes, devido aos estudos, pelo amor e incentivos que fortaleceram a minha jornada.

Ao meu sobrinho, Eduardo Dante, que essa tese contribua para seu futuro, assim como para de tantas outras crianças, a fim de que tenham um meio ambiente propício a vida e ao desenvolvimento sustentável.

Aos amigos que acolho como familiares, Maria do Carmo, Ivonete Tavares, Edson Tavares, Isaura Correia, João Gabriel Tavares, Alexandra Marques, Marília Marques, Vitória Marques e Wagner Marques, pelo apoio, incentivo e ajuda durante esse período de doutorado.

Aos meus componentes familiares e amigos, o meu muito obrigada por fazerem parte da minha vida e por serem essenciais na minha formação, pelo incentivo, carinho e paciência.

Minha gratidão e amor a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

*Nunca uma geração teve tanta responsabilidade em relação a si mesma e ao futuro como a geração atual.*

JOSÉ SARAMAGO



## RESUMO

O aumento na geração de resíduos sólidos urbanos no mundo, além de produzir custos financeiros consideráveis, provoca danos ao meio ambiente e compromete a saúde e o bem-estar da população. Assim, o objetivo principal desta pesquisa é avaliar a sustentabilidade do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, no Município de Fortaleza-Ceará-Brasil, sob o enfoque ambiental, econômico e social, no ano de 2019. Os impactos ambientais foram analisados por meio da ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), com unidade funcional de uma tonelada de resíduos sólidos gerados. Para essa ocorrência, utilizou-se o *software SimaPro 9.0.0.49*, apelando-se, também, para o método de avaliação de impacto CML, selecionando as categorias acidificação, eutrofização, aquecimento global, destruição da camada de ozônio e oxidação fotoquímica. Na avaliação do Custo do Ciclo de Vida (CCV), adotou-se a Relação Benefício/Custo da coleta seletiva de Fortaleza, sob a qual foi tratado a realidade fluente, no âmbito da qual a Prefeitura Municipal arca com as despesas da Associação de Catadores do Jangurussu (ASCAJAN) (exceto com alimentação) e o cenário hipotético, em que o Município faria o mesmo com as demais associações, assumindo as despesas com água, energia e alimentação. Na Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS), as categorias de *stakeholders* analisados foram constituídas por trabalhadores, consumidores, comunidade local e sociedade. Nessa perspectiva, a tese sob relatório concluiu que a coleta seletiva, apesar de ter um baixo percentual de materiais recolhidos no Município (0,76%), evitou emissões em todas as categorias de impacto ambiental analisadas, demonstrou economia financeira para a PMF, no ano de 2019, pois evitou gastos com os serviços de não aterramento, coleta e limpeza urbana. Foi na coleta seletiva, também, que se observou a maior quantidade de impactos negativos nas categorias sociais, mostrando que tanto a sociedade quanto o poder público devem buscar meios de otimizar esse serviço nas contexturas local, regional e nacional.

Palavras-chave: Impactos ambientais, econômicos e sociais. Gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais. Análise da sustentabilidade do ciclo de vida.

## ABSTRACT

The increase in the generation of urban solid waste in the world, in addition to producing considerable financial costs, causes damage to the environment and compromises the health and well-being of the population. Thus, the main objective of this research is to assess the sustainability of the life cycle of solid waste management in the home/commercial area, in the Municipality of Fortaleza-Ceará-Brasil, under an environmental, economic and social focus, in the year 2019. The environmental impacts were analyzed using the Life Cycle Assessment (LCA) tool, with a functional unit of one ton of solid waste generated. For this occurrence, the SimaPro 9.0.0.49 software was used, also appealing to the CML impact assessment method, selecting the categories acidification, eutrophication, global warming, ozone layer depletion and photochemical oxidation. In assessing the Life Cycle Cost (LCC), the Benefit/Cost Ratio of selective collection in Fortaleza was adopted, under which the fluent reality was treated, under which the Municipal Government bears the expenses of the Association of Collectors Jangurussu (ASCAJAN) (except for food) and the hypothetical scenario, in which the Municipality would do the same with the other associations, assuming the expenses with water, energy and food. In the Social Life Cycle Assessment (ACVS), the analyzed stakeholder categories consisted of workers, consumers, local community and society. In this perspective, the thesis under report concluded that selective collection, despite having a low percentage of materials collected in the Municipality (0.76%), avoided emissions in all categories of environmental impact analyzed, demonstrated financial savings for the PMF, in the year 2019, as it avoided spending on ungrounding, collection and urban cleaning services. It was also in the selective collection that the greatest amount of negative impacts on social categories was observed, showing that both society and the government should seek ways to optimize this service in the local, regional and national contexts.

Keywords: Environmental, economic and social impacts. Household/commercial solid waste management. Life cycle sustainability analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Diferença entre métodos de AICV <i>midpoint</i> e <i>endpoint</i> .....	61
Figura 2 -	Elementos do Custo do Ciclo de Vida (CCV).....	70
Figura 3 -	Mapa das Secretarias Executivas Regionais (SER) de Fortaleza.....	89
Figura 4 -	Postos de Saúde utilizados para aplicação dos questionários na SER VI..	95
Figura 5 -	Escopo da ACV aplicada à gestão dos RSDC de Fortaleza, 2019.....	98
Figura 6 -	Quantitativo da geração de RSDC de Fortaleza, 2019.....	116
Figura 7 -	Distribuição de RSDC, por material, no Município de Fortaleza, 2019....	117

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria acidificação, 2019.....	123
Gráfico 2 -	Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria acidificação, 2019.....	124
Gráfico 3 -	Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria eutrofização, 2019.....	126
Gráfico 4 -	Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria eutrofização, 2019.....	127
Gráfico 5 -	Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria aquecimento global, 2019.....	128
Gráfico 6 -	Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria aquecimento global, 2019.....	129
Gráfico 7 -	Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria depleção da camada de ozônio, 2019.....	130
Gráfico 8 -	Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria depleção da camada de ozônio, 2019.....	131
Gráfico 9 -	Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria oxidação fotoquímica, 2019.....	132
Gráfico 10 -	Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria oxidação fotoquímica, 2019.....	133

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Resumo e visão geral da metodologia CCV.....	73
Quadro 2 -	Indicadores sociais expressos na literatura.....	81
Quadro 3 -	Etapas do ciclo de vida da gestão de RSDC de Fortaleza.....	107
Quadro 4 -	Adaptação das categorias de <i>stakeholders</i> e as subcategorias de impacto sugeridas pelas linhas diretrizes da UNEP/SETAC, 2009.....	108
Quadro 5 -	Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : trabalhador.....	109
Quadro 6 -	Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : consumidor.....	110
Quadro 7 -	Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : comunidade local.....	110
Quadro 8 -	Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : sociedade.....	111
Quadro 9 -	Escala de Avaliação de Impacto Social.....	113
Quadro 10 -	Esquema de uma tabela de avaliação social.....	113
Quadro 11 -	Exemplo da avaliação do impacto social.....	114
Quadro 12 -	AICVS: trabalhador – coleta regular a disposição final e Ecoponto.....	167
Quadro 13 -	AICVS: trabalhador – coleta seletiva.....	173
Quadro 14 -	AICVS: consumidor – coleta regular a disposição final.....	176
Quadro 15 -	AICVS: consumidor – Ecoponto.....	178
Quadro 16 -	AICVS: consumidor – coleta seletiva.....	179
Quadro 17 -	AICVS: comunidade local – coleta regular a disposição final.....	181
Quadro 18 -	AICVS: comunidade local – Ecoponto.....	183
Quadro 19 -	AICVS: comunidade local – coleta seletiva.....	184
Quadro 20 -	AICVS: sociedade – coleta regular a disposição final e Ecoponto.....	185
Quadro 21 -	AICVS: sociedade – coleta seletiva.....	188

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil e sua população urbana (2008-2018).....	34
Tabela 2 –	Associações de catadores, por número de associados, Fortaleza, 2017.....	42
Tabela 3 –	Número de bairros, por SER.....	90
Tabela 4 –	Número de domicílios atendidos pela coleta regular de resíduos sólidos, por SER.....	91
Tabela 5 –	Rendimento Nominal Mensal Domiciliar, por SER.....	91
Tabela 6 –	Associações, por SER e números de associados, 2018.....	92
Tabela 7 –	Categoria de impacto e unidade utilizada.....	101
Tabela 8 –	Consumo de óleo diesel dos galpões das associações aos depósitos dos Agentes Intermediários (AIs), por tipo de material, 2019.....	120
Tabela 9 –	Consumo de óleo diesel dos depósitos dos AIs às Indústrias Recicladoras (IR), por tipo de material, 2019.....	120
Tabela 10 –	Consumo de água, eletricidade, diesel e arame por instalações, 2019.....	121
Tabela 11 –	Etapas analisadas para cada categoria de impacto.....	122
Tabela 12 –	Valores médios da venda de materiais recicláveis da ASCAJAN, Fortaleza, 2019.....	134
Tabela 13 –	Valores médios da venda de materiais recicláveis das demais associações de catadores de Fortaleza, 2019.....	134
Tabela 14 –	Gastos com combustível, ASCAJAN, 2019.....	136
Tabela 15 –	Gastos com manutenções dos veículos da ASCAJAN, 2019.....	136
Tabela 16 –	Gastos com lavagem simples dos veículos da ASCAJAN, 2019.....	137
Tabela 17 –	Gastos com água e esgoto e energia das instalações estudadas, 2019.....	137
Tabela 18 –	Relação B/C da coleta seletiva realizada pela ASCAJAN, considerando seu benefício direto, 2019.....	139
Tabela 19 –	Relação B/C da coleta seletiva das demais associações de Fortaleza, considerando seu benefício direto, 2019.....	140
Tabela 20 –	Relação B/C da coleta seletiva da ASCAJAN, considerando seus benefícios diretos e indiretos, 2019.....	140
Tabela 21 –	Relação B/C da coleta seletiva das demais associações de Fortaleza, considerando seus benefícios diretos e indiretos, 2019.....	140

Tabela 22 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : trabalhador – coleta regular a disposição final e Ecoponto.....	142
Tabela 23 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : trabalhador – associação de catadores ASCAJAN.....	149
Tabela 24 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : consumidor – coleta regular a disposição final.....	155
Tabela 25 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : consumidor – Ecoponto.....	157
Tabela 26 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : consumidor – coleta seletiva.....	158
Tabela 27 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : comunidade local – coleta regular a disposição final.....	159
Tabela 28 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : comunidade local – Ecoponto.....	160
Tabela 29 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : comunidade local – coleta seletiva.....	161
Tabela 30 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : sociedade – coleta regular a disposição final e Ecoponto.....	162
Tabela 31 – Indicadores da categoria <i>stakeholders</i> : sociedade – coleta seletiva.....	164

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – .....	48
Equação 2 – .....	93
Equação 3 – .....	93
Equação 4 – .....	103
Equação 5 – .....	104
Equação 6 – .....	105



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>{ROW}</b>	<b>Resto do Mundo</b>
<b>3 Rs</b>	<b>Reduzir, Reutilizar e Reciclar</b>
<b>ABC</b>	<b>Análise Benefício/Custo</b>
<b>ABNT</b>	<b>Associação Brasileira de Normas Técnicas</b>
<b>ABRELPE</b>	<b>Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais</b>
<b>ACFOR</b>	<b>Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental</b>
<b>ACORES</b>	<b>Associação Ecológica dos Coletores de Materiais Recicláveis da Serrinha e Adjacências</b>
<b>ACV</b>	<b>Avaliação do Ciclo de Vida</b>
<b>ACVS</b>	<b>Avaliação do Ciclo de Vida Social</b>
<b>AD</b>	<b>Avaliação de Desempenho</b>
<b>AEPS</b>	<b>Anuário Estatístico da Previdência Social</b>
<b>AI</b>	<b>Agentes Intermediários</b>
<b>AI</b>	<b>Aluguel de Imóveis</b>
<b>AI</b>	<b>Avaliação de Impacto</b>
<b>AIA</b>	<b>Avaliação de Impacto Ambiental</b>
<b>AICCV</b>	<b>Avaliação do Impacto do Custo do Ciclo de Vida</b>
<b>AICV</b>	<b>Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida</b>
<b>AICVS</b>	<b>Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida Social</b>
<b>ANCAT</b>	<b>Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis</b>
<b>ANP</b>	<b>Agência Nacional de Petróleo</b>
<b>AS</b>	<b>Aterro Sanitário</b>
<b>ASCAJAN</b>	<b>Associação de Catadores do Jangurussu</b>
<b>ASCARE</b>	<b>Associação de Catadores de Resíduos de João Pessoa</b>

<b>ASCV</b>	<b>Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida</b>
<b>ASML</b>	<b>Aterro Sanitário Metropolitano Leste</b>
<b>ASMOC</b>	<b>Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia</b>
<b>ASMS</b>	<b>Aterro Sanitário Metropolitano Sul</b>
<b>BPC</b>	<b>Benefício de Prestação Continuada</b>
<b>BRISAMAR</b>	<b>Associação de Catadores do Serviluz</b>
<b>BUS</b>	<b>Ministério do Meio Ambiente da Suíça</b>
<b>CAGECE</b>	<b>Companhia de Água e Esgoto do Ceará</b>
<b>CBO</b>	<b>Classificação Brasileira de Ocupação</b>
<b>CCV</b>	<b>Custo do Ciclo de Vida</b>
<b>CEA</b>	<b>Custos Evitados com o não Aterramento</b>
<b>CEADEC</b>	<b>Centro de Estudos e Apoio ao Desenvolvimento, Emprego e Cidadania</b>
<b>CECRL</b>	<b>Custos Evitados com a Coleta Regular e Limpeza de Pontos de Lixo</b>
<b>CEP/UFC/PROPESQ</b>	<b>Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará</b>
<b>CFC</b>	<b>Clorofluorcarbono</b>
<b>CIISC</b>	<b>Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômicos dos Catadores de Materiais Recicláveis</b>
<b>CLT</b>	<b>Consolidação das Leis do Trabalho</b>
<b>CML</b>	<b>Center of Environmental Science</b>
<b>CMLV</b>	<b>Combustível, Manutenção e Lavagem dos Veículos</b>
<b>CNPJ</b>	<b>Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica</b>
<b>CNS</b>	<b>Conselho Nacional de Saúde</b>
<b>COV</b>	<b>Compostos Orgânicos Voláteis</b>
<b>CR</b>	<b>Coleta Regular</b>
<b>CS</b>	<b>Coleta Seletiva</b>

<b>CT</b>	<b>Condições de Trabalho</b>
<b>CTRP</b>	<b>Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos</b>
<b>DES</b>	<b>Desempenho da Empresa/Setor</b>
<b>DH</b>	<b>Direitos Humanos</b>
<b>DI</b>	<b>Direitos Indígenas, incluindo patrimônio cultural</b>
<b>DTD</b>	<b>Coleta Porta a Porta</b>
<b>Ecoponto</b>	<b>Pontos de Ecológicos de Pequenos Volumes</b>
<b>EMLURB</b>	<b>Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana</b>
<b>EMPA</b>	<b>Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Reseach</b>
<b>EPA</b>	<b>Agência de Proteção Ambiental Americana</b>
<b>EPI</b>	<b>Equipamento de Proteção Individual</b>
<b>EPS</b>	<b>Priority Stategies in Product Desing</b>
<b>ET</b>	<b>Estação de Transbordo</b>
<b>FUNLIMP</b>	<b>Fundo Municipal de Limpeza Urbana</b>
<b>G</b>	<b>Governança</b>
<b>GA</b>	<b>Galpão das Associações</b>
<b>GEE</b>	<b>Gases Efeito Estufa</b>
<b>GNR</b>	<b>Gás Natural Renovável</b>
<b>GPI</b>	<b>Global Peace Index</b>
<b>GPS</b>	<b>Sistema de Posicionamento Global</b>
<b>GRI</b>	<b>Global Reporting Initiative</b>
<b>IA</b>	<b>Impact Assessment</b>
<b>IBASE</b>	<b>Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas</b>
<b>IBGE</b>	<b>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</b>
<b>ICCV</b>	<b>Inventário do Custo do Ciclo de Vida</b>
<b>ICV</b>	<b>Inventário do Ciclo de Vida</b>
<b>ICVS</b>	<b>Inventário do Ciclo de Vida Social</b>

<b>ILCD</b>	<b>International Reference Life Cycle Data System</b>
<b>IPC</b>	<b>Índice de Percepção da Corrupção</b>
<b>IPCC</b>	<b>Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas</b>
<b>IPEA</b>	<b>Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada</b>
<b>IR</b>	<b>Indústria Recicladora</b>
<b>SER</b>	<b>International Organization for Standardization</b>
<b>MCT</b>	<b>Ministério da Ciência e Tecnologia</b>
<b>MDL</b>	<b>Mecanismos de Desenvolvimento Limpo</b>
<b>MME</b>	<b>Ministério de Minas e Energia</b>
<b>MNCR</b>	<b>Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis</b>
<b>MO</b>	<b>Mão de Obra</b>
<b>MRI</b>	<b>Midwest Research Institute</b>
<b>MS</b>	<b>Ministério da Saúde</b>
<b>SER</b>	<b>Ministério do Trabalho</b>
<b>OCDE</b>	<b>Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico</b>
<b>OIT</b>	<b>Organização Internacional do Trabalho</b>
<b>PBF</b>	<b>Programa Bolsa Família</b>
<b>PEC</b>	<b>Proposta de Emenda Constitucional</b>
<b>PETI</b>	<b>Programa de Erradicação do Trabalho Infantil</b>
<b>PEV</b>	<b>Postos de Entrega Voluntário</b>
<b>PIB</b>	<b>Produto Interno Bruto</b>
<b>PL</b>	<b>Projeto de Lei</b>
<b>PLA</b>	<b>Produkt-Linien-Analyse</b>
<b>PMF</b>	<b>Prefeitura Municipal de Fortaleza</b>
<b>PMGIRS</b>	<b>Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos</b>
<b>PNAD</b>	<b>Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios</b>
<b>PNE</b>	<b>Plano Nacional de Energia</b>

<b>PNMC</b>	<b>Plano Nacional sobre Mudança do Clima</b>
<b>PNRS</b>	<b>Política Nacional de Resíduos Sólidos</b>
<b>PNUMA</b>	<b>Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente</b>
<b>RECICLANDO</b>	<b>Associação Cearense dos Trabalhadores e Trabalhadoras em Resíduos Recicláveis</b>
<b>REPA</b>	<b>Resource and Environmental Profile Analysis</b>
<b>RGPS</b>	<b>Regime Geral da Previdência Social</b>
<b>RS</b>	<b>Resíduos Sólidos</b>
<b>RSD</b>	<b>Resíduos Sólidos Domiciliares</b>
<b>RSDC</b>	<b>Resíduos Sólidos Domiciliares/Comerciais</b>
<b>SER</b>	<b>Repercussões Socioeconômicas</b>
<b>RSU</b>	<b>Resíduos Sólidos Urbanos</b>
<b>S</b>	<b>Serviço</b>
<b>SCSP</b>	<b>Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos</b>
<b>SEBRAE/PB</b>	<b>Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Paraíba</b>
<b>SECONCE</b>	<b>Sindicato dos Empregados em Empresas de Asseio e Conservação, Locação e Administração de Imóveis Comerciais, Condomínios e Limpeza Pública do Estado do Ceará</b>
<b>SEMACE</b>	<b>Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará</b>
<b>SEMAM</b>	<b>Secretaria Municipal do Meio Ambiente</b>
<b>SER</b>	<b>Secretarias Executivas Regionais</b>
<b>SERCEFOP</b>	<b>Secretaria Executiva Regional do Centro</b>
<b>SETAC</b>	<b>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</b>
<b>SIGI</b>	<b>Social Institutions and Gender Index</b>
<b>SINDILURB</b>	<b>Sindicato dos Empregados das Empresas Públicas de Limpeza do Município de Fortaleza</b>
<b>SMCL</b>	<b>Sistema de Monitoramento de Coleta de Lixo</b>
<b>SNIS</b>	<b>Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento</b>

<b>SOCRELP</b>	<b>Soc. Com. de Reciclagem de Lixo do Pirambu</b>
<b>SS</b>	<b>Saúde e Segurança</b>
<b>STN</b>	<b>Secretaria do Tesouro Nacional</b>
<b>T</b>	<b>Transporte</b>
<b>UCA</b>	<b>Unidade de Carga Ambiental</b>
<b>UCAJIR</b>	<b>Grupo de Catadores do Jardim Iracema</b>
<b>UF</b>	<b>Unidade Funcional</b>
<b>UNEP</b>	<b>United Nations Environmental Program</b>
<b>USD</b>	<b>United States Dollar</b>
<b>USDOE</b>	<b>Departamento de Energia Norte Americano</b>
<b>UV-B</b>	<b>Raios Ultravioletas</b>
<b>VA</b>	<b>Venda de Recicláveis pelos Associados</b>
<b>ZGL</b>	<b>Zonas Geradoras de Lixo</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>1.1 Estado da questão .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2 Hipóteses.....</b>	<b>31</b>
<b>1.3 Estrutura da tese.....</b>	<b>31</b>
<b>1.4 Objetivos.....</b>	<b>31</b>
<b>1.4.1 Objetivo geral.....</b>	<b>31</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>32</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Aspectos gerais da geração de resíduos sólidos.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Gestão de resíduo sólido no Município de Fortaleza.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.1 Coleta .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2 Transporte .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.3 Estação de transbordo.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.4 Reciclagem.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.5 Aterro sanitário.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.6 Aspectos gerais .....</b>	<b>47</b>
<b>2.3 Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV) .....</b>	<b>47</b>
<b>2.3.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) .....</b>	<b>49</b>
<b>2.3.1.1 Histórico .....</b>	<b>49</b>
<b>2.3.1.2 Definição .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.1.3 Normatização da ACV - ISO 14.040 .....</b>	<b>54</b>
<b>2.3.1.4 Fases da ACV .....</b>	<b>55</b>
<b>2.3.1.5 Softwares e Banco de Dados.....</b>	<b>65</b>
<b>2.3.2 Custo do Ciclo de Vida (CCV).....</b>	<b>67</b>
<b>2.3.2.1 Histórico .....</b>	<b>67</b>
<b>2.3.2.2 Definição.....</b>	<b>68</b>

2.3.2.3 Modelos e Métodos .....	70
2.3.2.4 Normalização do Custo do Ciclo de Vida - ISO 15.686-5:2008 .....	71
2.3.2.5 Método de Custo do Ciclo de Vida: <i>Langdon (2007a)</i> .....	72
2.3.2.6 Fases do Custo do Ciclo de Vida .....	73
2.3.3 Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS).....	78
2.3.3.1 Definição.....	79
2.3.3.2 Metodologia.....	80
2.3.3.3 Definição do objetivo e escopo.....	84
2.3.3.4 Análise de inventário .....	85
2.3.3.5 Avaliação de impacto .....	86
2.3.3.6 Processo de avaliação e modelos de ponderação.....	88
3. METODOLOGIA.....	89
3.1 Caracterização da área estudada .....	89
3.2 Procedimentos metodológicos.....	92
3.3 Metodologia aplicada à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	97
3.3.1 Definição do objetivo e escopo.....	97
3.3.2 Elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da gestão de RSDC de Fortaleza/CE .....	98
3.3.2.1 <i>Software SimaPro 9.0.0.49</i> .....	100
3.3.2.2 Base de dados e métodos .....	100
3.4 Metodologia aplicada ao Custo do Ciclo de Vida (CCV).....	102
3.4.1 Definição do objetivo e escopo.....	102
3.4.2 Elaboração do Inventário do Custo do Ciclo de Vida (ICCV) da coleta seletiva Fortaleza/CE .....	103
3.5 Metodologia aplicada à Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS).....	106
3.5.1 Definição do objetivo e escopo.....	106
3.5.2 Elaboração do Inventário do Ciclo de Vida Social (ICVS): <i>stakeholders</i> subcategorias.....	108



<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>116</b>
<b>4.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) .....</b>	<b>116</b>
<b>4.1.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da gestão de RSDC de Fortaleza ..</b>	<b>116</b>
<b>4.1.1.1 Transporte .....</b>	<b>118</b>
<b>4.1.1.2 Instalações .....</b>	<b>120</b>
<b>4.1.2 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) da gestão de RSDC de Fortaleza .....</b>	<b>122</b>
<b>4.1.2.1 Acidificação .....</b>	<b>123</b>
<b>4.1.2.2 Eutrofização .....</b>	<b>125</b>
<b>4.1.2.3 Aquecimento Global .....</b>	<b>127</b>
<b>4.1.2.4 Destruição da Camada de Ozônio.....</b>	<b>130</b>
<b>4.1.2.5 Oxidação Fotoquímica .....</b>	<b>131</b>
<b>4.2 Custo do Ciclo de Vida (CCV).....</b>	<b>133</b>
<b>4.2.1 Análise do Inventário do Custo do Ciclo de Vida (ICCV) da coleta seletiva de Fortaleza .....</b>	<b>133</b>
<b>4.2.1.1 Benefícios diretos .....</b>	<b>133</b>
<b>4.2.1.2 Custos diretos.....</b>	<b>135</b>
<b>4.2.1.3 Benefícios indiretos.....</b>	<b>138</b>
<b>4.2.2 Avaliação do Impacto do Custo do Ciclo de Vida (AICCV) da coleta seletiva de Fortaleza .....</b>	<b>139</b>
<b>4.3 Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS).....</b>	<b>141</b>
<b>4.3.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida Social (ICVS) da gestão de RSDC de Fortaleza .....</b>	<b>141</b>
<b>4.3.2 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida Social (AICVS) da gestão de RSDC de Fortaleza .....</b>	<b>167</b>
<b>4.3.2.1 Trabalhador.....</b>	<b>167</b>
<b>4.3.2.2 Consumidor.....</b>	<b>176</b>
<b>4.3.2.3 Comunidade local .....</b>	<b>181</b>

<b>4.3.2.4 Sociedade .....</b>	<b>185</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>190</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>193</b>
<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO À POPULAÇÃO.....</b>	<b>217</b>
<b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO APLICADO AO PRESIDENTE DA ASCAJAN ..</b>	<b>222</b>
<b>APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS CATADORES.....</b>	<b>226</b>
<b>ANEXO A - CERTIDÃO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.....</b>	<b>232</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, nota-se um crescimento na geração de resíduos sólidos, advindo, principalmente, de fatores como aumento populacional e longevidade; estímulo do mercado capitalista ao consumo; avanços tecnológicos não acompanhados pelas necessidades dos consumidores; entre outros contribuintes (BOVEA; IBÁÑEZ-FÓRES; GALLARDO *et al.*, 2010; CARVALHO JUNIOR, 2013; GARCIA, 2016; NÓBREGA, 2013).

Sobre isso, o relatório *What a Waste 2.0: a Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, publicado pelo Banco Mundial em 2018, afirma que a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) global foi de 2,01 bilhões de toneladas, com 33% não gerenciados de forma ambientalmente adequada. Embora a população dos países de alta renda corresponda a apenas 16% da mundial, eles geraram 34%, ou 638 milhões de toneladas, dos resíduos globais. Para 2050, esse relatório estima que os resíduos mundiais cresçam para 3,40 bilhões de toneladas (KAZA; YAO; BHADA-TATA *et al.*, 2018).

De acordo com Carvalho Junior (2013), a adoção de padrões de consumo sustentáveis e o gerenciamento adequado dos RS reduzem de modo significativo os impactos ao ambiente e à saúde – bastando observar a diferença entre os países desenvolvidos que possuem maior capacidade de equacionamento da gestão, em razão dos seus recursos econômicos, preocupação ambiental da população e desenvolvimento tecnológico; e os países em desenvolvimento, onde, se verificam défices na capacidade financeira e administrativa de prover infraestrutura e serviços básicos como abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta, tratamento e destinação adequada de resíduos sólidos e moradia (CARVALHO JUNIOR, 2013).

Nessa perspectiva, para Garcia, Nóbrega, Bovea *et al.* (2015), os resíduos sólidos precisam ser avaliados e gerenciados com o intuito de proporcionar um destino adequado. Ao constatar que realmente não possuem mais utilidades ou que não podem ser tratados, reciclados, reutilizados ou compostados, esses resíduos devem ser encaminhados para um aterro sanitário. Tais decisões irão depender da natureza físico-química e biológica do material descartado.

Com o objetivo de refletir sobre os modelos da gestão passíveis de responder aos problemas ocasionados pela geração de resíduos ou pelo seu manejo inadequado, Araújo (2013) e Nóbrega, Carvalho, Garcia *et al.* (2019) compreendem que a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta adequada.

Assim, a ACV aplicada aos resíduos sólidos desempenha tanto a função de diagnosticar os impactos ambientais referentes à sua gestão, como também auxilia na identificação de modelos que melhor respondam às expectativas locais, de maneira a obter um

resultado que otimize a geração de energia, minimize os impactos ambientais, dentre outros benefícios (ARAÚJO, 2013; BOVEA; IBÁÑEZ-FORES; GALLARDO *et al.*, 2010; IBÁÑEZ-FORES; BOVEA; COUTINHO-NÓBREGA *et al.*, 2019).

Como se observa, a ACV está direcionada para responder às questões ambientais, porém não abrange os fatores sociais e econômicos implicados nesses modelos da gestão (ARAÚJO, 2013; KLOEPFFER, 2008). Para tanto, existem o Custo do Ciclo de Vida – CCV (ênfase nos fatores econômicos) e a Avaliação do Ciclo de Vida Social – ACVS (destaque nos aspectos sociais). Soma desses, a ACV resulta na Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida – ASCV, que engloba todos os fatores: ambientais, econômicos e sociais (KLOEPFFER, 2008).

A ASCV não possui marco normativo, contudo, alguns autores como Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006); Kloepffer (2008); Macombe (2011); Norris (2001); Valdivia e Sonnemann (2011); entre outros, desenvolvem propostas metodológicas para envolver nas análises não só as questões ambientais, como também as sociais e econômicas.

Ao considerar a amplitude deste estudo, a pesquisa sob relação propõe avaliar a sustentabilidade do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais (RSDC) no Município de Fortaleza/CE, Brasil, sob o contexto ambiental, econômico e social.

## **1.1 Estado da questão**

A realização desta pesquisa foi motivada com suporte na Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (2010), que estimula a implementação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como uma ferramenta que auxilia na gestão dos resíduos sólidos no País, além da sua importância na identificação de impactos ambientais provenientes em cada etapa de sua gerência, proporcionando otimizações pontuais.

Assim, como a parte ambiental, a social, também, é importante, pois sofre com todas as alterações realizadas na Natureza. Segundo Owusu (2015), as consequências para a saúde e o meio ambiente provenientes da falta de saneamento são reconhecidas como contendo ligações diretas com a sociedade.

Deste modo, entende-se que a gestão de Resíduos Sólidos Domiciliares/Comerciais (RSDC) envolve uma série de agentes sociais, - população, catadores e atravessadores (coleta seletiva), garis, governantes, empresários, entre outros.

Ao considerar o catador como um dos principais agentes sociais, a ser estudado nesta pesquisa, faz-se necessário recorrer ao Decreto Nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010, que

institui o Programa Pró-Catador e denomina o Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Recicláveis (CIISC), que estabelece entre seus objetivos promover ações direcionadas aos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis como a realização de pesquisas e estudos para subsidiar medidas que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Sobre isso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (2010) institui como um dos seus princípios: a análise sistêmica no gerenciamento dos resíduos sólidos, que aprecie as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública. Portanto, destaca-se a importância no desenvolvimento de pesquisas que tratem da gestão dos resíduos sólidos sob esses aspectos. Além disso, a PNRS (2010) estabelece como um dos seus objetivos a ligação dos catadores de materiais passíveis de reciclagem e reutilização nas atividades que estejam relacionadas com a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Ao considerar a relevância atribuída na PNRS (2010) ao fator ambiental, econômico e social para a gestão de resíduos, sobretudo no que se refere à associação/cooperativa dos catadores, como agentes envolvidos nas atividades de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, esta pesquisa se justifica, pois procura contribuir para a otimização do sistema da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, sob a perspectiva ambiental, econômica e social, utilizando a ferramenta de ASCV, que possui excelência para tratar desse tema (KLOPPFER, 2008).

Com efeito, a elaboração de cenários que objetivem a otimização da gestão adequada da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, especialmente, no contexto de ampliar a coleta seletiva, deve ser priorizada, já que, quando bem conduzidos, representam uma oportunidade de minimizar os custos do município com esses serviços, geram milhares de empregos e promovem maior corresponsabilidade dos cidadãos com a limpeza urbana (NÓBREGA, 2013).

Conforme determina a PNRS (2010), a gestão dos RS deve ser compartilhada, significando que o cidadão, assim como o Poder Público e as empresas, são dotados de responsabilidade sob a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, nesta ordem de prioridade.

Assim, dada a importância da gestão compartilhada pelo ciclo de vida dos resíduos, na legislação brasileira, procurou-se responder nesta pesquisa ao seguinte problema: qual a realidade ambiental, econômico e social da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais no Município de Fortaleza/CE – Brasil, diagnosticado com a utilização da metodologia de ASCV?

Na perspectiva de responder a este problema, a pesquisa propõe a utilização de uma metodologia adequada que trate dos aspectos ambientais, econômicos e sociais da gestão dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais no Município, analisando, coerentemente, seus impactos na configuração atual, com embasamento na literatura.

## **1.2 Hipóteses**

De acordo com o problema proposto pela pesquisa, foram sugeridas as hipóteses que vêm na sequência.

- A utilização da metodologia ASCV contribui para identificar os impactos ambientais, econômicos e sociais da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, no Município de Fortaleza, apresentando as etapas do processo nas quais se verifica uma maior deficiência em sua gestão.
- A ASCV auxilia na formulação de cenários de otimização do sistema da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, no Município estudado, na perspectiva de exprimir os melhores resultados para a sustentabilidade local.

## **1.3 Estrutura da tese**

A tese de doutoramento sob relato está estruturada em cinco capítulos, incluindo esta introdução como o primeiro, contemplando os objetivos geral e específicos. Já no segundo, é procedida à revisão literária pertinente à temática abordada, onde se discorre sobre os seguintes tópicos: Aspectos gerais da geração de resíduos sólidos e Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV). O terceiro capítulo descreve a metodologia empregada, ao passo que o quarto segmento oferece as análises e discussões dos resultados. No quinto capítulo, o módulo de remate, estão contidas as conclusões e recomendações. Seguem-se as referências bibliográficas, acompanhadas de apêndices e anexos.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo geral***

Avaliar a sustentabilidade do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, no Município de Fortaleza/CE, Brasil, sob o enfoque ambiental, econômico e social, no ano de 2019.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Avaliar o Ciclo de Vida (ACV) da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais (RSDC) no Município de Fortaleza/CE, Brasil, seguindo as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ISO 14.040/2014.
- Analisar o Custo do Ciclo de Vida (CCV) da coleta seletiva de Fortaleza, utilizando a Relação Benefício/Custo para a Associação de Catadores do Jangurussu (ASCAJAN), que possui apoio da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) com e sem incluir gastos com alimentação e as demais associações em cenário hipotético (caso a PMF houvesse apoiado financeiramente com água, energia e alimentação, em 2019).
- Definir indicadores sociais e metodologia para calculá-los, na perspectiva de serem aplicados para a Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS) de um sistema da gestão de RSDC, considerando os variados agentes: trabalhadores, catadores e população.
- Ponderar o impacto social do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais no Município de Fortaleza, incluindo os Ecopontos, a população da Secretaria Executiva Regional – SER VI e a ASCAJAN (estes últimos com análise de dados primários).

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Aspectos gerais da geração de resíduos sólidos**

Distintos fatores sociais, culturais, regionais, econômicos, tecnológicos, ambientais e políticos possuem influências diretas e indiretas na geração de resíduos sólidos nos planos mundial e nacional. Portanto, conhecê-los auxilia na gestão adequada dos resíduos sólidos, na perspectiva de incentivar a sua redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final desses materiais, como também o cumprimento das legislações pertinentes (GARCIA, 2016).

Segundo Carvalho Junior (2013), os fatores que influenciam no aumento da geração de resíduos sólidos são crescimento e longevidade da população, associados à intensa urbanização, conforme corroboram Hoornweg e Bhada-Tata (2012), e à ampliação do consumo de novas tecnologias.

Para Li (2007), os fatores mais evidentes da geração de resíduos sólidos, sobretudo, nos países desenvolvidos, são crescimento demográfico, expansão municipal, desenvolvimento econômico e melhoria nos padrões de vida das pessoas.

Relativamente à geração de RS no Brasil, Campos (2012) atribui alguns fatores que a condicionam no plano nacional. Entre suas hipóteses, estão: crescimento de posto de trabalho e elevação da massa salarial; políticas de combate à pobreza – Programa Bolsa Família (PBF) e Benefício de Prestação Continuada (BPC); aumento do Produto Interno Bruto (PIB); redução do número de habitantes por domicílio e da composição familiar; maior participação da mulher no mercado de trabalho; fluxo de migração nordestina do Sul para o Nordeste, incentivando novos hábitos de consumo; aumento na facilidade na aquisição de crédito para os gastos; não cobrança pelos serviços de coleta e manejo dos resíduos sólidos municipais (caso de Fortaleza, de acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS de Fortaleza (2012) e com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2018)); estímulo dos veículos de comunicação ao consumo; e utilização indiscriminada de produtos descartáveis.

Constata-se, com efeito, entre as hipóteses ora referidas que grande parte dos fatores citados possui relação direta com o aumento da renda, que possibilita maior consumo, provocando, assim, um crescimento no número de resíduos, como uma relação em cadeia.

A fim de mitigar essa conjunção de problemas, Campos (2012) sugere: a aplicação de responsabilidade compartilhada (prevista na PNRS (2010)) e dos princípios da logística reversa (Decreto N° 9.177/2017, que complementa os art. 16 e 17 do Decreto N° 7.404/2010, que, dentre outras atribuições, cria o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística



Reversa); locação de instrumentos econômicos para a indústria, o município e a sociedade civil; estímulo para a instalação da compostagem domiciliar ou vicinal; elevação do número de geladeiras com o intuito de reduzir os resíduos orgânicos; ampliação dos serviços de coleta para as famílias com baixo poder aquisitivo; aplicação de princípios e programas de educação ambiental escolar; campanhas de mobilização da sociedade para o consumo consciente; cobrança pelos serviços de coleta de RS de forma proporcional a sua geração; utilização de produtos com embalagens retornáveis; e aplicação dos princípios da política dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar).

Na Tabela 01, indica-se a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil e sua relação com o crescimento populacional urbano, de 2008 a 2018.

Tabela 1 – Geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil e sua população urbana (2008-2018)

Ano	Geração de RSU (t/ano)	População Urbana (hab.)
2008	52.933.296	157.037.300
2009	57.011.136	158.657.883
2010	60.868.080	160.879.708
2011	61.936.368	162.318.568
2012	62.730.096	163.713.417
2013	76.387.200	169.770.813
2014	78.583.405	171.298.750
2015	79.919.323	172.669.140
2016	78.320.937	174.050.493
2017	78.400.000	175.355.871
2018	79.184.000	176.057.294

Fonte: Elaboração própria, adaptada dos dados disponibilizados pela ABRELPE (2008-2018).

Constatou-se, na Tabela 01, que, no contexto geral, o crescimento da geração de RSU acompanha o crescimento populacional, contudo, observou-se que no período de 2015 a 2016 houve uma redução de 2% na geração de RSU, embora o crescimento populacional urbano tenha se mantido.

De acordo com o Comitê de Datação do Ciclo Econômico (CODACE), da Fundação Getúlio Vargas, a economia brasileira entrou em recessão no segundo trimestre de 2014, quando o produto *per capita* no Brasil caiu cerca de 9% de 2014 a 2016 (BARBOSA FILHO, 2017), período esse que coincide com a fase de redução na geração de resíduos sólidos, conforme está na Tabela 1, reforçando a relação direta que existe entre a economia, o aumento no consumo e a geração de resíduos sólidos.

Sobre a geração efetiva de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2018), a geração total de RSU no País, em 2018, foi de aproximadamente 79 milhões de

toneladas, constando-se que houve um avanço de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior.

Na contextura estadual, no ano de 2018, a ABRELPE (2018) não divulgou resultados por estados. Em 2015, o Estado do Ceará gerou 9.809 toneladas de RSU por dia, valor superior ao do ano de 2014, que foi de 9.711 t/dia (ABRELPE, 2015).

No Município de Fortaleza, a geração de resíduos sólidos referentes ao ano de 2013 foi de 5.530,83 toneladas por dia, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos do Ceará, elaborado pela Gaia Engenharia Ambiental (2015).

Dados oferecidos por Carvalho e Furtado (2016) sobre a geração de RSU de Fortaleza mostraram números da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) do Município, revelando a geração de 1.793.926,20 toneladas por ano de RSU em 2015 – valor este bem inferior ao do ano de 2014, que foi de 2.089.304,69 t./ano.

Os dados sobre a geração de resíduos sólidos nos contextos nacional, estadual e municipal evidenciam a importância de se estudar os aspectos não só ambientais da geração de resíduos sólidos como também os econômicos e sociais. Com esse raciocínio, promover pesquisas que objetivem a identificação dos impactos nesses três pilares da sustentabilidade ao longo do ciclo de vida do sistema da gestão de RS domiciliares/comerciais, a fim de subsidiar a otimização deste serviço, se constitui de fundamental importância para o Município estudado. Assim, no módulo seguinte, discorre-se acerca dos principais aspectos da gestão dos resíduos sólidos no Município de Fortaleza.

## **2.2 Gestão de resíduo sólido no Município de Fortaleza**

Neste segmento, abordou-se acerca dos aspectos conceituais sobre gestão e gerenciamento, com o objetivo de justificar a utilização do termo **gestão** empregado no título desta seção. A estrutura organizacional dos subtópicos considerou as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos do Município estudado, conforme a ordem de classificação dos resíduos sólidos expressa na Lei Nº 12.305/2010.

Segundo o dicionário Houaiss (2010), gestão é “[...] ato ou efeito gerir, administrar, gerenciar”, e gerenciamento é “ação ou efeito de gerenciar (empresa, negócio, serviço) na condição de gerente”. Para Barros (2012), esses termos, quando aplicados aos resíduos sólidos (RS), ambos são utilizados de modo indiferente, não obstante se referindo a duas conotações distintas: uma é estratégica, política; e a outra é operacional, executiva.

De acordo com Araújo e Juras (2011), o termo **gestão** é mais adequado, porquanto gerenciamento diz respeito apenas a um tipo determinado de resíduo e a gestão integrada engloba o planejamento e a coordenação de todas as fases inseridas no gerenciamento e, também, a inter-relação das dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social envolvidas, além de trabalhar com os variados tipos de RS ao mesmo tempo.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (2010), gerenciamento de RS consiste no conjunto de operações exercidas, direta ou indiretamente, nas fases de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequadas dos RS e disposição final apropriada dos rejeitos, de acordo com o plano municipal da gestão integrada de RS ou com plano de gerenciamento de RS, exigidos consoante a Lei Nº 12.305/2010.

Quanto a gestão integrada de RS, a referida Lei Nº 12.305/2010 a define como o conjunto de ações direcionadas para a busca de soluções para os RS, de modo a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Sem entrar no mérito desse debate, esta subseção adotou o vocábulo **gestão**, pois o trabalho propõe estudar todas as etapas de gerenciamento dos RS (coleta, transporte, tratamento, destinação e disposição final) e seus aspectos ambientais, econômicos e sociais, mediante a Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida da Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares/Comerciais no Município de Fortaleza/CE, Brasil.

Na concepção de Barros (2012), na gestão integrada de RS são observados os instrumentos e técnicas eficientes a seguir.

- Tratamento (por exemplo, tratamento biológico para a fração orgânica).
- Eliminação (o aterro sanitário).
- Valorização das frações recicláveis contidas nos RS urbanos (reciclagem).

São exemplos de valorização o reemprego, a reciclagem ou qualquer outra ação objetivando obter, com base nos RS, materiais reutilizáveis ou energia, dando, de certo modo, um valor de mercado aos resíduos (BARROS, 2012).

Na demanda acadêmica *stricto sensu*, utiliza-se comumente a unidade de ideia **resíduos sólidos domiciliares/comercial (RSDC)**, em detrimento **da expressão resíduos sólidos municipais (RSM)**, pois, de acordo com a definição expressa pelo Banco Mundial (The World Bank), este último se refere aos resíduos provenientes de atividades domésticas, comerciais, industriais e institucionais numa área urbana. Esses resíduos podem estar no estado semissólido, sólido ou mesmo um líquido. Categorias de RSM incluem: lixo doméstico, dejetos de quintal, resíduos comerciais, institucionais, restos de construção e de demolição, rejeitos de

limpeza e manutenção de ruas, animais mortos, resíduos volumosos, veículos abandonados e resíduos de esgotos (BARROS, 2012).

Logo, pela definição acima expressa, observa-se que o objetivo deste trabalho não possui essa abrangência.

A Lei Nº 12.305/2010 classifica os RS, quanto à origem, em: domiciliares, de limpeza urbana, urbanos, comerciais e de prestadores de serviços, de serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços saúde, de construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e de mineração.

Sendo os resíduos domiciliares aqueles oriundos de atividades domésticas em residências urbanas e os de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços os originários nessas atividades, excetuados os de limpeza urbana, serviços públicos de saneamento, serviços de saúde, da construção civil e serviços de transporte, esses resíduos (domiciliares e comerciais) são objetos de estudo desta investigação universitária de sentido largo.

De acordo com a Lei Municipal Nº 10.340/2015, configuram-se grandes geradores e também responsáveis pelo custo dos serviços de segregação, acondicionamento, transporte interno e externo, armazenamento, coleta, tratamento e destinação final ambientalmente adequado de RS ou disposição final apropriada de rejeitos:

- os geradores de RS caracterizados como resíduos da Classe II, não perigosos, em volume igual ou superior a 100 (cem) litros por dia;
- os geradores de RS da construção civil, em volume igual ou superior a 50 (cinquenta) litros por dia; e
- os geradores de RS caracterizados como resíduos de Classe I, perigosos, qualquer que seja o seu volume.

A Lei Municipal Nº 10.340/2015 adverte que as unidades familiares e os condomínios residenciais ficam isentos de quaisquer *onera* da coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) desempenhada pelo poder público ou por suas concessionárias, embora venham a ser considerados como grandes geradores.

Assim, justifica-se que a expressão mais adequada para este experimento é **gestão dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais**, já que a proposta é trabalhar com os resíduos provenientes das atividades doméstica e comerciais, e, em alguns casos, com grandes geradores, quando esses beneficiarem as associações de catadores estudadas.

De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Fortaleza (2012), a gestão dos resíduos sólidos domiciliares no Município é descentralizada,

sendo realizada pela Empresa Municipal de Limpeza Urbana (EMLURB), Marquise S. A. e Ecofor Ambiental.

Segundo o PMGIRS – Fortaleza (2012), a gestão de RS do Município também conta com algumas empresas credenciadas na EMLURB e licenciadas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMAM) de Fortaleza e pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) para executar a coleta de resíduos dos grandes geradores e comerciais, transportando-os ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), e para outros destinos licenciados (Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (CTRP), para coprocessamento em cimenteiras e usina de reciclagem).

Os serviços de coleta, transporte e disposição final dos RSU realizados aos domicílios, pequenos comércios e prestadores de serviços, até 2018, eram subvencionados com recursos orçamentários municipais, tendo em vista que não eram lançadas taxas e/ou tarifas para ressarcimento desses serviços (SNIS, 2018). No caso dos grandes geradores, prestadores de serviços e indústrias, esses eram responsáveis pelo pagamento da execução dos serviços, mediante taxas especiais (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

A gestão dos resíduos sólidos de Fortaleza conta com as seguintes Unidades de Planejamento: Bacias Hidrográficas e Sub-Bacias, Secretarias Executivas Regionais (SER), Zonas Geradoras de Lixo (ZGL) e Setores de Coleta.

Como comentado anteriormente, o sistema da gestão de RS de Fortaleza é descentralizado, o que ocorreu em 1990, quando foram criadas as Secretarias Executivas Regionais (SER). Em 2007, foi criada mais uma, a Secretária Executiva Regional do Centro (SERCEFOP). Desde então, o Município passou a ser dividido em sete secretarias executivas regionais.

As etapas que correspondem ao gerenciamento dos RS domiciliares/comerciais são: coleta (regular ou seletiva), transporte, estações de transferência ou de transbordo, reciclagem e disposição final.

### **2.2.1 Coleta**

Entende-se por coleta a atividade de reunir os RS devidamente acondicionados, objetivando seu transporte. A etapa de transporte é a condução dos RS, depois de coletados, à unidade de tratamento ou de disposição final. A coleta deve ser efetuada em função dos tipos e da quantidade de resíduos a serem transportados e tem início no local onde são gerados. Ao Município compete, fundamentalmente, a gestão dos RS domésticos, dos comerciais e dos

públicos, já que os outros tipos são de responsabilidade dos próprios geradores (BARROS, 2012; SOUTO, POVINELLI, 2013).

O acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais (RSDC) de Fortaleza é realizado utilizando sacos plásticos. Após seu devido acondicionamento, são coletados pela Ecofor Ambiental, sendo o contrato de coleta para 100% desses resíduos que gerem até 100 L/dia (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

Citam-se nesta pesquisa apenas os sistemas de coleta de RS domiciliares e comerciais (objetos de estudo). De acordo com Barros (2012) são eles:

- sistema regular ou convencional de coleta - aquele executado nas residências a intervalos determinados, correspondendo à remoção de RS do tipo domiciliar, comercial e industrial de pequeno porte. Entende-se por coleta domiciliar e comercial o conjunto de atividades referentes ao recolhimento dos RS gerados em edifícios residenciais e/ou comerciais;
- coleta seletiva consiste no recolhimento dos materiais passíveis de reaproveitamento, previamente segregados na fonte (residências, estabelecimentos comerciais etc.), dentre os quais se destacam como de maior interesse comercial o papel, papelão, plástico, vidro e metais. A coleta seletiva pode ser porta a porta, onde os materiais selecionados para reutilização, reaproveitamento ou reciclagem são coletados diretamente nas fontes geradoras pelo poder público, por catadores, por sucateiros ou quaisquer empresas interessadas; ponto a ponto são definidos alguns tipos de contentores, espalhados nos logradouros públicos, para onde a pessoa deve se dirigir para depositar seus RS previamente separados; e postos de entrega voluntária (PEV), onde o munícipe se dirige aos locais definidos e equipados com recipientes diferenciados, no mínimo pelas cores, para receber os resíduos recicláveis.

As coletas regulares de RS domiciliares/comerciais de Fortaleza são caracterizadas como convencional do tipo porta a porta, usando-se veículos compactadores e respeitando os limites das Secretarias Executivas Regionais – SER (PMGIRS de FORTALEZA, 2012).

As coletas de RSDC do Município estudado são realizadas pela empresa Ecofor Ambiental. Segundo o contrato, a empresa deve coletar 100% dos resíduos provenientes das áreas do perímetro urbano do Município, com o pagamento correspondente a área limpa, diferenciando-se assim da maioria das cidades brasileiras, em que o pagamento é realizado por toneladas de resíduos coletados. Para melhorar o desempenho de suas atividades, realizam o controle dos serviços prestados por intermédio do Sistema de Monitoramento de Coleta de Lixo

(SMCL), no qual todos os veículos da coleta convencional são equipados com instrumentos de Sistema de Posicionamento Global – GPS (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

São fatores importantes referentes à coleta: a frequência, o horário, a frota e a guarnição.

A frequência diz respeito ao número de vezes na semana em que é realizada a remoção de RS num determinado local da Cidade (de forma geral, o planejamento dos serviços de limpeza pública divide a Cidade em setores, o que não necessariamente coincide com a divisão política dos bairros). A frequência pode ser diária, três ou duas vezes por semana, e o intervalo entre as coletas deve ser tal que não permita a emissão de odores, nem acúmulo dos RS, interferindo nas atividades normais. São fatores determinantes da frequência da coleta a restrição econômica, os tipos e quantidades de RS gerados, as condições climáticas e a limitação do espaço de armazenamento do rejeito nas residências (BARROS, 2012).

A empresa concessionária responsável pela coleta de resíduos que determinou os setores de coleta, a Ecofor, dividiu o Município de Fortaleza em 175 setores de coleta, denominados como circuitos. Para tanto, ela considerou apenas a delimitação das SER e não as ZGL (PMGIRS – FORTALEZA, 2012).

De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza (2012), nesses circuitos, há frequências que são diárias (seis vezes), em virtude de suas demandas e locais onde são coletados os resíduos, e três vezes por semana (segunda, quarta e sexta ou terça, quinta e sábado).

O estabelecimento de horário para a coleta de RSDC depende das condições de tráfego, tais como estado das vias e trânsito nos horários de picos, as características da frota de veículos disponíveis e das condições financeiras do Município. Pode ser diurno ou noturno (BARROS, 2012).

De acordo com os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2017), a taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta a porta) da população urbana de Fortaleza (IN014) foi de 98%, em 2017. Na região Nordeste do Brasil, na qual se encontra o Município sob exame, a taxa média foi de 92,3% (SNIS, 2017), valor este acima dos dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2017), que no mesmo ano, foi de 79,06% de cobertura da coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU).

A massa de RSD coletada *per capita* relativamente à população atendida (declarada pelo informante) (IN022) de Fortaleza, no ano de 2017, foi de 0,86 kg/(hab. x dia). Considerando que, no mesmo ano, a população declarada foi de 2.627.482 hab., tem-se que a

quantidade de RSD coletada para o referido ano foi de 824.766,59 t/ano; deste valor, atribui-se a coleta regular porta a porta e lixeiras subterrâneas (Ecopolos) o valor de 597.505,8 tonelada (SNIS, 2017).

De acordo com Barros (2012), a frota é a quantidade de veículos a serem utilizados na coleta. A frota deve ser escolhida considerando a realidade do local, otimizando o uso dos equipamentos, garantindo empregabilidade, optando por manutenção barata e disponível no local.

Os equipamentos mecânicos mais comuns na limpeza pública são caminhões compactadores (com capacidade de 6 m<sup>3</sup> a 20 m<sup>3</sup>), caminhões-báscula, caminhões com carroceria de madeira, comboio, caminhões-pipa, caminhões  $\frac{3}{4}$ , poliguindaste e o Munck. Nos casos em que a cidade dispõe de estação de transferência, como Fortaleza, a esses equipamentos acrescentam-se carretas e cavalos mecânicos (BARROS, 2012).

Os veículos também podem ser de tração humana ou animal, a saber, carrinho de mão, carrinho de madeira, carrinho de tração humana e carroça de tração animal.

De acordo com os dados disponibilizados pelo SNIS (2017), o Município de Fortaleza, em 2017, possuía 288 unidades de veículos de agentes privados, citando-se caminhões compactadores (71), caminhões basculantes com carrocerias ou baú (208), caminhão poliguindaste (1), trator agrícola com reboque (3) e motos com carretinha (5).

A guarnição é o conjunto de pessoas que recolhem e armazenam os resíduos no caminhão ou em outro veículo durante a coleta, podendo variar em decorrência do tipo de equipamento, das disponibilidades de pessoal para o serviço, dos volumes e das quantidades de resíduos, do rendimento desejável do conjunto e das características físicas da localidade (BARROS, 2012).

Segundo Barros (2012), **itinerário** é o nome que se dá para o trajeto que o veículo deve percorrer dentro de um mesmo setor, num dado período, coletando e transportando o máximo de resíduos com o mínimo de percurso improdutivo, e o menor desgaste possível para a guarnição (pessoal e equipamento).

A quantidade de trabalhadores remunerados alocados na coleta regular de RSD de Fortaleza, no ano de 2017, foi de 1.277 operários (SNIS, 2017).

Além da coleta regular porta a porta de RSD, Fortaleza também dispõe de lixeiras subterrâneas, denominadas de Ecopolos, que foram implementadas inicialmente na Avenida Presidente Castello Branco, em agosto de 2017. O objetivo das lixeiras subterrâneas é permitir que áreas de acesso difícil sejam atendidas pela coleta regular, assim, são instaladas em vias que permitem a passagem do caminhão compactador próximo aos locais por onde não



conseguem passar, quer seja porque as ruas são estreitas, ou porque não possuem saídas (Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos – SCSP, 2019).

As lixeiras subterrâneas não possuem processo de sucção, sendo necessário, dessa maneira, a retirada dos resíduos que são depositados em contêineres enterrados pelo caminhão compactador. O Município dispõe de 17 Ecopolos, e a quantidade dos resíduos que são coletados está somada ao valor da coleta regular porta a porta, conforme citado anteriormente (SCSP, 2019).

O Município de Fortaleza também dispõe de coleta seletiva porta a porta, que é realizada sem planejamento, pois somente uma pequena parcela está organizada em associações e/ou cooperativas, e a maior parte está vinculada a “deposeiros” e “aparistas” (agentes intermediários que compram das associações e revendem para a indústria recicladora a um preço mais elevado) (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

De acordo com os dados divulgados pelo SNIS (2017), Fortaleza possui 18 associações totalizando 343 associados, conforme se observa na Tabela 02. O valor total de RSD coletados pelas associações de catadores com apoio da Prefeitura foi de 6.263,6 toneladas no ano de 2017.

Tabela 2 – Associações de catadores, por números de associados, Fortaleza, 2017

<b>Associações</b>	<b>Número de Associados</b>
Associação Viva a Vida	6
Soc. Com. De Reciclagem de Lixo do Pirambú – SOCRELP	40
Grupo Moura Brasil	10
Associação Bom Sucesso	15
Associação do Grupo Dom Lustosa	10
Grupo de Catadores do Jardim Iracema – UCAJIR	12
Associação Brisamar	32
Associação do Serviluz	8
Grupo do Quintino Cunha	5
Grupo da Maravilha – Bairro de Fátima	12
Associação Ecológica dos Coletores de Mat. Recicláveis da Serrinha e Adjacências – ACORES	18
Associação dos Agentes Ambientais Rosa Virginia	12
Associação Raio de Sol – Genibaú	25
Grupo de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis do Bom Jardim	12
Associação dos Catadores do Jangurussu – ASCAJAN	70
Assoc. Cearense dos Trabalhadores e Trabalhadoras em Resíduos Recicláveis – RECICLANDO	14
Grupo de Catadores da Rosalina	25
Associação Trapeiros de Emaús	17
<b>Total</b>	<b>343</b>

Fonte: SNIS, 2017.

Dessas associações, a ASCAJAN se destaca com o maior número de associados, sendo constituída com o objetivo de reduzir o impacto social proveniente da desativação do Lixão do

Jangurussu, em meados de 1997. Os catadores do antigo Lixão passaram a trabalhar dentro de condições menos insalubres, na Usina de Triagem do Complexo do Jangurussu. Embora houvesse boas intenções na implementação desse programa, problemas operacionais acabaram danificando os equipamentos e por motivos estruturais a unidade foi desativada. Em 2006, a segregação dos resíduos foi retomada com outro galpão com nova estrutura no Complexo do Jangurussu, pela formalização da ASCAJAN, em funcionamento até hoje (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

Fortaleza também dispõe de coleta seletiva com pontos de entrega voluntários mediante a instalação de Ecopontos (Pontos Ecológicos de Pequenos Volumes) em locais estratégicos da Cidade.

Os Ecopontos são locais destinados para a entrega voluntária dos resíduos previamente segregados pela população cadastrada no sistema. Os resíduos vão desde pequenas proporções de entulhos, restos de podas, móveis e estofados velhos, até óleo de cozinha e materiais passíveis de reciclagem, como papel, papelão, plásticos, vidros e metais. É nesses Ecopontos onde há o acesso ao benefício do Programa Recicla Fortaleza, que dá desconto na conta de energia pela troca dos recicláveis (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2019).

Com o objetivo de atender à população, existe em todos os Ecopontos um funcionário da Ecofor Ambiental, transmitido orientações e recebendo o material. Outro funcionário atesta a quantidade de resíduos depositados em cada contêiner dos Ecopontos (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2019).

Existem Ecopontos distribuídos em 61 pontos da Cidade. No ano de 2017, eles arrecadaram 12.790 toneladas de entulho e reciclados, sendo 1.522 t. de papel/papelão, plástico, metal e vidro. No que se refere aos volumosos, o valor foi de 2.978.744 m<sup>3</sup> e, com relação ao óleo, foram 18.973 L (SCSP, 2017).

### ***2.2.2 Transporte***

O transporte é a etapa que complementa a coleta, e se dá fundamentalmente entre o ponto de término desta coleta até as estações de transbordo ou as unidades de tratamento ou de disposição final. Também se considera entre a garagem e o ponto de início da coleta e entre os locais de tratamento ou de disposição final e a garagem (BARROS, 2012).

A distância média do transporte até a unidade de transbordo ou disposição final é de 19 km (SNIS, 2017).

### **2.2.3 Estação de transbordo**

A estação de transbordo, geralmente, é utilizada em grandes cidades, evitando o deslocamento dos caminhões convencionais de coleta até os locais de tratamento e de disposição. Configuram-se como edifícios quase ou totalmente fechados, de forma a conseguirem a redução dos impactos provocados por maus odores, ruído e pelo espalhamento dos RS. Seu principal objetivo é reduzir os custos do sistema, com maior eficiência da coleta (BARROS, 2012).

O Município de Fortaleza dispõe de uma estação de transbordo localizada no bairro Jangurussu. Funciona desde 1997, e recebe os resíduos das SER II, IV, VI, SERCEFOP e de quatro setores da Regional V. Também é neste local que se encontram o complexo de triagem do Jangurussu e as instalações da ASCAJAN (PMGIRS – FORTALEZA, 2012).

De acordo com os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2017, foram descarregados na Estação de Transbordo do Jangurussu 405.596,9 toneladas de RSD e resíduos públicos a serem transferidos dos caminhões compactadores para carretas que seguiam ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC).

### **2.2.4 Reciclagem**

Segundo a Lei Nº 12.305/2010, a reciclagem é um processo de transformação dos RS, que engloba a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.

De acordo com Barros (2012), a reciclagem proporciona vantagens diversas.

- Reduz a exploração de recursos naturais.
- Colabora para a minimização da poluição do solo, da água e do ar.
- Melhora a limpeza da Cidade e a qualidade de vida da população.
- Prolonga a vida útil de aterros sanitários.
- Gera emprego e renda para a população não qualificada.
- Reforça o aspecto ambiental da gestão de RS.
- Exercita uma atitude de respeito ao meio ambiente.

Conforme já foi mencionado, o Município de Fortaleza possui 18 associações de catadores, totalizando 343 associados (SNIS, 2017), que segregam os resíduos sólidos passíveis de reciclagem em grandes fardos que são comercializados para agentes intermediários e destes para as indústrias recicladoras.

Assim como em grande parte das cidades brasileiras, em Fortaleza, a realidade não é diferente. Os materiais reciclados segregados pelas associações de catadores ainda não são vendidos diretamente para as indústrias recicladoras, necessitando, assim, de agentes intermediários, também chamados de atravessadores, “deposeiros”, sucateiros, entre outras denominações, que realizam o trabalho de comprar materiais das associações, agrupá-los e revendê-los a um preço maior para as indústrias recicladoras (LOPES, 2006; NÓBREGA; CARVALHO; GARCIA *et al.*, 2019; RIBEIRO; BESEN, 2007).

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Fortaleza (SEMAM) *apud* PMGIRS (2012), o Município possui 47 indústrias de reciclagem e beneficiamento distribuídas em diversos segmentos, como de lâmpadas, óleo lubrificante, resíduos químicos, solventes, computadores, sucatas de metais, plásticos, vidros, pneus, papel e papelão, embalagens de agrotóxicos vazias, entre outros materiais.

### **2.2.5 Aterro sanitário**

O aterro sanitário é definido pela norma ABNT NBR N° 8.419/92 como uma técnica de disposição final de RS urbanos no solo, sem provocar danos à saúde e à sua segurança, reduzindo os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os RS à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário.

Na concepção de Havukainen, Zhan, Dong *et al.*, (2017), atualmente, a maior parte dos resíduos sólidos é descartada em aterros sanitários, de onde são emitidos os gases de aterro, que contêm metano, substância que contribui significativamente para o aquecimento global. Os RS e as águas residuais são responsáveis por 3% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), sendo o metano a maior fonte (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, 2014).

A Região Metropolitana de Fortaleza possui cinco aterros sanitários. O Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), em Caucaia; o Aterro Sanitário Metropolitano Sul (ASMS), localizado no Município de Maracanaú; o Aterro Sanitário Metropolitano Leste (ASML), situado em Aquiraz; e o Aterro Sanitário de Pacatuba, em Alto Fechado; e o Aterro Horizonte, situado na própria sede do Município (PMGIRS – FORTALEZA, 2012).

Segundo o PMGIRS – Fortaleza (2012), até meados de 1998, os RS do Município eram dispostos no lixão do Jangurussu. Apenas após pressões do Ministério Público e com o

apoio do Projeto Sanear, financiados pelo Banco Mundial, os resíduos do Município iniciaram a sua disposição de maneira adequada, no ASMOC. Juntamente com a construção do aterro, foi criado o Complexo do Jangurussu, na frente do antigo Lixão, onde hoje funciona a Estação de Transbordo e Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos.

Por meio de um convênio assinado entre os Municípios de Fortaleza e Caucaia, ambos passaram a dispor seus RS no ASMOC. Caucaia desde 1992 e Fortaleza desde 1998.

O ASMOC está localizado na margem esquerda da BR-020, a 1,6 km da rodovia, no Município de Caucaia. O aterro possui uma área total de 123,2 hectares, sendo aproximadamente 78,47 hectares destinados ao aterramento de resíduos (PMGIRS – FORTALEZA, 2012).

O ASMOC foi projetado em dezessete (17) setores, e subdividido em sessenta e sete (67) trincheiras, cada uma com área igual a 101,0 x 71,0 metros com profundidades variáveis de 2,0 a 5,0 metros (PMGIRS – FORTALEZA, 2012).

Segundo o PMGIRS – Fortaleza (2012), o ASMOC tinha condições de receber os resíduos municipais de Fortaleza e Caucaia com segurança até 2014 e operar no limite até 2015. Foi, contudo, proposta a ampliação vertical do aterro, que media 500,0 m de comprimento por 27,6 m de largura, aumentando a vida útil do ASMOC em mais de cinco anos, ou seja, até 2020.

A drenagem dos líquidos percolados é feita por meio de drenos no fundo das trincheiras em forma de espinha de peixe, seguindo a uma rede coletora, que por gravidade alimenta a estação elevatória e então é bombeado para as lagoas de tratamento que são duas lagoas anaeróbias e uma facultativa (PMGIRS – FORTALEZA, 2012).

No ano de 2019, a Marquise Ambiental inaugurou a primeira usina de tratamento de biogás do Norte e Nordeste – Gás Natural Renovável (GNR) Fortaleza, situada no ASMOC. O sistema de tratamento de GNR se prepara para alcançar a capacidade de produção de 150 mil m<sup>3</sup>/dia de biometano, tornando-se a segunda maior unidade do gênero do País e deve suprir aproximadamente 30% de gás para as indústrias, o comércio e as residências do Ceará. O resultado da instalação da GNR Fortaleza é reduzir as emissões de metano, que é 21 vezes mais nocivo como gás de efeito estufa ante o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), beneficiando, desse modo, as futuras gerações (MARQUISE AMBIENTAL, 2019).

A entrada e saída dos caminhões no ASMOC são monitoradas por meio de fotografias, enviadas ao banco de dados do sistema com o horário e pesagem de cada etapa. O acesso a essas informações também é realizado pela Ecofor, Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR) e EMLURB.

De acordo com PMGIRS – Fortaleza (2012), o controle da pesagem é realizado por duas balanças, sendo uma para a entrada e outra para a saída. Cada balança possui capacidade de 80 toneladas. Hoje o sistema é todo informatizado e funciona através de câmeras fixadas nas balanças.

Segundo o SNIS (2017), foram encaminhados para o ASMOC, no ano de 2017, o total de 1.452.132,4 tonelada de resíduos.

### **2.2.6 Aspectos gerais**

Todas essas etapas referentes ao gerenciamento dos RS (coleta regular e seletiva, transporte, transbordo, reciclagem e aterro sanitário) foram estudadas nesta pesquisa, já que se constituem nos componentes do ciclo de vida do serviço de gestão dos RS, por isso foi realizada uma breve descrição sobre cada uma delas na revisão bibliográfica. Isto porque se considera como sobradamente importante reconhecer cada elemento que compõe a ACV analisada.

## **2.3 Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV)**

O termo **sustentabilidade** foi adotado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) no Rio de Janeiro, em 1992, como o principal objetivo político para o desenvolvimento futuro da humanidade. De acordo com a interpretação da definição de desenvolvimento sustentável, bem conhecida no relatório de Brundtland, a sustentabilidade compreende três pilares: ambiente, economia e aspectos sociais. Esses componentes da sustentabilidade devem ser devidamente avaliados ou equilibrados na elaboração de um novo produto ou no seu aperfeiçoamento (KLOEPFFER, 2008).

Nesse contexto, a Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV) visa a analisar os aspectos ambientais, econômicos e sociais envolvidos na elaboração e aperfeiçoamento de produtos, analisando todos os impactos desde a extração de matéria-prima até o seu descarte final (GARCIA, 2016).

Assim, Kloepffer (2008) estabelece que a ASCV é composta pela avaliação do Custo do Ciclo de Vida (CCV) que compreende a dimensão econômica, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que corresponde a área ambiental e a Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS) que se refere ao setor social.

O padrão, que é bastante aceito pela indústria e muitas vezes chamado de “triple bottom line”, ou seja, “três pilares” da sustentabilidade, diz que, para se avaliar a

sustentabilidade, os aspectos ambientais, econômicos e sociais devem ser ajustados e verificados (GRIEBHAMMER; BUCHERT; GENSCHE *et al.*, 200-).

Essa interpretação já era conhecida e foi discutida no primeiro simpósio promovido pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Europeia sobre ACV em 1991, embora o modelo de três pilares da sustentabilidade seja ainda mais antigo.

Segundo Koepffer (2008), o primeiro uso de três dimensões para avaliar a sustentabilidade foi proveniente de um método chamado ‘Produktlinienanalyse’, do Oeko-Institut, na Alemanha em 1987, mesmo ano em que o relatório de Brundtland surgiu na imprensa.

Nesta perspectiva, a interpretação de três pilares da sustentabilidade não é nova e, tampouco, é uma invenção do setor industrial. Deste modo, dada a ampla aceitação deste modelo, a ASCV é representada, de acordo com Koepffer (2008), pela seguinte equação:

$$ASCV = ACV + CCV + ACVS \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

ASCV é Avaliação do Sustentabilidade do Ciclo de Vida.

ACV refere-se à Avaliação do Ciclo de Vida.

CCV é Custo do Ciclo de Vida.

ACVS trata-se da Avaliação do Ciclo de Vida Social.

Na concepção de Koepffer (2008), o requisito mais importante para concretizar a equação (1) é seguir o mesmo modelo de Inventário do Ciclo de Vida (ICV), ou seja, o uso de ICV idêntico para os três componentes (econômico, ambiental e social).

Kloepffer (2008) descreve que a equação (1) se baseia em três avaliações (ACV, CCV e ACVS) separadas do ciclo de vida com limites de sistemas consistentes, idealmente idênticos e que a ponderação formal entre esses três pilares não deve ser realizada. A principal vantagem dessa abordagem é a transparência – sem pontos de sustentabilidade sem sentido; a atribuição de vantagens e desvantagens nas avaliações comparativas é clara, não existe nenhuma compensação entre os pilares.

“O CCV é relevante em uma avaliação de sustentabilidade?” Foi com essa indagação que Kloepffer e Ciroth (2011) iniciaram seus argumentos em resposta a Jorgensen, Hermann e Mortensen (2010), pois os referidos autores asseguraram que os aspectos ambientais e sociais são suficientes em uma ASCV. Os autores Kloepffer e Ciroth (2011) discordaram dessa afirmação, argumentando que a sustentabilidade possui três dimensões (ambiental, econômica

e social) em concordância com a bem aceita interpretação de três pilares da sustentabilidade, embora isso não seja declarado verbalmente no Relatório de Brundtland.

Kloepffer e Citroth (2011) argumentaram também que, na equação (1), o CCV se refere a uma avaliação econômica que seja consistente com a ACV, e o mesmo acontece com a ACVS.

No ano de 2008, Koepffer, além da equação (1), apresentou outra opção de análise da ASCV, que se refere a um novo ACV (incluindo CCV e ACVS como categorias de impacto adicionais na Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)). Nesta modalidade, o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) deve ser seguido por três avaliação de impacto, possivelmente levando ao mesmo conjunto de áreas de proteção. A vantagem desta opção é que existe apenas um modelo de ICV que deve ser definido no componente ‘Objetivo e Escopo’.

Apesar de haver duas opções de análise para da ASCV, segundo Kloepffer (2008), há um aspecto importante a ser considerado na segunda opção que se refere à compatibilidade com a Norma ISO 14.040. Utilizando como parâmetro as Normas ISO 14.040 e 14.044, do ano de 2006, o autor observou que na introdução desta norma a ACV aborda os aspectos ambientais e os seus possíveis impactos, e que geralmente não abarca os aspectos econômicos ou sociais de um produto. Assim, a alternativa de um só método baseado em um ICV comum foi descartada, em razão da sua incompatibilidade em relação às referidas normas citadas em 2006 (KLOEPFFER, 2008; KLOEPFFER; RENNEN, 2008).

Neste contexto, Kloepffer (2008) considera que a equação (1) é a mais adequada para tratar da ASCV e, portanto, é este o modelo adotado para a análise desta pesquisa.

Os próximos subtópicos expressam mais detalhes sobre cada componente da ASCV, iniciando pela ACV, passando pela CCV e finalizando com a ACVS.

### **2.3.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**

Este segmento exprime o histórico da ACV, suas principais definições, vantagens e limitações, expõe a metodologia adotada conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ISO 14.040/2014 e comenta sobre os *softwares* mais utilizados.

#### **2.3.1.1 Histórico**

No final dos anos de 1960 e início de 1970, surgiram os primeiros estudos conhecidos como “análise de energia” que requeriam a elaboração de fluxograma de processo com balanço de massa e de energia, dados sobre consumo de matérias primas, de combustíveis e de resíduos sólidos gerados, todos contabilizados automaticamente. Um dos primeiros trabalhos desse tipo,



aplicado à indústria química, foi exposto na Conferência Mundial de Energia, em 1969 (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002; OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Fullana e Puig (1997), o marco inicial da ACV ocorreu no ano de 1969, quando a companhia Coca-Cola encarregou um estudo (nunca publicado) ao Midwest Research Institute (MRI) com o intuito de comparar tipos de garrafas para determinar qual desses recipientes possuíam o menor consumo de recursos e uma menor quantidade de emissões. Este processo foi denominado naquele tempo como “análises de recursos e perfil ambiental”.

No que se refere ao ano de realização do estudo pela Coca-Cola, há divergência, pois, segundo os autores Chehebe (1997) e Mourad, Garcia e Vilhena (2002), o ano teria sido 1965. Após esse acontecimento, de acordo com Cherubini e Ribeiro (2015) e Guinée, Heijungs, Huppes *et al.* (2011), a metodologia usada nesse estudo de quantificação de recursos naturais e de índices de emissão tornou-se conhecida como Resource and Environmental Profile Analysis (REPA), que foi aprimorada, em 1974, pelo MRI durante a realização de um estudo desenvolvido para a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), sendo assim considerada, segundo Chehebe (1997), Mourad, Garcia e Vilhena (2002) e Oliveira (2017), a precursora da ACV.

Na concepção de Wolf (2014), as indústrias iniciaram a utilização da ferramenta ACV nos anos de 1980, com seus primeiros projetos principiados por volta de 1970, ocasião em que surgiram diversos estudos energéticos valorizando a eficiência de determinadas fontes de energia, motivados, fundamentalmente, pela crise do petróleo (FULLANA; PUIG, 1997).

Segundo Magrini (2004), nos anos de 1980, as políticas ambientais de quase todos os países do mundo ocidental se direcionavam para uma gestão preventiva com o desenvolvimento de técnicas e enfoques metodológicos, direcionados para a introdução da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um instrumento de prevenção e auxílio a tomada de decisão.

Na concepção de Mourad, Garcia e Vilhena (2002), nos anos de 1980, ocorreu a necessidade de se contabilizar as emissões para o ar e para a água, decorrente da crescente preocupação, principalmente, com o efeito estufa e a deterioração da camada de ozônio. Como a metodologia para analisar a geração desses poluentes é idêntica ao cálculo de consumo de energia, esta se ampliou para incorporar esses fatores, resultando, assim, em uma nova metodologia denominada ecobalço, ecoperfil, análise do berço ao túmulo ou avaliação do ciclo de vida (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

Em 1984, o EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research) publicou um relatório contendo uma ampla lista de dados necessários para realizar uma ACV. Nesse trabalho, também se estabeleceu a primeira metodologia de avaliação de impacto

ambiental (AIA), segregando as emissões para o ar das emissões para a água e os volumes em crítico de ar e crítico de água, conforme os padrões determinados (GUINÉE, HEIJUNGS, HUPPES *et al.*, 2011).

No ano de 1985, após a publicação da Norma Diretiva 85/339, pela Comunidade Econômica Europeia sobre embalagem para líquidos para consumo humano, estabelecendo que as empresas de bebidas deveriam monitorar o consumo de energia, recursos naturais e resíduos sólidos associados ao seu produto, pesquisadores e instituições na Europa e EUA incorporaram na metodologia de ACV as etapas da gestão de resíduo sólido urbano (pós-consumo) e de reciclagem de materiais (CHEHEBE, 1997).

De acordo com Chehebe (1997), foi nessa época que o Ministério de Meio Ambiente da Suíça (BUS), inspirado na metodologia REPA, contratou um estudo sobre materiais para embalagens, que chamou a atenção mundial, por introduzir um sistema de ponderação, conhecido como critérios de volume crítico, que usavam padrões de referência para a saúde humana a fim de agregar dados sobre impacto ambiental. Tanto esse procedimento quanto o banco de dados resultante vieram a ser posteriormente usados por outros estudos. Em 1991, os dados foram atualizados e desenvolvida nova versão para o primeiro *software* (Ökobase I e II).

Paralelamente aos estudos de caráter quantitativo, algumas outras análises qualitativas ocorreram, destacando-se o Produkt-Linien-Analyse – PLA (Projektgruppe Ökologische Wirtschaft, 1985), como foco mais ambicioso, incluindo parâmetros sociais e econômicos no modelo (CHEHEBE, 1997).

Na concepção de Chehebe (1997), a proliferação de estudos realizados com base em metodologias as mais diversas, as grandes discrepâncias observadas entre os resultados alcançados e os inconvenientes gerados justificaram a necessidade de uma padronização dos termos e critérios usados na Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos.

A primeira entidade que de forma sistematizada se preocupou com a padronização dos termos e critérios da ACV foi a Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), já envolvida com o tema desde 1994 (CHEHEBE, 1997; OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Cherubini e Ribeiro (2015), esse período também foi o de maior aprofundamento científico e de desenvolvimento de variadas metodologias, a saber, o Eco-indicador 95, o Eco-indicador 99, o Center of Environmental Science (CML) 1992 e o EDIP 97, além da utilização da ACV como ferramenta interdisciplinar.

Baseada nos seminários e publicações da SETAC e de algumas outras entidades, a ISO deu início, então, ao processo de elaboração das normas sobre ACV, dividindo o trabalho entre cinco grupos: WG1 – ISO 14.040 – Princípios Gerais e Procedimentos; WG2 – ISO 14.041 –

Inventário – Geral; WG3 – Inventário Específico; WG4 – ISO 14.042 – Avaliação de Impacto; WG5 – ISO 14.043 – Interpretação (CHEHEBE, 1997).

Essas normas ISO definem requisitos gerais para a condução de ACV e estabelecem critérios éticos para a divulgação dos resultados ao público. O objetivo dessas normas é fornecer às empresas instrumentos para a tomada de decisão, bem como a análise de opções sobre métodos de manufatura (CHEHEBE, 1997).

Em 2002, a United Nations Environmental Program (UNEP) e a SETAC realizaram uma parceria público-privada internacional, denominada Life Cycle Initiative, com o objetivo de permitir o uso global de conhecimento credível do ciclo de vida por tomadores de decisão públicos e privados (LIFE CYCLE INICIATIVE, 2019).

No setor de resíduos sólidos, foco no qual se aplica esta pesquisa, a ACV, de acordo com Curran (2006), foi um fator revigorante a partir de 1988, após a emergência dos problemas relacionados a sua gestão.

### 2.3.1.2 Definição

A Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) pioneira na elaboração de trabalhos de sistematização e padronização dos termos e critérios da ACV, a define como uma metodologia para avaliar os impactos ambientais relacionados com um produto, processo ou atividade por meio da identificação e quantificação da energia e materiais utilizados e dos resíduos e emissões liberados no ambiente; calcular o impacto destes no meio ambiente; e identificar e analisar oportunidade para melhorias ambientais efetivas. Essa avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto ou serviço, desde a extração da matéria-prima até sua disposição final, incluindo as etapas de produção, transporte e distribuição, uso, reutilização, manutenção e reciclagem (CONSOLI; ALLEN; BOUSTEAD *et al.*, 1993).

A ABNT NBR ISO 14.040:2014 define a ACV como uma técnica que avalia os aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto por meio: da compilação de um inventário de entradas e saídas referentes a um sistema de produto; a avaliação dos impactos ambientais potenciais relacionados a essas entradas e saídas; e a interpretação dos resultados das etapas de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos.

A ACV examina os aspectos ambientais e os impactos potenciais à extensão da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando pela produção, utilização e disposição, ou seja, desde o “berço ou túmulo”. São categorias gerais de impactos ambientais

que precisam ser levadas em consideração: o emprego de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas (ABNT NBR ISO 14.040:2014).

De acordo com Valt (2004), a ACV dos produtos consiste em balanços energéticos e materiais, desde a extração da matéria-prima até a destinação final, com o objetivo de conhecer melhor o produto e sua influência sobre o meio ambiente.

Segundo Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a ACV é uma técnica normatizada pela ISO 14.040, que contabiliza recursos usados e emissões geradas e avalia impactos ambientais potenciais.

Os autores supracitados também destacam que a ACV é “[...] capaz de avaliar o saldo ambiental de produtos e serviços de cada um dos ‘atores’ envolvidos nesse ciclo, auxiliando assim no processo de Gestão Ambiental Compartilhada”.

A ACV é utilizada para deduzir os impactos de variadas atividades, incluindo sistemas da gestão de resíduos que têm o ambiente, com a intenção de comparar quão diferentemente as configurações dos sistemas fornecidos variam (CLEARY, 2009; COVENTRY; TIZE; KARUNANITHI, 2016; EKVALL; ASSEFA; BJÖRKLUND *et al.*, 2007; FERNANDEZ-NAVA; RÍO; RODRÍGUEZ-IGLESIAS *et al.*, 2014; FINNVEDEN, 1999; LAURENT, BAKAS, CLAVREUL *et al.*, 2014; TURNER; WILLIAMS; KEMP, 2016).

Observa-se, com efeito, que a ACV é uma importante ferramenta para a gestão de resíduos sólidos, uma vez que a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (2010), em vários momentos, faz referência à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

Mourad, Garcia e Vilhena (2002) salientam que, embora a ACV tenha um caráter amplo por identificar e quantificar o uso e a transformação de recursos naturais e os impactos potenciais provenientes destas atividades, ela não constitui a técnica de gestão ambiental mais adequada em todas as situações, como, por exemplo, para avaliar os aspectos econômicos ou sociais envolvidos na produção de um produto ou na prestação de serviço. Neste sentido, a ACV é limitada a responder aos aspectos ambientais, razão por que ela deve ser integrada a outros instrumentos para um adequado gerenciamento ambiental (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

Na concepção de Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a ACV é uma metodologia importante porque, por seu intermédio, é possível:

- gerenciar os recursos naturais;
- identificar os pontos críticos de um determinado processo/produto;
- otimizar os sistemas de produtos;

- desenvolver novos serviços e produtos;
- otimizar sistemas de reciclagem para os distintos materiais; e
- definir parâmetros para a atribuição de rótulo ambiental a um determinado produto.

Malgrado ser uma ferramenta que oferece inúmeras vantagens, além de transparência dos métodos utilizados, os estudos de ACV requerem uma grande quantidade de dados e *softwares* nos quais, em grande parte, eles são economicamente custosos (OLIVEIRA, 2017).

### 2.3.1.3 Normatização da Avaliação do Ciclo de Vida – ISO 14.040

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) possui modelo ambiental internacionalmente padronizado. Suas duas características mais importantes são referentes a análise do “berço ao túmulo” e utilização de uma unidade funcional para estudos comparativos (KOEPFFER, 2008).

Segundo Valt (2004) e Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a maior contribuição para a padronização da ACV foi realizada pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), que realizou, de 1990 a 1993, nove conferências internacionais, reunindo pesquisadores especialistas na área. Essa diligência resultou na publicação, em 1993, do *SETAC Guidelines for Life Cycle Assessment: a Code of Practice*, que foi o primeiro documento direcionado à padronização da metodologia e que posteriormente veio orientar os trabalhos de normatização internacional da International Organization for Standardization (ISO), da qual se originou parte da série de normas ISO 14.000 relativas à ACV.

Os trabalhos de normatização internacional da metodologia ACV pela ISO 14.000 contou com a colaboração de cerca de 300 pesquisadores de 29 países, especialistas em ACV, que atuaram direta ou indiretamente na padronização (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

Assim, a ACV é composta por quatro normas que, juntas, compõem a série de normas da ISO 14.000 aplicadas à ACV. A primeira se refere à ISO 14.040: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, aprovada e publicada internacionalmente em 1997. Esta norma dispõe sobre os princípios básicos e os requisitos para a realização e divulgação dos resultados de estudos de ACV, abordando a definição dos principais termos, descrevendo os objetivos e aplicações da técnica, identificando e caracterizando as fases da ACV (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

As normas referentes à ACV estão sendo internalizadas no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mediante a atuação do CB-38 (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002). A Norma NBR ISO 14.040 foi publicada pela ABNT, em 2009, e teve sua versão corrigida em 2014.

A segunda norma da série é a ISO 14.041: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and inventory analysis, publicada internacionalmente em 1998. Ela descreve os requisitos para o estabelecimento do objetivo e a fronteira de um estudo de ACV, detalhando também as etapas de uma análise de inventário (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

A terceira norma da série consiste na ISO 14.042: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, publicada em 2000. Ela aborda os princípios gerais para a realização de avaliações de impacto, os componentes obrigatórios nestas avaliações, a escolha das categorias de impacto a serem estudadas e descreve as etapas de classificação (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

Finalmente, a quarta norma da série a ISO 14.043: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation. Esta norma dispõe sobre os requisitos e recomendações para interpretação dos resultados de uma análise de inventário ou avaliação de impacto. Descreve a identificação dos pontos relevantes do estudo, a avaliação da qualidade dos dados e a análise de sensibilidade (MOURAD, 2002).

Segundo Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a série também possui três relatórios técnicos, exemplificando a aplicação das normas relativas à ACV:

- ISO TR 14.047 – Illustrative examples on how to apply ISO 14.042 – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment (aprovada para publicação em 2001);
- ISO TR 14.048 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – LCA data documentation format (publicado em 2012); e
- ISO TR 14.049 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples for the application of ISO 14.041 to goal scope definition and inventory analysis. 2000.

#### *2.3.1.4 Fases da Avaliação do Ciclo Vida – ACV*

O estudo da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é dividido em quatro fases, segundo a NBR ISO 14.040:

- Definição de objetivo e escopo.
- Análise de inventário.
- Avaliação de impacto.
- Interpretação.

Essas fases são aplicáveis diretamente no desenvolvimento e melhoria do produto, no planejamento estratégico, na elaboração de políticas públicas, no *marketing*, entre outras (ABNT NBR ISO 14.040, 2014).

A etapa de definição de objetivo e escopo contempla o propósito da ACV, seus limites, unidade funcional e definição dos requisitos de qualidade; na análise do inventário são contabilizadas todas as entradas e saídas do sistema, analisado por meio de coleta de dados como aquisição de matérias-primas e energia, manufaturas e transportes; na avaliação de impacto, utiliza-se a classificação (saúde ambiental, saúde humana e exaustão dos recursos naturais), assim como a caracterização e valoração dos impactos; e, por fim, tem-se a interpretação, que é a identificação dos principais problemas, avaliação e análise de sensibilidade e conclusões (CHEHEBE, 1997).

#### Definição do objetivo e escopo

Esta fase corresponde ao planejamento do estudo. O objetivo deve ser claramente definido, pois dele dependerá todo o projeto (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

O objetivo de um estudo de ACV deve declarar sem equívocos a aplicação pretendida, as motivações para conduzir o estudo e o público-alvo, ou seja, para quem objetiva comunicar os resultados do estudo (ABNT NBR ISO 14.040:2014).

Segundo Chehebe (1997), na definição do objetivo é importante estabelecer o que se pretende, se é a comparação de produtos ou somente o estabelecimento de uma relação com um padrão como no selo verde; se existe a finalidade de se promover alguma melhoria ambiental em um certo produto ou projetar um produto completamente novo; ou se simplesmente objetiva-se obter mais informações sobre seu produto.

No escopo será definido que processos ou atividades serão incluídos ou excluídos do sistema de análise, relativos aos quais serão coletados os dados (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

De acordo com Chehebe (1997), o escopo se refere à aplicabilidade geográfica, técnica e histórica do estudo, ou seja, de onde os dados virão, como atualizar o estudo, como a informação será manuseada e onde os resultados serão aplicados.

Segundo as orientações da ABNT NBR ISO 14.040: 2014, a definição do escopo de um estudo de ACV devem considerar os seguintes itens:

- As funções do sistema de produto ou, no caso de análises comparativas, dos sistemas.
- A unidade funcional, que será detalhada nos próximos parágrafos.
- O sistema de produto a ser examinado.

- As fronteiras do sistema que são as interfaces de um sistema de produto e o meio ambiente ou outros sistemas de produto.
- Procedimentos de alocação (repartição dos fluxos de entrada ou de saída de uma unidade de processo no sistema de produto sob análise).
- Tipos de impacto e metodologia de análise de impacto e interpretação subsequente a ser utilizada.
- Requisitos dos dados.
- Suposições.
- Limitações.
- Requisitos da qualidade dos dados iniciais.
- Tipo de análise crítica, quando aplicável.
- Tipo e formato do relatório requerido.

Na fase de definição do objetivo e escopo, a referida norma brasileira orienta que o escopo pode ser alterado enquanto o estudo estiver sendo conduzido, quando informações adicionais forem coletadas.

De modo simplificado, a norma NBR ISO 14.040:2014 estabelece que o conteúdo mínimo do escopo (fronteira) de um estudo de ACV deve referir-se às suas três dimensões: onde iniciar e parar o estudo do ciclo de vida, quantos e quais subsistemas incluir e o nível de detalhes do estudo (CHEHEBE, 1997).

Os limites do sistema determinam quais unidades de processos devem ser inseridas na ACV e são, normalmente, apresentados em fluxogramas que expõem a principal ordem sequencial do sistema do produto em estudo (CHEHEBE, 1997).

Conforme foi visto, a definição da unidade funcional é parte constituinte da elaboração do escopo. De acordo com Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a unidade funcional utiliza uma referência na qual as entradas e saídas do sistema serão relacionadas.

A norma brasileira ABNT ISO 14.040:2014 define unidade funcional como o “[...] desempenho quantificado de um sistema de produto para uso como unidade de referência num estudo de avaliação do ciclo de vida”. Ou seja, é uma unidade quantificável que serve para ser utilizada como referência para inserir os dados de entradas (materiais ou energias que entram em uma unidade do processo) e saídas (materiais ou energias que saem de uma unidade do processo) do sistema. Por exemplo, na ACV de um carro, a unidade funcional pode ser um carro ou a quilometragem rodada do veículo.



Essa referência (unidade funcional) é importante para assegurar a comparabilidade de resultados da ACV. A comparabilidade de resultados da ACV deve ser particularmente crítica quando não for realizada numa base comum, ou seja, quando não for empregada a mesma unidade funcional (ABNT NBR ISO 14.040:2014).

Também é fundamental informar quem está realizando o estudo e a quem se destina. Deve-se informar, também, se o estudo se destina somente à utilização dentro da empresa ou se os resultados serão tornados públicos para o governo, consumidores, organizações ou *marketing* (CHEHEBE, 1997).

### Análise de Inventário

Após o objetivo e o escopo do estudo serem estabelecidos, a próxima fase da ACV é o Inventário. O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de um produto ou serviço refere-se à coleta de dados e aos procedimentos de cálculos. Dessa maneira, o inventário é semelhante a um balanço contábil-financeiro, só que medido em termos energéticos ou de massa. O total do que entra no sistema em estudo deve ser igual ao que sai (CHEHEBE, 1997).

De acordo com a ABNT NBR ISO 14.040:2014, a análise do inventário envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo com o objetivo de quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Estas entradas e saídas podem incluir a utilização de recursos e emissões no ar, na água e no solo relacionados com o sistema. Podem ser realizadas interpretações destes dados, dependendo dos objetivos e do escopo da ACV. Estes dados também constituem a entrada para a avaliação do impacto do ciclo de vida.

O processo de condução de uma análise do inventário é iterativo, isto quer dizer que, pode ser modificada à medida que novos dados são inseridos. Às vezes, podem ser identificadas questões que requeiram revisões de objetivo ou do escopo do estudo (ABNT NBR ISO 14.040:2014).

Na concepção de Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a fase de análise de inventário contempla o levantamento, a compilação e a quantificação das entradas e saídas de um determinado sistema em termos de energia, recursos naturais e emissões para água, ar e solo, considerando as categorias de impacto e as fronteiras definidas, com resultados ponderados pela unidade funcional.

Os dados quantitativos e qualitativos para a inserção no inventário devem ser coletados para cada unidade de processo que esteja inserida nas fronteiras do sistema. Os procedimentos utilizados para a coleta de dados variam, dependendo do escopo, da unidade de processo ou da aplicação pretendida para o estudo. A coleta de dados é primária (coleta direta) e/ou secundária

(bancos de dados, artigos etc.) (OLIVEIRA, 2017) e é um processo de intensiva demanda de recursos. Convém que restrições práticas à coleta de dados sejam consideradas no escopo e relatadas no relatório do estudo (ABNT NBR ISO 14.040:2014; CHEHEBE, 1997).

De acordo com Chehebe (1997), algumas vezes cálculos teóricos e consumos reais melhoram a qualidade dos dados, no entanto, esses cálculos teóricos e estimativas são conducentes a erros grosseiros, fazendo-se necessária uma análise de sensibilidade.

No que se refere aos procedimentos de cálculo, a ABNT NBR ISO 14.040:2014 destaca:

- procedimentos de alocação são imperativos quando se lida com sistemas que envolvem produtos múltiplos (a saber, produtos múltiplos do refino de petróleo). Os fluxos de materiais e de energia, assim como as liberações ao ambiente associadas, devem ser alocados aos distintos produtos, seguindo os procedimentos claramente estabelecidos, que devem ser documentados e justificados.
- É conveniente que o cálculo do fluxo de energia leve em consideração os variados combustíveis e fontes de eletricidade utilizados, a eficiência de conversão e distribuição do fluxo de energia, bem como as entradas e saídas relacionadas com a geração e o uso daquele fluxo de energia.

No inventário do ciclo de vida existem dois princípios que são utilizados nas práticas de ACV para modelar o ICV: o atribucional e consequencial.

Esses dois modelos estão descritos no International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook (ILCD, 2010b):

- Modelo atribucional retrata a cadeia de produtos real, incluindo os usos e destinos finais. Este modelo expressa os potenciais impactos ambientais que podem ser atribuídos a um sistema durante seu ciclo de vida, faz uso de dados históricos e medidos com incertezas conhecidas, e inclui todos os processos, o que contribui para o sistema em estudo. Desse modo, representa o sistema no momento atual da realização do estudo.
- Modelo consequencial representa uma cadeia genérica que é a teoricamente esperada em consequência da decisão analisada. Seu objetivo é identificar as consequências que mudanças no primeiro plano do sistema tenham em outros processos e sistemas da economia, tanto no segundo plano como em outros sistemas. Ou seja, não reflete a cadeia atual ou prevista, mas uma cadeia hipotética que é modelada e prognosticada junto a mecanismos de mercado, interações políticas e comportamento do consumidor.

## Avaliação de Impacto Ambiental

A avaliação de impacto é a fase em que se busca compreender e avaliar a intensidade e o significado das modificações potenciais sobre o meio ambiente relacionadas ao consumo de recursos naturais, de energia e da emissão de substâncias, relativas ao ciclo de vida do produto estudado (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14.040:2014, esta avaliação pode incluir o processo iterativo de análise crítica do objetivo e escopo do estudo da ACV.

Segundo a ABNT NBR ISO 14.040:2014, a fase de avaliação de impacto inclui três etapas - classificação, caracterização e ponderação – bem descritas a seguir.

- Classificação: correlação de dados de inventário, por categoria de impacto.
- Caracterização: modelagem dos dados de inventário dentro das categorias de impacto.
- Ponderação: possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos.

Para Mourad, Garcia e Vilhena (2002), a classificação e a caracterização correspondem às etapas científicas, enquanto a ponderação inclui julgamentos subjetivos, políticos ou normativos.

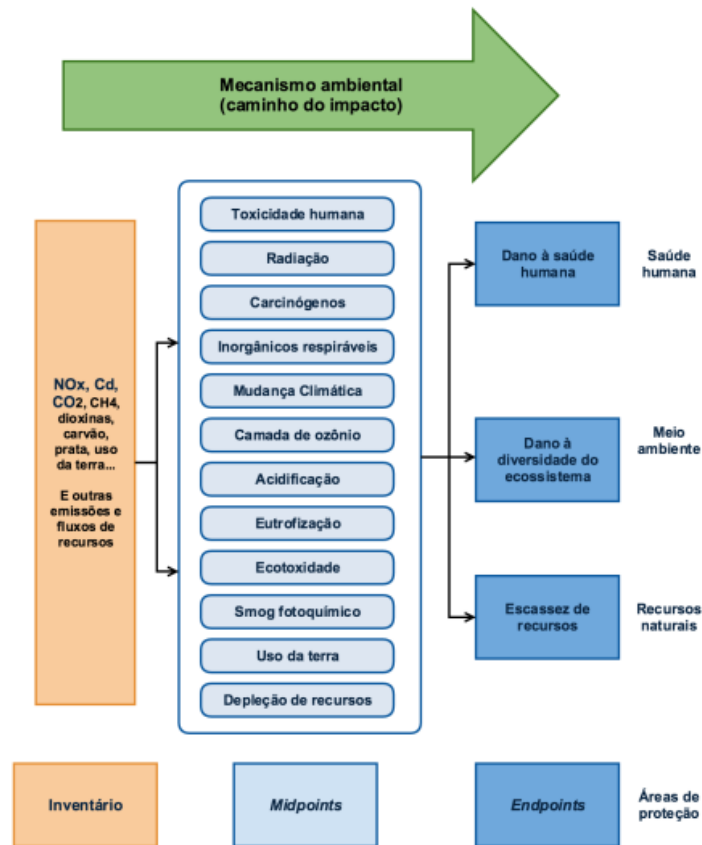
A classificação relaciona cada parâmetro do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) a uma das categorias de impacto, que podem ser efeito estufa, acidificação, eutrofização etc. (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

A normalização separa os métodos de avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) em categorias *midpoint* e *endpoint*. A primeira avalia os impactos ambientais em nível de cadeias de causa e efeito e, geralmente, possuem mais categorias de impacto e os resultados mais precisos se comparados às poucas categorias de *endpoint* (OLIVEIRA, 2017).

As categorias de impacto *midpoint* são: mudanças climáticas, redução da camada de ozônio (estratosférico), toxicidade humana, inorgânicos inaláveis, radiação ionizante, formação de ozônio fotoquímico, acidificação (meio terrestre e aquático), eutrofização (meio terrestre e aquático), ecotoxicidade, uso da terra e esgotamento de recursos (minerais, fósseis e de energia renovável, meio aquático) (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Oliveira (2017), as categorias de impacto *endpoint* incluem: saúde humana, meio ambiente e recursos naturais (Figura 1).

Figura 1 – Diferença entre métodos de AICV midpoint e endpoint



Fonte: Oliveira, 2017.

A caracterização situa em uma mesma base distintos parâmetros que colaboram para uma mesma categoria de impacto, levando em consideração o efeito relativo de cada um. Por exemplo: todas as substâncias que contribuem para o efeito estufa são somadas na base de massa de CO<sub>2</sub> equivalente, que é uma grandeza calculada a partir do potencial de aquecimento global, parâmetro este já consolidado pela comunidade científica internacional (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

No que se refere a ponderação, Mourad, Garcia e Vilhena (2002) descrevem como as categorias de impacto são somadas entre si, segundo uma escala de importância para o meio ambiente previamente definida, procurando-se indicador único de desempenho ambiental para o produto ou serviço.

De acordo com a ABNT NBR ISO 14.040:2014, não há nenhuma metodologia aceita de maneira geral para a agregação consistente e precisa de dados de inventário com impactos potenciais específicos. Acrescenta, ainda, que existem subjetividades na fase de avaliação de impacto do ciclo de vida, tais como: seleção, modelagem e avaliação de categorias de impacto. Logo, a “[...] transparência é crítica na avaliação de impacto para assegurar que as suposições sejam claramente descritas e relatadas”. (ABNT NBR ISO 14.040:2014).

Mourad, Garcia e Vilhena (2002) descrevem as principais categorias de impacto identificadas nesta fase, conforme vêm à frente.

- Consumo de recursos naturais, que enfoca na utilização da água e na extração de recursos naturais para consumo como fonte de energia e como matéria-prima de processos industriais.
- Consumo de energia está associado ao requerimento de recursos naturais e a variadas emissões para o ar e para a água.
- Efeito estufa é constituído de gases que permitem a passagem de radiação solar e absorvem grande parte do calor emitido pela superfície aquecida da Terra; o que vem preocupando a sociedade é a intensificação deste fenômeno decorrente da ação antrópica que traz consequências para o clima do Planeta.
- Acidificação ocorre quando substâncias emitidas para o ar, como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), são dissolvidas na água da chuva e combinam-se com outros elementos, constituindo ácidos, que, ao atingirem a superfície terrestre, modificam a composição química do solo e das águas.
- Toxicidade humana advém da emissão no ar, na água ou no solo de substâncias, consideradas tóxicas, que provocam problemas à saúde humana quando ingeridas ou inaladas.
- Ecotoxicidade advém da emissão no ar, na água ou no solo de substâncias tóxicas que tem efeito negativo sobre a flora ou a fauna.
- Nutrificação e eutrofização consistem na adição de nutriente ao solo ou à água, respectivamente, levando a um aumento da produção de biomassa na água (crescimento de microrganismos). Como consequência, ocorre a redução de oxigênio dissolvido na água, afetando a fauna e a flora aquáticas.
- Fumaça fotoquímica oxidante é o nevoeiro provocado pela reação entre óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e substâncias orgânicas voláteis sob a ação de raios ultravioletas, produzindo compostos oxidantes fotoquímicos.
- Redução da camada de ozônio. A diminuição desta camada permite que a radiação ultravioleta chegue à Terra com maior intensidade.

De acordo com Chehebe (1997), os requisitos e critérios para a escolha e definição das categorias são:

- sempre que possível, as categorias devem ser definidas com base no conhecimento científico;

- todas as categorias devem ser definidas de modo claro e transparente;
- as categorias devem explicitar o(s) foco(s) do(s) problema(s) ambiental(is) em estudo, representando tanto as preocupações do estudo quanto os efeitos cientificamente observáveis sobre recursos, ambiente natural ou saúde humana;
- preferencialmente, todos os parâmetros do inventário para uma determinada categoria deveriam estar relacionados por um mecanismo comum e homogêneo ao foco da preocupação ambiental; e
- as categorias devem possibilitar a clara identificação dos dados apropriados a serem coletados do inventário e que levam em consideração o objetivo da preocupação ambiental.

Em síntese, tem-se as seguintes atividades desenvolvidas na fase de Avaliação de Impacto, segundo Chehebe (1997):

- as substâncias provenientes do inventário são grupadas de acordo com as categorias selecionadas;
- os fatores de caracterização para essas substâncias são determinados;
- as quantidades de cada substância são multiplicadas pelos fatores de caracterização;
- são os resultados dessas multiplicações somados por categoria; e,
- se necessário, os resultados são normalizados.

Algumas das principais metodologias empregadas nessa fase são descritas a seguir.

O Eco-indicador 99 é uma versão reestruturada do seu modelo anterior Eco-indicador 95. Desenvolvido na Holanda, esse método de avaliação de impacto é *endpoint*, direcionado ao dano, sendo a cadeia de causa-efeito do ciclo de vida modelada até seus *endpoints*, classificados em três classes de danos: saúde humana, qualidade do ecossistema e recursos (GOEDKOOPT; SPRIENSMA, 2001).

Os fatores de normalização do método Eco-indicador 99 foram estabelecidos para a Europa. Em 2016, foi considerado um método ultrapassado, e seu uso não é mais recomendado (PRÉ CONSULTANTS, 2019).

A Environmental Priority Strategies in Product Design (EPS) 2000 é uma atualização da versão de 1996, e é método desenvolvido, principalmente, para servir como ferramenta de desenvolvimento de produtos a serem utilizados internamente nas companhias (OLIVEIRA, 2017).

Esse método tem abordagem *endpoint* e é um sistema que usa a disponibilidade a pagar para restaurar danos como medida monetária. O indicador utilizado é Unidade de Carga Ambiental (UCA) que insere caracterização, normalização e ponderação (OLIVEIRA, 2017).

O método EPS 2000 apresenta cinco categorias de impacto: saúde humana, capacidade produtiva do ecossistema, estoque de recursos abióticos, biodiversidade e valores culturais e recreativos (OLIVEIRA, 2017).

O Center of Environmental Sciences (CML) Impact Assessment (IA) 2001 é composto por um grupo de cientistas do Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, na Holanda. Esse método diferencia as abordagens *midpoint* – orientadas ao problema, e *endpoint* (direcionadas ao dano). Suas categorias de impacto *midpoint* são as mesmas dos métodos citados anteriormente - Eco-indicador 99 e o EPS 2000 (OLIVEIRA, 2017).

Nesse método os fatores de normalização para uma dada categoria de impacto e região são obtidos por meio da multiplicação dos fatores de caracterização pelas respectivas emissões. O resultado desses produtos em cada categoria de impacto fornece o fator de normalização. Para seguir dos resultados caracterizados aos normalizados, deve-se dividir os fatores de caracterização de normalização (PRÉ CONSULTANTS, 2019).

O método IMPACT 2002+ foi desenvolvido na Suíça pelo Instituto de Tecnologia Federal. Ele associa abordagens *midpoints* em catorze categorias de impactos às abordagens *endpoints* em quatro. Usa métodos próprios, assim como aqueles provenientes de outras metodologias, como o IPCC, Center of Environmental Science (CML) e Eco-indicador 99 (JOLLIET; MARGNI; CHARLES *et al*, 2003).

Em 2016, esse método denotou fatores de caracterização para 1.500 resultados de inventários de ciclo de vida (PRÉ CONSULTANTS, 2019).

O ReCiPe 2008 é um método combinado entre abordagens *midpoint* e *endpoint* para categorias de AICV, fornecendo resultados direcionados tanto para problemas quanto para danos (OLIVEIRA, 2017).

No ReCiPe, são calculados dezoito indicadores *midpoint*, mas também são calculados três indicadores *endpoint* (danos à saúde humana, danos ao ecossistema e disponibilidade de recursos), que são muito mais incertos pelo fato de serem muitos *midpoints* e seus significados serem abstratos (GOEDKOOPE; HEIJUNGS; HUIJBREGTS *et al*, 2013; PRÉ CONSULTANTS, 2019).

O Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2013) é uma versão atualizada do IPCC (2007). Esse método lista os fatores de mudanças climáticas do Relatório

IPCC em uma janela de tempo de 20 a 100 anos. Normalização e ponderação não fazem parte desse método (PRÉ CONSULTANTS, 2019).

Assim, por intermédio desses procedimentos, obtém-se o perfil ambiental do sistema.

### Interpretação

Nesta fase, os resultados da Análise de Inventário e/ou da Avaliação de Impacto são relacionados ao objetivo e ao escopo do estudo para chegar às conclusões e recomendações (MOURAD; GARCIA; VILHENA, 2002).

As verificações dessa interpretação assumem o formato de conclusões e recomendações aos tomadores de decisão, assim como as outras etapas podem ser iterativas quanto ao objetivo e escopo da ACV (ABNT NBR ISO 14.040:2014).

A fim de possibilitar que os objetivos e o escopo sejam atingidos, de acordo com Mourad, Garcia e Vilhena (2002), se faz necessário que os dados usados no estudo tenham qualidade, analisando criticamente quanto ao período, área geográfica e tecnologias cobertas, precisão, completeza, consistência e representatividade dos métodos utilizados ao longo da ACV, fontes de dados e sua representatividade e incerteza da informação.

Desse modo, Mourad, Garcia e Vilhena (2002) expressam que as conclusões de uma ACV objetivam indicar melhorias ambientais por meio de:

- identificação, avaliação e seleção das opções, visando a melhorias ambientais;
- identificação de pontos críticos do ciclo de vida que necessitam ser aperfeiçoados pela avaliação da análise de inventário; e
- estimativas dos ganhos ambientais que podem ser provenientes das ações de melhoria sugeridas.

#### 2.3.1.5 Softwares e Banco de Dados

A realização de uma avaliação do ciclo de vida (ACV) necessita de uma grande quantidade de dados, e sua manipulação é um processo árduo e que requer tempo. A fim de facilitar esse trabalho, alguns *softwares* foram desenvolvidos, inclusive muitos deles já possuem bancos de dados e métodos de avaliação de impacto associados em suas plataformas (OLIVEIRA, 2017). Os *softwares* mais usados são SimaPro, GaBi, Umberto e openLCA, descritos a seguir.

O SimaPro é um *software* holandês desenvolvido pela empresa PRé Consultants que surgiu há 30 anos com o objetivo de tornar a sustentabilidade mais baseada em fatos (SIMAPRO, 2020).



Esse *software* permite modelar e analisar ciclos de vida complexos de maneira sistemática e transparente; avaliar o impacto ambiental de seus produtos e serviços em todas as etapas do ciclo de vida; e identificar os pontos de acesso em todos os elos da sua cadeia de suprimentos, da extração de matérias-primas à fabricação, distribuição, uso e descarte (SIMAPRO, 2020).

O SimaPro dispõe de dois modelos de licença: educacionais (Faculty, Analyst ou PhD) ou comerciais (Compact, Analyst ou Developer) e podem ser para um ou múltiplos usuários (OLIVEIRA, 2017).

O SimaPro é *software* de ACV mais utilizado no mundo e desenvolveu os métodos de avaliação de impacto ambiental amplamente reconhecidos e aplicados ReCiPe e Eco-Indicator 99 (SIMAPRO, 2020).

Os bancos de dados associados ao SimaPro são Ecoinvent, Agri-Footprint, USLCI, European Life Cycle Database (ELCD), EU & DK Input Output Database, Swiss Input Output Database e Industry Data 2.0 (SIMAPRO FACULTY 9.0.0.49, 2020).

Os métodos de avaliação de impacto disponíveis para uso no SimaPro Faculty 9.0.0.49 (2020) são: ReCiPe (*midpoint* e *endpoint*), IPCC 2013, CML-IA (*baseline* e *non-baseline*), Traci 2.1, BEES+, EDIP 2003, Ecological Scarcity 2006, Greenhouse Gas Protocol, Ecological Footprint, Eco-indicator 99, Impact 2002+, EPS 2015d, EPD 2018 e Cumulative Energy and Exergy Demand, entre outros.

O GaBi é um *software* desenvolvido pela PE International, sendo o único que possui um banco de dados próprio (OLIVEIRA, 2017). Suas versões são GaBi ts, GaBi DfX, GaBi Syndication Server, GaBi Envision e LCA Hub. Os bancos de dados desse *software* são: GaBi Data Search, GaBi Databases, Ecoinvent, U. S. LCI datases, EF Database v 2.0, Data on demand e Data Insights (GABI, 2019).

O *software* Umberto foi desenvolvido na Alemanha pelo Instituto Ifu Hamburg. As versões disponíveis para a ACV desse programa são: NXT CO<sub>2</sub> (pegada de carbono), NXT LCA (avaliação de ciclo de vida), NXT Universal (sustentabilidade e produtividade); e para eficiência: NXT Efficiency (processos de produtos) e NXT MFCA (eficiência de materiais). As bases de dados Ecoinvent e GaBi (opcional) já estão incluídas nas versões NXT LCA e NXT Universal (OLIVEIRA, 2017).

Dos *softwares* citados, o OpenLCA é o único gratuito e foi desenvolvido pela empresa alemã GreenDelta, com o objetivo de avaliar a sustentabilidade e a ACV. Associada a esse programa, encontra-se uma rede chamada openLCA nexus, que contém bases de dados que

podem ser acessadas gratuitamente, tais como o USDA, Bioenergiedat, o ELCD e o Needs; ou pagas, tais como o Ecoinvent e o GaBi database (OLIVEIRA, 2017).

A GreenDelta também desenvolveu uma ferramenta de conversão de formatos denominada OpenLCA Format Converter (CIROTH; FRANZE, 2011).

Concluídas as descrições da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), será dada continuidade ao tema Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV), abordando os principais assuntos sobre Custo do Ciclo de Vida (CCV), mais bem detalhada no próximo tópico.

### 2.3.2 *Custo do Ciclo de Vida (CCV)*

Esse subtópico destaca o histórico do CCV, suas principais definições, expõe os modelos e métodos mais utilizados, detalhando a Norma ISO 15.686-5:2008 (com versão atualizada em 2017) e o método desenvolvido por Davis Langdon (2007a), relatando todas as suas fases. Apresenta-se, também aqui, a aplicabilidade dessa ferramenta aos resíduos sólidos, realizada por Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018).

#### 2.3.2.1 *Histórico*

De acordo com Pereira (2009), os pioneiros na realização estudos de Custo do Ciclo de Vida (CCV) de produtos foram os Estados Unidos, em 1965 (OKANO, 2001), inicialmente, dentro da área militar, destacando-se no importante papel do U.S. Department of Defense, órgão responsável pela aplicação do CCV a todos os novos sistemas de armamento.

Depois disto, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos publicou três manuais referentes ao CCV, no início dos anos de 1970. A partir de então, iniciaram-se muitas publicações relativas à teoria e à prática do CCV (MATOS, 2016).

Embora o conceito de CCV estivesse bem definido, o uso dessa ferramenta ainda estava restrito às forças armadas até o final dos anos de 1970 (KAWAUCHI; RAUSAND, 1999), conforme corrobora Matos (2016).

Por volta de 1979, o U.S. D.O.E (Departamento de Energia dos EEUU) estabeleceu padrões de eficiência energética dos eletrodomésticos no País baseados na análise do CCV (WIEL; MCMAHON, 2005). Somente nos anos de 1980, porém, sua utilização, definitivamente, se iniciou fora da fronteira militar, vindo a surgir diversas literaturas com metodologias ao apoio à decisão (MARQUES, 2009).

De 1980 a 1995, foi desenvolvido e aperfeiçoado um guia denominado de *Life-Cycle Costing Manual*, na perspectiva de promover a técnica, especialmente, nos projetos de

conservação de energia em edifícios federais nos Estados Unidos. Esse guia se tornou importante apoio para aplicação de forma fácil e acessível a um público multidisciplinar (PEREIRA, 2009).

Ao largo do tempo, essa ferramenta ganhou flexibilidade, surgindo diversas áreas de aplicação, como setor energético (NAKAMURA; KONDO, 2006; NUGRAHA; ARIFIANTO; SINISUKA, 2014; SONI; SING; BANWET, 2016), setor de construção (DWAIKAT; ALI, 2018; KONG; FRANGOPOL, 2004); indústrias (YULING; YANG; FANGYI *et al.*, 2009); mineração (BALABA; IBRAHIM, 2011), plantas químicas e petroquímicas (MÁRQUEZ; FERNÁNDEZ; MARQUEZ *et al.*, 2010), resíduos (REICH, 2005; RICCI, 2003; LARSEN; MERRILD; MØLLER *et al.*, 2010; SOUSA; DIAS-FERREIRA; VAZ *et al.*, 2018).

### 2.3.2.2 Definição

O Custo do Ciclo de Vida (CCV) resume todos os custos associados ao ciclo de vida de um produto, que engloba fornecedores, produtores, usuários/consumidores e os envolvidos no fim de vida dos produtos; esses custos devem ser sobrepostos, a fim de evitar sobrepor o fluxo de dinheiro entre a ACV ambiental e o CCV (O'BRIEN; DOIG; CLIFT, 1996).

De acordo com Ciroth e Franze (2009), Custo do Ciclo de Vida (CCV) é uma avaliação de todos os custos referentes a um produto ou serviço, considerando desde a sua produção até o seu descarte. O CCV possui uma longa tradição na indústria, especialmente para produtos com vida útil longa e/ou que têm altos custos de manutenção, uso ou descarte. A motivação para realizá-lo vêm do usuário e do produtor desses produtos.

O CCV ambiental, assim chamado por Kloepffer (2008), deve ser realizado sobre a mesma base análoga da ACV, incluindo a definição de uma unidade funcional e temporalidade (CIROTH; FRANZE, 2009; REICH, 2005) e limites do sistema semelhante em ACV e CCV.

Na concepção de Ciroth e Franze (2009), o ciclo de vida e os limites do sistema necessitam ser equivalentes, porém não necessariamente o mesmo, já que processos diferentes podem ter relevâncias distintas para o meio ambiente e para o custo. Para exemplificar, os autores citam que a pesquisa e o desenvolvimento, raramente, serão considerados em uma ACV, contudo são comumente levados em consideração no CCV.

O ideal seria que a utilização do CCV fosse usada juntamente com a ACV, no entanto, o CCV também pode ser aplicado de maneira independente ou isoladamente, e o mesmo é válido para as outras avaliações do ciclo de vida (KLOEPFFER, 2008).

O Custo do Ciclo de Vida (CCV) é definido por Pereira (2009) como um método de cálculo correspondente à totalidade dos custos inerentes ao uso de um produto ou à exploração

de um projeto, durante toda a vida desse produto ou projeto. A soma desses custos incluirá, assim, todos os valores referentes, normalmente, a custos de projeto, aquisição, manutenção, renovação, energia, reciclagem etc. Essa ferramenta da gestão é recomendada quando se quer minimizar o desperdício e otimizar a rentabilidade do objeto em análise (equipamento, máquina, edifício etc.).

De acordo com Pereira (2009), a avaliação do Custo do Ciclo de Vida (CCV) pressupõe na maioria dos casos na análise de quatro importantes fatores, conforme estão na sequência.

- Energia – os custos de energia que o bem ou serviço terão à extensão de sua vida útil deverão ser levados em consideração, devido a importância que eles têm no balanço final dos custos.
- Vida Útil – quanto maior a duração da vida útil de um bem ou serviço, maior será a importância desta análise, porque maior será a probabilidade de se produzirem mais custos de manutenção ou energia, por exemplo.
- Eficiência – um bem ou serviço estar, ou não, a ser utilizado ou gerenciado de modo eficiente, não ocorrendo desperdícios, é também um fator a ser considerado na análise do CCV.
- Investimento – quanto maior for o investimento inicial, mais relevante será a análise do CCV.

Embora o CCV permita realizar comparações de custos entre distintas situações de investimentos, entre vários projetos e especificações, a sua avaliação e utilização ainda são muito limitadas, pois é um processo visto como moroso e complicado (LANGDON, 2006b e 2007c).

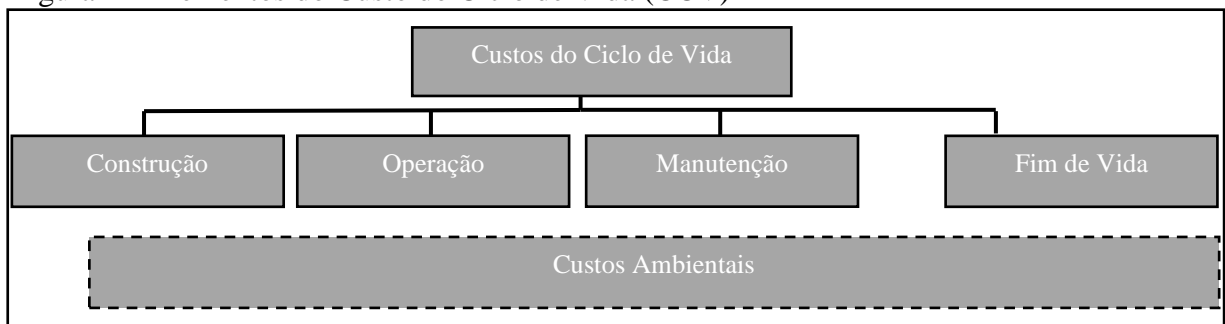
Apesar de haver diretrizes próprias para o CCV em alguns países, como Reino Unido e Alemanha, na Europa, ainda não existe nenhum tipo de legislação específica que requeira a tomada de decisão, considerando os Custos do Ciclo de Vida (CCV) – embora, em 2014, a diretiva comunitária europeia tenha recomendado a avaliação da proposta economicamente mais vantajosa ser com base no CCV em detrimento do custo de investimento (DIRETIVA 2014/24/EU).

Malgrado o CCV não possuir legislação específica, ele é normatizado pela ISO 15.686-5:2008, revisada em 2017, norma de referência atual sobre o tema, que surge com o objetivo de estabelecer uma terminologia e uma metodologia adequadas para tratar do CCV aplicado a edifícios.

De acordo com a Norma ISO 15.686-5:2008, CCV é uma ferramenta valiosa que objetiva prever e avaliar o desempenho de custo dos ativos constituídos ao largo de sua vida, cumprindo os requisitos de desempenho. Segundo Langdon (2006b, 2007a), o CCV de um ativo é o custo que considera todos os seus gastos, desde a elaboração de um projeto e sua construção, até o seu fim de vida, passando pelos custos da fase de operação, derivados de manutenção e eventuais intervenções de reabilitação.

A norma ISO 15.686-5:2008 define custos de operação como aqueles provenientes do funcionamento e da gestão de uma edificação, incluindo os custos administrativos. Já os custos de manutenção constituem todos aqueles relativos a trabalhos e material, ou outro qualquer relacionado, com o objetivo de manter um edifício, ou as suas partes, num estado no qual consiga corresponder às funções que lhe são requeridas. No que se refere aos custos de fim de vida, consistem naqueles associados a descartar ou eliminar um ativo no final de sua vida útil ou período de interesse, segundo a norma citada, conforme se observa na Figura 2.

Figura 2 – Elementos do Custo do Ciclo de Vida (CCV)



Fonte: Adaptada da ISO 15.686-5:2008.

Observa-se na Figura 2 que também compõe os Custos do Ciclo de Vida aqueles referentes aos custos dos impactos ambientais, que não ocorrem em nenhuma fase específica do ciclo de vida, mas são transversais a todas elas.

### 2.3.2.3 Modelos e métodos

De acordo com Matos (2016), por variados motivos, é difícil a existência de uma metodologia genérica universal de aplicação direta a cada caso específico. Isso decorre, entre outros aspectos, das distintas finalidades e intenções de quem está realizando a análise, sendo difícil abranger a avaliação de um ativo à aplicação de única metodologia diretamente.

Por este motivo, serão expressas neste subtópico algumas abordagens utilizadas, entre as quais a ISO 15.686-5:2017 e o método proposto pela consultora Davis Langdon em 2007.

No que se refere à aplicação desta ferramenta de CCV para a avaliação da gestão de resíduos sólidos, Allesch e Brunner (2014), analisando 151 estudos, mencionaram dois trabalhos sobre o tema: o de Langdon (2007a), intitulado *Final Guidance - Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction – Guidance on the use of the LCC Methodology and its application in public procurement*, citado anteriormente, e o de Reich (2005) *Economic assessment of municipal waste management systems—case studies using a combination of life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC)*. Justificam, assim, a importância de realizar uma abordagem mais detalhada da metodologia de Langdon (2007a).

Além destes autores, também se menciona a pesquisa realizada por Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018), que ajustou a metodologia da análise de CCV dos edifícios, detalhada na ISO 15.686-5:2008, aos ativos físicos (veículos e contêineres) dos serviços de coleta de resíduos em Cascais, Portugal.

Como não existe um padrão ou guia para executar o CCV em serviços de coleta de resíduos sólidos, os autores Reich (2005) e Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018) basearam suas metodologias em dois documentos na ISO 15.685-5: 2008 e em Langdon (2007). Para tanto, esses dois documentos são mais bem detalhados nos próximos subtópicos.

#### 2.3.2.4 Normalização do Custo do Ciclo de Vida – ISO 15.686-5:2008

A ISO 15.686-5:2008 fornece requisitos e diretrizes para a elaboração de análises de Custo do Ciclo de Vida (CCV) de edifício e ativos construídos e suas partes, novas ou já em curso há algum tempo, observando, assim, que ela é direcionada à construção civil.

A Norma ISO 15.686-5:2017 é um dos modelos mais utilizados para tratar do CCV. Este modelo estabelece um enquadramento dos custos em quatro categorias principais, conforme já citadas anteriormente: construção, operação, manutenção e custos de fim de vida. Exemplo de custos operacionais: seguro, custos energéticos, água e esgoto, limpeza, eventuais impostos e taxas, entre outros. Nos custos de manutenção, estão inseridos os custos de reparações ou substituições de rotina de alguns elementos, enquanto nos custos de reabilitação contabilizam-se os custos com reparos ou substituições de componente preponderantes do edifício. Para finalizar, têm-se os custos associados ao fim de vida, como às demolições, às limpezas do local e ao tratamento dos resíduos (MATOS, 2016).

A Norma ISO 15.686-5:2008 contempla referências normativas, princípios do CCV, configuração do escopo para análise, variável usada na avaliação de alguns investimentos, decisão de variáveis – cálculos básicos de custos, incertezas e risco, finalizando com o relatório, além da Norma ISO 15.686-5:2008, que trata sobre os CCV de edifícios e ativos construídos.

Há também a Norma PD 156.865:2008, que padroniza um método de CCV para construções e suplementa a norma citada anteriormente. Assim, também, há a Norma BS 8.544:2013 que traz um guia para o CCV de manutenção durante a fase de uso dos edifícios. As duas últimas não serão tratadas nesta pesquisa.

Conforme foi suscitado no subtópico modelos e métodos, além da ISO 15.686-5:2008, há um outro método bastante utilizado, inclusive para avaliar a gestão dos resíduos sólidos: é o modelo apresentado pela consultoria Langdon, mais bem detalhado à frente.

#### *2.3.2.5 Método de Custo do Ciclo de Vida: Langdon (2007a)*

No ano de 2006, a Comissão Europeia nomeou Davis Langdon, do Reino Unido, para elaborar um projeto de desenvolvimento de uma metodologia comum europeia para calcular os custos do ciclo de vida de construções civil (LANGDON, 2007a).

Os resultados desse trabalho ficaram disponíveis como uma metodologia para o cálculo do Custo do Ciclo de Vida (CCV), visando a ser aplicado na construção civil, com os objetivos de melhorar a competitividade da indústria de construção; aprimorar a conscientização do setor sobre a influência de metas ambientais no CCV; aperfeiçoar o desempenho da cadeia de suprimentos, o valor oferecido aos clientes e confiança para investir por meio de uma abordagem robusta e apropriada de CCV; otimizar os custos a longo prazo e prever certezas; entre outros (LANGDON, 2007a).

Observa-se, com efeito, que a metodologia a ser apresentada neste subtópico é direcionada para o setor de construção civil e que, portanto, não possui a mesma aplicabilidade da proposta desta pesquisa, contudo, sempre que necessário, foram realizadas as adaptações pertinentes.

De acordo com Langdon (2007a), o CCV é empregado no todo ou em parte do ciclo de vida de um ativo ou projeto, assim como em variadas circunstâncias.

Independentemente de o CCV ser utilizado para informar decisões ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo ou de parte dele, os processos centrais envolvem a mesma série de etapas em todas as circunstâncias. Elas são definidas por Langdon (2007a), como:

1. definição do objetivo de análise do Custo do Ciclo de Vida proposto;
2. identificação preliminar de parâmetros e análises de requisitos;
3. confirmação dos requisitos do projeto e instalação;
4. montagem de dados de custo e desempenho;
5. realizar análise; e
6. interpretação e relatório de resultados.

### 2.3.2.6 Fases do Custo do Ciclo de Vida

Os principais estádios da metodologia de CCV mostrados por Langdon (2007a) são expostos no Quadro 01.

Quadro 1 – Resumo e visão geral da metodologia Custo do Ciclo de Vida

<b>Passos</b>	<b>Resultado</b>
1. Identificar o principal objetivo de análise do CCV proposto.	- Declaração de propósito de análise. - Compreensão da aplicação apropriada do CCV e resultados relacionados.
2. Identificar o escopo inicial da análise.	Compreensão de: - Escala de aplicação do exercício CCV. - Etapas sobre as quais serão aplicadas. - Questões e informações passíveis de serem relevantes. - Requisitos específicos de relatório do cliente.
3. Identificar até que ponto a análise de sustentabilidade se relaciona com o CCV.	Compreensão de: - Relação entre avaliação de sustentabilidade e CCV. - Até que ponto os resultados de uma avaliação de sustentabilidade formarão entradas no processo de CCV. - Até que ponto os resultados do exercício de CCV contribuirão para uma avaliação de sustentabilidade.
4. Identificar o período de análise e os métodos de avaliação econômica.	- Identificação do período de análise e o que justifica sua escolha. - Identificação de técnicas apropriadas para avaliar as opções de investimento.
5. Identificar a necessidade de análises adicionais (análises de risco / incerteza e sensibilidade).	- Conclusão da avaliação preliminar dos riscos / incertezas. - Avaliação de se um plano formal de gerenciamento de risco e / ou registro é necessário. - Decisão sobre quais procedimentos de avaliação de risco devem ser aplicados.
6. Identificar os requisitos do projeto e do patrimônio.	- Definição do escopo do projeto e das principais características do ativo. - Declaração de restrições do projeto. - Definições de requisitos relevantes de desempenho e qualidade. - Confirmação do orçamento do projeto e cronogramas. - Incorporação do tempo do CCV no plano geral do projeto.
7. Identificar as opções a serem incluídas nos itens de exercício e custo do CCV a ser considerado.	- Identificação dos elementos de um ativo que devem estar sujeitos à análise de CCV. - Seleção de uma ou mais opções para cada elemento a ser analisado. - Identificação de quais itens de custo devem ser incluídos.
8. Dados de comparação de tempo e de trabalho usados na análise de CCV.	Identificação de: - Todos os custos relevantes para o exercício de CCV. - Valores de cada custo. - Qualquer custo a ser aplicado. - Dados relacionados ao tempo (por exemplo, vida útil / dados de manutenção).
9. Verificar os valores dos parâmetros financeiros e período de análise.	- Período de análise confirmado. - Valores apropriados para os parâmetros financeiros confirmados; - Questões tributárias consideradas. - Aplicação de parâmetros financeiros dentro da estrutura de composição de custos decidida.
10. Rever a estratégia de risco e realizar a análise preliminar de incerteza / risco.	- Cronograma de riscos identificados verificados. - Análise de risco qualitativa realizada - registro de risco atualizado.



	- Escopo e extensão da avaliação quantitativa de risco confirmada.
11. Realizar a avaliação econômica requerida.	- Análise de CCV realizada - Resultados registrados para uso no Passo 14
12. Executar análise detalhada de risco / incerteza (se necessário).	- Avaliações de risco quantitativas realizadas. - Resultados interpretados.
13. Realizar análises de sensibilidade (se necessário).	- Análises de sensibilidade realizadas. - Resultados interpretados.
14. Interpretar e apresentar resultados iniciais no formato requerido.	- Resultados iniciais revisados e interpretados. - Resultados apresentados usando formatos adequados. - Necessidade de mais iterações de exercícios de CCV identificados.
15. Apresentar os resultados finais no formato requerido e preparar um relatório final.	- Relatório final emitido, de acordo com o escopo e formato. - Conjunto completo de registros preparados para a ISO 15686 Parte 3.

Fonte: Langdon (2007a).

Na prática, essa metodologia proposta por Langdon (2007a) é adaptável de acordo com o tamanho, a fase e o nível de detalhe requerido no projeto, enfatizando que sempre que possível os usuários combinam vários passos.

De acordo com Langdon (2007a), a implementação efetiva de sua metodologia é aplicada em três situações, nomeadamente:

- análise preliminar para decisões estratégicas de investimento que se aplicam aos estádios iniciais de planejamento de um projeto, quando um caso está sendo preparado e as opções de investimentos estratégicos são de alto nível;
- análise detalhada de todo um ativo aplica-se quando se quer fornecer uma avaliação detalhada e robusta dos CCV de um ativo inteiro, com base em informações de projetos; e
- análise detalhada de um sistema ou componente para avaliação de opções, aplica-se à análise de sistemas individuais, componentes ou montagens, tipicamente durante a fase de projeto detalhado ou durante a fase operacional.

Como esta pesquisa visa a avaliar a coleta seletiva que consiste em uma parte do processo do ciclo de vida de um produto (especificamente trata-se de um serviço), o método utilizado para se basear na sua devida implementação é a análise detalhada de um sistema ou componente para avaliação de opções (ponto 3), o que é mais bem detalhado nos próximos subtópicos, oferecendo como exemplo de sua aplicabilidade aos resíduos sólidos a pesquisa realizada por Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018).

#### Análise Detalhada de Sistema: aspectos gerais

Essa análise aplica-se a sistemas inteiros ou componente dentro de um ativo (por exemplo, uma instalação de revestimento de parede, ou similar) ou a partes individuais dentro

de um sistema ou componente (a saber, ventiladores, bombas, teto e acabamento de parede). O objetivo do CCV, neste caso, é permitir o custo total de opções para o projeto e especificação dos componentes e sistema a serem avaliados, para que as decisões de projeto possam ser feitas. O nível de detalhe na análise é alto (LANGDON, 2007a).

#### Objetivos da análise (Etapa 1)

O principal objetivo de realizar esse tipo de análise é promover uma avaliação dos CCV de alternativas de projeto ou especificação em um sistema ou nível de componente, com base em informações detalhadas de projeto/construção. A análise é geralmente realizada nas fases de projeto detalhado ou durante a ocupação de um estádio, como uma ferramenta para comparar os custos totais de alternativas sobre uma análise de um definido período (LANGDON, 2007a). Também se realiza para avaliar uma opção, por exemplo, para avaliar os custos adicionais e/ou período de retorno para despesas adicionais em um sistema/componente com um melhor perfil de sustentabilidade ambiental. Fabricantes e fornecedores também utilizam o CCV para avaliar produtos específicos como parte de sua repetição técnica ou de atividades de *marketing* (LANGDON, 2007a).

A exemplo, tem-se o objetivo da análise do CCV realizado por Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018), que consistiu na avaliação dos custos relacionados a aquisição e utilização (operação e manutenção) dos ativos de coleta de resíduos realizada pela EMAC; para tanto, consideraram os veículos e os contêineres.

#### Escopo da análise (etapa 2)

Segundo Langdon (2007a), a definição do escopo e extensão do CCV consiste na etapa inicial do processo e deve incluir:

- o objetivo de realizar o CCV;
- a(s) fase(s) do projeto em que será realizado o CCV;
- o calendário da realização e quaisquer prazos-chave; e
- quaisquer requisitos específicos de relatório.

No caso do estudo realizado por Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018), foi utilizado como exemplo da aplicabilidade do CCV aos resíduos sólidos. Os autores incluíram todos os veículos e contêineres destinados às operações de coleta durante o período no qual eles estavam sob a responsabilidade da EMAC. Assim, eles consideraram na análise do CCV os ativos, os custos de aquisição, uso e manutenção, e excluíram os custos de produção, comercialização e

disposição final – embora os custos de produção e comercialização de veículos e contêineres sejam contabilizados indiretamente através dos custos de aquisição.

#### Identificação dos principais parâmetros para a análise (Etapas 3, 6 e 9)

Os parâmetros para a análise serão determinadores pela sua finalidade, objetivos e pela natureza da organização. Por exemplo, um cliente do setor público pode estar vinculado por exigências do Tesouro Nacional em relação a um ou mais análise, método de avaliação econômica ou taxas de desconto a serem utilizadas. Um comercial desenvolvedor, por outro lado, será restringido mais por seus requisitos internos de devoluções de investimentos ou sobre questões relativas a custos de financiamento ou necessidade do mercado (LANGDON, 2007a).

Os principais parâmetros são:

- custos para incluir são aqueles inseridos no exercício que dependerão do estágio no ciclo de vida do ativo na qual o exercício é realizado, os objetivos do exercício e as condições econômicas do cliente e interesse legal no ativo. Por exemplo, um órgão público que possui e ocupa um ativo é provável que requeira toda aquisição, uso, manutenção e, dependendo do prazo, custos de eliminação a serem incluídos (LANGDON, 2007a);
- período de análise, pois, assim como os custos a serem inseridos na análise, o período varia de acordo com o interesse econômico e legal do cliente no ativo (LANGDON, 2007a);
- requisitos do projeto e patrimônio – o principal objetivo é reunir todas as informações disponíveis sobre os requisitos para o projeto e o ativo, incluindo as funções necessárias e requisitos físicos para o sistema/componente sob revisão, os requisitos de qualidade e quaisquer restrições de projeto como orçamento e programa (LANGDON, 2007a);
- método de avaliação econômica é utilizado para clientes do setor público e privado. Período de retorno e, em menor grau, taxa interna de análise de retorno, são comumente utilizados no setor privado, em que a renda e o investimento dos retornos são geralmente incluídos na análise de CCV (LANGDON, 2007a);
- extensão da entrada de sustentabilidade ambiental é comumente utilizado como um meio de comparar opções de especificação com diferentes classificações de sustentabilidade ambiental (LANGDON, 2007a); e
- análise de risco e sensibilidade – essa etapa dependerá dos requisitos específicos do cliente e do projeto e dos usos a que os dados do CCV devem ser colocados (LANGDON, 2007a).

Na pesquisa realizada por Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018), o período de análise do ciclo de vida dos equipamentos utilizados na coleta dos resíduos sólidos (veículos e contêineres) foi distinto, tendo em vista as suas diferenças técnicas e funcionais. Assim os autores estabeleceram para os veículos o período determinado pela sua vida econômica e para os contêineres sua vida funcional de aproximadamente dez anos, seguindo as recomendações de Carvalho, Matos e Gomes (2011).

O método de avaliação econômica utilizado pelos autores supracitados para a análise foi o custo anual equivalente (CAE). Esse método permite a comparação de custos na mesma escala de tempo (um ano), e o ano de referência da pesquisa apresentada como exemplo foi de 2015.

#### Identificação de opções para incluir no exercício de Custo do Ciclo de Vida (Passo 7)

A lista de opções dos sistema/componente a serem avaliados no CCV pode ser determinada pelo cliente e/ou sua equipe de projeto, pelas pessoas que executam o CCV ou por uma combinação destes (LANGDON, 2007a).

O número de opções a serem avaliadas dependerá das circunstâncias e do quantitativo de opções possíveis disponíveis para comparação (LANGDON, 2007a).

No caso da pesquisa de Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018), nenhuma análise adicional foi realizada.

#### Montar Dados (Passo 8)

De acordo com Langson, (2007a), os dados precisarão ser montados para cada uma das opções consideradas. Muitos desses dados são normalmente fornecidos pela equipe do projeto. Dados sobre as vidas de serviços e requisitos de manutenção de sistemas e componentes específicos podem ser obtidos de fabricantes e fornecedores, fontes de referência publicadas, dados históricos ou dos próprios registros dos conselheiros profissionais (LANGDON, 2007a).

Os dados referentes aos custos operacionais, como gerenciamento de instalações, são normalmente obtidos pelos custos da gestão de instalações prováveis para cada opção, uma vez que é provável que dados de referências históricas estejam disponíveis no nível do sistema/componente (LANGDON, 2007a).

#### Executar a análise de Custo do Ciclo de Vida (Passos 11 e 13)

Nesta etapa, os dados do projeto identificados acima, juntamente com os parâmetros, são inseridos em uma ferramenta de cálculo CCV (normalmente uma planilha ou ferramenta de

banco de dados), e a análise é realizada de acordo com os métodos de avaliação econômica selecionados durante as fases iniciais do escopo (LANGDON, 2007a).

No caso dos pesquisadores Sousa, Dias-Ferreira, Vaz *et al.* (2018), eles utilizaram para a análise o Microsoft Excel, criando uma ferramenta aplicável para avaliar as opções e facilmente adaptável a contextos e ativos distintos.

#### Relatório (Passos 14 e 15)

Normalmente essa etapa inclui:

- modelos detalhados de CCV para cada uma das opções avaliadas;
- resumo tabular e/ou gráfico e análise dos resultados. A análise gráfica geralmente incluiria um só gráfico, comparando os perfis anuais do CCV sobre o período de análise para cada opção;
- relatório escrito, estabelecendo os principais parâmetros de análise, suposições, fontes de dados e descobertas;
- análise de sensibilidade, apresentando os efeitos nos resultados da análise-chave variável; e
- resultados de outros métodos de avaliação econômica – por exemplo, Análise de Payback, Net Economia / Benefício Líquido, Relação Poupança / Investimento, Custo Anual e Equivalente Anual Valor.

Após concluir todas essas etapas descritas, os Custos do Ciclo de Vida (CCV) estão finalizados, e, para dar continuidade à Análise da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV), tem-se a realização da Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS), bem detalhada no próximo tópico.

#### **2.3.3 Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS)**

A Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS) é um campo de estudo recente e em rápida evolução, no qual os profissionais ainda estão discutindo, definindo, projetando e testando diversas metodologias e abordagens para ponderar os impactos sociais e socioeconômicos do ciclo de vida de produtos e serviços, com o intuito de auxiliar na tomada de decisão mais justa (KLOEPFFER, 2008; MACOMBE, 2011; UNEP/SETAC, 2009; YILDIZ-GEYHAN; YILAN; ALTUN-ÇİFTÇIOĞLU *et al.*, 2019).

Malgrado o desempenho de uma ACV ambiental já haver sido estabelecido em detalhes pela norma ISO 14.040, para a avaliação social e outras abordagens semelhantes, não existe um padrão compatível ou código de prática reconhecido internacionalmente. Portanto, é pertinente questionar se a ACV ambiental e a ISO 14.044 se aplicam à ACV social ou não (GRIEßHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

Sobre isso, os especialistas da UNEP/SETAC (2009) orientam no sentido de que, como não há uma norma internacional de referência para a ACVS, se utilize a estrutura de ACV fundamentada nas normas ISO 14.040 e ISO 14.044, as quais subsidiaram este trabalho.

Segundo Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006), quando se comparam os aspectos ambientais e econômicos com os sociais, se observa que esses denotam problemas, pois podem ser altamente variados e terem um peso muito diferente por distintos grupos de interesse e em diversos países e regiões. Outro ponto se refere às avaliações dos aspectos sociais que estão sujeitos a mudanças mais rápidas ao longo do tempo do que os ambientais. Assim, os autores mencionados defendem o argumento de que o desenvolvimento de uma metodologia de ACVS adequada para o tratamento dos aspectos sociais necessitará de cinco a dez anos.

#### 2.3.3.1 Definição

A Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS) objetiva explorar os aspectos sociais por todo o ciclo de vida de produtos, com o intuito de aperfeiçoá-los ou de compará-los com outros (CULTRI; SAAVEDRA; OMETTO, 2010; GRIEßHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

Uma definição mais completa sobre a ACVS é oferecida pela UNEP/SETAC (2009), que a entende como uma técnica de avaliar os impactos sociais, considerando os aspectos socioeconômicos dos produtos e seus possíveis impactos positivos e negativos ao longo de seu ciclo de vida, incluindo extração e processamento de matérias-primas; fabricação; distribuição; uso; reúso; manutenção; reciclagem; e disposição final.

De acordo com Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006), a integração dos aspectos sociais à ACV existe para definir mais prioridade sobre o processo e a integração das posições das partes interessadas e no tratamento da utilidade do produto e, respectivamente, na equivalência funcional. Nesse contexto, os autores defendem o ponto de vista de que os impactos ou benefícios sociais para o consumidor devem ser descritos como parte do utilitário do produto, portanto, os impactos sociais na sociedade correspondem a valores comuns ou internacionalmente aceitos e devem ser descritos como outros impactos sociais ao longo do ciclo de vida.

Na concepção de Correa e Ugaya (2008), a ACV social pode ser utilizada como uma ferramenta para a Gestão do Ciclo de Vida (GCV), objetivando medir os impactos sociais e com os seus resultados criar parâmetros para as atividades com responsabilidade social da organização.

Com o objetivo de desenvolver uma ACVS de produtos e serviços, Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al* (2006) enfatizam a necessidade de definir indicadores bem discutidos, com a finalidade de fundamentar as medições de impactos sociais positivos e negativos. Sobre isso mais detalhes estão no subtópico relativo à metodologia.

### 2.3.3.2 Metodologia

Assim como na ACV ambiental que utiliza indicadores pontos iniciais, médios e finais, os sociais também os empregam, contudo – por pretextos práticos– inicialmente, priorizam-se os pontos iniciais e médios, deixando os finais para momentos posteriores (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

Sobre isso, Dreyer (2005) e Flysjö (2005) salientam que os indicadores de pontos médios devem ser principalmente utilizados, porque estão mais próximos das atividades e do entendimento da tomada de decisão das empresas.

Nessa perspectiva, alguns participantes estão desenvolvendo um conjunto de indicadores sociais para esse fim. O Instituto Ethos de Empresa e Responsabilidade criou uma série de indicadores categorizados em sete temas: valores e transparência, público interno, meio ambiente, fornecedores, consumidores/clientes, comunidade, governo e sociedade. Cada grupo de indicadores é avaliado de três maneiras. A primeira é o diagnóstico atual da organização, em que é possível examinar se a empresa atingiu a excelência no ponto analisado ou se necessita melhorar. A segunda é constituída por diversos questionamentos que objetivam compreender quais práticas devem ser incorporadas à gestão de negócios. A terceira é o levantamento sistemático de dados quantitativos que permitem ser feita uma análise mais detalhada dos resultados da instituição (ETHOS, 2019).

A criação desses indicadores reflete o movimento de valorização da responsabilidade social empresarial no Brasil, congregando experiências do Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE), do Global Reporting Initiative (GRI) e de ações de entidades não governamentais, institutos de pesquisa e empresas sensibilizadas para tais questões (CULTRI; SAAVEDRA; OMETTO, 2010).

Os indicadores Ethos possuem maior integração com as diretrizes de relatórios de sustentabilidade da GRI, com a Norma de Responsabilidade Social da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR ISO 26.000 e outras iniciativas (ETHOS, 2019).

Além dos indicadores mostrados pela Ethos (2019), existem outros expressos na literatura, conforme está no Quadro 2:

Quadro 2 – Indicadores sociais expressos na literatura

Indicadores Sociais	JORGENSEN, LE BOCQ, NAZARKINA et al. (2008)	UNEP/SETAC (2009)	CIROTH; FRANZE (2011)	GRI (2016)	YILDIZ-GEYHAN; YILAN; ALTUN-ÇİFTÇIOĞLU et al. (2019)	Ethos (2019)
Liberdade de associação e negociação coletiva	X	X	X	X	X	
Monitoramento de impactos do negócio nos direitos humanos						X
Combate ao trabalho infantil na cadeia de suprimento	X	X	X	X	X	X
Incidente no trabalho					X	
Trabalho forçado	X	X	X	X	X	X
Promoção da diversidade e equidade		X		X		X
Relação com empregados						X
Relação trabalhador com a empresa				X		
Relação com sindicatos		X				X
Remuneração e benefícios	X	X	X		X	X
Pagamento regular					X	
Contratos de trabalhos legais					X	
Compromisso com o desenvolvimento profissional	X			X	X	X
Comportamento frente a demissões e aposentadorias					X	X
Benefícios sociais / seguridade social		X	X	X	X	
Risco de problemas de saúde ocupacional					X	
Saúde e segurança dos empregados	X	X	X	X	X	X
Risco de segurança do sistema					X	
Treinamento em saúde e segurança					X	
Trabalho com equipamento de segurança					X	
Condições, jornada de trabalho e qualidade de vida	X	X	X		X	X



Trabalho noturno					X	
Satisfação no trabalho					X	
Discriminação	X	X	X	X	X	
Composição dos empregados em todos os níveis, de acordo com o sexo, faixa etária, deficientes, trabalhadores a tempo parcial e outras medidas de diversidade	X					
Comunicação de <i>Marketing</i>	X			X		
Informações sobre os produtos para os usuários (rótulos, ingredientes, origem, efeitos colaterais e potencial de perigo)	X					
Relacionamento com o consumidor						X
Saúde e segurança do consumidor	X	X	X	X		
Impacto decorrente do uso dos produtos e serviços						X
Mecanismos de <i>Feedback</i>		X	X		X	
Privacidade do consumidor		X		X		
Transparência		X	X			
Responsabilidade socioeconômica				X		
Estratégia de comunicação responsável e educação para o consumo consciente						X
Responsabilidade com o fim de vida de produtos		X	X			
Acesso a recursos materiais e imateriais		X	X			
Localização e migração		X	X			
Herança cultural		X	X			
Condições de vida segura e saudável		X	X		X	
Respeito pelos direitos indígenas		X	X	X		
Avaliação dos direitos humanos				X		
Gestão dos impactos da empresa na comunidade	X					X
Compromisso com o desenvolvimento da comunidade e gestão das ações sociais	X	X		X		X
Emprego local	X	X	X		X	
Envolvimento da comunidade			X			
Avaliação social dos provedores				X		
Política pública				X		
Compromissos públicos com questões de sustentabilidade	X	X	X			
Contribuição para o desenvolvimento econômico		X	X		X	
Prevenção e mitigação de conflitos armados		X	X			
Desenvolvimento tecnológico		X	X			
Corrupção	X	X	X			
Competição justa		X	X			
Promoção da responsabilidade social		X	X			
Apoio ao desenvolvimento de fornecedores		X	X			X
Respeito dos direitos de propriedade intelectual		X	X			

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Na fase de escopo e análise, deve-se escolher uma abordagem das partes interessadas e, seguindo essa ordem, classificar os indicadores (compatíveis com os da Global Reporting Initiative – GRI). Na fase de avaliação, também é possível organizar os indicadores sociais em categorias de impacto. Assim, a lista de indicadores resultante é classificada na primeira coluna,

depois dos grupos de partes interessadas e na segunda coluna as áreas de impacto. Uma categoria de impacto pode estar relacionada a várias categorias de partes interessadas, assim como uma categoria de partes interessadas pode ser afetada por distintas categorias de impactos (GRIEßHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

A ACVS avalia os impactos sociais provenientes de todas as etapas que compõem o ciclo de vida de um produto ou serviço. Eles estão relacionados a extração, processamento, transporte, fabricação, montagem, comercialização, venda, uso, reciclagem, descarte e outros. Cada uma dessas etapas pode ser associada a localizações geográficas, em que uma ou mais dessas etapas são executadas (minas, fábricas, estradas, trilhos, portos, lojas, escritórios, empresas de reciclagem, locais de disposição etc.). Em cada um desses locais, são observáveis impactos sociais nos trabalhadores/empregados (acidentes, remuneração, condições de trabalho), nas comunidades locais (poluentes tóxicos, direitos humanos, abusos, infraestrutura), na sociedade (corrupção, pagamento de impostos, dívidas) e com os consumidores (apenas durante o uso do produto) (GRIESSHAMMER, BUCHERT, GENSCH *et al.*, 2005).

Acrescidas, há, também, empresas, organizações não governamentais (ONGs), política governamental, gerações futuras e outras diferenciações ou subgrupos (como administração, acionistas, fornecedores, negócios - parceiros). (GRIEßHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

Neste contexto, Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006); UNEP/SETAC (2009), Cultri, Saavedra e Ometto (2010) e Ciroth e Franze (2011) organizaram quatro categorias principais de partes interessadas.

- Força de trabalho (trabalhadores/funcionários).
- Comunidade local.
- Consumidores (relativos apenas ao estágio de uso).
- Sociedade (nacional e/ou global).

Além dessas categorias UNEP/SETAC (2009), Cultri, Saavedra e Ometto (2010) e Ciroth e Franze (2011) também acrescentam a cadeia produtiva.

Quanto à classificação do indicador em categorias de impacto, essas deveriam ser selecionadas de acordo com os padrões internacionais reconhecidos (a saber, declaração sobre direitos econômicos, sociais e culturais, normas multinacionais) e/ou em um processo de participação múltipla. As seguintes categorias pensáveis foram propostas: igualdade de oportunidades, direitos dos trabalhadores e condições de trabalho, respeito às leis

internacionais, direitos humanos, proteção ao consumidor (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

O compromisso com as categorias de impacto, contudo, necessita de mais elaboração. Por exemplo, pode haver uma sobreposição entre as categorias, o que resulta em dupla contagem na ACVS, dependendo da modelagem específica. A igualdade de oportunidades é parcialmente coberta por discriminação (parte dos direitos dos trabalhadores) e esses fazem parte dos direitos humanos (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

Os indicadores sociais devem ser uma combinação de dados, indicadores e análises quantitativas e qualitativas, pois apenas os dados e indicadores quantitativos são insuficientes para cobrir todos os aspectos de impactos sociais (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

De acordo com Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al* (2006) e Citroth e Franze (2011), a ACVS é realizada em quatro etapas, de maneira processual, conforme é observado também na estrutura metodológica da ACV ambiental.

- Definição do objetivo e escopo.
- Análise de inventário.
- Avaliação de impacto.
- Interpretação.

#### 2.3.3.3 Definição do objetivo e escopo

Nessa fase, determina-se o objetivo e escopo da ACVS; para tanto, são consideradas as aplicações pretendidas, as razões que estimulam o desenvolvimento do estudo e a quem se destinam os resultados (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997).

De acordo com Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al* (2006), esse tópico deve contemplar os pontos expressos na sequência.

- Objetivo do estudo.
- Escopo do inventário e limites do sistema (exemplo: determinação de quais países ou abrangência do estudo, avaliação de uma situação existente ou de uma perspectiva de desenvolvimento).
- Escopo temporal.
- Unidade funcional e caracterização da utilidade.
- Alternativa/cenários assumidos, incluindo referências e opções de melhoria.
- Requisitos de qualidade de dados.

- Procedimentos de alocação.
- Revisão crítica (no caso de avaliações comparativas e no caso de qualquer publicação).

A unidade funcional (UF) citada anteriormente é uma unidade de referência que define o desempenho quantitativo do sistema analisado. Sua determinação é fundamental para comparar sistemas diferentes entre si (YILDIZ-GEYHAN; YILAN; ALTUN-ÇİFTÇIOĞLU *et al.*, 2019). Por exemplo, o estudo realizado pelos autores supramencionados utilizou como UF o total de resíduos de embalagens mistas coletadas no Município de Maltepe/Turquia e/ou por catadores no ano de 2012.

Também se faz necessário selecionar um conjunto universal de indicadores classificados após grupos de partes interessadas e categorias de impacto. Lembra-se que tais indicadores selecionados devem ser adequados ao objetivo do estudo e à capacidade disponível (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

#### 2.3.3.4 Análise de Inventário

O objetivo desta etapa é coletar e analisar dados importantes identificados durante a fase de definição do escopo (CULTRI; SAAVEDRA; OMETTO, 2009; JORGENSEN, LE BOCQ, NAZARKINA *et al.*, 2008).

Segundo Cultri, Saavedra e Ometto (2010), essa fase também inclui a alocação e validação das informações, mencionando-se: fluxogramas, unidades de processo, unidades de medidas, tabelas, planilhas e modelos computacionais.

A análise de inventário é a fase mais lenta e desafiadora da ACVS, principalmente o processo de coleta de dados, pois é muito difícil encontrar dados específicos e confiáveis do local (YILDIZ-GEYHAN; YILAN; ALTUN-ÇİFTÇIOĞLU *et al.*, 2019).

A coleta e a disponibilidade de dados são realizadas em várias etapas, dependendo dos pontos suscitados e dos indicadores utilizados. As fontes de dados e indicadores são primárias (aplicação de questionários, entrevistas, outros) e secundários (consulta a órgãos oficiais do governo, ONGs, instituições internacionais, entre outros) (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

De acordo com Yildiz-Geyhan, Yilan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), para uma análise confiável de ACVS, é fundamental determinar se os dados são genéricos ou específicos. No caso do estudo realizado por esses autores supracitados, na área de resíduos sólidos, os dados principais foram os específicos do local, embora os genéricos também tenham sido usados para o sistema de coleta informal. Esses dados foram obtidos por meio de questionários aplicados

aos trabalhadores formais e informais, relatórios da empresa referentes a saúde, segurança, previdência social e registros salariais, além de entrevistas.

Segundo Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006), os principais problemas que surgem nesta análise são:

- apenas uma parcela menor dos dados buscados está disponível na forma processada de estatísticas ou outras fontes;
- nenhum dado de entrada-saída ainda está disponível para vários processos recorrentes e atividades (por exemplo, fabricação de componentes eletrônicos, produção de algodão etc); e
- várias dúzias ou mesmo centenas de cadeias a montante podem estar envolvidas, particularmente, no caso de produtos industriais mais complexos.

De acordo com Yildiz-Geyhan, Yilan, Altun-Çiftçioğlu (2019), em um sistema de coleta de resíduos sólidos, os trabalhadores são os principais e, provavelmente, o grupo social mais fraco, em razão das condições de trabalho nos sistemas de coleta formais (funcionários do município que têm direitos legais sobre o serviço que prestam) e informais (catadores). A característica comum dos catadores é que eles pertencem ao grupo de menor renda. Outro grupo social mencionado pelos autores supracitados são os consumidores que utilizam os produtos ou serviços. Em uma análise de serviço, os consumidores são definidos como usuários do serviço e, neste estudo, os usuários são os participantes que separam os resíduos de embalagens e usam os serviços de coleta. Quanto à comunidade e à sociedade local, foram consideradas, neste ensaio, as pessoas que vivem em Istambul e na Turquia, respectivamente.

#### 2.3.3.5 Avaliação de impacto

Essa fase avalia os dados do inventário de acordo com a metodologia selecionada (YILDIZ-GEYHAN; YILAN; ALTUN-ÇİFTÇİOĞLU *et al.*, 2019).

Segundo Yildiz-Geyhan, Yilan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), na literatura, existem variados métodos de pontuação – indicadores semiquantitativos com sim/não correspondentes ou cumprimento/não cumprimento dos métodos baseados em indicadores sociais são usados por Bork, Junior e Gomes (2015); Ciroth e Franze (2011); Spillemaeckers, Mazijn e Borgo (2001); e Foolmaun e Ramjeeawon (2013). Para a avaliação de impactos sociais dos autores supracitados, no entanto, foi utilizado o sistema de pontuação desenvolvido pela UNEP/SETAC, publicado em 2009.

Na concepção de Hauschild, Jeswiet e Alting (2005), a Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV) consiste na interpretação dos resultados do inventário e sua correlação com os

impactos potenciais das áreas de proteção da ACV. Durante essa etapa, os resultados do inventário são relacionados às categorias de impactos, compostas por seis elementos, sendo três de caráter obrigatório (seleção das categorias de impacto, classificação e caracterização) e três opcionais (normalização, agrupamento e ponderação).

Já para Griëßhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006), assim como na avaliação de impactos da ACV, a ACVS deve envolver quatro etapas que são

- Classificação.
- Caracterização.
- Normatização.
- Análise da qualidade dos dados.

A etapa de classificação atribui aspectos individuais aos indicadores de grupo. Por exemplo, distintos tipos de trabalhos podem estar associados ao “emprego” – trabalho em tempo integral ou parcial, empregos criados sob esquemas de assistência pública, trabalhadores por conta própria, empregos bem ou mal remunerados, seguros, inseguros, empregos no País estudado ou no Exterior, entre outros aspectos (GRIËßHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

Na caracterização, os resultados do inventário (número de empregos, satisfação no trabalho, fosso digital, proporção com creche etc.) não podem ser simplesmente agregados, antes deve-se verificar se os resultados possuem pesos iguais ou divergentes. Por exemplo, emprego de período integral (100%) poderia ter peso 1,0, emprego de meio período (50%) peso 0,5 e trabalho de linha lateral (definido por uma quantidade máxima de dinheiro) peso de 0,2 e depois reunir as figuras ponderadas (GRIËßHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

De acordo com Yildiz-Geyhan, Yilan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), a normalização é baseada no cálculo da magnitude de certos indicadores em relação às informações de referência, com o objetivo de trazê-los para uma escala comum. Nesse contexto, as pontuações são facilmente comparáveis, embora estejam em unidades diferentes, conforme corroboram Guinée, Huppés e Heijungs (2001) e Ibáñez-Forés, Bovea e Pérez-Belis (2014).

Para Griëßhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006), normalização é uma etapa opcional e deve ser utilizada quando os resultados são quantitativos. Nessa etapa, os resultados dos indicadores individuais são mostrados em relação a um sistema de referência adequado. O sistema de referência utilizado deve corresponder ao da ACV e CCV. Por exemplo, um produto isento de custos pode levar à perda de quarenta empregos na Alemanha e economizar 100 mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Logo, os 40 empregos perdidos correspondem a 1/100.000 do total de

desemprego alemão (= 40 de 4 milhões), enquanto as emissões de 100 mil toneladas de CO<sub>2</sub> correspondem a 10/100.000 das emissões totais de CO<sub>2</sub> da Alemanha (= 100.000 em 1.000 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>). Esta etapa não representa uma avaliação em si mesma, mas a avaliação posterior mais racional, permitindo comparações mais apropriadas.

A interpretação dos resultados da ACVS deve incluir verificações de integridade (ou cobertura total em áreas de impacto), consistência, sensibilidade, materialidade (ou relevância das informações fornecidas) e capacidade de resposta (ou engajamento das partes interessadas). A avaliação efetiva dos recursos sociais deve ser direcionada para a formulação de opções de ação (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

#### 2.3.3.6 Processo de avaliação e modelos de ponderação

A ACVS é realizada dentro de um ambiente determinado por agentes, interesses e valores específicos e individuais, características que a tornam subjetiva e objetável. Por esse motivo, deve haver uma pluralidade de métodos de avaliações e ponderações (GRIEBHAMMER, BENOÎT, DREYER *et al.*, 2006).

De acordo com Griebhammer, Benoît, Dreyer *et al.* (2006), a avaliação pode utilizar uma variedade de métodos qualitativos, semiquantitativos ou totalmente quantitativos, padronizados ou desenvolvidos especificamente para um determinado produto.

Assim, o subtópico Avaliação do Ciclo de Vida Social explanou sobre as etapas metodológicas que compõem a ACVS e apresentou sua aplicabilidade na gestão de resíduos sólidos.

Observou-se que, apesar de não haver uma normatização que trate o tema, alguns estudos importantes já foram realizados, de tal maneira que se optou nesta pesquisa por utilizar e adaptar sempre que se fizer necessário as seguintes metodologia e orientações: UNEP/SETAC (2009), Ciroth e Franze (2011), devido a riqueza de detalhes que o trabalho apresentou, e a pesquisa desenvolvida por Yildiz-Geyhan, Yilan, Altun-Çiftçioğlu *et al.*, (2019) por ser direcionada à gestão de resíduos sólidos.

O próximo capítulo vai se ater ao procedimento desta pesquisa, oportunidade em que serão obtidos detalhes metodológicos.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área estudada

Este experimento universitário *stricto sensu* – configurado numa tese de doutoramento – possui como unidade de referência o Município de Fortaleza, localizado no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. A Capital cearense é limitada pelos Municípios de Caucaia, Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga, Eusébio, Aquiraz e pelo Oceano Atlântico (Figura 3).

Figura 3 – Mapa das Secretarias Executivas Regionais (SER) de Fortaleza



Fonte: IPECE, 2020.

O Município de Fortaleza possui uma população estimada de 2.686.612 habitantes (IBGE, 2020), que ocupam uma área territorial de 314,930 km<sup>2</sup>, gerando para a cidade uma densidade territorial de 8.343,07 hab./km<sup>2</sup>. Sua economia está atrelada ao comércio, indústria, turismo e serviços, que geram emprego e renda para sua população (MUNICÍPIO DE FORTALEZA, 2015).

O Município de Fortaleza possui uma Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR), regulamentada pela Lei Municipal Nº 9.500/2009, com a atribuição de regular, normatizar, controlar e fiscalizar os serviços



públicos de saneamento ambiental concedidos, entre os quais, a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos.

A cidade também dispõe de um Sistema Municipal de Limpeza Urbana, que constitui as normas e diretrizes para a realização desses serviços e cria o Fundo Municipal de Limpeza Urbana (FUNLIMP), mediante a Lei Municipal Nº 10.271/2014.

Ainda sobre a gestão de RS, Fortaleza também dispõe de uma Lei Municipal Nº 10.340/2015, que estabelece normas de responsabilidade no que diz respeito à manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade, ou de naturezas específicas.

Conforme já comentado, a gestão de RS domiciliares/comerciais do Município de Fortaleza respeita a divisão em secretarias executivas regionais (SER), sendo seis SER e uma SERCEFOP, totalizando sete regionais.

A escolha da SER VI, para realizar a demanda social que esta pesquisa propõe, se justifica – nesse momento – por ser a regional com maior área territorial e pelo número de bairros que ela comporta (29), conforme se observa na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de bairros pela Secretaria Executiva Regional (SER)

<b>Secretarias Executivas Regionais</b>	<b>Número de Bairros</b>
SER I	15
SER II	20
SER III	16
SER IV	20
SER V	18
SER VI	29
SERCEFOP	1
<b>Total</b>	<b>119</b>

Fonte: IPECE, 2020

Outra justificativa para estudar a SER VI está relacionada aos destinos dos resíduos sólidos. Segundo o Censo Demográfico do IBGE (2010), esta regional possui o maior número de domicílios atendidos pela coleta regular de resíduos sólidos, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Número de domicílios atendidos pela coleta regular de resíduos sólidos por SER

<b>Secretarias Executivas Regionais</b>	<b>Coletado</b>
SER I	102.321
SER II	102.354
SER III	102.726
SER IV	84.576
SER V	149.677
SER VI	149.822
SERCEFOR	9.687

Fonte: IBGE, 2010.

Ao considerar a renda como importante fator de influência na geração de resíduos, este experimento analisou o poder aquisitivo das SER e SERCEFOR no ano de 2010<sup>1</sup>, a fim de justificar a escolha da SER VI, para a realização do estudo social proposto nesse trabalho, Tabela 5, de renda por SER.

Tabela 5 – Rendimento Nominal Mensal Domiciliar, por SER

<b>Secretarias Executivas Regionais</b>	<b>Rendimento Nominal Mensal Domiciliar</b>					<b>Total</b>
	<b>Até 3 SM</b>	<b>3 a 10 SM</b>	<b>10 a 20 SM</b>	<b>Mais de 20</b>	<b>Sem Rendimento</b>	
SER I	172751	17407	1333	260	119264	311015
SER II	116022	51961	20039	9549	98841	296412
SER III	169339	21254	1925	447	118374	311339
SER IV	127773	29709	3722	914	86422	248540
SER V	253269	17246	843	201	183086	454645
SER VI	233900	32928	4971	1418	180479	453696
SERCEFOR	13314	4028	590	132	7772	25836
<b>Total</b>	<b>1086368</b>	<b>174533</b>	<b>33423</b>	<b>12921</b>	<b>794238</b>	<b>2101483</b>

Fonte: IBGE, 2010.

Assim, em decorrência dos fatores territoriais, econômicos (por apresentar o segundo maior rendimento) e pela abrangência no atendimento da coleta de resíduos sólidos, a pesquisa sob relação selecionou a população da SER VI para o desenvolvimento social do trabalho.

No ano de 2018, existiam em Fortaleza vinte associações, nove das quais possuem Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) e cinco estão em processo de formação/constituição. As associações estão distribuídas nas SER, conforme exprimido na Tabela 6.

<sup>1</sup> De acordo com a Lei Nº 12.255/2010 o valor do Salário-Mínimo (SM) no Brasil em 2010 era de R\$ 510,00.

Tabela 6 – Associações por SER e números de associados, 2018

Associações	SER	Número de Associados
Associação Viva a Vida	SER I	6
Soc. Com. de Reciclagem de Lixo do Pirambú – SOCRELP	SER I	40
Grupo Moura Brasil	SER I	10
Grupo de Catad. do Jardim Iracema – UCAJIR	SER I	12
Associação do Grupo Dom Lustosa	SER I	10
Associação Serviluz	SER II	8
Associação dos Catadores do Serviluz – BRISAMAR	SER II	34
Grupo do Quintino Cunha	SER III	5
Associação do Bom Sucesso	SER III	20
Grupo da Maravilha – Bairro de Fátima	SER IV	12
Associação Ecológica dos Coletores de Mat. Recicláveis da Serrinha e Adjacências – ACORES	SER IV	18
Associação dos Agentes Ambientais Rosa Virginia	SER V	12
Associação Raio de Sol – Genibaú	SER V	25
Grupo de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis do Bom Jardim	SER V	12
Associação Parque Santa Rosa	SER V	8
Associação dos Catadores do Jangurussu – ASCAJAN	SER VI	70
Assoc. Cearense dos Trabalhadores e Trabalhadoras em Resíduos Recicláveis – RECICLANDO	SER VI	14
Associação Trapeiros de Emaús	SER VI	17
Grupo de Catadores da ROSALINA	SER VI	25
Associação Santos Dias	-	8
Total		366

Fonte: SNIS, 2018.

Na SER VI, estão localizadas quatro associações de catadores (Tabela 6) – Associação de Catadores do Jangurussu (ASCAJAN); Associação Cearense dos Trabalhadores e Trabalhadoras em Resíduos Recicláveis (RECICLANDO); Associação Trapeiros de Emaús; e Grupo de Catadores da ROSALINA (SNIS, 2017), que, juntas, totalizam 126 associados.

A ASCAJAN, por possuir a maior quantidade de associados e por ter apoio da Prefeitura Municipal de Fortaleza, facilitando o acesso às informações pertinentes a esta pesquisa, foi objeto de estudo, analisada tanto no Custo do Ciclo de Vida (CCV) como na Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS).

### 3.2 Procedimentos metodológicos

Este estudo propõe analisar o enfoque ambiental de toda a gestão dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais de Fortaleza, excluindo os Ecopontos; a perspectiva econômica da coleta seletiva da ASCAJAN e das demais associações (esse último como cenário hipotético);

e o social de todo o gerenciamento dos RSDC, incluindo os Ecopontos, sendo que, como parte da população, considerou-se apenas a população da SER VI, e, dos trabalhadores das associações, somente a ASCAJAN. Para tanto, apelou-se somente para as ferramentas ACV, CCV e ACVS, respectivamente.

De acordo com as definições metodológicas de Appolinário (2011), a investigação proposta se caracteriza, segundo sua finalidade, como básica, do tipo descritiva, e de abordagem quali-quantitativa. Com base nos procedimentos técnicos e metodológicos, identificados por Diehl e Tatim (2004), esta pesquisa é de modelo bibliográfico, documental e de campo.

Ao considerar as técnicas de coleta de dados, este trabalho se restringe a fontes primárias, por meio da aplicação de questionários à população e aos catadores da Associação ASCAJAN.

Considerou-se, para definir a amostra referente à população, o número total de domicílios na SER VI, que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), era de 152.920.

De acordo com a metodologia de amostragem de Bartlett, Kotrlik e Higgins (2001), para dados qualitativos (categóricos), o processo empregado para determinar o tamanho da amostra se realiza por meio das fórmulas de Cochran (1977) expressas a seguir:

$$N_0 = [(t)^2 \times p \times q] / (d)^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$N_0$  – tamanho da amostra de acordo com a equação de Cochran;

$t$  – representa o nível de confiança;

$p$  – a variabilidade positiva;

$q$  – a variabilidade negativa;

$d$  – a margem de erro aceita.

Se, no entanto, esse valor é superior a 5% da população considerada, deve-se aplicar a seguinte fórmula de correção (COCHRAN, 1977):

$$N_1 = N_0 / (1 + N_0 / \text{População})^2 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

$N_1$  – tamanho da amostra ajustado, dado que o valor obtido é superior ao 5% da população.

Na continuação, se aplica a metodologia de Cochran (1977) - a quantidade total de domicílios totais que há na SER VI é de 152.920.

Conforme foi descrito, aplicando a fórmula (Equação 2) se obtêm os resultados mostrados a seguir:

Considerando que  $t = 90\%$ ;  $p = 0,5$ ;  $q = 0,5$ ;  $d = 5\%$  (SER VI)

$$N_0 = [(1,645)^2 \times 0,5 \times 0,5] / (0,05)^2 = 270$$

Nesse caso, o valor obtido de  $N_0$  é inferior a 5% da população ( $152.920 \times 0.05 = 7.646$ ), ou seja,  $N_0 = 270 < 7.646$ , portanto, **não** se deve aplicar a fórmula (3) de correção.

Deste modo, considerou-se, para definir a amostra, uma margem de erro de 5%, configurando 270 questionários a serem aplicados a população na SER VI.

Conforme foi descrito, aplicando-se novamente a fórmula (Equação 2) aos catadores associados na ASCAJAN, se obtêm os resultados a seguir:

Considerando que  $t = 90\%$ ;  $p = 0,5$ ;  $q = 0,5$ ;  $d = 5\%$  (Catadores Ass. na SER VI)

$$N_0 = [(1,645)^2 \times 0,5 \times 0,5] / (0,05)^2 = 270$$

Nesse caso, o valor obtido de  $N_0$  é superior a 5% da população ( $70 \times 0.05 = 3,5$ ), ou seja  $N_0 = 270 > 3,5$ , portanto, deve-se aplicar a fórmula (3) de correção.

Considerando que  $N_0 = 270$  e População = 70 (Catadores Ass. na ASCAJAN).

$$N_1 = 270 / (1 + 270/70)^2 = 11,44$$

Logo, considerou-se, para definir a amostra, uma margem de erro de 5%, configurando 12 questionários a serem aplicados aos catadores associados nas associações localizadas na SER VI. Em decorrência da receptividade dos catadores da ASCAJAN, foram aplicados 16 questionários.

Os questionários propostos pela pesquisa configuram-se como semiestruturados, com perguntas abertas e fechadas, elaborados com suporte na adaptação de alguns modelos utilizados como referências: os questionários aplicados – no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de João Pessoa (2014) e nas dissertações de Cornieri (2011) e Pinheiro (2005).

Os questionários elaborados na pesquisa (Apêndices A e B) só foram aplicados à população e aos catadores, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (CEP/UFC/PROPESQ), vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, conforme estabelecido na Portaria N° 196/1996, do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e do Ministério da Saúde (MS), que requer a aprovação no Conselho de Ética para pesquisas que tratam de temas que pesquise e/ou trabalhem diretamente com seres humanos.

O número do processo de aprovação da pesquisa junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (CEP/UFC/PROPESQ) corresponde ao Protocolo N° 097865/2019, CAAE: 18657719.9.0000.5054 (Anexo A).

Os questionários aplicados à população foram respondidos em ambientes públicos, como os Posto de Saúde localizados na SER VI (Posto de Saúde Dr. Alarico Leite, Posto de Saúde Luis Franklin Pereira, Posto de Saúde de Messejana, Posto de Saúde Terezinha Parente, Unidade de Saúde Escola Francisco Maurício Mattos Dourado, Posto de Saúde Dr. Hélio Goes Ferreira, Posto de Saúde Galba de Araújo e Posto de Saúde Manoel Carlos Gouveia), após a devida autorização da secretária de saúde da SER VI, conforme documento apresentado no Anexo B. A escolha desses locais para a aplicação dos questionários direcionados à população considerou a confiança e segurança física dos envolvidos na entrevista. A Figura 4 mostra os postos de saúde que disponibilizaram seus espaços físicos para a aplicação dos questionários.

Figura 4 – Postos de Saúde utilizados para aplicação dos questionários na SER VI





Fonte: Própria, 2019.

Além dos postos de saúde mencionados anteriormente, também foram aplicados questionários no Mosteiro de São Bento e nas redondezas dessa localidade, no bairro Paupina.

No que se refere aos questionários aplicados aos catadores, estes o foram na própria estrutura física da Associação ASCAJAN.

Além da aplicação de questionários à pesquisa, foram realizadas visitas *in loco*, registro fotográfico e observações diretas anotadas em um caderno de campo. Também foram realizadas informações obtidas em fontes secundárias, extraídas de dados disponíveis em endereços eletrônicos e em órgãos oficiais do governo.

A inserção dos dados ambientais no programa SimaPro Faculty versão 9.0.0.49 (PRÉCONSULTANTS, 2013).

Os dados primários obtidos, por meio da aplicação dos questionários na pesquisa, foram inseridos no *software* estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 20, para a análise descritiva, e Excel para a elaboração e organização do inventário ambiental, econômico e social.



### **3.3 Metodologia aplicada à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**

Neste segmento, descreve-se a metodologia usada para avaliar o ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, do Município de Fortaleza, conforme as recomendações da Norma ABNT ISO 14.040 (2014), contemplando os subtópicos: definição do objetivo e escopo, análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) composto pelos itens: transporte, instalações, *software* SimaPro 9.0.0.49, base de dados e métodos.

#### **3.3.1 Definição do objetivo e escopo**

O objetivo da aplicação desta ferramenta, neste estudo, é avaliar o impacto ambiental do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, realizada no Município de Fortaleza/CE, Brasil.

O público-alvo dessa pesquisa é composto por: setor acadêmico, poder público, em particular, a Empresa Municipal de Limpeza Urbana (EMLURB) e a Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR) – ambas de Fortaleza – a Ecofor Ambiental, as associações de catadores, a comunidade local e todos os interessados no tema.

A gestão dos resíduos sólidos do Município de Fortaleza se inicia com o acondicionamento dos resíduos sólidos pelos moradores da Cidade, que são atendidos pela coleta regular da Prefeitura, que encaminha os RS para área de transbordo e de lá para o aterro sanitário ou diretamente para este último.

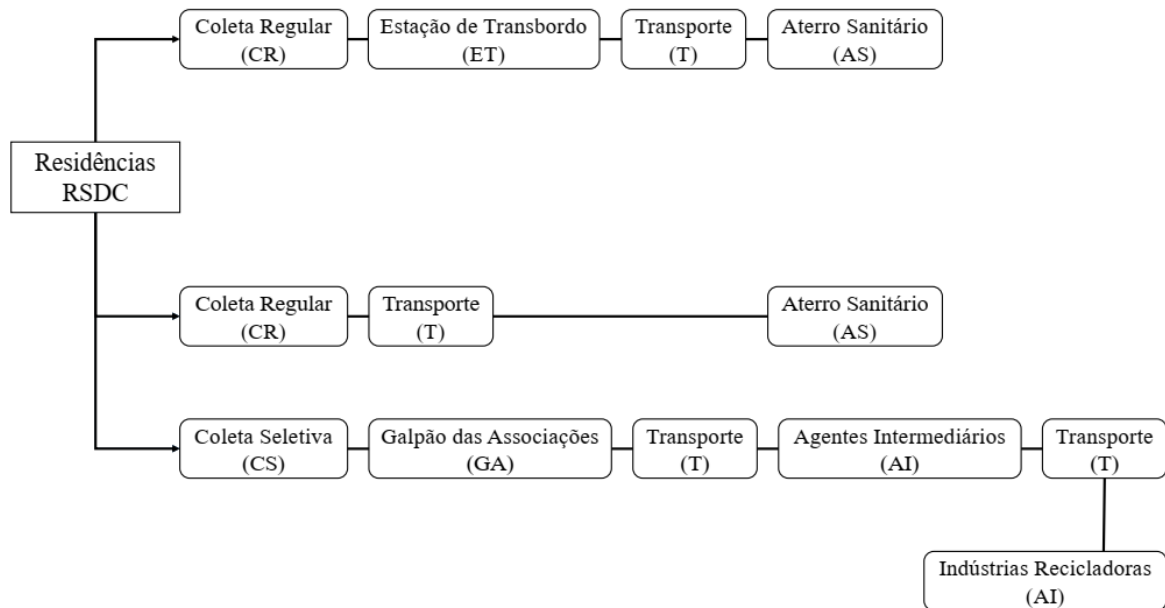
A coleta seletiva depende da separação prévia dos resíduos pelos moradores e seu devido acondicionamento para os agentes ambientais (catadores) recolherem e encaminhá-lo ao galpão, onde estes materiais são preparados para a comercialização, primeiro com agentes intermediários (atravessadores) que, por sua vez, revendem o material para as indústrias recicladoras.

Outro destino dos resíduos sólidos previamente segregados é o seu encaminhamento ao Ecoponto mais próximo para os moradores, que troca seus resíduos passíveis de reciclagem por desconto na conta de energia. Os resíduos dos Ecopontos também são encaminhados para agentes intermediários e destes para a indústria recicladora. Os Ecopontos, contudo, não foram tratados nesta pesquisa.

Na Figura 5, observa-se o escopo da ACV aplicada à gestão dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais (RSDC) de Fortaleza.



Figura 5 – Escopo da ACV aplicada à gestão dos RSDC de Fortaleza, 2019



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Para a realização deste estudo delimitaram-se as seguintes etapas (definição do escopo): coleta regular e transporte dos RSDC das residências à Estação de Transbordo do Jangurussu e dela ao ASMOC; da coleta regular ao aterro sanitário; coleta e transporte dos resíduos passíveis de reciclagem das residências às Associações e delas aos agentes intermediários e desses às indústrias recicladoras.

Normalmente, se considera como Unidade Funcional (UF) de direção para este tipo de pesquisa uma tonelada de resíduo (CHI; DONG; TANG *et al.*, 2015; IBÁÑEZ-FORÉS, 2009; IBÁÑEZ-FÓRES, BOVEA, COUTINHO-NÓBREGA *et al.*, 2019; LINS, 2020).

Após definir o objetivo de aplicação pretendida, as motivações da execução do estudo, o público-alvo, a fronteira do sistema e a unidade funcional, a próxima etapa consiste na elaboração do inventário, que “[...] envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas relevantes de um sistema de produto”. (ISO 14.040, 2014).

### 3.3.2 Elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da gestão de RSDC de Fortaleza

O sistema da gestão de RSDC do Município de Fortaleza dispõe, basicamente, de três processos: a coleta regular (efetuada pela empresa Ecofor Ambiental) com dois destinos: ir para a Estação de Transbordo do Jangurussu e dele para o ASMOC ou disposto diretamente neste

último, sendo que essas opções variam de acordo com a menor distância percorrida entre o final da coleta regular, o transbordo e o aterro sanitário; a coleta seletiva (realizada pelas associações de catadores que podem ter ou não parceria com a EMLURB); o Ecoponto (realizado em parceria com a EMLURB, Ecofor Ambiental e Enel) (este último não será tratado nesta pesquisa).

A elaboração do ICV do estudo agora sob relato utilizou dados referentes ao Município de Fortaleza, composto por 119 bairros.

A Associação de Catadores do Município, além de coletar os resíduos passíveis de reciclagem dos domicílios, também coleta os materiais de alguns empreendimentos como *shoppings centers*, agências bancárias, supermercados, entre outros. A exemplo, tem-se a ASCAJAN, razão pela qual esta investigação avalia, não só, os resíduos sólidos domiciliares, mas, também, os comerciais, fazendo referência a esses doadores.

Foram considerados, aqui, os indicadores de entrada para elaborar o ICV da gestão dos RSDC de Fortaleza, consoante vêm.

- a) A identificação da quantidade de resíduos sólidos domiciliares/comerciais gerados no Município estudado, bem como, sua distribuição dentro desses possíveis destinos (coleta regular, coleta seletiva, estação de transbordo e aterro sanitário); tais informações foram disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos (SCSP) e pela Associação ASCAJAN, referentes ao ano de 2019.
- b) Distâncias percorridas dos veículos utilizados na coleta regular e seletiva e nos transportes da Estação de Transbordo do Jangurussu ao ASMOC; do galpão das associações aos agentes intermediários e desses às indústrias recicladoras, com amparo nas informações obtidas por meio do uso da ferramenta de geoprocessamento (QGIS 2.18), das informações disponibilizadas pela ASCAJAN e por estimativas.
- c) Os consumos de água, eletricidade e óleo diesel, correspondentes a Fortaleza, da estação de transbordo, foram estimados, considerando a dissertação de Angelo (2014); e do aterro sanitário foram usados de processos adaptados para “{Rest of World-ROW}”, ou seja, resto do mundo.
- d) A produção de biogás do ASMOC foi estimada com esteio no trabalho de Necker e Rosa (2013).
- e) Os consumos de água, eletricidade e arame dos galpões das associações e dos agentes intermediários, com base em dados, foram estimados considerando a dissertação de Lins (2020) e o artigo de Lima, Olivo, Paulo *et al.* (2019).

- f) Os consumos das indústrias recicladoras foram usados de processos adaptados para “{Rest of World- ROW}”, ou seja, resto do mundo.

Como dados de saída, foram obtidos os impactos gerados por emissões atmosféricas no sistema.

Após a coleta e organização de todas estas informações, foi definido o *software* utilizado para inserir os dados e analisar os resultados, além de estabelecer as bases de dados e métodos mais adequados para responder aos objetivos da pesquisa.

#### 3.3.2.1 *Software SimaPro 9.0.0.49*

Concluída a etapa de coleta e organização de dados em concordância com a Unidade Funcional (UF) selecionada na pesquisa, o próximo passo foi a escolha e inserção das informações no *software* responsável por gerar o conteúdo quantitativo de emissões e tipos de impactos provocados (análise da ACV), provenientes de cada etapa da gestão de RSDC do Município de Fortaleza/CE.

Mediante os variados *softwares* em curso atualmente para tratar da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), conforme foram mencionados no subtópico *Softwares* aplicados a ACV, esta pesquisa utilizou o *SimaPro Faculty versão 9.0.0.49*, porquanto é o mais utilizado (LAURENT, CLAVREUL, BERNSTAD *et al.*, 2014; MARTINS, 2017; NÓBREGA, CARVALHO, GARCIA *et al.*, 2019) e por dispor de um amplo banco de dados.

#### 3.3.2.2 *Base de Dados e Método*

Com o objetivo de complementar as informações necessárias para a elaboração do ICV, existem distintas bases de dados, como, por exemplo, BUWAL e Ecoinvent, sendo a segunda uma das mais usadas nas pesquisas de sistemas da gestão de resíduos sólidos, segundo o estudo de Laurent, Clavreul, Bernstad *et al.* (2014) e, além disto, é bastante atualizada e, por estes motivos, foi utilizada nesta pesquisa a base de dados Ecoinvent 3.5 (2018).

Os indicativos aplicados nesta demanda acadêmica de sentido largo louvaram-se, preferencialmente, em informações primárias, disponibilizadas pela SCSP (2019), contudo, quando não disponibilizadas, recorreu-se a dados extraídos de bibliografias ou fontes confiáveis, como citados anteriormente (item 4.3.2) – além dos dados retirados da base Ecoinvent 3.5 (2018), preferencialmente, de informações brasileiras. Nos casos de ausência de processos brasileiros do *software* SimaPro, optou-se pela utilização de procedimentos adaptados para {ROW}, ou seja, resto do mundo, ou pela adaptação de métodos em curso, conforme também foi efetivada a pesquisa de Lins (2020).

O método de apreciação do ICV, usado nesta tese doutoral, foi o Center of Environmental Science Assessment Impact (CML) Impacto Assessment (IA) baseline - versão 3.00/world 2000, que corresponde à metodologia mais utilizada para avaliar impactos ambientais do ciclo de vida de sistemas da gestão de resíduos sólidos, conforme exprimem Laurent, Clavreul, Bernstad *et al.* (2014).

O método CML-IA baseline versão 3.00/world 2000 expressa os resultados usando as seguintes categorias de impacto: eutrofização, acidificação, oxidação fotoquímica, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade aquática marinha, ecotoxicidade da água doce, toxicidade humana, depleção da camada de ozônio, aquecimento global, depleção abiótica (combustíveis fósseis) e depleção abiótica.

Em decorrência dessa grande quantidade de categorias, a investigação selecionou: eutrofização, acidificação, aquecimento global, destruição da camada de ozônio e oxidação fotoquímica, pois estes impactos também foram analisados na maioria dos quinze (15) trabalhos analisados, a saber: Bovea, Ibáñez-Forés, Gallardo *et al.* (2010), Garcia (2016), Ibáñez-fóres, Bovea, Coutinho-Nóbrega *et al.* (2019), Lins, Nóbrega, Garcia *et al.* (2020), Lou, Bilitewski, Zhu *et al.* (2015), Quirós, Gabarrell, Villalba *et al.* (2015) e Tang, Ma, Lai *et al.* (2013).

Assim, as categorias de impacto que foram selecionadas nesta pesquisa possuem as seguintes unidades consideradas (Tabela 8):

Tabela 7 – Categoria de impacto e unidade utilizada

<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Unidade</b>
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> eq
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq
Depleção da Camada de Ozônio	kg CFC <sub>11</sub> eq
Oxidação Fotoquímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> eq

Fonte: Ibáñez-Fóres, 2009.

Após descrever todas as etapas correspondentes à elaboração da ACV utilizadas para a formulação desta pesquisa, a próxima fase constitui a descrição do método utilizado para avaliar o custo do ciclo de vida.

### **3.4 Metodologia aplicada ao Custo do Ciclo de Vida (CCV)**

Neste módulo, descreve-se a metodologia utilizada para avaliar o custo do ciclo de vida da coleta seletiva de Fortaleza e contempla os submódulos: definição do objetivo e escopo e análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV).

Apesar de, no referencial teórico sobre o CCV (item 3.3.2), este trabalho haver abordado a respeito dos modelos e métodos instituídos pela ISO 15.686-5:2008 (item 3.3.2.4) e Langdon (2007a) (item 3.3.2.5), reportou-se, apenas, as suas estruturas de organização (objetivo, escopo, inventário e avaliação), sendo a análise realizada com base na metodologia adotada por Lins (2020), conforme é justificado na subseção imediatamente seguinte.

#### **3.4.1 Definição do objetivo e escopo**

O objetivo deste estudo é avaliar o Custo do Ciclo de Vida (CCV) da coleta seletiva de Fortaleza, utilizando a Relação Análise Benefício/Custo (ABC) para a ASCAJAN, que possui apoio da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), com e sem incluir gastos com alimentação, e as demais associações, em cenário hipotético (caso a PMF tivesse dado a essas associações apoio financeiros com água, energia e alimentação em 2019).

A relação de Benefício/Custo também foi utilizada para avaliar o CCV da coleta seletiva de João Pessoa, realizada por Gomes e Nóbrega (2005), Nóbrega (2003), e Lins (2020), e adotada neste ensaio, evidentemente, com adaptações.

A relação benefício/custo (B/C) é um instrumento de análise econômica utilizado para avaliar a viabilidade de um determinado projeto ou empreendimento, por meio da comparação entre seus custos e benefícios efetivos (MEIKANDAAN; HEMAPRIYA, 2018).

Na ideação de Lins (2020), a Análise B/C conforma a razão entre os benefícios e os custos relacionados em um determinado empreendimento, sendo este um método de avaliação simples e muito usado no cotidiano para auxiliar nas tomadas de decisões.

A avaliação do Custo do Ciclo de Vida (CCV) motivou-se pela importância que o fator econômico exerce na sociedade atual, objetivando analisar em quais cenários (atual e hipotético) os benefícios são maiores do que os custos, justificando, assim, a continuidade do serviço prestado e auxiliar na tomada de decisão mais assertiva.

O público-alvo desta pesquisa é composto pelo poder público, as associações, em especial a ASCAJAN, e a população. O escopo é a coleta seletiva, com fronteira inicial nos resíduos que são descartados pelos domicílios e estabelecimentos comerciais e bancários,

seguindo a rota das associações de catadores e as atividades de segregação, organização em fardos e comercialização.

Esta pesquisa adotou a abordagem de Lins (2020), na qual a análise econômica é realizada por intermédio de um estudo entre os custos e os benefícios em termos monetários numa base de tempo comum, sendo esta expressa de três modos distintos: pela taxa interna de retorno, pela relação benefício/custo e pelo valor líquido.

A tese sob relação adotou a utilização do indicador econômico benefícios/custo (B/C), tendo em vista que é empregado nos relatórios anuais do Banco Mundial e foi usado na dissertação de Lins (2020), que avaliou o ciclo de vida ambiental e econômico da coleta seletiva de João Pessoa, mostrando-se ser uma técnica eficiente e viável.

De efeito, se recorreu à Equação 4, também adotada por Lins (2020).

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{k=0}^n BK(1+j)^{-k}}{\sum_{k=0}^n Ck(1+j)^{-k}} \quad (\text{Equação 4}), \text{ em que: B são os benefícios; C os custos; e k o tempo.}$$

Nesse contexto, se  $B/C = 1$ , afirma-se que os benefícios (B) são equivalentes aos custos (C); se  $B/C > 1$ , os benefícios foram superiores aos custos avaliados, sendo esta a melhor situação sob o ponto de vista econômico. Se  $B/C < 1$ , indica-se que os custos foram superiores aos benefícios identificados, sendo este o pior cenário (LINS, 2020).

Considerou-se para a análise do Custo do Ciclo de Vida (CCV) da gestão da coleta seletiva de Fortaleza a base de tempo comum o ano de 2019.

### **3.4.2 Elaboração do Inventário do Custo do Ciclo de Vida (ICCV) da coleta seletiva de Fortaleza**

Conforme foi citado anteriormente, para avaliar o custo do ciclo de vida da coleta seletiva de Fortaleza, utilizou-se o método de análise Benefício/Custo (ABC) também adotado por Lins (2020). Para tanto faz-se necessário reconhecê-los dentro desse sistema.

Os benefícios diretos atribuídos à gestão de resíduos sólidos passíveis de reciclagem estão expressos sequencialmente.

- Venda de recicláveis pelos Associados (VA)

Apesar de esse benefício ser diretamente para os associados, considera-se que os recicláveis vendidos por eles funcionam como sua remuneração pelo trabalho exercido (LINS, 2020). Além disso, a PNRS (Lei N° 12.305/2010) estabelece que é dever do Município a

implementação da coleta seletiva e sua entrega em benefício das associações de catadores. Logo, esse sistema é diretamente beneficiado por esta venda, tornando-se fundamental a sua existência (LINS, 2020).

Avalia-se que os custos relacionados à gestão da coleta seletiva sejam

- Aluguel de Imóveis (AI)

Este dado foi obtido junto à Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos – SCSP. Nos casos de terrenos próprios da Prefeitura de Fortaleza, não serão considerados para este estudo.

- Mão de obra (MO)

Neste tópico, foram considerados os custos da Prefeitura oriundos da contratação de motoristas e suporte técnico-social à ASCAJAN. Estimou-se o valor que seria gasto com alimentação para ASCAJAN como custos da PMF e como seria, caso a Prefeitura houvesse feito o mesmo para as demais associações do Município.

- Serviços (S)

Custos para o funcionamento da ASCAJAN com relação ao consumo de água e energia no ano de 2019. Os gastos foram projetados, caso a Prefeitura houvesse custeado para as demais associações de catadores de Fortaleza.

- Combustível, Manutenção e Lavagem dos Veículos (CMLV)

Neste ponto, foram considerados os gastos provenientes do consumo de combustível para os veículos automotores da ASCAJAN, as manutenções desses veículos e suas lavagens.

Após a identificação, todos os benefícios e custos da gestão dos resíduos sólidos relacionados à Prefeitura podem ser dados pela Equação 5, conforme proposto por Lins (2020):

$$\frac{B}{C} (\text{diretos}) = \frac{VA}{AI+MO+S+CMLV} \quad (\text{Equação 5}),$$

em que: B são os benefícios; C os custos; VA a venda de recicláveis pelos Associados; AI o aluguel de imóveis; MO a mão de obra; S o serviço e CMLV o combustível, a manutenção e a lavagem dos veículos.

Para a utilização da equação acima, aplicam-se todos os dados em R\$.

Ao analisar a dissertação elaborada por Lins (2020) e as atividades desempenhadas pelas associações localizadas no Município de Fortaleza, observou-se a existências de benefícios indiretos, sendo estes:

- Custos evitados com o não aterramento (CEA)

Representa a receita economizada pela PMF proveniente dos custos evitados com a disposição final, em decorrência do não encaminhamento dos resíduos recicláveis ao Aterro Sanitário Municipal Oeste de Caucaia (ASMOC).

- Custos evitados com a coleta regular e limpeza de pontos de lixo (CECRL)

Refere-se aos custos economizados pela EMLURB por meio da prática da coleta seletiva por não transportar os resíduos recicláveis nos caminhões compactadores.

Desse modo, ao considerar também os benefícios diretos e indiretos, tem-se a Equação 6:

$$\frac{B}{C} \text{ (diretos e indiretos)} = \frac{VA+CEA+CECRL}{AI+MO+S+CMLV} \quad \text{(Equação 6),}$$

onde: B são os benefícios; C os custos; VA a venda de recicláveis pelos Associados; CEA os custos evitados com o não aterramento; CECRL os custos evitados com a coleta regular e limpeza de pontos de lixo; AI o aluguel de imóveis; MO a mão de obra; S o serviço e CMLV o combustível, a manutenção e a lavagem dos veículos.

Sempre que possível, esses dados foram disponibilizados pela SCSP (2019). Quando não, foram estimados com base em informações consultadas na literatura, em *sites* oficiais ou por consultas de mercado.

No que se refere às demais etapas que compõem a gestão dos RSDC de Fortaleza, não foram analisadas, pois considerou-se que seu benefício direto seria a receita cobrada pelo serviço de coleta, transporte e disposição final dos resíduos (imposto), o que não é uma prática no Município estudado.

Nesse contexto, obter esta relação benefício/custo da coleta seletiva tem por objetivo o uso da ferramenta custo do ciclo de vida para auxiliar na tomada de decisão e na melhoria da gestão de resíduos em termos técnicos e econômicos.



### **3.5 Metodologia aplicada à Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS)**

Neste segmento, descreve-se a metodologia utilizada para avaliar o ciclo de vida social da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais, na SER VI, contemplando os sub tópicos: definição do objetivo e escopo e análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV).

#### **3.5.1 Definição do objetivo e escopo**

O objetivo da aplicação do método de ACVS, neste estudo, é avaliar o impacto social do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais no Município de Fortaleza, incluindo os Ecopontos, a população da SER VI e a ASCAJAN (estes últimos com análise de dados primários).

A realização desta pesquisa, como citado anteriormente, foi motivada com base na PNRS (2010), que estabelece como um dos seus princípios orientadores a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere os fatores ambiental, social, cultural, econômico, tecnológico e de saúde pública. Assim, tratar da gestão de resíduos sólidos não implica apenas o fator ambiental, mas também o social (GARCIA, 2016).

Neste estudo de caso, a ACVS foi aplicada ao sistema da gestão de resíduos sólidos de Fortaleza, envolvendo vários agentes, em especial, a sociedade (composta principalmente pela população que reside nos bairros da Regional VI) e a associação de catadores (ASCAJAN). Além destes, também, há a Prefeitura do Município (por meio da empresa de limpeza urbana Ecofor Ambiental), os sucateiros e indústrias recicladoras. Esses últimos (sucateiros e indústrias recicladoras), entretanto, não foram pesquisados em razão da amplitude do estudo e das dificuldades inerentes à realização de contato. O Quadro 3 mostra as Etapas do Ciclo de Vida da gestão de resíduos sólidos de Fortaleza.

Quadro 3 – Etapas do ciclo de vida da gestão de RSDC de Fortaleza

<b>População</b>	<b>Prefeitura (Empresa de Coleta)</b>	<b>Ecopontos</b>		<b>Catadores/Sucateiros</b>			<b>Empresa Privada</b>
Acondicionamento e segregação de RSDC	Coleta e disposição final de RSDC	Entrega/Recebimento de Materiais Recicláveis	Comercialização	Coleta de materiais pelos catadores	Segregação e preparação dos materiais nas Associações	Comercialização	Indústria Recicladora
1. Acondicionamento adequado dos resíduos que não são passíveis de reciclagem.	1. Coleta dos RSDC.	1. Cadastro das pessoas que entregam o material passível de reciclagem.	1. Comercialização do material a uma empresa terceirizada responsável pelo enfiamento.	1. Coleta dos materiais reciclados pelos catadores.	1. Separação dos materiais coletados por classes (papel/papelão, vidro, plástico e metal).	1. Comercialização dos materiais para os atravessadores.	1. Compra dos materiais aos atravessadores.
2. Separação e acondicionamento dos materiais passíveis de reciclagem no ponto de sua geração.	2. Transporte dos RSDC para a Estação de Transbordo e desta para o Aterro Sanitário	2. Quantificação e registro do material recebido.	2. Comercialização do material enfiado para e indústria recicladora.		2. Preparação dos materiais em fardos para a venda.	2. Comercialização dos materiais dos atravessadores para as indústrias.	2. Processamento dos materiais.
	3. Disposição final dos RSDC no aterro sanitário.						

Fonte: Elaboração própria, 2020.

O Quadro 3 mostra todas etapas referentes à gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais de Fortaleza, contudo, a fronteira do sistema desta pesquisa se dedica apenas à etapa correspondente aos trabalhadores da associação ASCAJAN e ECOFOR Ambiental (*stakeholder* trabalhador), haja vista que a inclusão dos atravessadores e empresas privadas (indústrias recicladoras) requereria uma amplitude do estudo, sendo assim, sugerida para estudos futuros; a população (*stakeholder* consumidor e comunidade local); e o Brasil (*stakeholder* sociedade).

### 3.5.2 Elaboração do Inventário do Ciclo de Vida Social (ICVS): stakeholders e subcategorias

A elaboração do ICVS considerou apenas os dados primários referentes à população dos bairros que compõem a SER VI e dos catadores da Associação ASCAJAN.

Os dados relacionados à Ecofor Ambiental foram extraídos de fontes secundárias.

A ACVS, deste trabalho, seguiu as orientações sugeridas pela UNEP/SETAC (2009), das quais foram adotadas as categorias de *stakeholders*<sup>2</sup> e as subcategorias<sup>3</sup> de impacto recomendadas por sua Linha de Diretrizes. No Quadro 4, estão as subcategorias selecionadas para a análise, considerando as informações adquiridas nos questionários aplicados e nos dados secundários.

Quadro 4 – Adaptação das categorias de *Stakeholders* e as subcategorias de impacto sugeridas pelas linhas diretrizes da UNEP/SETAC, 2009.

<b>Categorias de Stakeholders</b>	<b>Subcategorias de Impacto</b>
Trabalhador <sup>4</sup>	Liberdade de associação e negociação coletiva Trabalho infantil Salário justo Horas de trabalho Trabalho forçado Igualdade de oportunidades/discriminação Saúde e Segurança Benefícios sociais/segurança social
Consumidor <sup>5</sup>	Mecanismo de retroalimentação (feedback) Responsabilidade pelo fim do ciclo de vida
Comunidade Local	Participação da comunidade

<sup>2</sup> *Stakeholders* são grupos de atores sociais que têm um interesse compartilhado com a organização, devido a sua relação com o sistema objeto de análise, a saber, trabalhadores, fornecedores, consumidores, sociedade, entre outros (GARCIA, 2016).

<sup>3</sup> Subcategorias são indicadores a serem analisados na elaboração do inventário, que servem para organizar o processo de recopilação dos dados do inventário (RUSSI; AYUSO; PALMER, 2012; GARCIA, 2016).

<sup>4</sup> Considerou-se, nesta pesquisa, na categoria (trabalhador) a empresa de limpeza urbana ECOFOR Ambiental e os catadores de material reciclado da associação ASCAJAN. Não foram levados em conta os demais agentes, como atravessadores e colaboradores das indústrias.

<sup>5</sup> Considerou-se consumidor, neste trabalho, aquele atendido pelo sistema da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais na Secretária Executiva Regional (SER) VI no Município de Fortaleza, Ceará, Brasil.

	Assegurar condições de vida
Sociedade	Compromisso público sobre a sustentabilidade Contribuição ao desenvolvimento econômico Desenvolvimento tecnológico Corrupção

Fonte: Garcia (2016), adaptado da UNEP/SETAC, 2009.

As subcategorias de impacto selecionadas nesta pesquisa também são identificadas em outras referências relacionadas a ACVS e também a indicadores sociais, sendo: Ciroth e Franze (2011); Ethos (2019); GRI (2016); Jorgensen, Le Bocq, Nazarkina *et al.* (2008); Yildiz-Geyhan; Yilan; Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019); e UNEP/SETAC (2009), apresentadas no Quadro 2.

Cada subcategoria, ora mostrada, é avaliada por distintos indicadores. A lista contendo esses indicadores e a descrição de seu *status* para os processos considerados compõem o inventário da ACVS. Os Quadros de 5 a 8 mostram os indicadores já adaptados para esta pesquisa e constituem a primeira etapa do processo avaliativo. Para a segunda etapa, são utilizados quadros simplificadores, conforme se observa no exemplo (consulte Quadro 11), pois alguns indicadores não são importantes para os processos na segunda etapa; outros não são aplicáveis no nível local e alguns são muito elaborados para uma consideração local. Além disso, os indicadores regionais são excluídos em relação aos processos na segunda etapa, pois nem todas as empresas de um setor geralmente estão localizadas na mesma região (CIROTH; FRANZE, 2011).

#### Indicadores da Categoria de *Stakeholders*: Trabalhador

O Quadro 5 mostra os indicadores selecionados para a categoria de *Stakeholders* trabalhador.

Quadro 5 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: trabalhador

Subcategorias de Impacto	Indicadores
Liberdade de associação e negociação coletiva	- Evidência de restrição à liberdade de associação e negociações coletiva no país e no serviço analisado (empresa Ecofor Ambiental e coleta seletiva). - Presença de sindicatos dentro da atividade analisada, na Ecofor Ambiental e na ASCAJAN / organização e descrição da sua influência.
Trabalho infantil	- Percentual de trabalho infantil no país e no setor analisado. - Descrição do tipo de criança que trabalha na Ecofor Ambiental e ASCAJAN (Fortaleza/CE).
Salário Justo	- Especificação do salário mínimo no país. - Nível de renda salarial do menor e do maior pagamento por atividade desempenhada na Ecofor Ambiental e ASCAJAN (Fortaleza/CE).

Horas de trabalho	- Horas de trabalho por empregado por mês (média). - Número de dias por semana sem trabalho.
Igualdade de oportunidades/discriminação	- Percentual de mulheres no trabalho de força da atividade analisada. - Posição do país estudado no ranking do índice de gênero. - Ocorrência de discriminação no país e na atividade analisada (coleta regular a disposição final, Ecoporto e coleta seletiva). - Proporção de salário por gênero e racial na coleta seletiva.
Saúde e segurança	- Descrição das principais origens de perigo potencial da atividade. - Taxa de acidente no país e no setor estudado. - Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na Ecofor Ambiental e ASCAJAN.
Benefícios sociais/segurança social	- Gasto do país por setor de segurança social. - Previdência social no país e na coleta seletiva. - Pagamento de Previdência Social na Ecofor Ambiental e na ASCAJAN. Auxílio do governo (Bolsa Família, Bolsa Catador).

Fonte: Adaptou-se de Garcia (2016),

#### Indicadores da Categoria de *Stakeholders*: Consumidor

Os Quadros 6, 7 e 8 mostram, respectivamente, os indicadores selecionados para analisar as categorias de *Stakeholders* consumidor, comunidade local e sociedade.

#### Quadro 6 – Indicadores da categoria de *Stakeholders*: consumidor

Subcategoria de Impacto	Indicadores
Mecanismo de Retroalimentação ( <i>Feedback</i> )	- Presença de mecanismo de retroalimentação. - Práticas relacionadas à satisfação do cliente.
Responsabilidade pelo fim do ciclo de vida	- Legislação nacional que abrange a eliminação e reciclagem de produtos. - Atenção e gestão do fim de vida. - Estruturação da tomada de volta ao sistema, incluindo o envolvimento do consumidor.

Fonte: Adaptou-se de Garcia (2016).

#### Indicadores da Categoria de *Stakeholders*: Comunidade Local

#### Quadro 7 – Indicadores da categoria de *Stakeholders*: comunidade local

Subcategoria de Impacto	Indicadores
Participação da comunidade	- Descrição do engajamento da comunidade na coleta seletiva e no Ecoporto. - Taxa de crime.
Condições de vida seguras	- Políticas de gestão relacionadas com a segurança privada pessoal.

Fonte: Adaptou-se de Garcia (2016).

Indicadores da Categoria de *Stakeholders*: SociedadeQuadro 8 – Indicadores da categoria de *Stakeholders*: sociedade

Subcategoria de Impacto	Indicadores
Compromisso público sobre a sustentabilidade	- Presença de promessas ou acordos sobre as questões sustentáveis acessíveis ao público e as queixas ao não cumprimento desses compromissos. - Implementação/assinatura de princípios ou códigos de conduta.
Contribuição ao desenvolvimento econômico	- Situação econômica do país e relevância do setor considerado para a economia.
Desenvolvimento tecnológico	- Esforços do setor no desenvolvimento de tecnologias benéficas ao meio ambiente. - Investimentos em desenvolvimento de tecnologias.
Corrupção	- Risco de corrupção no país e no setor.

Fonte: Adaptou-se de Garcia (2016).

Como já se sabe, as Avaliações de Impacto do Ciclo de Vida Social (AICVS) não possuem métodos aceitos internacionalmente. Assim, esta pesquisa utilizou o primeiro método de avaliação de impacto social desenvolvido por GreenDeltaTC e usado por Ciroth e Franze (2011), tendo em vista que esse último apresentou mais detalhes de sua implementação. Associado a esse método de avaliação, adaptou-se também o processo avaliativo desenvolvido por Yildiz-Geyhan; Yilan; Altun-Çiftçioglu *et al.* (2019). Os procedimentos dos métodos são explicados com detalhes a seguir.

Na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), existem dois tipos de categorias de impacto: pontos finais e pontos médios. Embora as categorias de ponto médio modelem efeitos instantâneos, como depleção de ozônio, acidificação ou toxicidade humana, as categorias de ponto final objetivam considerar o “impacto final” nas áreas de proteção à saúde, meio ambiente e recursos humanos. O método AICVS desenvolvido considera exclusivamente pontos médios, pois a utilização de pontos finais implica a agregação de resultados, o que reduz a transparência e aumenta a incerteza. Além disso, no quadro da ACVS, existe basicamente apenas uma categoria de *endpoints*: bem-estar humano. Isso minimiza a utilidade de uma avaliação terminal (CIROTH; FRANZE, 2011).

Assim, na ACVS as categorias de impacto consideradas para a avaliação social também se baseiam nas Diretrizes da UNEP/SETAC. Citam-se:

- Condições de Trabalho (CT).
- Saúde e Segurança (SS).
- Direitos Humanos (DH).
- Repercussões Socioeconômicas (RSE).

- Direitos Indígenas, incluindo patrimônio cultural (DI).
- Governança (G).

Como não existem modelos de classificação científica dos parâmetros sociais de ICV, uma abordagem foi desenvolvida por Ciroth e Franze (2011), contudo, segundo os autores supracitados, não foi possível ilustrar as cadeias de causa-efeito de todas as subcategorias no quadro do estudo.

Na ACVS deve-se levar em conta o desempenho dos setores e empresas consideradas. Portanto, a avaliação é dividida em duas fases: a primeira avalia o desempenho dos setores e empresas, respectivamente, com base no *status* dos indicadores, considerando o desempenho do setor / empresa em relação à situação no país / região. A segunda fase avalia os impactos do comportamento da empresa / setor em relação às categorias de impacto selecionadas (CIROTH; FRANZE, 2011).

Na segunda fase, todos os indicadores das subcategorias são classificados como “ótimo, bom, satisfatório, inadequado, ruim ou péssimo”. A cada uma dessas pontuações se atribui uma cor que varia entre verde (ótimo) e vermelho (péssimo), além de valores de 1 para a primeira situação e 6 para a segunda, conforme o Quadro 9.

Com o objetivo de deixar essas avaliações menos subjetivas, adaptou-se o método de Yildiz-Geyhan; Yilan; Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), no qual para cada pontuação acima mencionada são atribuídas porcentagens relacionadas às respostas dos indicadores, classificando as porcentagens com 1-16% (péssimo/ótimo), 16-32% (ruim/bom), 32-48% (inadequado/satisfatório), 48-64% (satisfatório/inadequado), 64-80% (bom/ruim) e 80-100% (ótimo/péssimo). Para indicadores cujas respostas foram “sim ou afirmativas”, foi atribuída a pontuação ótima; para as que foram “não ou negativas” a pontuação foi péssima. Em relação àquelas das quais não foi possível obter informações elas são consideradas neutras, com pontuação 0.

Assim, se a porcentagem de presença de saúde e segurança for 70%, a avaliação será boa (cor verde-claro: fator 2). Por outro lado, deve-se notar que alguns indicadores podem ter efeito inverso. Por exemplo, o risco de incidente é um impacto social negativo. Então, se a porcentagem de incidentes for 70%, a pontuação será ruim (cor laranja fator 5).

Quadro 9 – Escala de avaliação de impacto social

Avaliação de Desempenho	Avaliação de Impacto	Cor	Fator	Porcentagens
Neutro	Efeito neutro		0	0
Ótimo/Péssimo	Efeito positivo		0-1/5-6	1 – 16%
Bom/Ruim	Efeito ligeiramente positivo		1-2/4-5	16 – 32%
Satisfatório/Inadequado	Efeito indiferente		2-3/3-4	32 – 48%
Inadequado/Satisfatório	Efeito ligeiramente negativo		3-4/2-3	48 – 64%
Ruim/Bom	Efeito negativo		4-5/1-2	64 – 80%
Péssimo/Ótimo	Efeito muito negativo		5-6/0-1	80 – 100%

A avaliação social é apresentada em quadros. O Quadro 10 fornece um exemplo esquemático da tabela que corresponde à segunda fase.

Quadro 10 – Esquema de uma tabela de avaliação social.

Stakeholder	Subcategorias	Avaliação de Desempenho (AD)	Categorias de Impacto					Avaliação de Impacto (AI)

Valores

Valor Resultante

Fonte: Adaptou-se de Ciroti e Franze, 2011.

Os quadros de avaliações sociais são compostos por dez colunas: a primeira refere-se à lista das categorias de *stakeholders* (trabalhador, consumidor, comunidade local e sociedade); a segunda, às subcategorias de impacto relacionadas as partes interessadas; a terceira e a última são de avaliação, enquanto a terceira classifica o desempenho da empresa/setor (DES); a décima avalia o impacto (AI); as colunas de 4 a 9 mostram a relação entre cada subcategoria e as categorias de impacto consideradas. O Quadro 10 fornece um exemplo de como ler as tabelas de avaliação (CIROTH; FRANZE, 2011).

A avaliação do impacto é calculada com suporte nas somas de todas as categorias de impacto (CT, SS, DH, RSE, DI e G), onde o símbolo “+” indica positivo com valor de 0,16;



“(+)” ligeiramente positivo com 0,32; “-” negativo com valor 1 e “(-)” ligeiramente negativo com 0,5. Assim, se todas as categorias forem avaliadas como positivas a pontuação final vai ser 1 (ótimo: verde-escuro) e se as somas de todas as categorias forem negativas o resultado vai ser 6 (péssimo: vermelho), como mostra o exemplo do Quadro 11.

Quadro 11 – Exemplo da avaliação do impacto social

Stakeholder	Subcategoria	DES	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Trabalhador	- Liberdade de Associação e Negociação Coletiva	1	+	+	+	+	(+)	+	1,12
	- Trabalho Infantil	1	+	+	+	+	+	+	1
	- Discriminação	6	-	-	-	-	-	-	6
	Valor	5							5

Fonte: Adaptou-se de Ciroth e Franze (2011).

Interpretação do exemplo acima (Quadro 11). O grupo de partes interessadas trabalhadores inclui as subcategorias liberdade de associação e negociação coletiva, trabalho infantil e discriminação. A empresa, neste exemplo, fornece um sindicato e acordos coletivos (essa informação estaria no *status* desse indicador que compõe a primeira etapa da avaliação). Em geral, não restringe os direitos dos trabalhadores em relação à liberdade de associação e negociação coletiva, portanto, o desempenho da empresa foi avaliado como ótimo, o que fornece uma cor verde-escura para a avaliação e o fator 1 (conforme a consideração realizada para resposta dicotomias “sim ou não”). Esse bom desempenho da empresa tem impactos positivos nas condições de trabalho, saúde e segurança, direitos humanos, causa repercussões socioeconômicas positivas e governança. Os impactos sobre os direitos indígenas são ligeiramente positivos. Logo, a avaliação do impacto foi boa (verde-claro: fator 1,12).

Além disso, a empresa não emprega crianças. Isso influencia positivamente todas as categorias de impacto em relação a essa subcategoria, o que, por sua vez causaria, geralmente, se ocorressem vários impactos sociais negativos. Assim, o desempenho da empresa foi considerado ótimo (verde-escuro: fator 1) e esse comportamento ideal da empresa tem efeitos sociais positivos em todas as categorias, logo a AI foi ótima (verde-escuro: fator 1).

No que se refere à discriminação, o desempenho da empresa é péssimo (fator 6), pois há discriminação de gênero, uma vez que a empresa paga menos para as mulheres do que para os homens. Além disso, ocorreram casos de assédio sexual. Como todas as categorias de impactos são influenciadas negativamente, os impactos do comportamento desta empresa são estimados como impactos muito negativos (fator 6).

Os valores finais das quantificações de DES e AI correspondem à média calculada da avaliação da subcategoria, de acordo com o seguinte cálculo específico: se pelo menos uma subcategoria em um determinado grupo de *stakeholders* é com fator “6”, o montante deste grupo não pode ser maior do que “5,00”; se pelo menos uma subcategoria é avaliada com fator “5”, a quantidade desse grupo não pode ser maior do que “4,00”; e se pelo menos uma subcategoria é avaliada com fator “4”, a quantidade desse grupo não pode ser maior do que “3,00”, e assim sucessivamente (CIROTH; FRANZE, 2011 e GARCIA, 2016).

Quando mais de uma subcategoria possui o mesmo fator de impacto, deve-se realizar a média aritmética; isso serve tanto para a DES quanto para a AI.

As avaliações dos impactos sociais são inerentemente subjetivas, quando comparadas com a avaliação de impacto ambiental, que é pelo menos uma parte baseada nas ciências naturais. Para obter o máximo de objetividade possível, a avaliação social é baseada em padrões internacionais, como, por exemplo, os padrões trabalhistas da Organização Internacional do Trabalho (OIT), ISO 26.000 ou as Diretrizes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para Empresas Multinacionais como pontos de referência de desempenho (CIROTH; FRANZE, 2011).

Portanto, neste capítulo da metodologia, foram descritos todos os procedimentos metodológicos que auxiliaram na obtenção dos resultados desta pesquisa, justificando, sempre que possível, as escolhas referentes à área de estudo, aos *softwares* utilizados, aos métodos empregados, dentre outras informações.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

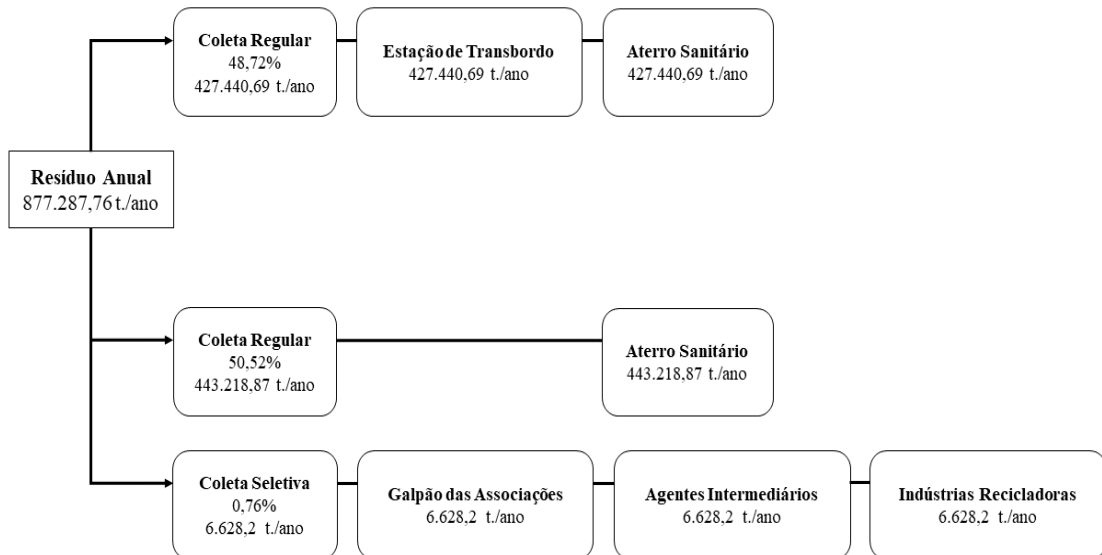
### 4.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

#### 4.1.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da gestão de RSDC de Fortaleza

De acordo com a ABNT ISO 14.040 (2014), a fase de análise do ICV consiste na coleta dos dados e procedimentos de cálculos, a fim de quantificar as entradas (energia, matéria-prima, recurso hídrico, entre outras) e saídas (emissões atmosféricas, descargas para o solo e água etc.) do sistema.

Nessa perspectiva, para este trabalho, conforme foi descrito no tópico de elaboração do ICV, o primeiro passo foi quantificar os RSDC gerados no Município de Fortaleza composto por 119 bairros, bem como seu destino (coleta regular, coleta seletiva, estação de transbordo, aterro sanitário, agentes intermediários e indústrias recicladoras). Na Figura 6, observa-se a distribuição quantitativa dos RSDC nas unidades analisadas.

Figura 6 – Quantitativo da geração de RSDC de Fortaleza, 2019



Fonte: SCSP, 2019.

Verificou-se que o percentual de apenas 0,76% dos RSDC de Fortaleza foi recolhido pela coleta seletiva e comercializado para indústrias recicladoras, já considerando uma perda de 10% desses materiais no trajeto ou de materiais não passíveis de reciclagem, conforme dados disponibilizados pela SCSP (2019). Essa quantia, após preparada para revenda pelos catadores

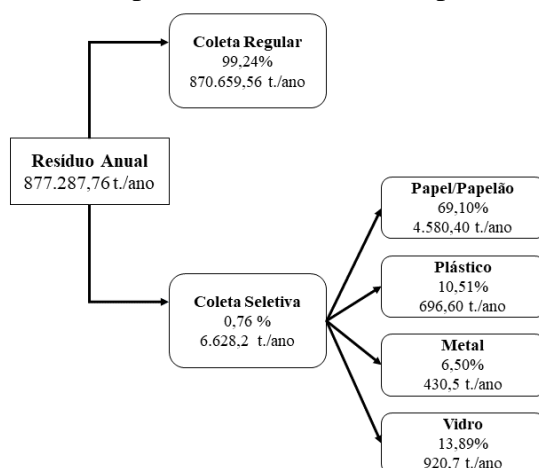
para os agentes intermediários, é encaminhada para a indústria recicladora (2019), levando em consideração o valor integral de 6.628,2 t./ano, de acordo com o expresso na Figura 6.

Esse percentual da coleta seletiva de 0,76% foi superior ao ano anterior (2018) com 0,72% (SNIS, 2018) e corrobora os resultados das demais capitais do Nordeste. Constatou-se, com níveis abaixo de 1%, a quantidade de RSDC encaminhada para a coleta seletiva os municípios João Pessoa (0,63%) (LINS, 2020), Maceió (0,45%), Aracaju (0,44%), Teresina (0,37%) e Recife (0,32%), e com percentual acima 1%, estiveram São Luís (1,74%), Salvador (1,32%) e Natal (1,19%) (SNIS, 2018).

Apesar de esse percentual na coleta seletiva de Fortaleza ainda ser inferior, quando comparado à realidade de outras capitais do Nordeste do Brasil - como São Luís, Salvador e Natal - verificou-se que, no quesito tratamento e disposição final, o Município atende às expectativas, tendo em vista que apenas 7,7% dos resíduos globais são destinados para aterros sanitários (com coleta de gás) (KAZA, YAO, BHADA-TATA *et al.*, 2018), enquanto a taxa de Fortaleza foi superior, com 99,24% dos seus resíduos encaminhados para aterros sanitários com aproveitamento energético do seu biogás e o restante para a coleta seletiva.

Após a quantificação e distribuição dos RSDC de Fortaleza, outras informações também foram consideradas para a elaboração do ICV, como a quantidade e percentual de materiais passíveis de reciclagem coletados pelas associações de coleta seletiva atuantes no Município, como papel/papelão, plástico, metal e vidro, conforme está na Figura 7.

Figura 7 – Distribuição de RSDC, por material, no Município de Fortaleza, 2019.



Fonte: SCSP, 2020.

Dessa quantidade de resíduos da coleta seletiva, ora expressa, já foram retirados os 10% considerados pela SCSP (2019) como perdas no processo de coleta, considerando esse mesmo valor para os demais setores da cadeia de produção de reciclados (agentes

intermediários e indústrias recicladoras), de sorte que não se utilizou o percentual de eficiência do reciclado.

Na Figura 7, verifica-se que os maiores índices de reciclagem são do papel/papelão (69,10%), seguidos por vidro (13,89%), plástico (10,51%) e metal (6,50), observando-se, deste modo, que essa realidade diverge da ordem nacional, pois, de acordo com o SNIS (2018), os maiores percentuais obedecem a essa sequência papel/papelão (42%), plástico (22,6%), metais (13,1%), vidro (12,2%), outros (10,1%).

O papel também foi o material com maior volume coletado em dois anos (2017 e 2018), com aproximadamente 64% do total recolhido. Segundo o Anuário da Reciclagem (2018), elaborado pela Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT) e Pragma Soluções Sustentáveis, esse percentual se aproximou do identificado em Fortaleza, embora na cidade não tenha constado o segundo material com maior volume de coleta - o plástico – divergindo, assim, tanto dos resultados do SNIS (2018) quanto do Anuário da Reciclagem (2018).

Ao seguir o estabelecido proposto na definição do escopo deste trabalho, outras variáveis de entrada e saída foram consideradas, além das quantidades de resíduos geridos nas distintas etapas da gestão dos RSDC de Fortaleza, a saber: transporte - que correspondeu à quantidade de óleo diesel usado por toneladas de resíduos transportado (L); uso das instalações do galpão das associações de coleta seletiva, indústria recicladora, estação de transbordo e aterro sanitário contabilizados por intermédio do uso de energia (kwh), água (m<sup>3</sup>), diesel (L) nestes ambientes, recuperação do biogás (m<sup>3</sup>) do aterro sanitário, além da utilização do arame (kg) para os enfardamentos dos materiais reciclados coletados pelas associações.

#### *4.1.1.1 Transporte*

O principal veículo automotor que realiza as coletas regulares no Município de Fortaleza é o caminhão compactador, com capacidade para transportar 9/12 toneladas de resíduos (PMGIRS de Fortaleza, 2012). Além desses, as coletas regulares também são realizadas por caçambas e motos com carretinha, sendo este último para locais de acesso difícil.

Para fins de cálculo a fim de estimar o consumo de combustível na coleta regular, considerou-se apenas o veículo caminhão compactador rodando 2,50 km com 1 L de diesel<sup>6</sup> (PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS DE MAIO, 2015).

As distâncias percorridas pelos veículos de coleta regular foram estimadas por intermédio da soma de todas as vias de Fortaleza com o uso da ferramenta QGIS 2.18, utilizando os *shapes* dos eixos viários disponíveis no *site* oficial – Fortaleza em Mapas. Para tanto, divisou-se o fato de que a taxa de cobertura da coleta regular era de 98% (SCSP, 2019), o ano com 365 dias que possui 52 semanas e com frequências de coleta três vezes na semana – logo, se tem a coleta anual de 156 dias (XAVIER, 2010), atendendo a 50% do território.

Ao avaliar a frequência da coleta regular de Fortaleza, em sua maior parte, ocorrente durante três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feiras ou terça, quinta-feira e sábado) (PMGIRS – Fortaleza, 2012), o total de vias do Município foi dividido em duas partes, haja vista que, ao término da semana, todo o território previsto pela taxa de cobertura da coleta regular seria atendido. Assim, o total de quilômetros considerados percorridos pela coleta regular em Fortaleza no ano de 2019 foi de 724.680,4 km.

Conforme foi observado na Figura 6, os RSDC recolhidos pela coleta regular podem ir para a estação de transbordo do Jangurussu ou ir diretamente para o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC). Considerando este último trajeto, a distância percorrida foi de 59.025,05 km em 2019.

Assim, o percurso considerado para a coleta regular foi de 783.705,45, que corresponde às distâncias percorridas da coleta regular, que passa pela estação de transbordo e a que vai direto para o aterro sanitário.

No que se refere à coleta seletiva, considerou-se que apenas a ASCAJAN dispõe de veículo para realizar suas atividades, que, de acordo com a própria Associação, dispõe de dois caminhões gaiolas, com capacidade para transportar cinco toneladas de resíduos sólidos.

Ao considerar as informações, expressas pela ASCAJAN, de que a Associação gastou 14.400,00 reais de combustível, no ano de 2019, para os dois caminhões de que dispõem para realizar a coleta seletiva, e que esse modelo consome 8 km/L, ao preço médio do diesel a 3,54 R\$/L (ANP, 2019), têm-se que o caminhão percorreu 32.542,37 km.

As distâncias médias dos transportes entre os galpões das associações aos agentes intermediários foram calculadas considerando as saídas do bairro Jangurussu aos endereços

---

<sup>6</sup> Planilha de custos para licitação. Prefeitura Municipal de Três de Maio/RS. Disponível em:<[https://www.pmtresdemaio.com.br/Arquivos/240/Licita%C3%A7%C3%B5es/5263/Anexo%20VII%20-%20Planilha%20de%20Custos\\_3119.pdf](https://www.pmtresdemaio.com.br/Arquivos/240/Licita%C3%A7%C3%B5es/5263/Anexo%20VII%20-%20Planilha%20de%20Custos_3119.pdf)>.

informados pelas associações dos possíveis agentes intermediários por tipo de material transportado e destes às indústrias recicladoras, conforme mostram as Tabelas 8 e 9.

Para avaliar a quantidade de óleo diesel por quilômetro rodado dos galpões aos depósitos dos agentes intermediários, e destes às indústrias recicladoras, considerou-se o mesmo consumo de caminhão com sistema *roll-on* de 3km/L<sup>7</sup> e as mesmas quantidades de resíduos transportadas por tipo de material.

Tabela 8 – Consumo de óleo diesel dos galpões das associações aos depósitos dos Agente Intermediários (AIs), por tipo de material, 2019.

Material	Distâncias (km)	Diesel (L)	Peso (t)	Consumo (L/t.)
Galpões – AI Papel/Papelão	436,8	145,60	4580,40	0,032
Galpões – AI Plástico	520,0	173,33	696,60	0,249
Galpões – AI Metal	665,6	221,87	430,5	0,515
Galpões – AI Vidro	738,4	246,13	920,7	0,267
Total	2.360,8	786,93	6.628,2	0,119

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 9 – Consumo de óleo diesel dos depósitos dos AIs às Indústrias Recicladoras (IR), por tipo de material, 2019.

Material	Distâncias (km)	Diesel (L)	Peso (t)	Consumo (L/t.)
AI – IR Papel/Papelão	1970,8	656,93	4580,40	0,143
AI – IR Plástico	462,8	154,27	696,60	0,221
AI – IR Metal	681,2	227,07	430,5	0,527
AI – IR Vidro	691,6	230,53	920,7	0,250
Total	3.806,4	1.268,80	6.628,2	0,191

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Após identificar os consumos de óleo diesel provenientes dos transportes em cada etapa que correspondem à gestão dos RSDC de Fortaleza, e descrever seus procedimentos metodológicos, justificando as variáveis utilizadas, foram quantificados os consumos das instalações.

#### 4.1.1.2 Instalações

As informações obtidas sobre as instalações que foram inseridas no ICV para a análise dos impactos do ciclo de vida da gestão dos RSDC foram: estação de transbordo, aterro sanitário, galpões das associações, depósitos dos agentes intermediários e indústrias recicladoras. Na Tabela 10, verificam-se os consumos de água, eletricidade e combustível, por

<sup>7</sup> TRUCAO (2015). Três vilões do consumo de combustível no caminhão. Disponível em: <<https://trucao.com.br/3-viloes-do-consumo-de-combustivel-no-caminhao/>>. Acesso em: 01 jul. 2020.

instalações, de produção de biogás do aterro sanitário e de arames para os galpões das associações.

Tabela 10. Consumo de água, eletricidade, diesel e arame, por instalações, 2019.

<b>Instalações</b>	<b>Recursos</b>	<b>Consumos</b>
Estação de Transbordo	Água	4.172,96 m <sup>3</sup>
	Eletricidade	515.589,10 kwh
	Diesel	115.998,13 L
Aterro Sanitário	Água	{ROW}
	Eletricidade	
	Diesel	
	Biogás	188.062.464,96
Galpões das Associações	Água	9.292,74 m <sup>3</sup>
	Eletricidade	54.019,83 kwh
	Arame	5.633,97 kg
Depósito dos Agentes Intermediários	Água	0 m <sup>3</sup>
	Eletricidade	0 kwh
	Arame	0 kg
Indústrias Recicladoras		{ROW}

Fonte: Elaboração própria. 2020.

As informações referentes à estação de transbordo do Jangurussu, conforme mostra a Tabela 10, foram calculadas com base na pesquisa realizada por Ângelo (2014), que elaborou um ICV de quatro estações de transferência de resíduos (ETR), localizadas no Estado do Rio de Janeiro, contendo dados sobre seu consumo de água, eletricidade e diesel.

Para o consumo de água, eletricidade e diesel do ASMOC, utilizou-se de processos adaptados para “{Resto of World – ROW}”, ou seja, resto do mundo. No que se refere à produção de biogás, considerou-se o valor de 216 m<sup>3</sup>/t. de resíduos dispostos no aterro sanitário, conforme referência extraída do trabalho de Necker e Rosa (2013).

Em razão da inviabilidade de adquirir dados específicos sobre o consumo de água e eletricidade nos galpões dos catadores, para calculá-los, foram como base os dados da dissertação de Lins (2020), que mostrou o ICV da coleta seletiva de João Pessoa, resultando assim, nos dados mostrados na Tabela 10.

A quantidade de arame utilizada pelas associações de catadores de Fortaleza para fazer os fardos foi calculada, considerando-se o estudo realizado por Lima, Olivo, Paulo *et al.* (2019) que adotou 0,85 kg/t. processada (Tabela 10).

Os consumos de água, eletricidade e arame nos depósitos dos agentes intermediários foram considerados zero (0), pois os materiais vendidos pelos catadores já foram devidamente preparados para serem revendidos à indústria recicladora. Com efeito, pressupõe-se que não seria necessário o uso de nenhum outro equipamento que demandasse energia e de nenhum



procedimento que precisasse de água ou arame. Por este motivo, esses agentes intermediários não foram integrados aos resultados.

Com relação às informações de consumo das indústrias recicladoras (Tabela 10), utilizou-se de processos adaptados para “{Resto of World – ROW}”, ou seja, resto do mundo.

#### ***4.1.2 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) da gestão de RSDC do Município de Fortaleza.***

Finalizadas a construção do ICV e a inserção dos seus dados no programa SimaPro 9.0.0.49, e seguindo as recomendações da ABNT ISO 14.040 (2014), a próxima fase consiste na AICV da gestão dos RSDC do Município de Fortaleza, adicionando-se a discussão em torno dos seus resultados.

Antes de mostrar os impactos ambientais, provenientes de cada etapa do ciclo de vida do sistema gestor dos RSDC de Fortaleza, faz-se necessário descrever o que compreende cada setor analisado (Tabela 11).

Tabela 11. Etapas analisadas para cada categoria de impacto

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Coleta Regular (CR)	Coleta regular dos resíduos domiciliares não segregados em seco e úmido, usando os caminhões compactadores da Ecofor Ambiental.
Coleta Seletiva (CS)	Coleta de resíduos passíveis de reciclagem realizada pelos catadores de Fortaleza com o apoio do caminhão da ASCAJAN.
Transporte (T)	Consumo de diesel no transporte dos resíduos das associações aos atravessadores e deles as indústrias recicladoras.
Estação de Transbordo (ET)	Consumo de água, eletricidade e diesel utilizados na gestão dos resíduos que são encaminhados para a Estação de Transbordo do Jangurussu.
Aterro Sanitário (AS)	Consumos de água, eletricidade e diesel do aterro sanitário (com a recuperação de energia).
Galpão das Associações (GA)	Consumos de água, eletricidade e arame advindos das atividades desempenhadas nas associações de catadores de Fortaleza.
Indústria Recicladora (IR)	Consumos de água e eletricidade advindos da reciclagem de cada material.

Fonte: Adaptou-se de Garcia (2016).

Em seguida, foram expressos os resultados e discussões das categorias de acidificação, eutrofização, aquecimento global, destruição da camada de ozônio e oxidação fotoquímica de cada etapa da gestão de RSDC de Fortaleza.

#### 4.1.2.1 Acidificação

A acidificação é a categoria de impacto que se refere crescimento da acidez do solo ou da água provocada pela liberação de óxidos de nitrogênio e enxofre, podendo causar efeitos nocivos em plantas, seres humanos, animais e edificações (NIGRI, 2012; SILVA; ZAPPAROLI, 2017; WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997).

De acordo com Wenzel, Hauschild e Alting (1997), o cálculo utilizado para a equivalência da acidificação é fundamentado no número de íons de hidrogênio que podem, teoricamente, ser lançados da substância diretamente ou após todas as conversões sofridas no ambiente. Seu potencial é expresso em uma quantidade equivalente de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), substância usada como referência para acidificação que traz impactos em escala local e regional. São áreas de proteção o ambiente natural, o antrópico, a saúde humana e os recursos naturais (FERREIRA, 2004).

Segundo Hung, Migo, Quilloy *et al.*, (2019), a emissão do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) resulta de processos de volatilização ou combustão, podendo causar como consequência a “chuva ácida”.

No Gráfico 1, observa-se a quantidade de emissões de SO<sub>2</sub>, provenientes de cada etapa do sistema da gestão de RSDC no Município de Fortaleza.

Gráfico 1. Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria acidificação, 2019

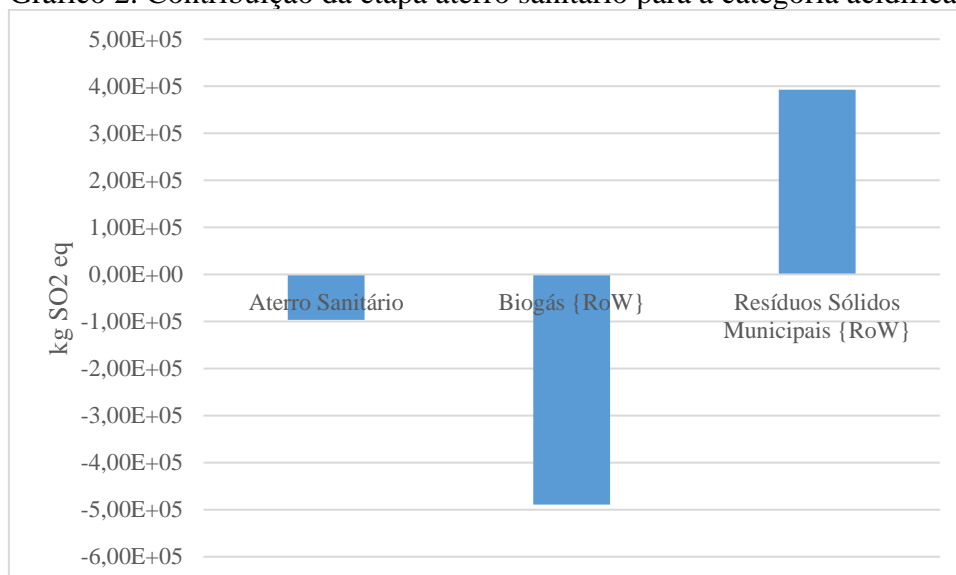


Fonte: Elaboração própria. 2021.

Observa-se no Gráfico 1 que o aterro sanitário (AS) e a indústria recicladora (IR) contribuem positivamente, pois evitam emissões de SO<sub>2</sub> ao meio ambiente, compensando, assim, o impacto provocado nas demais etapas do sistema da gestão dos RSDC de Fortaleza.

A quantidade de emissões evitadas no AS provém da utilização do biogás para a geração Gás Natural Renovável (GNR), conforme se observa no Gráfico 2. A usina de tratamento de GNR fica localizada próximo ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), ea planta já atingiu a capacidade de produção de 90 mil m<sup>3</sup> de biometano por dia, tornando-se a segunda maior unidade do gênero do País, suprimindo a necessidade de gás para as residências, comércio e indústrias do Ceará (MARQUISE AMBIENTAL, 2019).

Gráfico 2. Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria acidificação, 2019



Fonte: Elaboração própria. 2021.

Os resultados do aterro sanitário (AS), observados no Gráfico 1 e detalhados no Gráfico 2, divergem do trabalho de Lins (2020), pois neste último o aterro sanitário não dispõe de tratamento do seu biogás, apenas a sua queima transformando de metano para dióxido de carbono.

No que se refere à indústria recicladora – IR (Gráfico 1), observou-se resposta similar a este estudo no trabalho desenvolvido por Lins (2020), no qual a indústria recicladora compensou as demais etapas correspondentes ao processo que o resíduo percorre até sua reciclagem (CS, GA e T). Já na pesquisa realizada por Martins (2017), a reciclagem compensou todas as demais etapas analisadas (transporte e aterro sanitário) da gestão de resíduos sólidos domiciliares no Município de João Pessoa, nos períodos de 2005 a 2015, divergindo do

resultado identificado nesta pesquisa, já que, ao desconsiderar os valores apresentados pelo biogás do AS, a soma das demais etapas seriam maiores do que as contribuição evitada da IR.

Ao observar o Gráfico 1, constata-se que o processo de transporte é o principal responsável pelos impactos gerados na categoria acidificação, resultado também verificado na pesquisa realizada por Lins (2020), no entanto o valor evitado pela IR (-3,26E+04) compensa a soma das demais etapas correspondentes ao processo de reciclagem (coleta seletiva – CS, galpão das associações – GA e transporte – T) com 3,14E+04.

Conforme sugere Lins (2020), para mitigar os impactos provocados na categoria de acidificação, deve-se reduzir as distâncias percorridas pelos recicláveis, adotando-se agentes intermediários e indústrias recicladoras mais próximas do local de geração e, sempre que possível, incentivar que os recicláveis sejam encaminhados diretamente das associações dos catadores para as indústrias recicladoras, evitando os agentes intermediários.

Além dessas ações, deve-se considerar a utilização de caminhões e combustíveis que em seu ciclo de vida contribuam menos para a emissão de dióxido de enxofre e transportar os resíduos considerando a eficiência do veículo, ou seja, respeitar a carga máxima para que não ocorram excesso de peso e maior consumo de combustível.

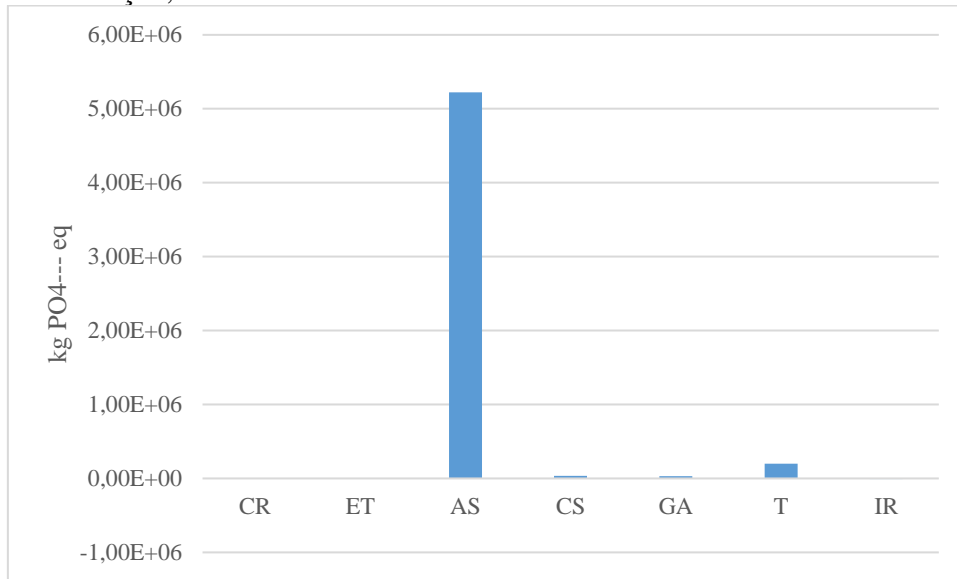
#### 4.1.2.2 Eutrofização

De acordo com Hung, Migo, Quilloy *et al.*, (2019), o fenômeno de eutrofização é proveniente do aumento da concentração de nutrientes em um corpo hídrico, causando a redução na diversidade de espécies e a superpopulação de uma espécie dominante que, com o tempo, consome o oxigênio da água.

Na concepção de Silva e Zapparoli (2017), a eutrofização é mais perceptível em águas superficiais, uma vez que nestes ambientes o impacto provocado é evidenciado pelo crescimento das águas e a consequente redução de oxigênio.

O Gráfico 3 mostra a influência na eutrofização nas distintas etapas do sistema de gestão de RSDC de Fortaleza.

Gráfico 3. Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria eutrofização, 2019



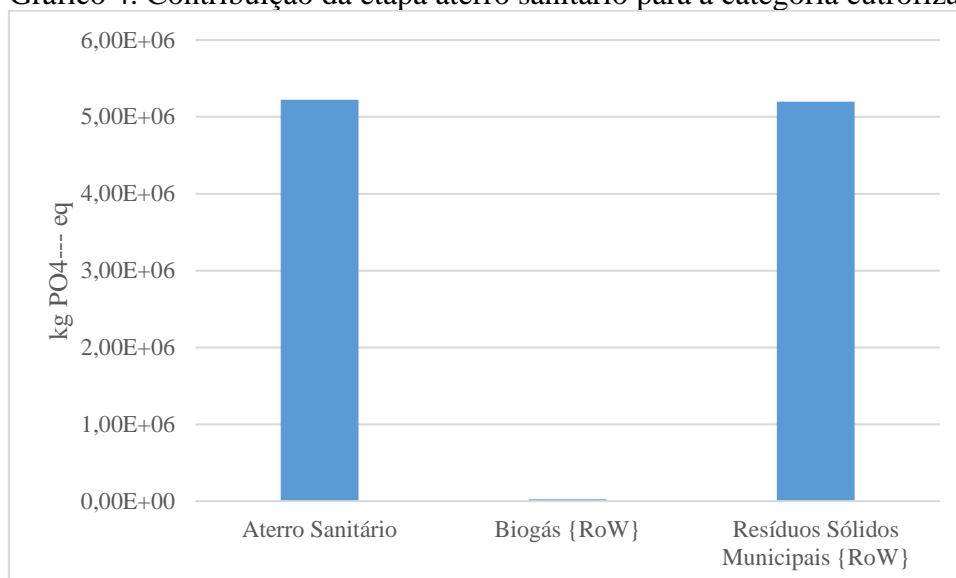
Fonte: Elaboração própria. 2021.

Observou-se no Gráfico 3 que todas as etapas contribuem positivamente para a emissões de PO<sub>4</sub>, com o AS mostrando significativo impacto, e que a IR expressou resultados negativos baixos, com -7,87E+03.

Esse resultado elevado na etapa AS também foi verificado em outros estudos, como os de Lins (2020) e Martins (2017). De acordo com Garcia (2016), este fator decorre da produção de lixiviado, com produtos contaminantes que favorecem a eutrofização.

Nesse contexto, para essa categoria de impacto, o fato de o aterro sanitário estudado produzir biogás pouco interfere no impacto de eutrofização, visto que seu valor (25.547), além de ter sido positivo, foi baixo, se comparado ao valor exprimido pela gestão dos resíduos sólidos municipais com os dados do {RoW} (resto do mundo), conforme se observa no Gráfico 4.

Gráfico 4. Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria eutrofização, 2019



Fonte: Elaboração própria. 2021.

#### 4.1.2.3 Aquecimento Global

O aquecimento global é mensurado, principalmente, pelas emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), equivalente para o ar em 100 anos, que correspondem ao total de gases com capacidade de causar o efeito estufa e possuem, por este motivo, potencial para provocar o aquecimento global (LIRA, 2017).

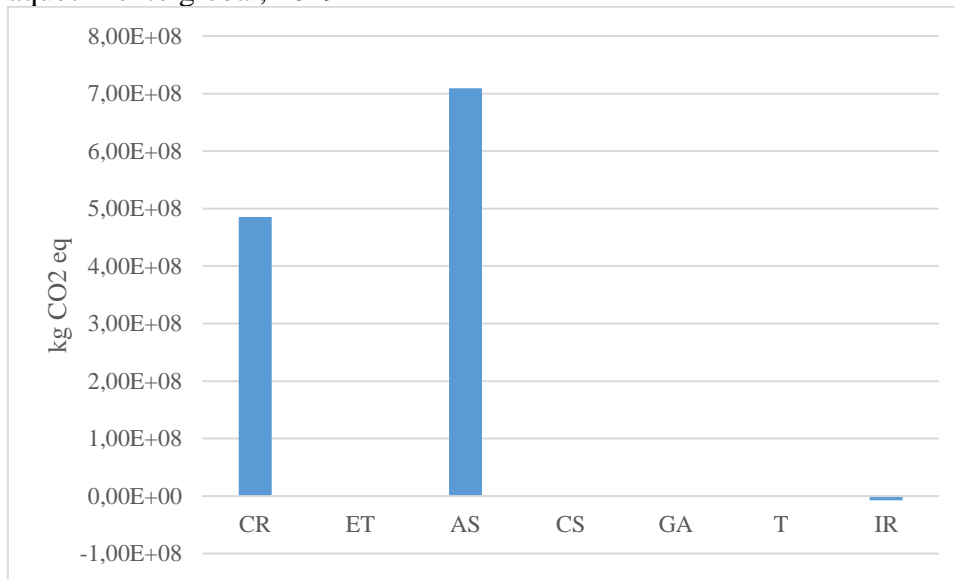
Assim, o aquecimento global é o aumento da temperatura superficial média do planeta Terra. Sua principal causa é a concentração de gases que intensificam o efeito estufa. Essas emissões de GEE ocorrem em todas as atividades humanas e setores da economia, como energia, agropecuária, processos industriais, resíduos e mudança de uso da Terra e Florestas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012; SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG, 2018).

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa – SEEG (2018), do Observatório do Clima, o Município de Fortaleza ocupou a terceira posição no ranque de emissões de dióxido de carbono proveniente de resíduos, com 1.769.877 t.CO<sub>2</sub>eq., perdendo apenas para Rio de Janeiro (RJ) com 5.671.684 t.CO<sub>2</sub>eq. e São Paulo (SP) com 5.452.706 t.CO<sub>2</sub>eq.

As consequências das mudanças climáticas impactam sistemas naturais e humanos em todos os continentes e em todos os oceanos (IPCC, 2014).

O Gráfico 5 mostra a influência no aquecimento global nas variadas etapas da gestão de RSDC de Fortaleza, 2019.

Gráfico 5. Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria aquecimento global, 2019



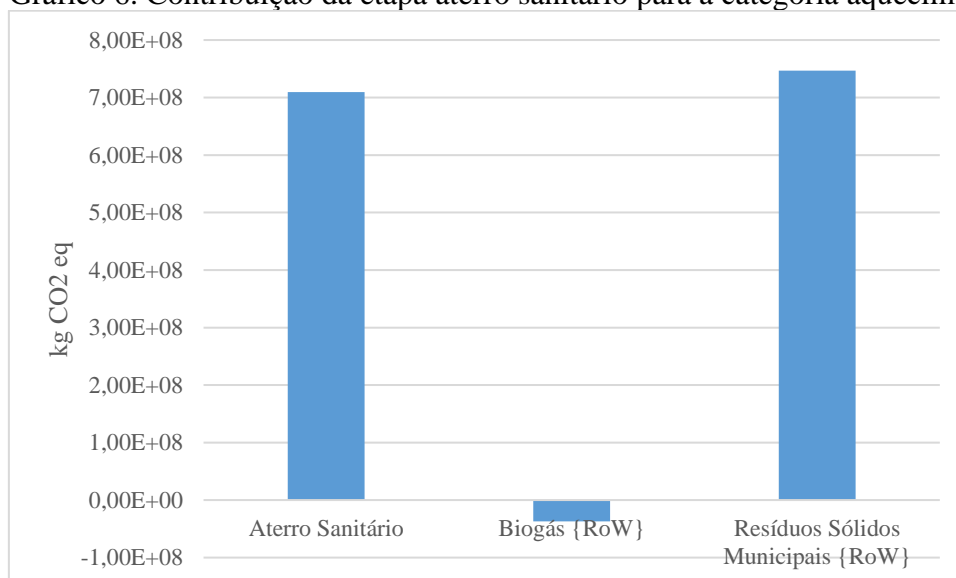
Fonte: Elaboração própria. 2021.

No Gráfico 5, observa-se que as maiores contribuições foram na coleta regular (CR) e no aterro sanitário (AS), cujas emissões evitadas na IR não são suficientes para compensar essas etapas.

A grande quantidade de emissões provenientes da etapa do aterro sanitário (AS) também foi observada nos trabalhos de Garcia (2016), Martins (2017), Havukainen, Zhan, Dong *et al.*, (2017), Nóbrega, Carvalho, Garcia *et al.*, (2019) e Lins (2020).

Apesar de o ASMOC recuperar seu biogás (Gráfico 6), sua contribuição para evitar emissões de CO<sub>2</sub> não foi suficiente, quando comparada à quantidade de resíduos sólidos que o aterro sanitário recebeu no ano de 2019.

Gráfico 6. Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria aquecimento global, 2019



Fonte: Elaboração própria. 2021

O resultado do Gráfico 6 permite inferir que, mesmo com a recuperação de energia do biogás no aterro sanitário, este fator pode não ser o suficiente para negatizar as emissões evitadas nessa etapa da gestão de resíduos sólidos domiciliares, sendo necessária a implementação de outras medidas além desta, como a redução de resíduos a serem encaminhados ao aterro sanitário.

No que se refere ao valor elevado da emissão de CO<sub>2</sub> expresso na etapa de coleta regular (CR), Costa, Iwata, Castro *et al.* (2016) afirmam que o setor de transporte denota problemas ambientais significativos associados às emissões de poluentes, por meio da queima e da exploração de combustíveis fósseis, que são, constantemente, relacionados ao crescimento da temperatura média global. Assim, os autores supracitados também afirmam que o uso de combustível, como os de origem vegetal e gás natural, são a alternativa na mitigação de gases de efeito estufa (GEE).

De tal modo, os autores quantificaram as emissões de GEE emitidos durante a coleta de resíduos domiciliares por caminhões abastecidos com os combustíveis gás natural e diesel-B5. Assim, concluíram que, nas três categorias de impacto do IPCC, o cenário que utiliza o gás natural apresenta pior desempenho ambiental do que o cenário que utiliza diesel-B5 para a coleta de resíduos.

Isso implica que, para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> na etapa de coleta regular, além da observação quanto ao tipo de combustível utilizado para o abastecimento dos veículos, outro fator igualmente importante se refere aos trajetos percorridos para que considerem a melhor rota viável para a coleta em termos de uso de combustível e desgaste do veículo.

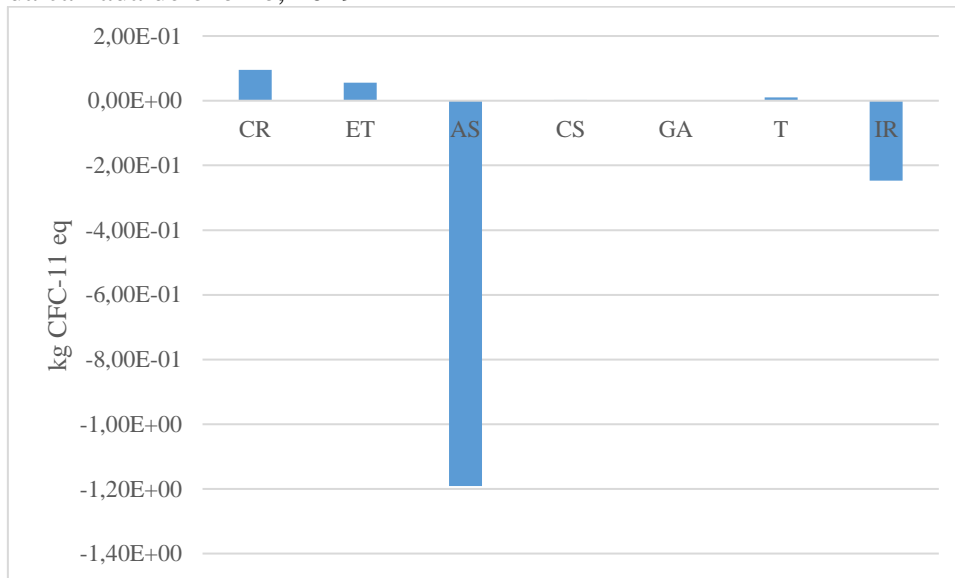


#### 4.1.2.4 Depleção da Camada de Ozônio

Essa categoria de impacto se refere à redução da camada de ozônio na estratosfera, podendo provocar danos à saúde humana, aos ecossistemas, aos ciclos biogeoquímicos e aos materiais (HUNG, MIGO, QUILLOY *et al.*, 2019). Nesse contexto, com a depleção da camada de ozônio, aumenta a incidência de raios ultravioletas (UV-B), que causam doenças aos humanos, como o câncer de pele.

No Gráfico 7, observa-se a quantidade de clorofluorcarbono (CFC) que é emitido em cada etapa do sistema da gestão de RSDC de Fortaleza.

Gráfico 7. Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria depleção da camada de ozônio, 2019



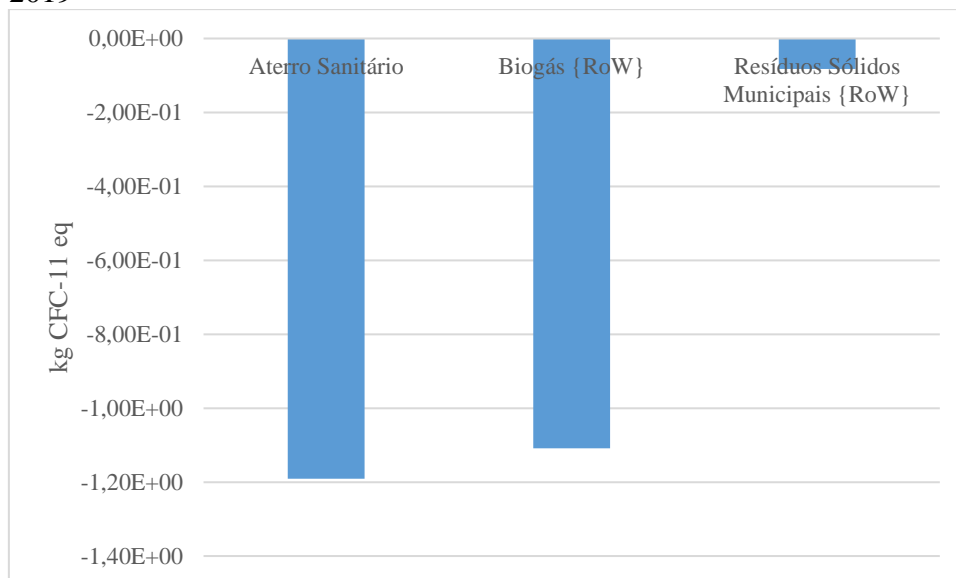
Fonte: Elaboração própria. 2021

No Gráfico 7, verificou-se que as emissões evitadas do AS e da IR compensam as demais etapas da gestão dos RSDC de Fortaleza. Observa-se que as emissões evitadas do AS foram bem maiores do que a IR, e esse resultado se deve, em maior parte, à recuperação do biogás do ASMOC, conforme se observa no Gráfico 8.

No que se refere à indústria recicladora, constatou-se que o resultado de emissões evitadas também foi observado em outros estudos, a saber: Ibáñez-Fóres (2009), Quirós, Gabarrell, Villalba *et al.* (2014), Garcia (2016), Martins (2017) e Lins (2020); embora divergentes quanto aos resultados do AS, o que pode ser justificado a partir dos dados que foram inseridos em cada banco de dados, como, por exemplo, o do presente trabalho, que utilizou a

matriz energética Resto do Mundo - {ROW} para avaliar os impactos provocadores na etapa AS.

Gráfico 8. Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria depleção da camada de ozônio, 2019



Fonte: Elaboração própria. 2021

De acordo com Nabavi-Pelesaraei, Bayat, Hosseinzadeh-Bandbafha *et al.* (2017), a depleção da camada de ozônio é um dos problemas ambientais mais graves e uma das principais causas do aquecimento global. A substância que mais contribui de forma negativa para intensificar este processo é a emissão CFCs.

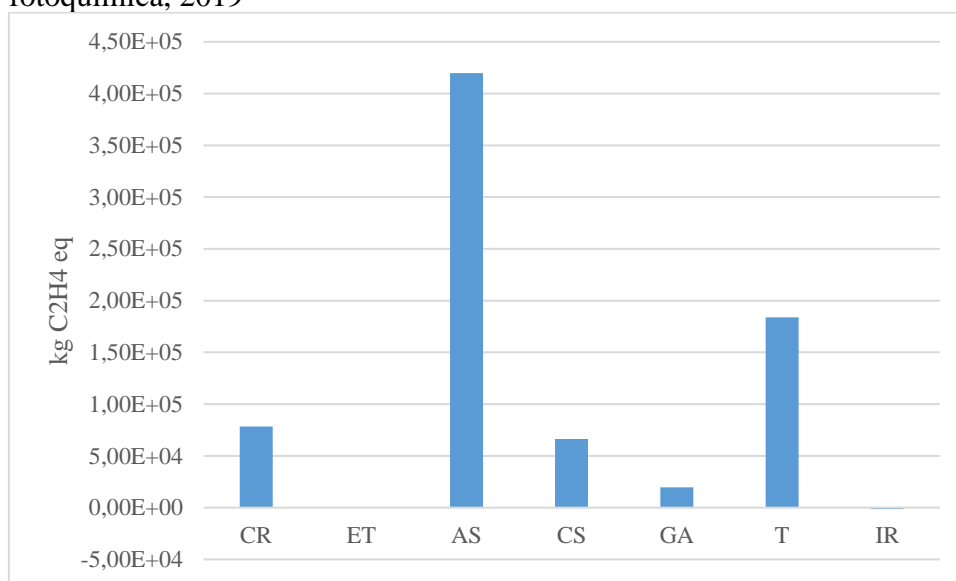
Segundo Yay (2015), as emissões na categoria de depleção da camada de ozônio são provocadas, principalmente, pelos processos de transporte, pelo uso de eletricidade e incineração.

#### 4.1.2.5 Oxidação Fotoquímica

A categoria de impacto de oxidação fotoquímica define substâncias com potencial para contribuir para a formação de ozônio fotoquímico como Composto Orgânico Volátil (COV), que contêm hidrogênio e/ou dupla ligação (HAUSCHILD; WENZEL, 1998).

No Gráfico 9, foram identificados os níveis de emissões de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, referentes a cada etapa da gestão de RSDC de Fortaleza.

Gráfico 9. Contribuição das etapas da gestão de RSDC de Fortaleza para a categoria oxidação fotoquímica, 2019



Fonte: Elaboração própria. 2021

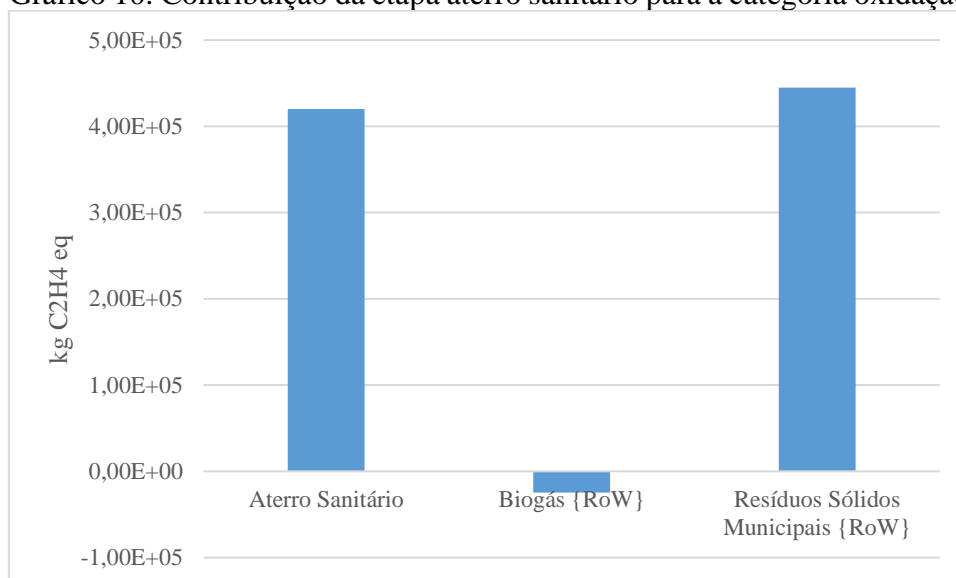
Observa-se no Gráfico 9 que todas as etapas emitem etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), exceto IR que evitou emissões (-1,37E+03), embora não o suficiente para compensar as demais etapas, inclusive aquelas correspondentes apenas ao processo de reciclagem composto pelas fases (CS, GA e T).

De todas as etapas da gestão de RSDC de Fortaleza, a que contribuiu mais com as emissões de etileno foi AS (Gráfico 9).

De acordo com Yay (2015), a disposição final em aterro sanitário causa o impacto mais adverso na oxidação fotoquímica em decorrência das emissões de metano. Nos cenários analisados pelo autor, os melhores resultados para a gestão dos resíduos sólidos urbanos de Sakarya, Turquia, são alcançados com a instalação de recuperação de material, compostagem e aterro (A3), e com a instalação de recuperação de material, compostagem, incineração e aterro (A5), em decorrência da aplicação de compostagem. Segundo o autor, as emissões de dióxido de enxofre provocadas pelos processos de transporte e incineração e o uso de eletricidade também criam o efeito de oxidação fotoquímica.

Nessa perspectiva, a recuperação do biogás no aterro sanitário contribuiu para evitar as emissões de etileno, contudo, não foi suficiente para compensar os impactos provenientes da própria disposição dos resíduos sólidos no ASMOC (Gráfico 10).

Gráfico 10. Contribuição da etapa aterro sanitário para a categoria oxidação fotoquímica, 2019.



Fonte: Elaboração própria. 2021

Ao corroborar os resultados desta pesquisa, observou-se que os elevados níveis de emissões de etileno nas etapas de AS também foram observados em outros trabalhos, a saber, Garcia (2016), Martins (2017), Ibáñez-Forés, Bovea, Nóbrega *et al.*, (2017), Meneu (2019) e Lins (2020).

## 4.2 Custo do Ciclo de Vida (CCV)

Na perspectiva de avaliar o Custo do Ciclo de Vida da coleta seletiva de Fortaleza, fez-se necessário apresentar os levantamentos financeiros de toda a gestão, por meio da elaboração do Inventário do Custo do Ciclo de Vida (ICCV). Nesse tópico, foram contemplados benefícios diretos e indiretos e os custos diretos, com o objetivo de organizar as informações para avaliar o impacto econômico da coleta seletiva no Município, por via da relação Custo/Benefício.

### 4.2.1 Análise do Inventário do Custo do Ciclo de Vida (ICCV) da coleta seletiva de Fortaleza

#### 4.2.1.1 Benefícios Diretos

Os benefícios diretos estabelecidos nesta pesquisa foram os recursos financeiros advindos da venda de materiais recicláveis pela ASCAJAN e demais associações de catadores no Município de Fortaleza.

- Venda de Recicláveis pelos Associados (VA)

As associações de catadores do Município de Fortaleza comercializam diversos materiais passíveis de reciclagem, podendo-se citar: *tretapak*, ferro, papelão, papel misto, jornal, PET, alumínio, vidro, plástico etc.; e cada um destes possui preços diferentes, considerando isso e as informações disponibilizadas pela SCSP (2019) que agrupam esses materiais em papel/papelão, plástico, metal e vidro. Esta pesquisa fez a média dos preços, considerando esses grupos, com o objetivo de identificar os valores correspondentes aos benefícios econômicos advindos da sua comercialização, conforme mostram as Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Valores médios da venda de materiais recicláveis da ASCAJAN, Fortaleza, 2019.

<b>Materiais</b>	<b>Quant. (t.)</b>	<b>Quant. (kg)</b>	<b>Preços (R\$/kg)</b>	<b>Preços (R\$)</b>	<b>Preços (R\$/t.)</b>
Papel/Papelão	807,4	807.400	0,25	201.850,00	250,00
Plástico	122,8	122.800	0,97	119.116,00	970,00
Metal	75,9	75.900	0,73	55.407,00	730,00
Vidro	162,3	162.300	0,10	16.230,00	100,00
Total	1.168,4	1.168.400		392.603,00	

Fonte: Adaptou-se SCSP (2019).

Tabela 13 – Valores médios da venda de materiais recicláveis das demais associações de catadores de Fortaleza, 2019.

<b>Materiais</b>	<b>Quant. (t.)</b>	<b>Quant. (kg)</b>	<b>Preços (R\$/kg)</b>	<b>Preços (R\$)</b>	<b>Preços (R\$/t.)</b>
Papel/Papelão	3.773	3.773.000	0,25	943.250,00	250,00
Plástico	573,8	573.800	0,97	556.586,00	970,00
Metal	354,6	354.600	0,73	258.858,00	730,00
Vidro	758,4	758.400	0,10	75.840,00	100,00
Total	5.459,8	5.459.800		1.834.534,00	

Fonte: Adaptou-se SCSP (2019).

A média dos preços praticados na comercialização de resíduos passíveis de reciclagem utilizados para a elaboração das Tabelas 12 e 13 aproximou-se dos valores de 2018 mostrados pelo Anuário da Reciclagem (2018), que, no plano do Nordeste, foram papel (R\$ 0,33), plástico (R\$ 1,03), alumínio (R\$ 3,69), outros metais (R\$ 0,36) e vidro (R\$ 0,14).

As Tabelas 12 e 13 mostram, respectivamente, os valores arrecadados com a venda de materiais recicláveis na ASCAJAN e nas outras associações de Fortaleza, que foram de R\$ 392.603,00 e R\$ 1.834.534,00, no ano de 2019. A receita da ASCAJAN quando dividida igualmente pelos seus associados, um total de 70 (SNIS, 2018), dá uma média salarial mensal

de R\$ 467,38, enquanto para as demais associações, com 296 associados (SNIS, 2018) com o seu ingresso anual, daria uma renda de R\$ 516,47 por mês.

Esses valores foram menores do que a metade do salário dos catadores associados de João Pessoa, no ano de 2018, que foi R\$1.421,00. Isso ocorreu por dois motivos: o valor arrecadado com a venda de recicláveis no Município de João Pessoa foi maior (R\$ 2.609.894,65) e o número de associados menor (153) (LINS, 2020).

#### 4.2.1.2 Custos Diretos

Conforme foi descrito no subtópico 4.4.2, os custos diretos estabelecidos nesta pesquisa foram: aluguel de imóveis (AI), mão de obra (MO), serviços (S) e combustível, manutenção e lavagens dos veículos (CMLV).

- Aluguel de Imóveis (AI)

Este item não foi considerado para este estudo, pois a instalação ocupada pela ASCAJAN (principal associação com apoio da Prefeitura de Fortaleza) está situada em terreno próprio da Prefeitura e, portanto, não requer esse custo. Além do galpão onde os associados desenvolvem suas atividades, a PMF também disponibiliza o centro de formação e cozinha, porém não se responsabiliza pela alimentação que, em 2019, era por conta da própria Associação.

Com relação às demais associações de Fortaleza, elas não possuem nenhum apoio da PMF. A exceção reúne apenas a ASCAJAN, conforme já citado, e a Associação do Bom Sucesso, que está em terreno cedido pela Prefeitura à Rede de Catadores (SCSP, 2019).

- Mão de Obra (MO)

De acordo com a SCSP (2019), os custos com a mão de obra na coleta seletiva são advindos principalmente do salário dos dois motoristas para ASCAJAN, que, no ano de 2019, estima-se que foi de R\$ 72.834,24, e de três funcionários que dão suporte técnico-social, com custo de aproximado de R\$ 109.251,36, totalizando R\$ 182.085,60.

Com relação aos custos nesse setor de outras associações de catadores de Fortaleza, não foi possível obter tais informações, pois não possuem apoio da Prefeitura, o que, portanto, acabou dificultando o acesso a esses dados.

A alimentação é custeada pela própria ASCAJAN e feita em cozinha própria por uma pessoa responsável só por essa atividade. Como o valor da alimentação não foi informado,

estima-se o valor aproximado de R\$ 10,00 por pessoa, preço correspondente ao do mercado local para um prato feito.

Como a ASCAJAN possui 70 catadores que se alimentam uma vez por dia (almoço), cinco vezes por semana, tem-se no período de um ano o valor de R\$ 182.000,00. Para as 19 associações restantes, com 366 catadores, o custo é de R\$ 951.600,00.

- **Combustível, Manutenção e Lavagem de Veículos (CMLV)**

Nesse item foram identificados os gastos com combustíveis dos veículos que levavam os materiais passíveis de recicláveis desde a origem até o galpão dos catadores, que, de acordo com os dados disponibilizados pela ASCAJAN (possuem dois veículos), a Associação gastou R\$ 14.400,00 com diesel, em 2019 (Tabela 14), valor esse pago pela Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) por meio da celebração de um Convênio.

O preço unitário do combustível foi adotado com base na média dos preços do diesel da Agência Nacional do Petróleo – ANP (2019) com o valor de 3,54 (R\$/L). As demais estimativas da distância percorrida e do consumo foram detalhadas no item 5.1.1.1.

Tabela 14 - Gastos com combustível, ASCAJAN, 2019.

<b>Veículos</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Consumo (L)</b>	<b>Preço Unit. (R\$/L)</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Caminhões Gaiola	32.542,37	4.067,80	3,54	14.400,00

Fonte: Elaboração própria. 2020.

As manutenções dos veículos da ASCAJAN também são de responsabilidade da PMF, que possuem os seguintes custos (Tabela 15):

Tabela 15 – Gastos com manutenções dos veículos da ASCAJAN, 2019.

<b>Veículos</b>	<b>Revisões (km)</b>	<b>Custo Médio<sup>8</sup> (R\$)</b>	<b>Distâncias Percorridas (km)</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Caminhões-Gaiola	10.000	839,59	32.542,37	2.518,77

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Outro auxílio que a PMF fornece para ASCAJAN é a lavagem dos veículos, que, em razão das dificuldades em obter informações mais precisas, também foi estimada com base em

<sup>8</sup> Esse custo foi estimado considerando o valor da revisão de 10.000 km até 60.000 km de um caminhão, modelo Hyundai HR, com informações disponíveis em: <[https://www.noticiasautomotivas.com.br/hyundaihr/#Hyundai\\_HR\\_2020\\_%E2%80%93\\_manutencao\\_e\\_revisao](https://www.noticiasautomotivas.com.br/hyundaihr/#Hyundai_HR_2020_%E2%80%93_manutencao_e_revisao)>. Acesso em: 06 jul. 2020.

consultas ao mercado local de lava-a-jato. Como os veículos transportam resíduos que nem sempre são higienizados, estabeleceu-se que as lavagens são programadas para duas vezes ao mês, totalizando uma frequência de 24 vezes no período de um ano, conforme Tabela 16.

Tabela 16 – Gastos com a lavagem simples dos veículos da ASCAJAN, 2019.

Veículos	Quantidade (veículos)	Valor (R\$/veículo)	Frequência (x/ano)	Custo (R\$)
Caminhões-Gaiola	2	100,00	24	2.880,00

Fonte: Elaboração própria. 2020.

- Serviços (S)

Nesse item, foram avaliados os custos com o consumo de água e esgoto e energia da ASCAJAN e das demais associações de catadores de Fortaleza. Essas estimativas consideram os valores assumidos que foram descritos no subtópico 5.1.1.2., que foram estimados com base nos dados de Lins (2020), portanto, dados secundários, em razão das dificuldades de obter informações primárias por parte das instituições analisadas.

O cálculo para estimar os gastos com água e esgoto das instalações considerou as tarifas praticadas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) para:

- a ASCAJAN e as outras associações de catadores foram considerados os usos para entidades filantrópicas com faixa de consumo maior do que 50 m<sup>3</sup>, com tarifa de 15,47 (R\$/m<sup>3</sup>), tanto para água como para esgoto (CAGECE, 2019).

As estimativas dos gastos com eletricidade nas instalações consideraram as tarifas praticadas pela Enel, no ano de 2019, para:

- a ASCAJAN e as demais associações de catadores, utilizou-se a média das tarifas (verde, amarela e vermelha) para as demais classes (com., ind. e Poder Público) que foi de 0,80 (R\$/kwh), a média com iluminação pública de 0,49 (R\$/kwh) e ICMS de 27%.

As informações com os gastos com água e energia das instalações estudadas estão sintetizadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Gastos com água e esgoto e energia das instalações estudadas, 2019.

Instalações	Água e Esgoto (m <sup>3</sup> )	Água e Esgoto (R\$)	Energia (kwh)	Energia (R\$)
ASCAJAN	1635,76	45.549,37	9.522,46	15.600,65
Associações de Catadores de Fortaleza	7.643,72	212.847,03	44.497,37	72.900,04

Fonte: Elaboração própria. 2020.



#### 4.2.1.3 Benefícios Indiretos

Nesse item, são expressos os custos evitados com o não aterramento (CEA) dos resíduos que foram encaminhados para a reciclagem e os custos evitados com a coleta regular e limpeza de pontos de lixo (CECRL).

- Custos Evitados com o não Aterramento (CEA)

Sabe-se que há um custo pelo aterramento dos resíduos sólidos em aterros sanitários, de modo que, com Fortaleza, não é diferente. O valor de aterramento de resíduos no ASMOC foi de 27,66 (R\$/t.), no ano de 2019, de acordo com dados disponibilizados pela SCSP (2019).

Logo, o benefício indireto gerado pelo não aterramento de resíduos recicláveis vendidos pela ASCAJAN foi de R\$ 32.315,11 e das outras associações de Fortaleza R\$ 151.004,82, sendo o valor destas últimas maior, em virtude da quantidade de material coletado.

João Pessoa, por exemplo, possui um valor de aterramento de resíduos em aterro sanitário bem superior ao de Fortaleza, com 44,00 (R\$/t.), o que torna os seus benefícios indiretos razoáveis - R\$ 167.324,08 - quando comparados com o volume coletado de 3.802,82 toneladas (LINS, 2020), inferior ao volume coletado em Fortaleza.

- Custos Evitados com a Coleta Regular e Limpeza de Pontos de Lixo (CECRL)

De acordo com os dados disponibilizados pela SCSP (2019), para esse mesmo ano, os gastos com a coleta domiciliar de Fortaleza, realizada pela Ecofor Ambiental, foram de R\$ 124.008.929,13 para coletar 635.510,05 t. de resíduos sólidos, o que gera um custo de 195,13 (R\$/t.).

Com 1.168,4 t. de resíduos sendo coletados pela ASCAJAN, tem-se uma economia de R\$ 227.993,30 com os custos na coleta regular. Com relação às demais associações, a quantidade de resíduos é bem maior - 5.459,8 t. - e, portanto, sua economia também - R\$ 1.065.386,69.

No que se refere à limpeza de pontos de lixo, segundo SCSP (2019), foram gastos R\$ 39.282.440,69 para coletar e transportar 341.302,32 t (Lixo Especial Urbano) com custos de R\$ 115,10. Considerando o valor coletado pela coleta seletiva da ASCAJAN e as outras associações de Fortaleza, se tem, respectivamente, uma economia de R\$ 134.477,85 e R\$ 628.399,68.

Ao totalizar os valores evitados, tanto na coleta regular quanto na limpeza com pontos de lixo, se tem uma economia de R\$ 394.786,26 (ASCAJAN) e R\$ 1.844.791,20 (demais associações).

Após descrever todos os dados referentes aos benefícios diretos e indiretos e custos diretos, a próxima etapa foi a Avaliação do Impacto do Custo do Ciclo de Vida (AICCV), na qual foram abordadas as relações custo/benefício da coleta seletiva.

#### ***4.2.2 Avaliação do Impacto do Custo do Ciclo de Vida (AICCV) da coleta seletiva de Fortaleza***

Nesse item foi abordada a Relação B/C dos benefícios direto e indireto da coleta seletiva de Fortaleza, ao passo que os demais serviços da gestão dos resíduos no Município, como coleta regular, transportes, estação de transbordo e aterro sanitário, não foram avaliados, pois não há em Fortaleza a cobrança por essas prestações de serviços por parte da Prefeitura Municipal para com sua população, o que se configuraria como receita (benefício direto), caso houvesse. Como não há receita para a prestação desse serviço, não há como avaliar a Relação Benefício/Custo.

Nesse momento, a Tabela 18 mostra a Relação B/C, considerando apenas os benefícios diretos da coleta seletiva.

Tabela 18 – Relação B/C da coleta seletiva realizada pela ASCAJAN, considerando seu benefício direto, 2019.

<b>Produção (t.)</b>	<b>Receita (R\$)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Relação ABC</b>
1.168,4	392.603,00	263.034,39	1,49

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Dessa maneira, considerando apenas os benefícios e custos diretos, observou-se na Tabela 18 que a relação Análise Benefício/Custo (ABC) foi de 1,49, sem a alimentação, fato significativo de que os benefícios diretos foram 49% superiores aos custos.

Quando se acrescentam os custos com a alimentação dos colaboradores da ASCAJAN, essa relação reduz para 0,88, se distanciando assim de ser uma prática vantajosa para a PMF, haja vista que os custos foram 88% superiores aos benefícios.

Em contrapartida, caso a Prefeitura tivesse parcerias com as outras associações do Município, no ano de 2019, ajudando-as financeiramente com os gastos de água, energia e alimentação, suas relações Benefício/Custo seriam compensadas, conforme Tabela 19.

Tabela 19 – Relação B/C da coleta seletiva das demais associações de Fortaleza, considerando seu benefício direto, 2019.

<b>Produção (t.)</b>	<b>Receita (R\$)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Relação ABC</b>
5.459,8	1.834.534,00	1.237.347,07	1,48

Fonte: Elaboração própria. 2020.

A relação ABC analisada na Tabela 19 compensaria a colaboração da Prefeitura, pois as quantidades de receita das associações são maiores, em consequência da quantidade de material coletado, com benefícios diretos 48% superiores aos custos.

Com relação aos benefícios diretos e indiretos, são esses resultados os mais importantes à gestão da PMF quanto aos benefícios da coleta seletiva, uma vez que essa atividade reduz de forma indireta a disposição irregular de resíduos em ruas e terrenos baldios, minimizando, assim, a disposição irregular de lixo e as despesas com a limpeza urbana, além de amortizar o aterramento desses materiais, aumentando a vida útil do aterro. Veja-se a Tabela 20.

Tabela 20 – Relação B/C da coleta seletiva da ASCAJAN, considerando seus benefícios direto e indiretos, 2019.

<b>Produção (t.)</b>	<b>Receita (R\$)</b>	<b>Alimentação (R\$)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Relação ABC</b>
1.168,4	787.389,26	Sem	263.034,39	2,99
1.168,4	787.389,26	182.000,00	263.034,39	1,77

Fonte: Elaboração própria. 2020.

A Tabela 20 mostra que, sem a alimentação, o ganho é maior (199%) do que com a alimentação custeada pela PMF, no entanto, para esta, os ganhos continuam compensando em 77% dos gastos.

No que se refere a esses benefícios diretos e indiretos das outras associações de catadores de Fortaleza, caso a PMF tivesse prestado apoio no ano de 2019, observe-se a sua Relação ABC, conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Relação B/C da coleta seletiva das demais associações de Fortaleza, considerando seus benefícios direto e indireto, 2019.

<b>Produção (t.)</b>	<b>Receita (R\$)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Relação ABC</b>
5459,8	3.679.325,20	1.237.347,07	2,97

Fonte: Elaboração própria. 2020.

No cenário hipotético analisado, no qual a PMF houvesse assumido os custos com alimentação, água e energia das demais associações, mesmo assim, ela teria bons benefícios

com Relação a ABC de 2,97, ou seja, os benefícios diretos e indiretos seriam 197% superiores aos custos diretos.

Nesse item foi abordada a Relação B/C, dos benefícios direto e indireto da coleta seletiva de Fortaleza. Entrementes, os demais serviços da gestão dos resíduos no Município – como coleta regular, transportes, estação de transbordo e aterro sanitário – não foram avaliados, pois não há no Município a cobrança por essa prestação serviço por parte da Prefeitura Municipal de Fortaleza para com sua população, o que se configuraria como receita (benefício direto), caso houvesse. Como não há receita para a prestação desse serviço, não há como avaliar a Relação Benefício/Custo.

### **4.3 Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS)**

#### ***4.3.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida Social (ICVS) da gestão de RSDC de Fortaleza***

O ICVS foi elaborado, conforme as recomendações da UNEP/SETAC (2009), da metodologia usada por Ciroth e Franze (2011) e Yildiz-Geyhan; Yilan; Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), em que dentro de cada subcategoria de impacto foram agregados indicadores sociais, seguindo-se sua descrição (*status*) com dados internacionais, nacionais, regionais e locais, com o intuito de subsidiar a ponderação do impacto.

As Tabelas de 22 a 31 mostram todos os indicadores analisados, dentro de cada subcategoria, correspondentes para cada *stakeholder* estudado. Nessas ilustrações, também estão contidas as descrições relacionadas aos indicadores, com informações que serviram para avaliar os aspectos sociais dos envolvidos na gestão dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais de Fortaleza, a saber: Ecofor Ambiental, catadores da ASCAJAN e população da SER VI.

Tabela 22 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **trabalhador – coleta regular a disposição final e Ecoponto**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
	<p>Evidência de restrição à liberdade de associação e negociação coletiva no País e nos serviços analisados (coleta regular até sua disposição final e Ecoponto).</p>	<p>A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 8º, estabelece ser livre a associações profissional ou sindical. De acordo com o SNIS (2018), no referido ano, o manejo de resíduos sólidos no Brasil empregou 333 mil trabalhadores. Para esse mesmo ano o município de Fortaleza empregou 2.752 trabalhadores sendo 779 funcionários públicos (varrição, unidades e gerentes) e 1.973 privados (coleta, varrição, capina, unidades, gerentes e outros) (SNIS, 2018). Sendo que os valores, total e privado, foram inferiores ao ano anterior com, respectivamente, 3.267 e 2.574 (SNIS, 2017). Estes profissionais não possuem restrição à liberdade de associação e negociação coletiva no município de Fortaleza, inclusive têm a possibilidade de se associarem a dois sindicatos.</p>
<p>Liberdade de Associação e Negociação Coletiva</p>	<p>Presença de sindicatos dentro da atividade analisada, organização e descrição da sua influência.</p>	<p>No Brasil, o reconhecimento formal das centrais sindicais é regulamentado pela Lei nº 11.648 (2008). De acordo com o Portal de Informações sobre Relações do Trabalho (MINISTÉRIO DO TRABALHO – MTE, 2020), o país possui 17.557 entidades sindicais, onde 24,65% estão na região nordeste e 647 possuem sede no Ceará, com abrangência 713. No que se refere a atividade de limpeza urbana se observou que a nível nacional haviam três Federações com 38 filiados (MTE, 2020). No município de Fortaleza o serviço que vai desde a coleta regular até a disposição final dos resíduos sólidos e os Ecopontos possuem profissionais com duas possibilidades de associação sindical: Sindicato dos Empregados em Empresas de Asseio e Conservação, Locação e Administração de Imóveis Comerciais, Condomínios e Limpeza Pública do Estado do Ceará (SEEACONCE), nos quais podem se associar todos os profissionais da limpeza urbana de empresas que prestam serviços para prefeitura de Fortaleza</p>

(terceirizadas) menos os que se incluem na categoria de motoristas (SEEACONCE, 2020); e o Sindicato dos Empregados das Empresas Públicas de Limpeza do Município de Fortaleza (SINDILURB) que atua com os profissionais de limpeza urbana que são funcionários públicos do município (SINDILURB, 2020).

## Trabalho Infantil

Percentual de trabalho infantil no país e no setor analisado

A Constituição Federal de 1988, artigo 7º, inciso XXXIII proíbe o trabalho de pessoas menores de 16 anos, salvo na condição de aprendiz, a partir de 14 anos. No Brasil, entre 2004 e 2015, o trabalho infantil reduziu pela metade, de 5,3 milhões para 2,7 milhões, de acordo com o IBGE (2004 a 2015). O Nordeste teve a maior redução do trabalho infantil no período mencionado com 59%, contra cerca de 38% no Sudeste (REDE PETECA, 2020). No estado do Ceará, a população de 5 a 17 anos em situação de trabalho infantil reduziu quase pela metade entre 2014 e 2015, anos das duas últimas Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2014-2015). O número passou de 144.637 para 74.895, o melhor resultado no período entre todos os Estados brasileiros (REDE PETECA, 2020). A partir dos dados do Censo (2010), o município de Fortaleza apresentava 12.778 crianças e adolescente entre 10 e 15 anos ocupados. Isso corresponde a 5% da população nessa mesma faixa etária. Os dados indicam que mais da metade (59,9%) das crianças e adolescentes ocupadores desse contingente (10 a 15 anos) tinham entre 14 e 15 anos (Organização Internacional do Trabalho – OIT, 2020). No que se refere a atividade analisada constatou-se que não há trabalho infantil, visto que a empresa presta serviço para a prefeitura e, portanto, precisa seguir as leis constitucionais e trabalhistas.

Descrição do tipo de criança que trabalha na coleta regular a disposição de resíduos sólidos e Ecopontos no município de Fortaleza.

Não há crianças trabalhando na Ecofor Ambiental.

## Salário Justo

Especificação do salário-mínimo no país e na atividade analisada.

O salário mínimo (SM) no Brasil está regulamentado pela Medida Provisória Nº 919, de 30 de janeiro de 2020, que estabeleceu o valor de R\$ 1.045,00 (mil e quarenta e cinco reais) a partir de 1º de fevereiro de 2020, isso representou um aumento de 4,5% com relação ao SM do ano anterior. Segundo o Decreto-Lei Nº 5.452/43 art. 76 “SM é a contraprestação mínima devida e paga diretamente pelo empregador a todo trabalhador, inclusive ao trabalhador rural, sem distinção de sexo, por dia normal de serviço, e capaz de satisfazer, em determinadas épocas e região do País, as suas necessidades normais de alimentação, habitação, vestuário, higiene e transporte”. Conforme estabelece a esse Decreto-Lei, pressupõe-se que todos os trabalhadores da atividade analisada de coleta regular a disposição final e Ecopontos (empresa da Ecofor Ambiental que presta serviços para a Prefeitura Municipal de Fortaleza) recebem de um SM ou mais pelos serviços prestados.

Nível de renda salarial do menor e do maior pagamento, por atividade desempenhada da coleta regular a disposição final e Ecopontos.

De acordo com os dados disponibilizados pela Glassdoor (2020), catorze funcionários da Ecofor Ambiental que compartilharam seus salários, entre eles o menor foi de gari coletor, gari e auxiliares ambiental e de operações com salários mensal de aproximadamente R\$1.000,00 e o maior foi o de motorista de caminho com salário mensal de R\$ 3.000,00. Apesar do menor salário ser inferior ao mínimo não foi possível identificar o ano dessa pesquisa, portanto, considerou-se que o menor salário corresponde ao valor do mínimo de R\$ 1.045,00 (BRASIL, 2020).

Horas de Trabalho

Horas de trabalho por empregado por mês (média).

Há uma Projeto de Lei (PL) Nº 1.590/2011 que acrescenta a Seção XIII-A ao Capítulo I do Título III da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei Nº 5.452/1943, para dispor sobre

	<p>jornada especial de trabalho para os coletores de resíduos sólidos (garis). Esse mesmo Decreto-Lei estabelece em seu Art. 58 que “a duração normal do trabalho, para os empregados em qualquer atividade privada, não excederá de 8 (oito) horas diárias, desde que não seja fixado expressamente outro limite”. A Constituição Federal (1988) em seu art. 7, inciso XIII estabelece que a “duração do trabalho normal não superior a oito horas diárias e quarenta e quatro semanais, facultada a compensação de horários e a redução da jornada, mediante acordo ou convenção coletiva de trabalho”. Ao considerar que a Ecofor Ambiental (empresa privada) precisa seguir as normas legais supramencionadas, constata-se que as horas médias de trabalho é de 220 horas/mês.</p> <p>O Decreto-Lei N° 5.452/43, art. 67 estabelece que “será assegurado a todo empregado um descanso semanal de 24 (vinte e quatro) horas consecutivas, o qual, salvo motivo de conveniência pública ou necessidade imperiosa do serviço, deverá coincidir com o domingo, no todo ou em parte”. Assim, considerou-se que a Ecofor Ambiental segue o que estar regulamentado por esse Decreto-Lei.</p>
Número de dias por semana sem trabalho.	
Igualdade de Oportunidade/Discriminação	<p>Percentual de mulheres na atividade analisada.</p> <p>Sem informações sobre o percentual de mulheres na atividade analisada.</p> <p>Segundo a Social Institutions and Gender Index (SIGI) (2019), que medem instituições sociais discriminatórias, agrupadas em 4 dimensões: discriminação na família, integridade física restrita, acesso restrito a recursos produtivos e financeiros e liberdades civis restritas o Brasil pontuou 21,2%, no qual os valores variam de 0% para não discriminação a 100% para discriminação muito alta, ocupando no ranking dos países a 37°</p>
Posição do país estudado no ranking do índice de gênero.	



Ocorrência de discriminação no país e na atividade analisada (coleta regular a disposição de resíduos sólidos e Ecopontos).

posição. Observou-se assim, que com relação ao SIGI (2014), houve uma piora no cenário, tendo em vista que em 2014 o Brasil ocupava a 20ª posição no ranking.

Proporção de salário por gênero e racial na atividade analisada.

De acordo com uma pesquisa realizada pela Datafolha (2019) que entrevistou 2.077 pessoas em 130 municípios do Brasil, 30% responderam ter sofrido preconceito de classe, na cor ou raça 55% por ser preto e 30% indígena, no gênero 30% das mulheres declararam ter sofrido discriminação. Com relação a atividade analisada, identificou-se apenas uma situação de preconceito relatada no meio eletrônico Tribuna do Ceará (2016) que ocorreu com uma funcionária da Ecofor Ambiental por usar a farda de gari em ônibus em Fortaleza.

No art. 5 do Decreto-Lei Nº 5.452/43 diz que “todo trabalho de igual valor corresponderá salário igual, sem distinção de sexo”. Assim, a presente pesquisa considerou que na atividade analisada não há proporção de salário diferente por gênero ou raça.

Saúde e Segurança

Descrição das principais origens de perigo potencial da atividade.

De acordo com Velloso (1995), os riscos socioambientais mais frequentes na gestão dos resíduos sólidos urbanos podem ser: mal-estar, cefaleias, náuseas, perda parcial ou permanente da audição, tensão nervosa, estresse, hipertensão arterial, câncer de pele, queimaduras solares, desconforto e perda momentânea da visão, problemas respiratórios e pulmonares, saturnismo, distúrbios no sistema nervoso, intoxicações agudas, cortes com matérias perfuro-cortantes, queda do veículo, atropelamentos, entre outros.

Taxa de acidente no país e no setor estudado.

No Brasil foi registrado no ano de 2018 um aumento de 3,35% no número de acidentes de trabalho com relação

Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na atividade analisada.

a 2017, totalizando os típicos, nos trajetos, as doenças do trabalho e sem CAT registrada (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL – AEPS, 2018). No Ceará o aumento no percentual de acidentes de trabalho, no ano de 2018 (11.401) com relação a 2017 (11.099), foi inferior ao nacional com 2,65% (AEPS, 2018). O Ceará ocupou a terceira posição a nível Nordeste com maior número de acidentes de trabalho com percentual de 17,30%. No setor estudado não foi possível identificar a taxa de acidentes, portanto, para esse item considerou-se a taxa a nível estadual.

De acordo com superintendente operacional da Ecofor Ambiental João Júlio Sombra (MARQUISE AMBIENTAL, 2016), o uniforme da empresa é feito com um tecido especial para a função de gari, assim como o uso de calçados específicos, meias e luvas. O conjunto contribui para reduzir os riscos de infecções e ainda enfatizou que os garis são supervisionados por técnicos de Segurança do Trabalho, que os orientam e ensinam o modo correto de prevenir acidentes, usando os EPI. De acordo esses profissionais, as orientações são bem recebidas pelos funcionários que, na maioria das vezes, seguem à risca cada orientação.

Benefícios Sociais/Segurança Social

Gasto do país por setor de segurança social

No Brasil a segurança social ocorre através da Previdência Social que é um seguro que garante a renda do contribuinte e de sua família, em casos de doença, acidente, gravidez, prisão, morte e velhice. Abona vários benefícios que juntos proporcionam tranquilidade quanto ao presente e em relação ao futuro assegurando um rendimento seguro. Para ter acesso a essa proteção, é necessário se inscrever e contribuir todos os meses (REGIME GERAL DA PREVIDÊNCIA SOCIAL – RGPS, 2019). O orçamento de 2019 para a área de atuação Previdência Social no Brasil foi R\$ 713,17 bilhões de reais, isso representou um aumento de

---

	5,6% com relação ao ano anterior (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2019).
Previdência Social no país e na atividade analisada.	No Brasil o gasto com a Previdência Básica foi de R\$ 575.874.993.487,33, desse valor 55% foram destinados para aposentadorias do RGPS da área urbana (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2019). Na atividade analisada, considerou que todos os funcionários da Ecofor Ambiental possuem direito a Previdência Social, conforme está previsto pelo Decreto-Lei Nº 5.452/43.
Pagamento de Previdência Social na atividade analisada.	Há pagamento de Previdência Social na atividade analisada.
Auxílio governo	O Cadastro Único para Programas Sociais do Governo é um instrumento que identifica e caracteriza as famílias de baixa renda, admitindo que o governo conheça melhor a realidade socioeconômica dessa população. Desde 2003, ele se tornou a principal ferramenta do Estado brasileiro para a seleção e a inclusão de famílias de baixa renda em programas federais, sendo utilizado obrigatoriamente para a concessão dos benefícios do Programa Bolsa Família, da Tarifa Social de Energia Elétrica, do Programa Minha Casa Minha Vida, da Bolsa Verde, entre outros (MINISTÉRIO DA CIDADANIA, 2020). Assim, considerou-se que os trabalhadores da Ecofor Ambiental podem ter acesso a um desses auxílios do governo desde que atendam aos requisitos necessários.

---

Tabela 23 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **trabalhador – associação de catadores ASCAJAN**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Liberdade Associação e Negociação Coletiva	Evidência de restrição à liberdade de associação e negociação coletiva no país e no serviço analisado de coleta seletiva.	Conforme foi visto na Tabela 23 não há restrição de liberdade de associação e negociação coletiva no Brasil, de acordo com o art. 8 da Constituição Federal (1988). No serviço de coleta seletiva desempenhado pelo catador, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2008), existiam no país 1.175 cooperativas ou associações de catadores de materiais passíveis de reciclagem com 30.390 cooperadores ou associados. No ano de 2008, no estado do Ceará identificou-se 36 cooperativas e associações contendo 922 catadores, ocupando assim, a terceira posição em relação aos demais estados do Nordeste (IBGE, 2008). De acordo com o SNIS (2018), a participação formal de catadores na coleta seletiva em parceria com o poder público foi responsável por 30,7% do total das toneladas coletadas seletivamente em 2018, 5,3% a menos que o ano anterior (SNIS, 2017). Ainda segundo o SNIS (2018), foram identificadas 1.232 organizações de catadores no Brasil, distribuídas por 827 municípios, com mais de 27 mil catadores ligados as associações ou cooperativas em 2018, no ano anterior havia 79 organizações de catadores a menos no país, porém o número de catadores foi maior com aproximadamente 1.900 associados ou cooperados a mais que no ano de 2018. No estudo de caso da presente pesquisa, os catadores do município de Fortaleza da Regional VI estão associados a Associação dos Catadores do Jangurussu – ASCAJAN. Portanto, possuem liberdade para constituírem associações.
	Presença de sindicatos dentro da atividade analisada, organização e descrição da sua influência.	No que se refere as informações sobre a presença de sindicatos a nível nacional e estadual são as mesmas apresentadas na Tabela 23, o diferencial aqui está na atividade analisada. No tocante a presença de sindicatos de catadores de materiais recicláveis se identificou que

não existe, contudo há um movimento social de aproximadamente 16 anos que vem organizando os catadores e catadoras de materiais recicláveis no Brasil, visando a valorização da categoria, chama-se Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis – MNCR (2008). Com relação aos associados da ASCAJAN constatou-se que não há sindicato para essa categoria e também não há filiados a nenhum outro sindicato.

Trabalho Infantil	Percentual de trabalho infantil no país e no setor analisado	O Brasil possui um Programa de Erradicação do Trabalho Infantil (PETI) que objetiva erradicar todas as formas de trabalho de crianças e adolescente menores de 16 anos, exceto na condição de aprendiz a partir de 14 anos, além de assegurar a frequência à escola e a atividade socioeducativa (SECRETARIA ESPECIAL DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 2015). No que se refere ao serviço de coleta seletiva observou-se, a partir dos questionários aplicados, que não há trabalho infantil na associação de catadores ASCAJAN.
	Descrição do tipo de criança que trabalha na associação analisada (ASCAJAN).	Não há menores de 18 anos trabalhando na ASCAJAN.

Salário Justo

Especificação do salário mínimo no país e na atividade analisada.

As informações quanto ao salário mínimo (SM) no país já foram abordadas na Tabela 23, portanto, não foram novamente relatadas aqui. No que se refere a renda média dos trabalhadores da coleta seletiva no Brasil, no ano de 2010, era de R\$ 571,56 (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2013), lembrando que nessa época o SM no país era de 510,00 (BRASIL, 2010). Quanto ao nordeste do país a renda média era de R\$ 459,34 (IPEA, 2013). De acordo com o Anuário da Reciclagem (2018), a renda média no Brasil dos catadores era, em 2018, de aproximadamente um salário mínimo (R\$ 975,00).

Nível de renda salarial do menor e do maior pagamento, por atividade desempenhada na ASCAJAN.

O menor salário identificado na ASCAJAN foi de R\$ 280,00 a R\$ 360,00 por mês para o cargo de triagem com carga horária de 3h e 30 min., ou seja, só um período. O valor mais alto relatado foi de R\$ 700,00 a R\$ 800,00 para o cargo de Esteira, com jornada de trabalho 8 horas. De modo geral, foi possível constatar que os catadores recebiam a mesma remuneração pelos serviços prestados e que esses só eram alterados em virtude de descontos por faltar ao serviço.

Horas de Trabalho

Horas de trabalho por empregado por mês (média).

De acordo com o IPEA (2013) e IPEA (2016) os catadores de materiais recicláveis possuem jornadas de trabalho diferentes, enquanto uns têm rotinas diárias outros possuem dinâmicas mais irregulares, trabalhando uma quantidade de horas bastante diversificada por dia ou intercalando os dias de trabalho. Na ASCAJAN, observou-se que 87,5% possuem jornada de trabalho de oito horas diárias.

Número de dias por semana sem trabalho.

Com relação ao número de dias em que os trabalhadores, da ASCAJAN, não desempenham suas atividades se observou que 100% possuem dois dias na semana de folga.

Igualdade de Oportunidade/Discriminação

Percentual de mulheres na atividade analisada (coleta seletiva).

De acordo com a UNEP (2019), na economia informal de resíduos, estudos expõem que as mulheres geralmente se limitam a atividades de baixa renda, como coleta, varrição e separação de resíduos, enquanto os homens são capazes de assumir posições de maior autoridade, trabalhando com a compra e revenda de materiais recicláveis, por exemplo (HORN, 2010; DIAS; FERNANDES, 2012; DIAS; OGANDO, 2015). Segundo o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), mais de 70% dos catadores é constituído por mulheres (CENTRO DE

---

	<p>ESTUDOS E APOIO AO DESENVOLVIMENTO, EMPREGO E CIDADANIA – CEADDEC, 2016). Dos questionários aplicados na ASCAJAN, 87,5% eram mulheres e 12,5% homens,</p>
<p>Posição do país estudado no ranking do índice de gênero.</p>	<p>Segundo a classificação realizada pelo Social Institutions and Gender Index – SIGI (2019), o Brasil se encontrava no ano do estudo na 37ª posição no ranking. Comparando esse resultado com o ano de 2014, observou-se que o país apresentou uma piora no cenário, tendo em vista que sua posição era 20ª no ranking (SIGI, 2014). Para mais detalhes consulte a Tabela 23.</p>
<p>Ocorrência de discriminação no país e na atividade analisada (coleta seletiva).</p>	<p>No Brasil, com rendimento de até 1 salário mínimo (SM) a mais de 20 SM, identificou-se que 51,18% são homens, destes 35,99% recebiam de 1 a 2 SM, já as mulheres compõem 48,81% e a maior parte do seu rendimento é de até 1 SM (44,19%) (IBGE/PNAD, 2015). De acordo com a PNAD Contínua (2018), no ano do estudo 54,9% da força de trabalho era composto por pessoas de cor ou raça preta ou parda e 43,9% por brancos. Entretanto, em relação à população desocupada e à população subutilizada, que inclui, além dos desocupados, os subocupados e a força de trabalho potencial, as pessoas pretas ou pardas são substancialmente mais representadas – embora sejam um pouco mais da metade da força de trabalho (54,9%), elas formavam aproximadamente 2/3 dos desocupados (64,2%) e dos subutilizados (66,1%) na força de trabalho em 2018 (IBGE, 2019). Com relação a associação ASCAJAN, observou-se que 87,5% eram mulheres e delas 71,43% de declararam pardas.</p>
<p>Proporção de salário por gênero e racial na atividade analisada.</p>	<p>De acordo com o IPEA (2013), a renda média dos homens que trabalham com a catação, chega a R\$ 611,10, enquanto que entre as mulheres a média é de R\$</p>

---

460,54, ou seja, 32% menor que a média de rendimento masculino. No que se refere a termos raciais, os catadores de cor branca recebem em média R\$ 642,98, que representa 22% a mais que a média dos catadores negros (prestos e pardos), que é de R\$ 525,22. Com relação a associação ASCAJAN, observou-se que não há diferenças de ganhos provenientes da diferença de gêneros ou raça/cor, os ganhos com as vendas dos materiais são repartidos por igual e só varia em função de faltas.

## Saúde e Segurança

Descrição das principais origens de perigo potencial da atividade.

A atividade de coleta seletiva expõe seus trabalhadores aos seguintes riscos: a exposição ao calor, a umidade, os ruídos, a chuva, o risco de quedas, os atropelamentos, os cortes e mordedura de animais, o contato com ratos e moscas, o mau cheiro dos gases e fumaças que exalam dos resíduos sólidos acumulados, a sobrecarga de trabalho e levantamento de peso, as contaminações por materiais químicos ou biológicos etc. (IPEA, 2013). Também pode-se citar esmagamento de membros na prensa mecânica e doenças transmitidas por macro e micro vetores (PAGANELLA, 2011). Estes, entre outros fatores, corroboram para que esta atividade seja considerada como insalubre na Norma Regulamentar Nº 15, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), exigindo maiores cuidados em termos de equipamentos de proteção e disponibilidade de locais adequados para o trabalho (OLIVEIRA,2011).

Taxa de acidente no país e no setor estudado.

A taxa de acidente no país corresponde ao mesmo dado apresentado na Tabela 23. A nível nacional não se identificou a taxa de acidentes provenientes das atividades desempenhadas pela coleta seletiva. Na ASCAJAN constatou-se que 87,5% já contraiu doenças devido ao trabalho na catação. Entre elas desconforto térmico (calor) por falta de ventilação no galpão (50%), corte e perfurações (81,3%), esmagamento de membros



<p>Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na atividade analisada.</p>	<p>na prensa mecânica (6,3%), dores na coluna (6,3%), intoxicação aguda ou crônica (6,3%) e queda (6,3%).</p> <p>Na ASCAJAN 93,8% afirmaram ter EPI, porém apenas 37,5% disseram usá-los durante o trabalho. Entre os EPIs citados estavam luvas, botas, farda, óculos, boné e máscara.</p>
<p>Gasto do país por setor de segurança social</p>	<p>No Brasil o gasto com a proteção social foi de 10,70% do PIB no ano de 2010, já em 2017 houve um aumento de 2,38%, atingindo assim, 13,08% do PIB (Secretaria do Tesouro Nacional – STN, 2017). Contudo, de acordo com o Boletim Estatístico da Previdência Social (2017), a arrecadação líquida, em 2017, foi de R\$ 374.784.828 e o total de benefícios foi de R\$ 557.234.837 esses valores geraram o resultado primário do RGPS negativo de R\$ - 182.449.999, ou seja, um déficit de 32,74%.</p>
<p>Benefícios Sociais/Segurança Social</p> <p>Previdência Social no país e na atividade analisada.</p>	<p>A profissão de catador de material reciclável é reconhecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego e está inserida dentro da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) 2000, contudo essa profissão ainda não está incluída no Regime Geral de Previdência Social na condição de segurado especial. Embora, haja em tramitação uma Proposta de Emenda Constitucional (PEC) N° 309/2013 para dispor sobre a contribuição para seguridade social do catador (GARCIA, 2016).</p>
<p>Pagamento de Previdência Social na atividade analisada.</p>	<p>Na associação ASCAJAN apenas 12,5% afirmaram pagar a previdência social e 87,5% não pagam. Desses, 71,43% afirmaram o desejo em fazê-lo, 21,43% não e 7,14% não souberam responder.</p>

Na ASCAJAN, 62,5% responderam receber apenas o Bolsa Família como auxílio do governo.

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 24 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **consumidor – coleta regular a disposição final**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Mecanismo de retroalimentação (feedback)	Presença de mecanismo de retroalimentação.	A coleta regular de Fortaleza, de acordo com o último SNIS (2018), possuía taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação a população urbana de 98,41%. Dos 270 questionários aplicados na SER VI, 98,5% afirmaram ser atendidos pela coleta regular, sendo 83,4% realizada através de caminhões compactadores, 11,3% caçambas e 4,5% ambos os veículos. No que se refere à disposição final desses resíduos no município, observou-se através dos dados disponibilizados pelo SNIS (2017-2018) que houve um aumento no envio de resíduos sólidos de 4,93% para o aterro sanitário localizado em Caucaia (ASMOC) nos anos 2017 a 2018. Quando questionados sobre o destino dos resíduos sólidos após a coleta 69,1% afirmaram não saber, 19,2% disseram coleta seletiva e aterro sanitário, 10,6% antigo lixão do Jangurussu, 0,8% incineração e 0,4% coleta seletiva, aterro sanitário e compostagem.
	Práticas relacionadas à satisfação do cliente.	No que se refere à satisfação do cliente, 66,3% atribuíram ser bom o serviço prestado na coleta regular e 64,4% consideraram ser bons os serviços realizados pelos profissionais (garis) que trabalham na CR, em ambas as respostas os questionados atribuíram a essa avaliação ao fato das ruas ficarem um pouco sujas após a passagem dos caminhões compactadores e caçambas, quer seja pelo vazamento do chorume ou por determinados resíduos que acabam caindo no trajeto. Embora a satisfação do cliente tenha sido boa na maior

parte dos questionários, 96,2% afirmaram que o serviço de coleta regular traz benefícios para a sociedade, inclusive relatando episódios de como a cidade de Fortaleza ficou quando esses serviços foram interrompidos no período de ataques de facções criminosas no município.

<p>Responsabilidade pelo fim do ciclo de vida</p>	<p>Legislação nacional que abrange a eliminação de resíduos sólidos e reciclagem de produtos.</p> <p>Atenção e gestão do fim de vida</p> <p>Estruturação da tomada de volta ao sistema, incluindo o envolvimento do consumidor.</p>	<p>No Brasil a lei que abrange a eliminação e reciclagem dos resíduos sólidos é a Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, do qual estabelece em um dos seus instrumentos a coleta seletiva como uma forma de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.</p> <p>A coleta regular contribui para a gestão do fim de vida de um produto, pois por meio dela é possível retirar dos domicílios, comércios e ruas os resíduos sólidos e encaminha-los para um local adequado como um aterro sanitário, onde inclusive, após ser enterrado seus gases podem ser coletados e utilizados como fonte energética, conforme o caso do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) para onde os resíduos de Fortaleza são encaminhados.</p> <p>Dos 270 questionários aplicados aos moradores dos bairros que compõem a SER VI, 98,1% afirmaram que a coleta regular passava na rua, 1,5% que não passava CR e 0,4 não responderam.</p>
---	---	---

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 25 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **consumidor – Ecoponto**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Mecanismo de retroalimentação (feedback)	Presença de mecanismo de retroalimentação.	Os Ecopontos estão distribuídos na cidade de Fortaleza em 65 pontos, na SER VI existem 16, possuindo assim a maior concentração (MARQUISE AMBIENTAL, 2020), o que representa 24,61% do universo. Dos questionários aplicados na Regional VI apenas 15,9% afirmaram destinar seus resíduos recicláveis no Ecoponto e 83,7% disseram que não, entre os motivos mais relatados para não realizar essa ação estão: desconhecer onde estão os Ecopontos mais próximos de suas residências, alegar que estão longes de suas casas, não ter tempo e falta de interesse.
	Práticas relacionadas à satisfação do cliente.	No que se refere à satisfação do cliente, 64,3% e 31% atribuíram ser boa e ótima, respectivamente, a qualidade do serviço prestado no Ecoponto. Com relação ao atendimento dos profissionais 69% consideram bom e 26,2% ótimo. Dos questionados que colaboram com os Ecopontos 97,9% os consideram benéficos.
Responsabilidade pelo fim do ciclo de vida	Legislação nacional que abrange a eliminação de resíduos sólidos e reciclagem de produtos.	Conforme Tabela 25, há no Brasil a Lei N° 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos no país. Além desta Lei há também o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza (PMGIRS, 2012) que já previa a implementação de 40 Ecopontos na época.
	Atenção e gestão do fim de vida.	O Ecoponto colabora de forma positiva com a gestão do fim de vida de um produto através da recuperação, do reuso e da reciclagem dos materiais.
	Estruturação da tomada de volta ao sistema, incluindo o envolvimento do consumidor.	Dos 270 questionários aplicados a população da SER VI 15,9% afirmaram destinar seus resíduos passíveis de reciclagem nos Ecopontos, 83,7% não destinavam

nesses pontos e 0,4 disseram entregar esses materiais na estação de reciclagem do Supermercado Povo.

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 26 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **consumidor – coleta seletiva**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Mecanismo de retroalimentação (feedback)	Presença de mecanismo de retroalimentação.	A coleta seletiva realizada pela ASCAJAN na SER VI, atende a 29 bairros com, aproximadamente, 152.920 domicílios com 541.077 habitantes (IBGE, 2010). Essa associação além de contemplar esses domicílios também possui contribuição de alguns comércios locais, como Shoppings, Agências Bancárias, Supermercados entre outros. No que se refere a população dos bairros atendidos pela coleta seletiva realizada pela ASCAJAN, 67,8% afirmaram que havia coleta seletiva na sua rua e 51,7% disseram separar os resíduos sólidos em suas residências. Destes 11,48% falaram que separavam seus resíduos embora não houvesse a coleta seletiva na rua.
	Práticas relacionadas à satisfação do cliente.	Com relação a satisfação do cliente, 55,7% avaliaram como bom o serviço prestado pela coleta seletiva. Quando questionados sobre a qualidade dos serviços realizados pelos profissionais (catadores) 54% responderam ser boa, em ambos os casos houve reclamações quanto a desordem que eles deixavam nos resíduos, pois rasgavam as sacolas, retiravam os materiais recicláveis e deixa-as abertas e espalhadas. Embora a colaboração com a coleta seletiva não tenha sido significativa (51,5%), 87,5% dos entrevistados reconheceram que a coleta seletiva é benéfica.
Responsabilidade pelo fim do ciclo de vida	Legislação nacional que abrange a eliminação de resíduos sólidos e reciclagem de produtos.	Além da Lei Nº 12.305/2010, conforme citada na Tabela 12, no Brasil também existe o Decreto Nº 7.405, de 23

	<p>de dezembro de 2010, que institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo que tem por objetivo integrar e articular as ações do Governo Federal direcionadas ao apoio e ao fomento à organização produtiva dos catadores, à melhoria das condições de trabalho, à ampliação das oportunidades e de inclusão social e econômica e à expansão da coleta seletiva, da reutilização e da reciclagem através da atuação desse segmento.</p>
<p>Atenção e gestão do fim de vida.</p>	<p>A coleta seletiva colabora de forma positiva com a gestão do fim de vida de um produto por meio da recuperação, do reuso e da reciclagem dos materiais (GARCIA, 2016).</p>
<p>Estruturação da tomada de volta ao sistema, incluindo o envolvimento do consumidor.</p>	<p>Dos 270 questionários aplicados a população da SER VI 67,8% afirmaram ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva, destes 59,02% separavam seus resíduos (contribuindo assim de forma efetiva com o serviço).</p>

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 27 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: comunidade local – coleta regular a disposição final

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Participação da comunidade	Descrição do engajamento da comunidade na coleta regular.	De acordo com o SNIS (2018), observa-se que o déficit de coleta regular no Brasil em 2018, segundo macrorregiões, foi de 1,23%, o que representa um contingente aproximado de 2,2 milhões de habitantes urbanos não atendidos pelo serviço. Em números absolutos, de 2017 para 2018, o SNIS (2018) constatou que houve uma redução no déficit (aumento da cobertura) da coleta domiciliar urbana de quase 158 mil habitantes. No Nordeste, com relação a demais macrorregião possui o maior déficit chegando a 942.858 habitantes não atendidos pela coleta regular de resíduos domiciliares. No que se refere a taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população urbana observou-se que o percentual de Fortaleza (98,41%) foi maior que o Nordeste (97,74%) e inferior à média nacional (98,84%). Na SER VI, constatou-se que 98,5% afirmaram ser atendidos pelo serviço de coleta regular, dos 270 questionados. Esses resíduos após serem coletados eram encaminhados para Estação de Transbordo localizada no Complexo do Jangurussu e em seguida encaminhada para o aterro sanitário situado no município de Caucaia para ser aterrado e ter seus gases coletados para a geração de Gás Natural Renovável (GNR) (MARQUISE AMBIENTAL, 2020).
Condições de vida seguras	<p>Taxa de crime</p> <p>Políticas de gestão relacionadas com a segurança privada pessoal.</p>	<p>No Global Peace Index (GPI, 2019), o Brasil estava com pontuação de 2.271, na posição 116º do ranking de 163 países, no ano de 2018 com o mesmo quantitativo de nações pesquisadas o Brasil ocupou 106º posição (GPI, 2018).</p> <p>De acordo com os dados do Social Progress Index (2019), no que se refere ao progresso social o Brasil</p>

encontra-se com pontuação de 72,87, ocupando a 49ª posição no ranking que avaliou 149 países, neste Índice também foi avaliado a segurança pessoal com 52,48 pontos, ocupando a 128ª e dentre os indicadores analisados estavam: taxa de homicídios, criminalidade, assassinato político e tortura e mortes no trânsito. Com relação a política de gestão ao setor de segurança privada, pode-se citar a Lei Nº 7.102/1983 que dispõe sobre segurança para estabelecimentos financeiros, estabelece normas para constituição e funcionamento das empresas particulares que exploram serviços de vigilância e de transporte de valores e Decreto Nº 89.056/2003 que regulamenta a Lei supracitada. Outras legislações também podem ser citadas como a Lei Nº 10.826/2003 que dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição, a Portaria Nº 3.233/2012 que trata sobre as normas relacionadas às atividades de Segurança Privada e a Portaria Nº 33.732/2017 que dispõe sobre as normas relacionadas ao credenciamento de instrutores dos cursos direcionados à formação, reciclagem e especialização dos profissionais de segurança privada.

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 28 - Indicadores da categoria *Stakeholders*: **comunidade local – Ecoponto**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Participação da comunidade	Descrição do engajamento da comunidade no Ecoponto	De acordo com o SNIS (2018), os Ecopontos ou PEVs, (unidade de recebimento de pequenos volumes) somam 251 e representam 6,4% do universo atualizado no Brasil, sendo 59 inseridos no Nordeste, correspondendo a 23,50% do total. No município de Fortaleza no ano de 2018 existia 52 Ecopontos o que representa 88,13% do percentual referente ao Nordeste (SNIS, 2018). No ano de 2020, há na capital aproximadamente 65 Ecopontos distribuídos em diferentes pontos da cidade, na SER VI



		havia 16 (MARQUISE AMBIENTAL, 2020). Contudo, constatou-se que dos 270 questionados, apenas 15,9% afirmaram destinar seus resíduos passíveis de reciclagem nesses locais de entrega.
Condições de vida seguras	Taxa de crime.	Informações apresentadas na Tabela 28.
	Políticas de gestão relacionadas com a segurança privada pessoal.	Informações apresentadas na Tabela 28.

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 29 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **comunidade local – coleta seletiva**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Participação da comunidade	Descrição do engajamento da comunidade na coleta seletiva.	De acordo com o SNIS (2018), o percentual de habitantes atendidos pela coleta seletiva no Brasil e Nordeste foi de 37,8% e 6,6%, respectivamente, no ano de 2018. Quanto a Fortaleza não havia dados divulgados nas tabelas dos SNIS (2018) sobre o tema. Na SER VI constatou-se que 67,8% dos 270 questionados afirmaram ser atendidos pela coleta seletiva.
Condições de vida seguras	Taxa de crime.	Informações apresentadas na Tabela 28.
	Políticas de gestão relacionadas com a segurança privada pessoal.	Informações apresentadas na Tabela 28.

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 30 – Indicadores da categoria *Stakeholders: sociedade* – coleta regular a disposição final e Ecoponto

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Compromisso público sobre a sustentabilidade	Presença de promessas ou acordos sobre as questões sustentáveis acessíveis ao público e, as queixas ao não cumprimento desses compromissos.	Sobre a presença de promessas ou acordos sobre as questões sustentáveis, constatou-se que a Ecofor Ambiental juntamente com o Grupo Marquise desenvolve, desde 2005, o programa Ecocidadão com o objetivo de conscientizar os cidadãos de Fortaleza sobre as questões socioambientais, realizando um trabalho contínuo de educação ambiental em parceria com lideranças de bairro, junto com a comunidade, desenvolvendo soluções técnicas e operacionais que otimizam o dia a dia da população. O programa Ecocidadão identifica os polos geradores de lixo e realizam ações de educação porta a porta e em escolas públicas e privadas com atividades lúdicas, promovendo a sensibilização quanto à correta disposição dos resíduos sólidos e à redução de lixo solto nas ruas, outras ações são desempenhadas como: o gari comunitário, dia mundial de limpeza de praia, coleta seletiva em pontos de entrega voluntária, criação de jardins verticais em antigos pontos de lixo e projetos de arte urbana, dentre outras iniciativas. Seu compromisso vem sendo cumprido, através dos resultados de 2013 e 2014 que obtiveram, respectivamente, oito escolas foram visitadas impactando 3 mil crianças e 25 escolas, atingindo um público de 10 mil crianças. No ano de 2015, o número de escolas foi ampliado para 102, impactando mais de 50 mil crianças (MARQUISE AMBIENTAL, 2020).
	Implementação/assinatura de princípios ou códigos de conduta.	Ao considerar que código de conduta é um instrumento de divulgação da filosofia, missão e valores da empresa, com o objetivo de facilitar a compreensão e a prática da cultura organizacional. Verificou-se que o Grupo Marquise Ambiental, na qual a Ecofor faz parte possui código de conduta, pois no seu endereço eletrônico está expressamente registrado sua missão, visão e os seus

valores. Sobre os seus valores consta que o Grupo Marquise preza pelo respeito nas relações, foco nos resultados, compromisso com a qualidade e ousadia com responsabilidade (MARQUISE AMBIENTAL, 2020).

Contribuição ao desenvolvimento econômico.

Situação econômica do país e relevância do setor considerado para a economia.

No 4º trimestre de 2018, a taxa de variação do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil foi de 1,2%, ao passo que para esse mesmo trimestre no ano de 2019 observou-se que houve um tímido crescimento de 0,5%, obtendo-se assim, 1,7% de variação do PIB (IBGE, 2020). Ao analisar as despesas do Brasil e de Fortaleza com relação a gestão dos resíduos sólidos, observou-se, respectivamente, 0,25% e 0,45% do PIB nacional e do município (SNIS, 2017 e IBGE, 2017), esse valor abaixo de 1% gera uma economia para os cofres públicos que podem ser sentidos em outras áreas como na saúde pública, por exemplo.

Desenvolvimento tecnológico

Esforços do setor no desenvolvimento de tecnologias benéficas ao meio ambiente.

Neste item observou-se que há um esforço no município de Fortaleza desempenhado pelo Grupo Marquise Ambiental na gestão dos resíduos sólidos observado através da usina de tratamento do biogás do aterro sanitário para a produção de Gás Natural Renovável (GNR), proveniente da utilização de tecnologias capazes de operacionalizar a recuperação de biogás através de um ciclo de tratamento de resíduos que respeita a legislação e protege o cidadão, além da operação de aterros inertes e o tratamento de resíduos perigosos através da incineração e da autoclavagem dos resíduos que mais ameaçam a saúde, por meio do centro de tratamento de resíduos perigosos. Além dessas tecnologias, pode-se citar também a varrição mecanizada, moto gari (solução para coletar resíduos em locais de difícil acesso) e sistemas de tratamento de biomassa (podas urbanas) para a fabricação de briquetes (CTRP) (MARQUISE AMBIENTAL, 2020). Os

		entulhos coletados nos Ecopontos são encaminhados para as usinas de processamento e reciclagem de entulhos de construção civil realizadas pelo Grupo Marquise ambiental, na qual a Ecofor faz parte. Eles também realizam operações de aterro de inertes.
	Investimento em desenvolvimento de tecnologias.	Sem informação disponível.
Corrupção	Risco de corrupção no País e no setor.	De acordo com a Transparência Internacional Brasil (2019), o Índice de Percepção da Corrupção (IPC) que é o principal indicador de corrupção no setor público no mundo, o Brasil está na posição 106º no ranking composto por 180 nações, com pontuação de 35 sobre 100, onde quanto mais próximo de 0 maior a corrupção e quanto mais próximo de 100 menor. No que se refere a atividade de coleta e disposição de resíduos sólidos domiciliares não foi possível obter informações sobre o tema.

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Tabela 31 – Indicadores da categoria *Stakeholders*: **sociedade – coleta seletiva**

Subcategorias de Impacto	Indicadores	Status
Compromisso público sobre a sustentabilidade	Presença de promessas ou acordos sobre as questões sustentáveis acessíveis ao público e, as queixas ao não cumprimento desses compromissos.	Não foi identificado nenhuma promessa ou acordo que a associação de catadores ASCAJAN tenha realizado sobre as questões sustentáveis, além das quais, ela já realiza por meio da coleta dos materiais recicláveis.
	Implementação/assinatura de princípios ou códigos de conduta.	Não foi identificado nenhum código de conduta para a coleta seletiva.
Contribuição ao desenvolvimento econômico.	Situação econômica do país e relevância do setor considerado para a economia.	

		<p>Informações apresentadas na Tabela 31. No que se refere a atividade de coleta seletiva, de acordo com a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT) e Pragma Soluções Sustentáveis (2018), no Brasil, no ano de “2017, as organizações acompanhadas pela ANCAT registraram faturamento de R\$ 39 milhões com a comercialização das 84 mil toneladas coletadas. Em 2018, foram comercializados R\$ 32 milhões, equivalente a cerca de 67 mil toneladas coletadas”. O valor de 39.000.000 representa 0,22% do total das despesas com a gestão dos resíduos sólidos no país para o ano de 2017 (SNIS, 2017; IBGE, 2017).</p>
Desenvolvimento tecnológico	<p>Esforços do setor no desenvolvimento de tecnologias benéficas ao meio ambiente.</p> <p>Investimento em desenvolvimento tecnologias.</p>	<p>Contatou-se que as principais tecnologias identificadas na associação ASCAJAN foram: prensas de material, balanças, caminhões, carrinhos de transporte manual, esteiras e computador para serviço de escritório. Logo, há esforço por parte do setor analisado para o desenvolvimento e uso de tecnologias benéficas ao meio ambiente.</p> <p>Sem informações disponíveis.</p>
Corrupção	Risco de corrupção no país e no setor.	<p>Informações apresentadas na Tabela 31. No setor analisado observou-se que não há corrupção, pois, os associados recebem a mesma faixa de renda pelos serviços desempenhados e todos os meses há exposição do valor arrecadado pela associação e dos pagamentos aos associados contendo as suas frequências.</p>

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Após a conclusão do ICVS, a próxima fase consistiu na avaliação destes indicadores, realizando sua ponderação, conforme foi descrito na metodologia, assim como a discussão e análise dos resultados.

### 4.3.2 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida Social (AICVS) da gestão de RSDC de Fortaleza

Concluída a construção do ICVS e seguindo as recomendações da UNEP/SETAC (2009), da metodologia de Ciroti e Franze (2011) e de Yildiz-Geyhan; Yilan; Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), a próxima etapa consiste na AICVS da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais do Município de Fortaleza, bem como a análise e discussão dos seus resultados.

#### 4.3.2.1 Trabalhador

O grupo de *stakeholder* trabalhador incluiu os funcionários da Ecofor Ambiental responsáveis desde a coleta regular dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais até sua disposição final e gestão dos Ecopontos. Além deles, também foram avaliados os catadores associados à ASCAJAN.

As subcategorias analisadas neste grupo foram liberdade de associação e negociação coletiva, trabalho infantil, salário justo, horas de trabalho, igualdade de oportunidade/discriminação, saúde e segurança e benefícios sociais/segurança social.

Para a elaboração dos Quadros 12 e 13, consideram-se os dados descritos no ICVS (ver item 5.3.1, Tabelas 22 e 23), que subsidiaram a ponderação do impacto provocado pelo serviço de coleta regular, disposição final, Ecoponto e coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais no Município de Fortaleza.

Quadro 12 – AICVS: **trabalhador – coleta regular a disposição final e Ecoponto**

<i>Stakeholder</i>	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Trabalhador	Liberdade de associação e negociação coletiva	1	+	+	+	+	(+)	+	1,12
	Trabalho infantil	1	+	+	+	+	+	+	1
	Salário justo	1	+	+	+	+	(+)	+	1,12
	Horas de trabalho	1	+	+	+	+	(+)	+	1,12
	Igualdade de oportunidades/discriminação	1,5	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Saúde e Segurança	3	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Benefícios sociais/segurança social	1	+	+	+	+	+	+	1
	Valor	2							2

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria liberdade de associação e negociação coletiva (Quadro 12), observou-se que o serviço correspondente à coleta regular até disposição final de resíduos sólidos domiciliares/comerciais e os Ecopontos não há restrição à liberdade de associação e negociação coletiva e que há duas modalidades de associação sindical: SEEACONCE e SINDILURB.

Portanto, para essa subcategoria, a avaliação de desempenho foi ótima (verde-escuro: fator – 1).

Esse ótimo desempenho da empresa avaliada por dispor que seus funcionários se associem aos sindicatos de suas categorias tem influência positiva nas condições de trabalho (CT), saúde e segurança (SS), direitos humanos (DH), repercussões socioeconômicas (RSE) e na governança (G); em menor importância, também possui influxo positivo nos direitos indígenas, patrimônio cultural (DI). No geral, a empresa analisada possui efeito bom (verde claro: fator – 1,12).

Assim como esta pesquisa, no estudo realizado por Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), que avaliou o impacto social de variados sistemas de coleta de resíduos de embalagem em Istambul, Turquia, na subcategoria liberdade de associações e negociação coletiva, foi medida a existência desse direito e não se os trabalhadores são membros de qualquer associação ou não. Assim, os autores constataram que na coleta formal (regular da empresa que presta serviço para a Prefeitura), mesmo que os trabalhadores não sejam membros de nenhuma associação ou sindicato, possuem esse direito de se tornarem membros, legalmente. Desse modo, os autores constataram que os cenários formais e formalizados têm menos escores de impacto social do que os informais (coleta seletiva).

De acordo com Ekener-Petersen e Finnveden (2013), que avaliaram o ciclo de vida social de *notebook*, na Suécia, a liberdade de associação e negociação coletiva analisada em todas as etapas (extração de recursos, refinação e processamento, fabricação e montagem, marketing e vendas, reciclagem e disposição) menos no uso, identificaram que havia evidências de restrição quanto a essa subcategoria, assim como evidências de não respeito ou apoio, embora essa última informação não fosse muito clara, indicadores esses diferentes dos resultados desta pesquisa.

Entre os países que os autores supracitados pesquisaram estavam China, Brasil, Arábia Saudita, Suécia, Alemanha, Canadá, Rússia, Bolívia, Tailândia, dentre outros, e, nesse estudo, os pesquisadores constataram que os países envolvidos com impactos potencialmente graves foram na subcategoria de impacto liberdade de associação e negociação coletiva na China e na Tailândia. As atividades identificadas na China foram extração de matéria-prima, fabricação e montagem, refino e processamento, sendo que essas duas últimas também eram realizadas na Tailândia.

Na subcategoria trabalho infantil (Quadro 12), verificou-se que, no Brasil, houve uma redução pela metade nessa taxa, no período de 2004 a 2015, conforme expresso na Tabela 21. Também se constatou que não havia trabalho infantil na atividade de coleta regular, disposição



final e nos Ecopontos, realizada pela Ecofor Ambiental. Portanto, avaliou-se como AD ótima (verde escuro: fator – 1); esses indicadores influenciam, positivamente, em todas as categorias analisadas, de modo que a AI foi ótima (verde-escuro: fator – 1).

Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019) observaram em sua pesquisa e nos registros da empresa, que, na coleta formal (coleta regular), as idades dos empregados variam de 30 a 50 anos. Em razão da legalidade das condições de trabalho, o trabalho infantil não pode existir, conforme se observou também nesta pesquisa. Para os cenários formalizados, os autores supracitados também assumiram que não haveria trabalho infantil (S5 e S6). Pelo contrário, para a coleta informal (coleta seletiva), os referidos autores não determinaram faixa etária em consequência das condições de trabalho não registradas, embora tenham identificado a existência de trabalho infantil por meio de observação de campo.

Na subcategoria salário justo (Quadro 12), considerou-se que os funcionários recebiam salários justos, pois a empresa Ecofor Ambiental (prestadora de serviços de limpeza do Município de Fortaleza) atendia aos aspectos legais, assumindo que todos recebiam de um salário-mínimo (SM) a um SM a mais. Portanto, avaliou-se AD como ótima (verde-escuro: fator – 1). Os indicadores analisados influenciam positivamente em todas as categorias analisadas, exercendo pouca influência nos direitos indígenas (DI). Assim, a AI foi avaliada como boa (cor verde claro: fator – 1,12).

Assim como nesta pesquisa, também se verificou baixo impacto na avaliação do ciclo de vida social aplicado a fertilizantes, realizada pelos autores Martínez-Blanco, Lehmann, Muñoz *et al.* (2014), na qual constataram que, na subcategoria analisada, os indicadores potenciais de salário médio menor do que o salário-mínimo United States Dollar (USD) e salário médio menor do que diretrizes de não pobreza USD foram analisados como de baixo impacto nos países estudados: Espanha e Israel. No indicador potencial de atualização do salário-mínimo (ano da última atualização) verificaram, contudo, que a Espanha possuía baixo impacto com atualização em 2010 e Israel médio impacto com SM atualizado em 2008.

Na subcategoria horas de trabalho (Quadro 12), foi considerado que a Ecofor Ambiental, por ser uma empresa privada que presta serviços para a Prefeitura de Fortaleza, segue o que está previsto na Constituição Federal (1988) e também no Decreto-Lei Nº 5.452/43. Logo, sua AD foi avaliada como ótima (verde-escuro: fator 1), de sorte que esses indicadores analisados produzem influência positiva em todas as categorias (CT, SS, DH, RSE, G) e ligeiramente positiva na categoria DI, totalizando, assim, uma AI boa (verde-claro: fator – 1,12).

No estudo realizado por Martínez-Blanco, Lehmann, Muñoz *et al.* (2014), foi constatado que o risco de a população trabalhar mais de 48 (quarenta e oito) horas por semana era médio nos dois países analisados (Espanha e Israel) e que a média de horas de trabalho por semana era de 38,6h e 40-43h, respectivamente. Ao considerar o número máximo de horas de trabalho por semana em leis trabalhistas, observou-se que Espanha (40h/semana) possui uma jornada um pouco inferior à estabelecida no Brasil (44h/semana) e Israel (48h/semana).

Na subcategoria igualdade de oportunidade/discriminação (Quadro 12), não foi possível identificar o percentual de mulheres trabalhando na Ecofor Ambiental, portanto, considerou-se para esse indicador o fator 0 (neutro). Considerando os outros indicadores analisados, verificou-se que a AD foi boa (verde-claro: fator – 1,5), lembrando que, na ocorrência de discriminação, considerou-se apenas a média do País e não da atividade analisada, tendo em vista que não havia dados suficientes para descrever a realidade. Essa AD apresenta influxos ligeiramente positivos em todas as categorias analisadas, uma vez que prejudica as condições de trabalho, a saúde e segurança, os direitos humanos, provoca repercussões socioeconômicas negativas, afeta diretamente os direitos indígenas e prejudica a governança de uma nação; logo, a AI foi satisfatória (tonalidade cinza: fator – 3).

De acordo com a UNEP (2019), as desigualdades de gênero existem em todos os níveis do setor de gerenciamento de resíduos sólidos, assim como as oportunidades em direção à igualdade de gênero. Na economia formal de resíduos, as mulheres são normalmente excluídas das posições de maior renda, tomada de decisões e formulação de políticas (SAMSON, 2003; NZEADIBE; ADAMA, 2015), expondo a noção de que normas e oportunidades de gênero moldam claramente as opções de subsistência das pessoas dentro do setor (HORN, 2010; DIAS; OGANDO, 2015).

Diferentemente dos fatores de discriminação avaliados nesta pesquisa (classe social, cor ou raça e gênero), o estudo realizado por Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioglu *et al.* (2019) avaliou as discriminações políticas e regionais que ocorreram nos sistemas de coleta formal e informal; inclusive sendo mais frequentes as discriminações regionais por esse último, pois certos grupos são membros de uma região específica, embora na coleta formal as diferenças regionais sejam menos importantes do que as políticas.

Outro trabalho que não utilizou os mesmos indicadores na subcategoria igualdade de oportunidade/discriminação foi realizado por Vinyes, Oliver-Solà, Ugaya *et al.*, (2013), que avaliaram o impacto social do ciclo de vida do gerencialmente de resíduos de óleo de cozinha usado nas cidades dos países mediterrâneos. Os autores constataram que o sistema com a maior contribuição em termos do número total de funcionários, funcionários com deficiência e total

de jornada de trabalho foi o DTD (coleta porta a porta). O estágio de coleta no DTD é realizado diretamente nas casas dos cidadãos e é feita, principalmente, pelos empregados com necessidades especiais ou deficiência. Assim, foi concluído que esse sistema possui o maior número de empregados, criando 55 empregos, e também contribui para a igualdade de oportunidade para os funcionários com deficiência, com 33%, e a educação ambiental das crianças, com contribuição de 17%.

Essas pesquisas oferecem outros indicadores igualmente importantes para serem avaliados nessa subcategoria igualdade de oportunidade/discriminação, como a discriminação política e regional e as oportunidades a pessoas portadoras de deficiências.

Na subcategoria saúde e segurança (Quadro 12), observou-se que, nas atividades que vão desde a coleta regular até a disposição final de resíduos sólidos e os Ecopontos, há um grande potencial para acidentes de trabalho. Assim, avaliou-se como péssimo (fator – 6) o impacto social provocado pelas atividades, quando realizadas sem os devidos cuidados com a segurança. Constatou-se, porém, que os níveis de acidentes de trabalho no Ceará foram baixos (17,30%) no ano de 2018, o que se analisou como bom (fator – 2) e, por último, avaliou-se como ótimo (fator – 1) o uso de EPI pelos funcionários da Ecofor Ambiental. Assim, a média desses fatores foi de 3 (tom cinza: AD satisfatório).

Essa avaliação de desempenho (AD) provoca influxos ligeiramente negativos em todas as categorias analisadas, portanto, a AI foi considerada satisfatória (coloração cinza: fator – 3), assim como a AD.

Assim como nesta pesquisa, os autores Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioglu *et al.* (2019) também identificaram o fato de que os níveis de risco à saúde e segurança são minimizados nos sistemas de coletas formais (regular), em razão de os trabalhadores não entrarem em contato direto com os resíduos na fase de coleta, por coletarem embalagens já segregadas na fonte, por utilizarem veículos adequados para transportar os resíduos e por disporem da supervisão de um especialista em saúde e segurança, controlando suas condições de trabalho, periodicamente.

No trabalho realizado por parte de Hosseinijou, Mansour e Shirazi (2014) sobre avaliação do ciclo de vida social para seleção de materiais de construção, verificou-se que, na subcategoria saúde e segurança, as fases que indicaram efeitos negativos foram aquisição de matéria-prima, produção de material de construção e construção. Na fase de disposição final e reciclagem, avaliou-se como efeito indiferente.

Na subcategoria benefícios sociais/segurança social (Quadro 12), avaliou-se o desempenho como ótimo (verde-escuro: fator – 1), pois sobrou constatado que o Brasil exibe

gastos no setor de segurança social, havendo-se considerado que todos os funcionários da Ecofor Ambiental pagam a previdência social e que podem dispor também do auxílio do governo, a depender do atendimento ou não aos requisitos necessários. Isso influencia positivamente em todas as categorias de impacto social analisadas (CT, SS, DH, RSE, DI e G), de tal modo que a AI foi ótima (verde-escuro: fator – 1).

Os resultados da pesquisa realizada por Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019) mostram que a garantia do sistema de coleta formal satisfaz os trabalhadores, assim como neste trabalho. Os funcionários formais não querem trabalhar informalmente, pois inexistem seguridade social e direitos de aposentadoria no setor informal. No que se refere à análise dos variados tipos de coleta de embalagens, os autores supramencionados citam que os sistemas de coleta porta a porta mostram mais impacto negativo do que a coleta com contêineres na calçada.

Foi observado, no Quadro 12, que o valor final atribuído à avaliação de desempenho (AD) e de impacto (AI) foram dois (2), isto porque o valor imediato abaixo do maior (no caso 3) não se repetia, conforme descrito na metodologia no item 4.5.2.

Constatou-se, também (Quadro 12), que a igualdade de oportunidade/discriminação, saúde e segurança foram as piores na avaliação.

Esta pesquisa, também, corrobora as conclusões de Ekener-Petersen e Finnveden (2013), quando afirmam que os grupos de partes interessadas potencialmente mais importantes são trabalhadores e comunidade local e, que para o primeiro, as questões referentes a benefícios sociais/seguridade social, horário de trabalho e liberdade de associação surgiram como de fundamental importância. Neste estudo, foram nessas subcategorias as melhores avaliações de desempenho.

O Quadro 13 mostra a avaliação do influxo do ciclo de vida social da parte interessada, trabalhador do serviço de coleta seletiva, realizado pela associação de catadores ASCAJAN, conforme as informações disponibilizadas na Tabela 23.

Quadro 13 – AIVS: trabalhador – coleta seletiva

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Trabalhador	Liberdade de associação e negociação coletiva	3,5	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Trabalho infantil	1	+	+	+	+	+	+	1
	Salário justo	1,5	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	2
	Horas de trabalho	1	+	+	+	+	+	+	1
	Igualdade de oportunidades/discriminação	2,55	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Saúde e Segurança	4,25	-	-	-	-	(-)	(-)	5
	Benefícios sociais/segurança social	3,28	-	-	(-)	(-)	(-)	(-)	4
	Valor	4							4

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria liberdade de associação e negociação coletiva (Quadro 13), verificou-se que não há evidências de restrição à liberdade de associação e negociação coletiva no País, tampouco na atividade analisada (coleta seletiva). Com efeito, esse indicador foi avaliado como ótimo com fator 1. Comprovou-se, entretanto, que, com relação ao indicador de presença de sindicato, a classe de catadores não o possui e que os associados da ASCAJAN não têm sindicato nem estão filiados a nenhum outro, logo, avaliou-se como péssimo (fator – 6). A média aritmética desses fatores dos indicadores analisados permite concluir que a AD foi inadequada (amarelo: fator – 3,5), provocando influxos ligeiramente negativos em todas as categorias com AI satisfatório (tom cinza: fator – 3).

Resultado similar a este foi obtido em um estudo de ACVS aplicado à coleta seletiva no núcleo do Bessa, em João Pessoa (GARCIA, 2016), na qual a autora também avaliou essa subcategoria como inadequada, haja vista que a classe de catadores não possui sindicato, embora não restrinja os direitos dos trabalhadores quanto a sua liberdade de associação, inclusive esse direito é assegurado pelo Decreto N° 7.405/2010.

Outro trabalho com resultados similares foi realizado por Aparcana e Salhofer (2013), no qual identificaram que, na coleta seletiva baseada na cooperação com associações de catadores, era cumprido o critério social e recebeu uma avaliação positiva. Ocorreu diferentemente da coleta seletiva realizada em parceria com o Município, que não atendeu ao critério social e obteve pontuação negativa. De acordo com os autores, o principal motivo desse resultado é a ausência de reuniões periódicas ou agendadas entre o Município e os catadores como um grupo organizado. Em contraste, na coleta seletiva baseada na cooperação e associações de catadores, as consultas entre catadores e outras partes interessadas foram mencionadas como uma atividade regular.

As reuniões para tomada de decisão também foram identificadas na ASCAJAN, embora não tenham sido avaliadas na subcategoria liberdade de associação e negociação coletiva.

A subcategoria trabalho infantil (Quadro 13) teve seu desempenho avaliado como ótimo (verde-escuro: fator – 1), já que não havia menores de 18 anos trabalhando na associação ASCAJAN. Esse resultado traz positividade a todas as categorias analisadas com AI ótimo (verde-escuro: fator – 1).

Este resultado também foi observado na pesquisa de Aparcana e Salhofer (2013), tanto nas coletas seletivas realizadas por catadores associados ou cooperados quanto para as realizadas com parceria com o Município. Na dissertação de Garcia (2016), também, se observou o mesmo resultado desta pesquisa, pois não foi detectado trabalho infantil na Associação de Catadores de Resíduos de João Pessoa (ASCARE).

Resultados diferentes foram identificados no trabalho de Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), em que, na coleta seletiva (informal), foi identificada, por meio de observação de campo, a existência de trabalho infantil. Cabe destacar que essa coleta mencionada pelos autores se equiparou aos catadores autônomos e, nesse caso, também podem ser verificados em Fortaleza, porém não vinculados às associações.

No artigo de Umair, Björklund e Petersen (2015) sobre a avaliação do impacto social da reciclagem informal de resíduos eletrônicos no Paquistão, os resultados para o trabalho infantil foram semelhantes aos de Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019). Por meio de observações de campo, os autores constataram que o trabalho infantil é comum na reciclagem desses tipos de resíduos, realizados, principalmente, por crianças (de 6 a 18 anos) de origem pobre, que são conduzidas para o negócio pela família ou são forçados pelas circunstâncias da pobreza. As crianças são envolvidas na coleta, desmontagem e extração de ouro/metalo, juntamente com outras atividades; geralmente, examinam cinzas tóxicas para encontrar itens com algum valor e que possam ser vendidos.

Na avaliação dos impactos das categorias, os resultados dos autores supracitados diferem dos desta pesquisa, sobretudo, no que se refere ao emprego e às repercussões socioeconômicas. Os referidos autores concluíram que o trabalho infantil viola as convenções da Organização Internacional do Trabalho (OIT). A empresa expõe as crianças em um ambiente de trabalho tóxico e inseguro, influxos havidos como negativos na categoria saúde e segurança. Na categoria emprego e repercussões socioeconômicas, contudo, os autores avaliaram como influências positivas. Com relação aos direitos humanos, Umair, Björklund e Petersen (2015) consideram ser violados, pois o trabalho infantil, em muitos casos, priva as crianças de irem à

escola ou trabalham muitas horas depois da escola, e que privar a criança a ter acesso à educação tem impactos negativos a longo prazo no desenvolvimento do País.

Na subcategoria salário justo (Quadro 13), seu desempenho foi avaliado como bom (verde-claro: fator 1,5), já que o valor médio do salário do catador, no ano de 2018, foi de um salário-mínimo, que, na época, tinha o valor de R\$ 975,00, ou seja, 93,30% do SM de 2020 (R\$ 1.045,00). No que se refere à renda dos catadores da ASCAJAN, considerou-se o valor de R\$ 800,00, que correspondia a 76,55% do SM de 2020, avaliado como bom (2). Portanto, sua AI foi de boa (verde-claro: fator – 2) com influxos ligeiramente positivos em todas as categorias analisadas.

A subcategoria horas de trabalho (Quadro 13) foi avaliada como ótimo (verde-escuro: fator – 1), pois 87,5% dos catadores entrevistados afirmaram trabalhar 8 horas por dia e ter dois dias de folga na semana. Assim, (AI) foi considerada ótima (verde-escuro: fator – 1) com influxos positivos em todas as categorias.

No que se refere à igualdade de oportunidade/discriminação (Quadro 13), avaliou-se o desempenho como satisfatório (tom cinza: fator – 2,55), sobretudo, em decorrência da discriminação de gênero e racial da atividade analisada no contexto nacional, pois, com relação à realidade da ASCAJAN, constatou-se que havia mulheres na atividade e que os rendimentos dos catadores se davam por igual, sem considerar a diversidade de gênero ou cor/raça. Assim, considerando todos os fatores citados, a AI foi satisfatória (cinza: fator – 3) com influxos ligeiramente negativos em todas as categorias.

Na subcategoria saúde e segurança (Quadro 13), a AD foi avaliada como ruim (tom laranja: fator – 4,25), pois a atividade possui perigos potenciais; a taxa de acidentes no setor estudado foi alta, com incidência principalmente dos seguintes problemas adquiridos no trabalho: desconforto térmico (calor) por falta de ventilação no galpão (50%), corte e perfurações (81,3%), esmagamento de membros na prensa mecânica (6,3%), dores na coluna (6,3%), intoxicação aguda ou crônica (6,3%) e queda (6,3%). Além disso, apesar de possuírem EPIs, poucos os utilizavam de fato no momento da execução do trabalho. Todos esses efeitos foram avaliados como influxos negativos nas categorias CT, SS, DH e SER, e ligeiramente negativos, em DI e G.

Na subcategoria benefícios sociais/segurança social (Quadro 13), a AD foi avaliada como inadequado (amarelo: fator – 3,28), pois verificou-se que os gastos com segurança social no País superam o valor arrecadado, que não há pagamento específico para a profissão de catador, embora esse esteja na CBO e que poucos associados da ASCAJAN pagam previdência

social. Esse resultado produz influxos ligeiramente negativos nas categorias DH, RSE, DI e G, e negativos em CT e SS, portanto, avaliou-se o AI como inadequado (amarelo: fator – 4).

Observou-se no Quadro 13 que o valor final atribuído à avaliação de desempenho (AD) e de impacto (AI) foram quatro (4), isto porque o valor imediato abaixo do maior (no caso 5) não se repetia, conforme descrito na metodologia no item 4.5.2.

Verificou-se que os piores resultados (Quadro 13) foram nas subcategorias saúde e segurança, principalmente pela incidência de acidentes na execução do trabalho e uso deficitário dos EPIs, liberdade de associação e negociação coletiva, por não possuírem sindicato, e benefícios sociais/segurança social, devido ao não pagamento da previdência social.

Pelos motivos ora apresentados, a AD dos trabalhadores da coleta seletiva foram inferiores quando comparados com os colaboradores das atividades de coleta regular, disposição final e do Ecoponto, tendo em vista que esse último, por se tratar de uma instituição privada que presta serviços para a PMF, precisa cumprir com os regulamentos legais nacionais, estaduais e locais.

#### 4.3.2.2 Consumidor

O grupo de *stakeholder* consumidor inclui as subcategorias de mecanismo de retroalimentação (*feedback*) e de responsabilidade pelo fim do ciclo de vida, analisadas para avaliar a coleta regular, a disposição final, os Ecopontos e coleta seletiva.

O Quadro 14 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social do consumidor, que, no caso analisado, é a população dos bairros que compõem a SER VI, no Município de Fortaleza, avaliando os serviços, desde a coleta regular até a disposição final.

Quadro 14 – AICVS: consumidor – coleta regular a disposição final

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Consumidor	Mecanismo de retroalimentação	2,34	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	2,6
	Responsabilidade pelo fim de vida	1	+	+	+	+	+	+	1
	Valor	1							1

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria mecanismo de retroalimentação (Quadro 14), considerou-se satisfatório (cinza: fator – 2,34), com influxo ligeiramente positivo nas categorias CT, SS, DH, RSE e DI. Em razão, no entanto, do percentual de pessoas sem informações sobre o destino final dos resíduos sólidos, avaliou-se como impacto negativo em governança (G), pois esse fato



pode implicar a ausência de cobrança por parte da população junto ao poder público no momento de administrar adequadamente seus resíduos. Apesar da análise da G avaliou-se o impacto como satisfatório (cinza: fator – 2,6).

Os indicadores avaliados para essa subcategoria foram: taxa de cobertura dos resíduos sólidos (98,5%); desconhecer o destino dos RS coletados pela Ecofor Ambiental (69,1%); qualidade dos serviços de coleta regular e dos profissionais (garis e motoristas) - avaliadas como bom por 66,3% e 64,4%, respectivamente; e reconhecer a coleta regular como benéfica para a sociedade (96,2%).

Esses valores de cobertura para a coleta regular de resíduos domiciliares e comerciais não são diferentes da média nacional, conforme foi visto na Tabela 24, com os dados do SNIS (2018). Corroborando, então, esses resultados, menciona-se, também, Mendez (2017), que avaliou dez municípios localizados no Estado do Rio de Janeiro, dos quais 80% dispõem de taxa de cobertura maior ou igual a 90%. A referida autora também constatou em sua pesquisa que 80% dos municípios estudados tinham uma operacionalização da coleta regular parcialmente adequada, demonstrando, assim, a necessidade de uma gestão mais eficiente na prestação deste serviço.

Na subcategoria responsabilidade pelo fim de vida (Quadro 14), avaliou-se como ótima (verde-escuro: fator um – 1), uma vez que o País dispõe de legislação que trata sobre a eliminação e reciclagem de produtos, inclusive mencionando a responsabilidade compartilhada pelo seu ciclo de vida, evidenciando a importância da coleta regular e da disposição adequada dos resíduos sólidos domiciliares em aterros sanitários, conforme se observou na Tabela 24, e que a taxa de cobertura da coleta regular corresponde satisfatoriamente para as expectativas, sobretudo, quando se trata do nível nacional, que é de 98,8% (SNIS, 2018). Logo, para essa subcategoria, foram havidos como influxos positivos em todas as categorias e a sua avaliação de impacto foi ótima (verde-escuro: fator um – 1).

Diferentemente do resultado obtido nesta pesquisa, Ciroth e Franze (2011) avaliaram que a montagem de um *laptop* por uma determinada empresa por eles analisada possuía desempenho satisfatório na subcategoria responsabilidade pelo fim de vida e o impacto foi avaliado como bom. No item reciclagem, os autores supramencionados não avaliaram o *stakeholder* consumidor.

Foi observado no Quadro 14 que o valor final atribuído à avaliação de desempenho (AD) e de impacto (AI) foram ótimo (verde-escuro: fator um (1), isto porque era o valor inteiro imediato abaixo do maior (no caso 2,6) e ele não se repetia, conforme descrito na metodologia no item 4.5.2.

O Quadro 15 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social do consumidor, mensurando os serviços realizados pelos Ecopontos.

Quadro 15 – AICVS: consumidor – Ecoponto

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Consumidor	Mecanismo de retroalimentação	3,83	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-	4
	Responsabilidade pelo fim de vida	2,67	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Valor	3							3

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria mecanismo de retroalimentação (*feedback*) (Quadro 15), avaliou-se que o desempenho dos Ecopontos foi inadequado (amarelo: fator – 3,83), pois apenas 15,9% dos questionados afirmaram destinar seus resíduos nos Ecopontos; destes, avaliaram a qualidade do serviço e o atendimento como bom (64,3% e 69%, respectivamente). Além desses critérios, a avaliação do impacto também foi inadequada (amarelo: fator – 4), pois a quantidade de pessoas que encaminham seus resíduos recicláveis para os Ecopontos foi baixa, assim como seu número (24,61%) para a dimensão territorial da SER VI.

De acordo com o SNIS (2018), o Brasil dispõe de 251 Ecopontos ou Posto de Entrega Voluntária (PEV), dos quais 64,54% estão localizados na região Sudeste e 23,50% no Nordeste.

Esses resultados mostram a importância de desenvolver políticas públicas que visem, não só, a ampliar o número de Ecopontos em todo o País como também incentivar a população a colaborar cada vez mais com esse mecanismo da gestão de resíduos sólidos.

Na subcategoria responsabilidade pelo fim do ciclo de vida (Quadro 15), considerou-se o desempenho como satisfatório (coloração cinza: fator – 2,67), tendo em vista que os Ecopontos atendem a legislação nacional de eliminação e reciclagem de resíduos, inclusive estava previsto no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza, possui atenção e gestão do fim de vida, porém com baixa participação da comunidade (15,9%). Esse serviço possui influxo ligeiramente negativo em todas as categorias e seu impacto foi avaliado como satisfatório (cinza: fator – 3).

A fim de otimizar a participação mais efetiva da população, Duarte, Fraga, Silva *et al.* (2015) sugerem campanhas de educação ambiental, com o objetivo de conscientizar a população. Além disso, propõem a distribuição de bonificações, como incentivos fiscais ou premiações, fatores primordiais para a mudança de cultura, tão presentes em países desenvolvidos.

No caso de Fortaleza, os Ecopontos contam com sua divulgação nos intervalos comerciais da televisão local e, como incentivos, há descontos nas contas de energia dos colaboradores, a partir do material e da quantidade encaminhada para esses locais.

No Quadro 15, o valor final atribuído à avaliação de desempenho (AD) e de impacto (AI) foi satisfatório (cinza: fator – três), conforme descrito na metodologia no item 4.5.2.

O Quadro 16 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social do consumidor, avaliando os serviços da coleta seletiva.

**Quadro 16 - AICVS: consumidor – coleta seletiva**

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Consumidor	Mecanismo de retroalimentação (feedback)	2,41	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-	4
	Responsabilidade pelo fim de vida	1,67	+	+	+	+	+	+	1
	Valor	3							3

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria mecanismo de retroalimentação (*feedback*) (Quadro 16), avaliou-se o desempenho da coleta seletiva como satisfatória (cinza: fator – 2,41), tendo em vista que a população que confirmou contribuir com a coleta seletiva avaliou seus serviços como bom (55,5%), assim como a qualidade dos profissionais (54%), embora 87,5% reconheçam que a coleta seletiva traz benefícios para a sociedade, conforme se observou na Tabela 26.

Os impactos foram considerados ligeiramente negativos nas categorias CT, SS, DH e DI, e negativos nas repercussões socioeconômicas e governança; o que conduziu para essa avaliação foi, além desses fatores já mencionados, a mediana colaboração com a coleta seletiva por parte da participação da comunidade (51,7%). Assim, o impacto foi avaliado como inadequado (amarelo: fator – 4).

Relativamente à avaliação da qualidade do serviço de coleta seletiva (CS), observou-se que o resultado da SER VI (55,5%) é parecido com o do Município de Londrina/Paraná (46,7%); neste, a CS era realizada por associações, cooperativas ou catadores autônomos que totalizam 455 trabalhadores. Dos entrevistados na pesquisa de Tamiozo (2015), 74,2% afirmaram dispor de CS no bairro, valor esse superior ao da SER VI, com 67,8%.

Na subcategoria responsabilidade pelo fim de vida (Quadro 16), avaliou-se a coleta seletiva com desempenho bom (verde-claro: fator – 1,67), uma vez que se encontra amparada pela Lei N° 12.305/2010 e pelo Decreto N° 7.405/2010, possui atenção à gestão do fim de vida do produto e tem uma participação de 59,02% que separam seus resíduos em suas residências e que são atendidos pela coleta seletiva. Assim, o impacto foi avaliado como ótimo (verde-

escuro: fator – 1), pois esse resultado de desempenho influencia positivamente em todas as categorias.

No que se refere à participação efetiva na coleta seletiva, constatou-se que os Municípios de Londrina/PR (84,2%) e Caxias do Sul/RS (100%), avaliados por Tamiozo (2015), superaram os da SER VI, em Fortaleza (59,02%), mostrando, assim, a importância do poder público em identificar quais os mecanismos que têm funcionado em outros municípios e na medida do possível tentar implementá-los e/ou adaptá-los quando necessário.

O valor final para a avaliação do *stakeholder* consumidor – coleta seletiva foi satisfatório (tomcinza: fator – 3), conforme descrito na metodologia no item 4.5.2.

No contexto geral do *stakeholder*-consumidor, percebe-se que o melhor desempenho e avaliação de impacto advém da coleta regular, cujo resultado final foi ótimo (verde-escuro: fator – 1), pois ocorre de maneira mais organizada, por ser feita por uma empresa privada que presta serviço para a Prefeitura do município de Fortaleza, que possui todas as condições de equipamentos, veículos e profissionais adequados para um bom desenvolvimento de suas tarefas e pelo fato de contar com maior participação da população, pois não requer a separação na fonte dos resíduos.

O mesmo não foi verificado no sistema de Ecoponto e coleta seletiva (CS), ambos com avaliação final satisfatória (cinza: fator – 3). Constatou-se que esses dois serviços possuem algo em comum, a necessidade de separação dos resíduos na fonte, antes de sua destinação que na calçada de suas residências para o caso da CS ou encaminhá-los até o Ecoponto mais próximo, verificando-se, assim, uma redução significativa na participação da comunidade nesses modelos de coleta de resíduos.

Além desse fator, outro agravante se refere à avaliação da coleta seletiva abaixo do esperado, na qual a população atribuía a desorganização do lixo como o principal motivo que interferia na qualidade do serviço prestado; isso ocorria, uma vez que os resíduos não eram previamente segregados pela população, bem como em consequência das condições de trabalho dos catadores serem bem mais precárias do que a coleta regular e os Ecopontos, por exemplo.

De acordo com os resultados de Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019), os sistemas informais de coleta seletiva são ambientalmente mais eficientes do que os formais (coleta regular), em razão da sua alta taxa de coleta de material. Por outro lado, as avaliações do impacto social indicam que o primeiro denota sérias desvantagens sociais em comparação com o segundo. Esse resultado social corrobora esta pesquisa, conforme já comentado.

No que se refere à quantidade de resíduos coletados, os resultados de Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçioğlu *et al.* (2019) diferem dos expressos por esta investigação, sobretudo,

quanto à participação da comunidade nos três sistemas analisados (coleta regular, seletiva e Ecoporto) e também dos resultados expostos por Paschoalin Filho, Silveira, Luz *et al.* (2014), que obtiveram uma grande disparidade das massas auferidas da coleta domiciliar e a seletiva na cidade de São Paulo, sendo a quantidade de resíduos provenientes desta última correspondente a apenas 1,9%, ou seja, valor ínfimo em relação ao montante total.

#### 4.3.2.3 Comunidade local

Neste grupo de *stakeholder*-comunidade local, foram analisadas as subcategorias participação da comunidade e condições de vida seguras para os serviços coleta regular e disposição final, Ecoporto e coleta seletiva.

O Quadro 17 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social da comunidade local, com relação aos serviços que vão desde a coleta regular até a disposição final dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais na SER VI.

Quadro 17 – AICVS: comunidade local – coleta regular a disposição final

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Comunidade Local	Participação da comunidade	1	+	+	+	+	+	+	1
	Condição de vida seguras	2,5	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Valor	2							2

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria participação da comunidade local (Quadro 17), o desempenho da coleta regular e a disposição final dos resíduos foram avaliados como ótimo (verde-escuro: fator – 1), pois as coberturas de Fortaleza (98,41%) e da SER VI (98,5%) foram superiores, quando comparadas à média do Nordeste (97,74%). Além desse fator, o Município dispõe tanto de estação de transbordo como de um aterro sanitário com sistema de tratamento de biogás. Dessa forma, esses indicadores resultam em influxos positivos para todas as categorias analisadas, com avaliação de impacto ótima (verde-escuro: fator – 1).

A cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares da SER VI (98,5%) é superior à taxa mundial para países de alta renda, que são de 96% (CAZA; YAO; BHADA-TATA *et al.*, 2018).

Dentre as ações previstas nos Planos Estaduais de Gestão Integrada de Resíduos Urbanos estão a construção de aterros sanitários com previsão de utilização de tecnologia apropriada para a recuperação de metano (como é o caso do ASMOC para onde são

encaminhados os resíduos de Fortaleza), a eliminação de lixões, a compostagem e a reciclagem (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2020).

Além dos Planos Estaduais de Gestão Integrada de Resíduos Urbanos, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC, 2008) prevê a utilização de resíduos sólidos urbanos para fins energéticos desde o ponto de vista do planejamento do setor energético, citando para tanto o Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030 (2007) do Ministério de Minas e Energia (MME).

De acordo com o PNE 2030 (2007), o potencial de produção de energia elétrica com base nos resíduos sólidos urbanos (RSU), em 2030, pode variar de 1.230 MW, no caso do uso da tecnologia de digestão anaeróbica, até 8.440 MW, no caso de se utilizar a geração com ciclo combinado otimizado.

De acordo com Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT (2011), dos 499 projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Brasil, cerca de 7,6% estão voltados para os aterros sanitários, principalmente para a queima e aproveitamento energético do biogás, que são responsáveis pela redução anual média de 23,5% das emissões, sendo o segundo setor a reduzir as emissões.

Na subcategoria condições de vida seguras, avaliou-se o desempenho como satisfatório (cinza: fator – 2,5), pois as posições do Brasil, quer seja no ranque da taxa de crime ou de segurança pessoal, denotam a insegurança no País, contudo, verificou-se que há legislações para tratar da segurança pessoal, conforme mostra a Tabela 28. Esses indicadores possuem impactos ligeiramente negativos em todas as categorias analisadas, portanto, considerou-se AI satisfatório (cinza: fator 3).

Nessa subcategoria, observou-se que a pior avaliação foi da segurança pessoal que incluía na análise: taxas de homicídios, criminalidade, assassinato político, tortura e mortes no trânsito. Para Souza e Lima (2007), a necessidade de procurar explicações para entender a violência que aflige as cidades brasileiras mostra que é necessário trabalhar na interseção das teorias da exclusão social, do crime organizado e do quadro institucional e cultural em que a criminalização do consumo de drogas se insere no Brasil.

Além disso, há fatores - como o desemprego, a desestruturação familiar, o sentimento de frustração e uma procura sem controle de atender aos padrões sociais – que são expressos como possíveis contribuintes para a delinquência e a violência (SOUZA; LIMA, 2007).

O *Atlas da Violência 2017* (2017) observa que o futuro do País está comprometido em detrimento do assassinato de jovens, que chegou a 318 mil, de 2005 a 2015. Ao analisar o ano

de 2015, a participação do homicídio como causa de mortalidade da juventude masculina, de 15 a 29 anos de idade, correspondeu a 47,8% do total de óbitos.

Em tais circunstâncias, o *Atlas da Violência 2017* estabelece que se faz necessário um maior comprometimento das principais autoridades políticas e do campo da segurança pública em torno de um compromisso contra os homicídios, em que a coordenação, o planejamento e a boa gestão venham a substituir as ações mediáticas que nada resolvem.

No geral, o valor final para a avaliação do *stakeholder*-comunidade local – coleta regular a disposição final dos resíduos sólidos foi avaliada como boa (verde-claro: fator – 2), principalmente, como resultado da ótima participação da comunidade com relação ao serviço prestado.

O Quadro 18 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social da comunidade local, com relação aos serviços dos Ecopontos na SER VI.

**Quadro 18 – AICVS: comunidade local – Ecoponto**

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Comunidade Local	Participação da comunidade	4,5	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-	4
	Condição de vida seguras	2,5	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Valor	3							3

Fonte: Elaboração própria. 2020.

A participação da comunidade (Quadro 18) não é representativa, com apenas 15,9% da população questionada, contribuindo de forma efetiva nessa ação. Além disso, constatou-se que os percentuais de Ecopontos no Brasil e no Nordeste são baixos, com 6,4% e 23,50%, respectivamente. Avaliou-se, portanto, o desempenho como ruim (laranja: fator – 4,5). A ausência de colaboração com os Ecopontos gera impactos negativos sobre as categorias RSE e G e ligeiramente negativos nas demais categorias analisadas. Assim, avaliou-se o impacto como inadequado (amarelo: fator – 4).

Considerou-se que o impacto social seria ligeiramente negativo nas condições de trabalho, saúde e segurança, direitos humanos e indígenas, pelo fato de os trabalhadores desse serviço serem da empresa privada que presta serviço ao Município, e que se pressupõe seguir todos os aspectos legais referentes ao trabalhador. Desde o ponto de vista da comunidade, observou-se que Fortaleza é a cidade do Nordeste com maior percentual de Ecopontos (88,13%) e é na SER VI que se encontra a sua maior concentração, mostrando que o poder público local tem se preocupado em investir em rotas alternativas para os resíduos passíveis de reciclagem

do Município, preocupando-se com o aumento da vida útil do aterro, a geração de emprego e renda, dentre outras questões ambientais, sociais e econômicas.

Na subcategoria condições de vida seguras, segue a mesma avaliação realizada no Quadro 17.

O valor final para a avaliação do *stakeholder*-comunidade local – Ecoponto foi avaliada com o desempenho e impacto satisfatório (tom cinza: fator – 3), em consequência da baixa participação da população local nos serviços prestados pelo Ecoponto e pela influência do indicador condições de vida seguras.

O Quadro 19 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social da comunidade local, com relação ao serviço da coleta seletiva na SER VI.

Quadro 19 – AICVS: **comunidade local – coleta seletiva**

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Comunidade Local	Participação da comunidade	4	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-	4
	Condição de vida seguras	2,5	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Valor	3							3

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria participação da comunidade, avaliou-se o desempenho como inadequado (amarelo: fator – 4), tendo em vista que a participação da comunidade foi boa, com 67,8%, quanto aos serviços prestados pela coleta seletiva, e inadequado e péssimo no que se refere ao *status* da coleta seletiva no Brasil e Nordeste, respectivamente, conforme Tabela 30. Essa participação também influi nos impactos das categorias analisadas, que foram ligeiramente negativas em CT, SS, DH e DI, com impacto negativo nas repercussões socioeconômicas e governança. Assim, a avaliação do impacto foi inadequada (cor amarela: fator – 4).

Com o objetivo de otimizar a coleta seletiva, Suttibak e Nitivattonanon (2008) sugerem melhorar o desempenho dos sistemas de reciclagem por intermédio de medidas como fornecimento de incentivos monetários e fiscais, subsídios, divulgação de informações, campanhas de conscientização, treinamento, assistência técnica, intercâmbio de pessoal e trabalho em rede com organizações voluntárias.

Com relação à subcategoria condição de vida segura, sua avaliação é a mesma mostrada no Quadro 17 para esse setor.

O valor final para a avaliação do *stakeholder*-comunidade local – coleta seletiva foi mensurado com o desempenho e impacto satisfatório (tom cinza: fator – 3), em virtude da baixa



participação do Brasil e Nordeste na coleta seletiva e influência do indicador condições de vida seguras em menores proporções.

Os resultados dos Ecopontos e da coleta seletiva foram os mesmos - satisfatórios (cinza: fator- 3) - principalmente pela baixa participação da comunidade na contribuição com essa atividade e pelo fato de requerer esforços da população na segregação dos resíduos e do poder público em incentivar tais iniciativas.

#### 4.3.2.4 Sociedade

Neste grupo de *stakeholder*-sociedade, foram analisadas as subcategorias compromisso público sobre a sustentabilidade, contribuição ao desenvolvimento econômico, desenvolvimento tecnológico e corrupção para os serviços de coleta regular e disposição final, Ecoponto e coleta seletiva.

O Quadro 20 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social na sociedade, com relação aos serviços que vão desde a coleta regular à disposição final e gestão dos Ecopontos no Município de Fortaleza.

Quadro 20 – AICVS: sociedade – coleta regular a disposição final e Ecoponto

Stakeholder	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Sociedade	Compromisso público sobre a sustentabilidade	1	+	+	+	+	+	+	1
	Contribuição ao desenvolvimento econômico	1	+	+	+	+	+	+	1
	Desenvolvimento tecnológico	1	+	+	+	+	+	+	1
	Corrupção	4	(-)	(-)	-	-	(-)	-	4,5
	Valor	3							3

Fonte: Elaboração própria. 2020.

Na subcategoria compromisso público sobre a sustentabilidade, avaliou-se que o desempenho dos serviços analisados foi ótimo (verde-escuro: fator – 1), pois a Ecofor Ambiental possui ações direcionadas para fomentar a sustentabilidade em Fortaleza (ver Tabela 30), e isso contribui com influxos positivos em todas as categorias analisadas. Portanto, a avaliação do impacto foi ótima (verde-escuro: fator – 1).

De acordo com o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Paraíba (SEBRAE/PB, 2013), o código de conduta tem por objetivo ser uma referência formal e institucional para a conduta profissional e pessoal de cada integrante da empresa, além de comprometer todos os envolvidos com os valores e princípios éticos que orientam a conduta individual.

Esse instrumento é importante para alcançar os objetivos estratégicos da instituição. Assim, este código se propõe fortalecer os compromissos das organizações com suas condutas e atitudes que observem princípios éticos e também morais da empresa, tais como transparência, eficiência, consciência social, respeito, cooperação e comprometimento (SEBRAE/PB, 2013).

Na subcategoria contribuição ao desenvolvimento econômico, observou-se que o Brasil obteve um crescimento econômico no período de 2018 a 2019, apesar de baixo, e que os custos com a gestão de resíduos sólidos no Brasil e em Fortaleza foram relativamente baixos, 0,27% e 0,45%, respectivamente. Portanto, considerou-se que o desempenho foi ótimo (verde-escuro: fator – 1) com impactos positivos em todas as categorias analisadas - AI ótimo (verde-escuro: fator – 1).

Sabe-se, contudo, que a economia gerada no gerenciamento dos resíduos sólidos, que é parte integrante do saneamento ambiental, enseja repercussões ambientais, econômicas e sociais, assim como suscetível de refletir, direta ou indiretamente, na saúde pública (KRULJAC, 2012). Ao corroborar essa discussão, Gouveia (2012) observa que o gerenciamento inadequado dos RS provoca impactos instantâneos no ambiente e na saúde, assim como colabora para as mudanças climáticas.

De acordo com Deus, Luca e Clarke (2004), as reduções na quantidade de enfermidades produzidas pelo manejo adequado dos resíduos sólidos dependem de uma coleta eficiente, tratamento e disposição final ambientalmente correta. Para tanto, isso requer que o poder público invista recursos econômicos e, sobretudo, tecnológicos, conforme salientam Zotov e Butyrin (2018), quando remetem às experiências dos países desenvolvidos com a utilização de tecnologias inovadoras progressivas no gerenciamento de resíduos como solução para problemas na econômica, ecologia e saúde pública. Para implementá-las, são necessárias ações coerentes de todos os participantes na gestão dos RS. Essa temática é mais bem discutida na próxima subcategoria.

Na subcategoria desenvolvimento tecnológico (Quadro 20), avaliou-se o desempenho como ótimo (verde-escuro: fator um – 1), uma vez que a Ecofor Ambiental dispõe de tecnologias para coletar e tratar os resíduos sólidos domiciliares/comerciais de Fortaleza (Tabela 30). Nesta perspectiva, avalia-se que o impacto foi positivo em todas as categorias analisadas e a AI também foi ótima (verde-escuro: fator um – 1).

Além das tecnologias citadas na Tabela 31, o Município de Fortaleza também dispõe de lixeiras subterrâneas, embora não possuam processo de sucção, sendo necessária, dessa maneira, a retirada dos resíduos pelos caminhões compactadores, pois os contêineres ficam no subsolo e apenas as lixeiras são expostas.

Na etapa de coleta de resíduos sólidos, observou-se que, apesar de as lixeiras subterrâneas de Fortaleza não possuírem sistemas a vácuo, elas evitam as aglomerações de resíduos urbanos nas vias públicas, calçadas e terrenos baldios (GARCIA, ALEXANDRE, AQUINO *et al.*, 2020). Segundo Hidalgo, Martín-Marroquín, Corona *et al.*, (2018), o sistema de coleta subterrânea a vácuo de resíduos aparece como uma solução para enfrentar problemas, como, por exemplo, evitar contratemplos com o manejo tradicional de resíduos urbanos em centros históricos das cidades, como as europeias, *exempli gratia*, pois as infraestruturas antigas, as ruas estreitas e tortas que não aportam o tráfego de grandes veículos de coleta de resíduos; locais com espaços limitados para lixeiras; e altas quantidades de turistas que tornam os recipientes tradicionais menos acessíveis pelos garis.

O resultado da implementação desse modelo, de acordo com os autores supracitados, são a redução de emissões de gases agravantes do efeito estufa CO<sub>2</sub> acima de 90%, em comparação com os modelos tradicionais de coleta por caminhão. Além disso, há a redução no número de viagens dos caminhões de coleta de resíduos, fato que influencia positivamente no custo operacional, no congestionamento do trânsito e potencial economia de espaço (KALIAMPAKOS, BENARDOS, MAVRIKOS, 2016).

Sobre as tecnologias empregadas no tratamento de resíduos sólidos, He, Xiong, Sheng *et al.* (2017) argumentam que, nas últimas décadas, os avanços nessa área realizaram melhorias notáveis nos aspectos ambientais, sustentáveis e de recuperação de energia. Menciona-se como exemplo a digestão anaeróbica, que pode ser aplicada para tratar eficientemente os resíduos orgânicos e recuperar o biogás, que podem, inclusive, ser usados na geração de energia. Acrescentaram a gaseificação, capaz de recuperar rendimentos significativos de gás e calor de síntese.

Outro processo que vem se destacando, de acordo com Byun, Namkung, Cho *et al.*, (2010) é o plasma térmico como alternativa viável ante o sistema de fusão de queima de combustível, que fornece as seguintes vantagens para o tratamento de resíduos: alta densidade de energia e temperatura associadas ao plasma térmico, oferecendo o potencial de um grande rendimento com um pequeno reator; o plasma pode ser utilizado para o tratamento de vários resíduos, incluindo gases, líquidos e sólidos; não é necessário o uso de oxidantes para produzir a fonte de calor, pois não há queima de combustível, de sorte que o volume de gás produzido é menor do que em outros processos de queima convencional. Assim, os autores supracitados concluem que o processo de plasma térmico tem sido considerado a alternativa viável como outros tratamentos potenciais de resíduos altamente tóxicos, como as cinzas de fundo e volante provenientes da incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU), os radioativos e de saúde.

Na subcategoria corrupção (Quadro 20), o desempenho foi avaliado como inadequado (amarelo: fator – 4), dada a pontuação do Brasil com relação ao tema (35 sobre 100). Quanto ao impacto, constatou-se que esse nível de corrupção produz impactos negativos sobre os direitos humanos, repercussões socioeconômicas e governança, e ligeiramente negativos nas demais categorias, portanto, a AI foi ruim (tonalidade laranja: fator – 4,5).

O valor final para a avaliação do *stakeholder*-sociedade – coleta regular a disposição final e Ecopontos foi avaliada com o desempenho e impacto satisfatório (cinza: fator – 3), em razão da influência negativa proveniente da alta corrupção no País.

O Quadro 21 mostra a avaliação do impacto do ciclo de vida social, com relação aos serviços da coleta seletiva na SER VI.

Quadro 21 – AICVS: **sociedade – coleta seletiva**

<i>Stakeholder</i>	Subcategoria	AD	CT	SS	DH	RSE	DI	G	AI
Sociedade	Compromisso público sobre a sustentabilidade	4,75	(-)	(-)	-	-	(-)	-	4,5
	Contribuição ao desenvolvimento econômico	3,50	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3
	Desenvolvimento tecnológico	1	+	+	+	+	+	+	1
	Corrupção	2,5	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	2
	Valor	4							4

Fonte: Elaboração própria. 2020.

A subcategoria compromisso público sobre a sustentabilidade (Quadro 21) foi avaliada como ruim (laranja: fator – 4,75), pois, apesar de não ser identificada nenhuma promessa ou acordo que a associação de catadores ASCAJAN tenha estabelecido nesse item (avaliado como péssimo - valor 6) a sua atividade, por si, já é um compromisso público com a sustentabilidade (analisada como ótima - valor 1), o que resultou no valor 4,75 - com impacto ligeiramente negativo nas categorias CT, SS e DI e negativos em DH, RSE e G e com AI também ruim (laranja: fator – 4,5).

No ano de 2015, o Governo Federal, com o objetivo de assumir o compromisso público com a sustentabilidade, assinou com representantes do setor empresarial e dos catadores um acordo setorial para a logística reversa de embalagens em geral. Este acordo estabelece que o setor empresarial responsável pela produção, distribuição e comercialização de embalagens assume nacionalmente o cumprimento de metas anuais progressivas de reciclagem destas embalagens (MMA, 2020).

Na subcategoria contribuição ao desenvolvimento econômico (Quadro 21), avaliou-se como inadequado (amarelo: fator 3,50) o desempenho e a AI foi satisfatória (cinza: fator – 3), pois observou-se que há uma contribuição do setor analisado na economia com o ingresso de

39 milhões, em 2017. Esse valor, contudo, representa um percentual baixo (0,22%), se comparado aos gastos da gestão dos resíduos sólidos nacionais (Tabela 31), já que a quantidade de resíduos coletada pelos catadores é menor do que a da coleta regular, o que acarretou impactos ligeiramente negativos para as categorias analisadas.

As pesquisas realizadas por Yıldız-Geyhan, Yılan, Altun-Çiftçiöğlü *et al.* (2019) mostram que a coleta informal (seletiva) é socialmente mais aceitável do que a formal (coleta regular) em termos de contribuição para o desenvolvimento econômico, isso porque a quantidade de embalagem coletada pela primeira (17,91%) é maior do que a da segunda (2,09%). Esse resultado difere da realidade expressa nesta pesquisa, tanto no plano municipal quanto nacional, pois ainda se observam grandes quantidades de resíduos sendo coletados pelo sistema regular, superando as coletas seletivas.

No desenvolvimento tecnológico (Quadro 21), avaliou-se como ótimo (verde-escuro: fator – 1), pois considerou-se que há esforços da ASCAJAN para a utilização de equipamentos que não apresentem impactos negativos significativos para o meio ambiente (ver Tabela 19). Portanto, AI foi avaliada como ótima (cor verde-escuro: fato – 1).

Na subcategoria corrupção, avaliou-se como satisfatório (cor cinza: fator – 2,5), pois não foi identificado qualquer indício de corrupção, tendo em vista que havia transparência na associação, o que se avaliou como ótimo (fator 1), conforme mostra a Tabela 31. Como, porém, a corrupção no País é elevada, avaliada como inadequada com fator 4 (Tabela 30), o resultado da média final foi 2,5. Esse indicador gera impactos ligeiramente positivos em todas as categorias analisadas e a AI boa (verde-claro: fator – 2).

O valor final para a avaliação do *stakeholder*-sociedade – coleta seletiva foi inadequado (amarelo: fator – 4) – relativamente a desempenho e impacto - em razão da falta de compromisso com a sustentabilidade e a baixa contribuição com o desenvolvimento econômico.

No critério sociedade, observou-se que os impactos negativos foram maiores na coleta seletiva do que no sistema de coleta regular, disposição final e Ecoponto, em decorrência da falta de promessas ou acordos que a ASCAJAN tenha, que firme seu compromisso com a sustentabilidade, embora suas atividades por si só contribuam para a sustentabilidade. Além da baixa contribuição econômica e da corrupção a nível nacional.

Após expor e discutir os resultados ambientais, sociais e econômicos, o próximo capítulo desenvolve as considerações finais da pesquisa ora relatada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa propiciou realizar-se um estudo sobre a sustentabilidade do ciclo de vida da gestão dos RSDC de Fortaleza, mediante a análise individual dos impactos ambientais, econômicos e sociais, contribuindo para diagnosticar as etapas que precisam de uma otimização em sua gestão.

De acordo com os resultados, constatou-se que o percentual de materiais passíveis de reciclagem que foram recolhidos pela coleta seletiva no Município de Fortaleza foi de 0,76%, sendo superior ao ano anterior (2018) e na média de algumas capitais do Nordeste.

Além do mais, 99,24% dos RSDC coletados em 2019, na Capital cearense, foram encaminhados para um aterro sanitário com reaproveitamento do seu biogás, sendo este valor superior à média mundial.

No que se refere ao consumo com combustíveis, observou-se que os transportes correspondentes às atividades de coleta regular e disposição final dos resíduos sólidos consomem mais diesel (1,745 L/t.) do que aqueles que envolvem a reciclagem dos materiais (0,920 L/t.), embora a diferença não tenha sido significativa, haja vista que no último a quantidade de resíduos é inferior à do primeiro.

Também se verificou que o consumo de água e energia por tonelada de resíduos geridos dos galpões das associações de Fortaleza foi superior à ao da instalação estação de transbordo, e parte disso se deve às atividades necessárias para segregar os resíduos passíveis de reciclagem e sua preparação em fardos a fim de serem vendidos para os agentes intermediários.

Os resultados da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) permitiram concluir que o aterro sanitário (AS) evitou emissões nas categorias de impacto de acidificação mensurada pelo dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e depleção da camada de ozônio do clorofluorcarbono (CFC), o suficiente para compensar todas as etapas da gestão de RSDC de Fortaleza.

No que se refere à indústria recicladora (IR), observou-se que evitou emissões em todas as categorias de impacto, contudo, apenas na acidificação, aquecimento global e depleção da camada de ozônio, a quantidade de emissões evitadas compensou as etapas correspondentes à coleta seletiva (CS), galpão das associações (GA) e transporte (T).

No que concerne aos impactos econômicos, constatou-se que, no cenário atual, os benefícios diretos com a coleta seletiva realizada pela ASCAJAN são 49% superiores aos custos e que, caso a PMF houvesse contribuído financeiramente com os custos com água, energia e

alimentação das demais associações de catadores do Município, os benefícios teriam sido similares, com 48% dos ganhos superiores aos gastos.

Quando analisados os benefícios diretos e indiretos da ASCAJAN, sem incluir a alimentação, observou-se que os benefícios foram 199% superiores aos custos, mostrando que a atividade proporciona ganhos consideráveis com a economia de recursos financeiros para a PMF. Quanto ao cenário hipotético, verificou-se que ele também denotou uma redução nos custos, com benefícios diretos e indiretos 197% superiores aos gastos com aterramento e limpeza urbana.

Por intermédio dos resultados sociais para a categoria trabalhador, concluiu-se que o desempenho e o impacto foram inadequados na coleta seletiva, pois verificou-se que os catadores não dispõem de sindicato; no quesito igualdade de oportunidade e discriminação, seu fator foi objeto de interferência negativa do cenário nacional; as atividades exercidas oferecem riscos à saúde e à segurança dos envolvidos, que, muitas vezes, não utilizam EPIs e não pagam previdência social, em sua maioria.

Em contrapartida, têm-se as atividades de coleta regular, disposição final e Ecoponto, que foram avaliadas com desempenho e impacto, uma vez que atendem as condições anteriormente citadas, exceto saúde e segurança, devido aos riscos das atividades.

Na categoria consumidor, avaliou-se que o melhor desempenho foi da coleta regular e disposição final dos RSDC, com AD e AI ótimos, exceto pelo fato de parte dos moradores desconhecerem o destino dos resíduos após coletados e de sua avaliação quanto à qualidade dos serviços prestados e dos profissionais.

Os Ecopontos e a coleta seletiva tiveram a mesma avaliação de desempenho e impacto (satisfatório) pelo mesmo motivo, baixa participação da comunidade com os serviços prestados avaliados como mecanismo de retroalimentação e de responsabilidade pelo fim do ciclo de vida.

Na avaliação de desempenho do *stakeholders*-comunidade local, verificou-se que as atividades que envolvem a coleta regular e a disposição final foram avaliadas como boas, pois a participação foi significativa, ocorrendo interferência negativa apenas no indicador condições de vida seguras, que foram baixas ao nível nacional. Resultado distinto foi observado na avaliação dos Ecopontos e coleta seletiva, ambos com resultado satisfatório, em virtude da baixa participação.

Na categoria sociedade, a coleta regular, a disposição final e os Ecopontos foram avaliados com desempenho satisfatório e a principal interferência foram dos níveis de corrupção no País; já na coleta seletiva, avaliada como inadequada, observou-se a influência de outros

fatores, como a falta de compromisso com a sustentabilidade de forma documentada em promessas ou acordos e baixa contribuição econômica relativamente aos dados nacionais.

No contexto geral da pesquisa, concluiu-se que a coleta seletiva, apesar de ter um baixo percentual de materiais recolhidos no Município, denotou economia financeira para a PMF, no ano de 2019, pois evitou gastos com os serviços de não aterramento, coleta e limpeza urbana. Foi nesse serviço, também, que se notou a maior quantidade de impactos negativos nas categorias analisadas, mostrando que tanto a sociedade quanto o poder público devem buscar meios de otimizar esse serviço nos planos local, regional e nacional.



## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL – ANP. **Boletim trimestral de preços e volumes de combustíveis**. Destaque do 1º trimestre de 2019. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/btpvc/boletim-trimestral-1.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL – ANP. **Boletim trimestral de preços e volumes de combustíveis**. Destaque do 2º trimestre de 2019. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/btpvc/boletim-trimestral-2.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL – ANP. **Boletim trimestral de preços e volumes de combustíveis**. Destaque do 3º trimestre de 2019. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/btpvc/boletim-trimestral-3.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2020.
- ALLESCH, A; BRUNNER, P. H. Assessment methods for solid waste management: a literatura review. **Waste Management & Research**, 2014.
- ANGELO, A. C. M. **Contribuições para o inventário do ciclo de vida dos resíduos orgânicos provenientes da coleta domiciliar na cidade do Rio de Janeiro**. 2014. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL – AEPS. **Previdência Social 2018**. Disponível em:< <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/dados-abertos-previdencia-social/>>. Acesso em: 29 de abr. 2020.
- APARCANA, S.; SALHOFER, S. Application of a methodology for the social life cycle assessment of recycling systems in low income countries: three Peruvian case studies. **Int J Life Cycle Assess** 18, p. 1116–1128, 2013.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. p. 59-70.
- ARAÚJO, M. G. **Modelo de avaliação do ciclo de vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil**. 2013. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/marcelo\\_guimaraes.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/marcelo_guimaraes.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2014.
- ARAÚJO, S.; JURAS, I. **Comentários à Lei dos Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/2010)**. São Paulo: Ed. Pilarres, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS – ABRAVIDRO. **Dia mundial da água: quatro formas de economizá-la na empresa vidreira!** 2017. Disponível em:< <https://abravidro.org.br/punoticias/dia-mundial-da-agua-quatro-formas-de-economiza-la-na-empresa-vidreira/>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2008**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2008. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2009. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2010. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2011. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2012. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2013. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2014. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2015. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2017. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2019. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8.419: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040: gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO DE CATADORES DO JANGURUSSU – ASCAJAN. **Planilha de vendas 2019**. Fortaleza, 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS – ANCAT; PRAGMA SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS. **Anuário da Reciclagem 2017-2018**. 2018. Disponível em: <<https://ancat.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Anua%CC%81rio-da-Reciclagem.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BALABA, B.; IBRAHIM, M. Y. Industrial informatics applications: Optimising life cycle costs of an Underground Mining Longwall Conveyor. *In*: 2011 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 2011. IEEE, 2011. p. 1218 – 1223. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm%3Farnumber%3D5984332>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BARBOSA FILHO, F. H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudo Avançados**, 31 (89), 51-60, 2017.

BARROS, R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BARTLETT, J.E., KOTRLIK, J.W., HIGGINS, C.C. Organizational research: determining appropriate sample size in survey research. **Inf. Technol. Learn. Perform. J.** 19 (1), 43-50, 2001.

BORDONALLI, A. C. O.; MENDES, C. G. N. Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. **Eng Sanit Ambient**, v.14 n.2, p. 235-244, 2009.

BORK, C.A.S.; JUNIOR, D.J.D.; GOMES, J.O. Social Life Cycle Assessment of three companies of the furniture sector. **Procedia Cirp** 29, 150–155, 2015.

BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FORÉS, V.; GALLARDO, A.; COLOMER-MENDOZA, F. J. Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. **Waste Management**, v. 30, p. 2383-2395, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10001492>>.

**BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:** texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 75/2013 e pelo Decreto Legislativo nº 186/2008. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2013.

**BRASIL. Decreto-Lei Nº 5.452, de 1º de maio de 1943.** Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm)>. Acesso em: 01 mai. 2020.

**BRASIL. Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010.** Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7405.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7405.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2020.

**BRASIL. Decreto Nº 9.177, de 23 de outubro de 2017.** Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. Disponível em:< <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2017/decreto-9177-23-outubro-2017-785603-publicacaooriginal-154020-pe.html>> Acesso em: 16 jul. 2020.

**BRASIL. Decreto Nº 89.056, de 24 de novembro de 1983.** Regulamenta a Lei nº 7.102, de 20 de junho de 1983, que "dispõe sobre segurança para estabelecimentos financeiros, estabelece normas para constituição e funcionamento das empresas particulares que exploram serviços de vigilância e de transporte de valores e dá outras providências". Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/Antigos/D89056.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D89056.htm)>. Acesso em: 16 jul. 2020.

**BRASIL. Lei Nº 10.826, de 22 de dezembro de 2003.** Dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição, sobre o Sistema Nacional de Armas – Sinarm, define crimes e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/110.826.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.826.htm)>. Acesso em: 22 mar. 2020.

**BRASIL. Lei Nº 11.648, de 31 de março de 2008.** Dispõe sobre o reconhecimento formal das centrais sindicais para os fins que especifica, altera a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, e dá outras providências. Disponível em:< [\*\*BRASIL. Lei Nº 12.255, de 15 de junho de 2010.\*\* Dispõe sobre o salário mínimo a partir de 1º de janeiro de 2010, estabelece diretrizes para a política de valorização do salário mínimo entre 2012 e 2023 e revoga a Lei nº 11.944, de 28 de maio de 2009. Diário Oficial da União. Disponível em:< \[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\\_03/\\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12255.htm\]\(http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12255.htm\)>. Acesso em: 22 abr. 2020.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11648.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.648%2C%20DE%2031%20MAR%C3%87O%20DE%202008.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20reconheciment%20formal,1943%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias.>. Acesso em: 16 jul. 2020.</p></div><div data-bbox=)

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em 23 jul. 2015.

BRASIL. **Lei Nº 7.102, de 20 de junho de 1983.** Dispõe sobre segurança para estabelecimentos financeiros, estabelece normas para constituição e funcionamento das empresas particulares que exploram serviços de vigilância e de transporte de valores, e dá outras providências. Disponível:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7102.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7102.htm)>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL. **Medida Provisória Nº 919, de 30 de janeiro de 2020.** Dispõe sobre o valor do salário mínimo a vigorar a partir de 1º de fevereiro de 2020. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Mpv/mpv919.htm#art2](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Mpv/mpv919.htm#art2)>. Acesso em: 01 mai. 2020.

BRASIL. Norma Regulamentadora Nº 15 – **Atividades e operações insalubres.** Disponível em:< <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL. **Portaria Nº 3.233,** de dezembro de 2012. Dispõe sobre as normas relacionadas às atividades de Segurança Privada. Disponível em:< <http://www.pf.gov.br/servicos-pf/seguranca-privada/legislacao-normas-e-orientacoes/portarias/portaria-3233-2012-2.pdf/view>>. Acesso em: 22 mar. 2020.

BRASIL. **Portaria Nº 33.732,** de 07 de abril de 2017. Dispõe sobre as normas relacionadas ao credenciamento de instrutores dos cursos voltados à formação, reciclagem e especialização dos profissionais de segurança privada. Disponível em:< <http://www.pf.gov.br/servicos-pf/seguranca-privada/legislacao-normas-e-orientacoes/portarias/portaria-33732-17-credenciamento.pdf/view>>.

BRASIL. **Projeto de Lei Nº 1.590, de 14 de junho de 2011.** Acrescenta a Seção XIII-A ao Capítulo I do Título III da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovado pelo Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, para dispor sobre jornada especial de trabalho para os coletores de lixo. Disponível em:<<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=509008>>. Acesso: 01 mai. 2020.

BRASIL. **Proposta de Emenda à Constituição – PEC Nº 309, 10 de setembro de 2013.** Altera o § 8º do art. 195 da Constituição Federal, para dispor sobre a contribuição para a seguridade social do catador de material reciclável que exerça suas atividades em regime de economia familiar. Disponível em:< <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=591185>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL- CNS. Resolução n. 196/96, que dispõe sobre a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa e dá outras providências. **Diário Oficial da União** 1996. Disponível em:<<http://www.bioetica.ufrgs.br/res19696.htm>>. Acessado em: 23 de nov. 2014.

BS PD 156.865:2008. Standardized method of life cycle costing for construction procurement. A supplement to BS ISO 15686-5. Buildings and constructed assets. Service life planning. Life cycle costing. Disponível em:< [https://www.techstreet.com/standards/bs-pd-156865-2008?product\\_id=1569446](https://www.techstreet.com/standards/bs-pd-156865-2008?product_id=1569446)> Acesso em: 14 abr. 2020.

BS 8544: 2013 Guide for life cycle costing of maintenance during the in use phases of buildings. Disponível em:<http://shop.bsigroup.com>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BYUN, Y.; NAMKUNG, W.; CHO, M.; CHUNG, J. W.; KIM, Y.; LEE, J.; LEE, C.; HWANG, S. Demonstration of Thermal Plasma Gasification/Vitrification for Municipal Solid Waste Treatment. **Environ. Sci. Technol.**, 44, 6680–6684, 2010.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração *per capita* de resíduos sólidos no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

CARVALHO, J.; MATOS, M. A. and GOMES P. **Custos de Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos**. Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro, 2011.

CARVALHO JUNIOR, F. H. **Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza – CE**. 2013. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CARVALHO, M. L. F.; FURTADO, G. D. Produção de Resíduos Sólidos em Fortaleza – Ceará: desafios. **Revista de Educação Ambiental**, n. 57, 2016. Disponível em:< <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2420>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

CENTRO DE ESTUDOS E APOIO AO DESENVOLVIMENTO, EMPREGO E CIDADANIA – CEADDEC. **Mulheres são a maioria entre catadores e catadoras de materiais recicláveis**. Publicada em 17 de outubro de 2016. Disponível em:<<http://www.ceadec.org.br/noticias/mulheres-sao-a-maioria-entre-catadores-e-cadoras-de-materiais-reciclaveis>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

CERQUEIRA, D.; LIMA, R. S.; BUENO, S.; VALENCIA, L. I.; HANASHIRO, O.; MACHADO, P. H. G.; LIMA, A. S. **Atlas da Violência**. IPEA, 2017.

CHEHEBE, J. R. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., CNI, 1997.

CHERUBINI, E.; RIBEIRO, P. T. **Brasil e União Europeia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil**. Brasília: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - IBICT, 2015. 188p.

CHI, Y.; DONG, J.; TANG, Y.; HUANG, Q.; NI, M. Life cycle assessment of municipal solid waste source-separated collection and integrated waste management systems in Hangzhou, China. **J Mater Cycles Waste Manag**, 2015.

CIROTH, A. Cost data quality consideration for eco-efficiency measures. **Ecological Economics**, Elsevier, v. 68(6), 1583-1590, 2009.



CIROTH, A.; FRANZE, J. LCA of an Ecolabeled Notebook - Consideration of Social and Environmental Impacts Along the Entire Life Cycle. **GreenDeltaTC**, Berlin, 2011.

CIROTH, A.; FRANZE, J. **Life Cycle Costing in SimaPro**. GreenDeltaTC, Berlin, 2009.

CLEARY, J. Life cycle assessments of municipal solid waste management systems: a comparative analysis of selected peer-reviewed literature. **Environ. Int.** 35, 2009, 1256–1266. Disponível em:< <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0160412009001561?via%3Dihub>>. Acesso em 13 abr. 2020.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques** (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons, 1977.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (CCE). Directiva do Conselho 85/339/CCE relativa às embalagens para líquidos alimentares. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, 1985.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (CCE). DIRETIVA 2014/24/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 26 de fevereiro de 2014 relativa aos contratos públicos e que revoga a Diretiva 2004/18/CE. **Jornal Oficial da União Europeia**. Disponível em:<[https://base.socioeco.org/docs/celex\\_32014l0024\\_pt\\_txt.pdf](https://base.socioeco.org/docs/celex_32014l0024_pt_txt.pdf)>. Acesso em 14 abr. 2020.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ – CAGECE. **Tarifas de água e esgoto praticadas pela Cagece a partir de 24 de março de 2019**. Disponível em:<<https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

CONSOLI, F.; ALLEN, D.; BOUSTEAD, I.; FAVA, J.; FRANKLIN, W.; JENSEN, A. A.; DE OUDE, N.; PARRISH, R.; PERRIMAN, R.; POSTLETHWAITE, D.; QUAY, B.; SEGUIN J.; VIGON, B. **Guidelines for Life-Cycle Assessment: A ‘Code of Practice.’** SETAC, Brussels and Pensacola, 1993.

CORNIERI, M. G. **Programa Municipal de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos em Santo André – SP: um estudo de caso a partir do ciclo da política (Policy Cycle)**. 2011. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CORREA, S. R. C.; UGAYA, C. M. L. **Avaliação social no ciclo de vida de um produto como uma ferramenta para gestão de responsabilidade social**. 4º Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2008.

COSTA, T. G. A.; IWATA, B. F.; CASTRO, C. P.; COELHO, J. V.; CLEMENTINO, G. E. S.; CUNHA, L. M. Impactos ambientais de lixão a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2016.

COVENTRY, Z.A.; TIZE, R.; KARUNANITHI, A.T. Comparative life cycle assessment of solid waste management strategies. **Clean. Technol. Environ. Policy**, 18, 2016, 1-10.

CURRAN, M. A. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. Cincinnati-EUA: EPA – Environmental Protection Agency, 2006. 88 p.

CULTRI, C. N.; SAAVEDRA, Y. M. B.; OMETTO, A. **Indicadores sociais como subsídios para a avaliação social do ciclo de vida: uma revisão da literatura**. 30º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010.

DATAFOLHA. **Cresce a parcela de brasileiros que diz já ter sofrido algum preconceito**. 2019. Disponível em:<<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/01/cresce-a-parcela-de-brasileiros-que-diz-ja-ter-sofrido-algum-preconceito.shtml>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

DEUS, A. B. S.; LUCA, S. J.; CLARKE, R. T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Eng. sanit. ambient.** v. 9, n. 4, 329-334, 2004.

DIAS, S.M. AND FERNANDEZ, L. Waste Pickers: A Gendered Perspective. In CELA, B., DANKELMAN, I. AND STERN, J. (eds.). **Powerful Synergies: Gender Equality, Economic Development and Environmental Sustainability**. New York, NY: United Nations Development Programme (UNDP). 153–155, 2012.

DIAS, S. M.; OGANDO, A. C. Rethinking gender and waste: exploratory findings from participatory action research in Brazil. **Work Organisation, Labour & Globalisation**, 9(2), 51–63, 2015.

DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004. P. 43-87.

DREYER, L. C.: Comments on Bo Weidema’s presentation. Document 2005; FLYSJÖ, A: **Comments on Bo Weidema’s indicator classification**. Email & spreadsheet 2005.

DREYER, L.C.; HAUSCHILD, M.Z.; SCHIERBECK, J. A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment. **Int. J LCA**, v. 11, n. 2, p. 88-97, 2006. Disponível em:<<http://link.springer.com/article/10.1065/lca2005.08.223#page-1>>. Acesso em: 23 set. 2014.

DWAIKAT, L. N.; ALI, K. N. Green buildings life cycle cost analysis and life cycle budget development: Practical applications. **Journal of Building Engineering**, v. 18, p. 303–311, 2018.

EKENER-PETERSEN, E.; FINNVEDEN, G. Potential hotspots identified by social LCA—part 1: a case study of a laptop computer. **Int J Life Cycle Assess**, 18 p. 127–143, 2013.

EKVALL, T.; ASSEFA, G.; BJÖRKLUND, A.; ERIKSSON, O.; FINNVEDEN, G.; What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. **Waste Manage.** (Oxford) 27, 2007, 989–996. Disponível em:<<https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0956053X07000724?via%3DiHub>> Acesso em: 13 abr. 2020.

ETHOS. **Indicadores ETHOS para negócios sustentáveis e responsáveis: ciclo 2018/2019**. São Paulo, 2019.



FABI, A. R. Comparação do consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub> entre garrafas PET e de vidro, utilizando análise ambiental de ciclo de vida. 143 f. Dissertação – Universidade Estadual de Campinas, 2004.

FERNANDEZ-NAVA, Y.; DEL RÍO, J.; RODRÍGUEZ-IGLESIAS, J.; CASTRILLÓN, L.; MARAÑÓN, E. Life cycle assessment of different municipal solid waste management options: a case study of Asturias (Spain). **J. Clean. Prod.**, 81, 2014, 178-189.

FERREIRA, J. V. R. **Análise de Ciclo de Vida dos Produtos**. Viseu: Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FINNVEDEN, G. Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management systems. **Resour. Conserv. Recycl.**, 26, 1999, 173-187.

FOOLMAUN, R.; RAMJEEAWON, T. Comparative life cycle assessment and social life cycle assessment of used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius. **Int. J. Life Cycle Assess.** 18, 155–171, 2013.

FORTALEZA. Lei Nº 9.500, de 25 de setembro de 2009. Altera a Lei Nº 8.869/2004 que cria a Agência Reguladora de Fortaleza (ARFOR), e dá outras providências. Publicação no **Diário Oficial do Município**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/lei-ordinaria/2009/950/9500/leiordinaria-n-9500-2009-altera-a-lei-n-8869-04-que-cria-a-agencia-reguladora-de-fortaleza-arfor-eda-outras-providencias>>. Acesso em 22 abr. 2020.

FORTALEZA. Lei Nº 10.271, de 19 de dezembro de 2014. Autoriza o chefe do Poder Executivo Municipal a contratar operação de crédito junto ao Banco do Brasil S.A., para implementação do Programa de Modernização da Administração Tributária e da gestão dos setores sociais básicos – BNDS/PMAT, e dá outras providências. Publicação no **Diário Oficial do Município**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/lei-ordinaria/2014/1028/10271/lei-ordinaria-n-10271-2014-autoriza-o-chefe-do-poder-executivo-municipal-a-contratar-operacao-de-credito-junto-ao-banco-do-brasil-sa-para-implementacao-do-programa-de-modernizacao-da-administracao-tributaria-e-da-gestao-dos-setores-sociais-basicos-bnds-pmat-e-da-outras-providencias?q=Lei+10.271>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

FORTALEZA. Lei Nº 10.340, de 28 de abril de 2015. Altera os arts. 1º ao 33 da Lei 8.408, de 24 de dezembro de 1999, e dá outras providências. Publicação no **Diário Oficial do Município**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/lei-ordinaria/2015/1034/10340/lei-ordinaria-n-10340-2015-altera-os-arts-1-ao-33-da-lei-8408-de-24-de-dezembro-de-1999-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

FLYSJÖ, A. **Comments on Bo Weidema's indicator classification**. Email & spreadsheet, 2005.

FULLANA, P.; PUIG, R. **Análisis del Ciclo de Vida**. Barcelona: Rubes Editorial, 1997.

GABI. **O que é o GaBi Software?** 2019. Disponível em: <<http://www.gabi-software.com/international/overview/what-is-gabi-software/>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

GAIA ENGENHARIA AMBIENTAL. **Panorama dos Resíduos Sólidos do Ceará**. Contrato nº 38/2012/CONPAM. Fortaleza, 2015. Disponível em: <<https://www.sema.ce.gov.br/wp->

content/uploads/sites/36/2018/12/Panorama-Vol-III.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

GARCIA, H. R. M. **Avaliação do ciclo de vida socioambiental do programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB, Brasil.** Estudo de Caso: Núcleo do Bessa. 2016. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (Saneamento Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

GARCIA, H. R. M.; NÓBREGA, C. C.; BOVEA, M. D.; SILVA, C. M.; LINS, R. B. Avaliação do Ciclo de Vida Aplicada à Coleta Seletiva no Município de João Pessoa (PB) – Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2015. p. 11. Disponível em:<<http://abes.locaweb.com.br/XP/XPEasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletosPDF/III-486.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

GLASSDOOR. **Salários dos funcionarios da ECOFOR Ambiental.** Disponível em:<[https://www.glassdoor.com.br/Sal%C3%A1rio/Ecofor-Ambiental\\_Sal%C3%A1rios-E2491671.htm](https://www.glassdoor.com.br/Sal%C3%A1rio/Ecofor-Ambiental_Sal%C3%A1rios-E2491671.htm)> Acesso em: 01 mai. 2020.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE – GRI. **Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade 2016.** Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/information/sustainabilityreporting/Pages/default.aspx>> Acesso em: 15 abr. 2020.

GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; SCHRYVER, A.; STRUIJS, J.; ZELM, R. **ReCiPe 2008** - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. 1st edition (revised). Report I: Characterization. 2013. 132p.

GOEDKOOP, M., SPRIENSMA, R. The Eco-indicator 99. **A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment- Methodology Report.** 36<sup>a</sup>, 2001.

GOVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1503-1510, 2012.

GRIEßHAMMER, R.; BUCHERT, M; GENSCH, C-O.; HOCHFELD, C.; MANHART, A.; REISCH, L.; RÜDENAUER, I. PROSA – Product Sustainability Assessment. **Öko-Institut** e.V., Freiburg (undated), 200-.

GRIEßHAMMER, R.; BUCHERT, M.; GENSCH, C.; HOCHFELD, C.; MANHART, A.; RÜDENAUER, I. **PROSA – Product Sustainability Assessment.** Methodology characterization; Freiburg, Section 8, 2005.

GRIEßHAMMER, R.; BENOÎT, C.; DREYER, L. C.; FLYSJÖ, A.; MANHART, A.; MAZIEN, B.; MÉTHOT, A.; WEIDEMA, B. P.; **Feasibility Study:** Integration of Social Aspects into LCA. Discussion paper from UNEP/SETAC Task Force Integration of Social Aspects in LCA, Freiburg, 2006.

GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, H.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T.; RYDBERG, T. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. **Environmental Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 90-96, 2011.

GUINEE, J. B.; HUPPES, G.; HEIJUNGS, R. Developing an LCA guide for decision support. **Environ. Manag. Health**, 12 (3), 301–311, 2001.

GOMES, Heber Pimentel; NÓBREGA, Claudia Coutinho. Economical viability study of a household waste separate collection in a developing country. *Journal of Material Cycles and Waste Management (Print)*, Japão, v. 7, n.2, p. 116-123, 2005.

HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. From Life Cycle Assessment to Sustainable Production: Status and Perspectives. *In: Annals of the CIRP*, p. 70 – 87, 2005.

HAUSCHILD, M., WENZEL, H. Environmental Assessment of Products. **Scientific background**, vol. 2. Chapman & Hall, UK. 1998.

HAVUKAINEN, J.; ZHAN, M.; DONG, J.; LIKANEN, M.; DEVIATKIN, I.; LI, X.; HORTTANAINEN, M. Environmental impact assessment of municipal solid waste management incorporating mechanical treatment of waste and incineration in Hangzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, n. 141, 2017.

HE, Z.; XIONG, J.; NG, T. S.; FAN, B.; SHOEMAKER, C. A. Managing competitive municipal solid waste treatment systems: an agent-based approach. **European Journal of Operational Research** 263, p. 1063–1077, 2017.

HIDALGO, D.; MARTÍN-MARROQUÍN, J. M.; CORONA, F.; JUARISTI, J. L. Sustainable vacuum waste collection systems in areas of difficult Access. **Tunnelling and Underground Space Technology** 81, p. 221–227, 2018.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a Waste**: a global review of solid waste management. Urban Development e Local Government Unit, World Bank, 2012. Disponível em:<[http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2014.

HORN, Z. No cushion to fall back on: The impact of the global recession on women in the informal economy in four Asian countries. *In Poverty and Sustainable Development*  
HYUNDAI HR. Hyundai HR 2.5 TCI Diesel (RS/RD). Disponível em:< <https://hyundai-motor.com.br/nossos-modelos/comercial/caminhoes/>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

HOUAISS, A. **Dicionário da língua portuguesa**. 2. ed., Rio de Janeiro (RJ): Ed. Objetiva, 2010.

HUNG, N. V.; MIGO, M. V.; QUILLOY, R.; CHIVENGE, P.; GUMMERT, M. Life Cycle Assessment Applied in Rice Production and Residue Management. *In: GUMMERT, M.; HUNG, N. V.; CHIVENGE, P.; DOUTHWAITE, B. (org.). Sustainable Rice Straw Management*. Editora Springer Open, 2020, p. 161-174.

IBÁÑEZ-FORÉS. **Optimización del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de Castellón de la Plana Mediante la Aplicación de Técnicas de Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**. 2009. Proyecto Final de Carrera (Enginyeria Industrial) – Universitat Jaume I, 2009.

IBÁÑEZ-FORÉS, V.; BOVEA, M. D.; COUTINHO-NÓBREGA, C.; DE MEDEIROS, H. R. Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 164-178, 2019.

IBÁÑEZ-FORÉS, V., BOVEA, M.D., PÉREZ-BELIS, V. A holistic review of applied methodologies for assessing and selecting the optimal technological alternative from a sustainability perspective. **J. Clean. Prod.** 70, 259–281, 2014.

IBÁÑEZ-FORÉS V.; BOVEA M. D. E.; NÓBREGA, C.C.; GARCÍA, H. R. M; LINS, R. B. Temporal Evolution of the Environmental Performance of Implementing Selective Collection in Municipal Waste Management Systems in Developing Countries: A Brazilian Case Study. **Waste Management**, v. 72, p. 65–77, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico. **Domicílios**. 2010. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1134>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Desigualdades sociais por cor ou raça no Brasil**. 2019. Disponível em:<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101681\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101681_informativo.pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Variação do PIB**. 2020. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/indicadores#variacao-do-pib>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico. **Destino do lixo**. 2010. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1395>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA – IBGE. **Censo demográfico 2010**. Resultado. Trabalho de crianças de adolescente. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3277#resultado>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA – IBGE. **Cidades Brasil Panorama – Produto Interno Bruto (PIB) per capita de 2017**. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 11 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA – IBGE. **Cidades Fortaleza Panorama – Produto Interno Bruto (PIB) per capita de 2017**. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>>. Acesso em: 11 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA – IBGE. **Diretoria de Pesquisa, Coordenação de População e Indicadores Sociais**. Pesquisa Nacional de

Saneamento Básico 2008. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados>>. Acesso em 29 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA – IBGE. **IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios para 2017. 2017.** Disponível em:<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/16131-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-para-2017>>. Acesso em: 11 mai. 2020.

INSTITUTE FOR ECONOMICS AND PEACE. **Global Peace Index – GPI 2018.** Measuring Peace in a complex world. Disponível em:<<http://visionofhumanity.org/app/uploads/2018/06/Global-Peace-Index-2018-2.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

INSTITUTE FOR ECONOMICS AND PEACE. **Global Peace Index – GPI 2019.** Measuring Peace in a complex world. 2019. Disponível em:<<http://visionofhumanity.org/app/uploads/2019/06/GPI-2019-web003.pdf>>. Acesso: 26 abr. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional. 2016.** Disponível em:<[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331\\_livro\\_catadores.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclado e Reutilizável: Brasil.** IPEA: Brasília, 2013. Disponível em:<[http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/situacao\\_social/131219\\_relatorio\\_situacaosocial\\_mat\\_reciclavel\\_brasil.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacaosocial_mat_reciclavel_brasil.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Mapa das regionais de Fortaleza. 2020.** Disponível em:<[http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11/pdf/Mapa\\_Regionais\\_Fortaleza.pdf](http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11/pdf/Mapa_Regionais_Fortaleza.pdf)>.

IPCC. In: PACHAURI, R.K., MEYER, L.A. (Eds.), **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp, 2014.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report, Summary for Policymakers.** 2014. 32 p.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Report. 2001.** Disponível em: < <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>> Acesso em 13 abr. 2020.

ILCD. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: Framework and requirements for LCIA models and indicators. 1st edition ed. Luxembourg:

Publications Office of the European Union; Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability: Ispra, Italy. 2010b. 116p.

INTERNATIONAL STANDARD **ISO 26000. Guidance on Social Responsibility.** Disponível em: <<http://www.institutoatkwvh.org.br/compendio/?q=node/104>>. Acesso em 15 abr. 2020.

**ISO 15686-5:2008 Buildings and Constructed Assets – Service-life planning Part 5: Life Cycle Costing.** Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBITZER, G.; ROSENBAUM, R. IMPACT 2002+: a new Life Cycle impact assessment methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 8. n. 6, 7p. 2003.

JORGENSEN, A.; HERMANN, I. T.; MORTENSEN, J. B. Is LCC relevant in a sustainability assessment? **Int J Life Cycle Assess**, 15(6), p. 531–532, (2010).

JORGENSEN, A.; LE BOCQ, A.; NAZARKINA, L.; HAUSCHILD, M. Z. Methodologies for Social Life Cycle Assessment. **Int J LCA**, 13 (2), p. 96-103, 2008.

KALIAMPAKOS, D., BENARDOS, A., MAVRIKOS, A. A review on the economics of underground space utilization. **Tunn. Undergr. Sp. Tech.** 55, 236–244, 2016.

KAWAUCHI, Y.; RAUSAND, M. **Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and Chemical process industries.** 1999. Acesso em: 2016-09-22T00:00:00+00:00.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; WOERDEN, F. V. **What a waste 2.0:** a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Group, 2018. Disponível em:<<https://olc.worldbank.org/system/files/What%20a%20Waste%202.0%20Overview.pdf>> Acesso em: 16 jul. 2020.

KRULJAC, S. Public-Private Partnerships in Solid Waste Management: Sustainable Development Strategies for Brazil. (Report) **Bulletin of Latin American Research**, v. 31, p. 0261-3050, 2012.

KLOEPFFER, W.; CIROTH, A. Is LCC relevant in a sustainability assessment? **Int. J. Life Cycle Assess**, n. 16, p. 99-101, 2011.

KLOEPFFER, W. Life Cycle Sustainability Assessment of Products. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 13(2), 89-95, 2008.

KLOPPFFER, W.; RENNER, I. Life-cycle based sustainability assessment of products. *In*: SCHALTEGGER S, BENNETT M, Burritt RL, JASCH C (eds). **Environmental management accounting for cleaner production.** ISBN 978-1-4020-8912-1. Springer, Dordrecht, 2008.

KONG, J. S.; FRANGOPOL, D. M. Cost–Reliability Interaction in Life-Cycle Cost Optimization of Deteriorating Structures. **Journal of Structural Engineering**, v. 130, n. 11, p.1704 – 1712, 2004.

LANGDON, D. **Final Methodology - Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology.** Davis Langdon - Management consulting, 2007b.

LANGDON, D. **Final Review - Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology - Literature Review.** Davis Langdon - Management Consulting, 2007c.

LANGDON, D. **Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: A common methodology – Final Guidance.** Davis Langdon – Management Consulting, 2007a.

LAURENT, A.; BAKAS, I.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; NIERO, M.; GENTIL, E.; HAUSCHILDA, M. Z.; CHRISTENSEN, T. H. Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I: lessons learned and perspectives. **Waste Management**, v. 34, p. 573-588, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1300559X>>. Acesso em: 24

LAURENT, A.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; BAKAS, I.; NIERO, M.; GENTIL, E.; CHRISTENSEN, T. H.; HAUSCHILD, M. Z. Review of LCA studies of solid waste management systems – Part II: Methodological guidance for a better practice. **Waste Management**, 34, p. 589–606, 2014.

LARSEN, A.W.; MERRILD, H; MØLLER, J.; CHRISTENSEN, T. H. Waste collection systems for recyclables: An environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark). **Waste Management** 30: 744–754, 2010.

LI, K. **Study of influence factors in Municipal Solid Waste management decisionmaking.** 2007. Master of Science Thesis (Industrial Ecology) – Royal Institute of Technology, Stockholm. 2007.

LIFE CYCLE INITIATIVE. **The Life Cycle Initiative.** Disponível em: <<https://www.lifecycleinitiative.org/about/about-lci/>>. Acesso em 27 dez 2019.

LIMA, P. D. M.; OLIVO, F.; PAULO, P. L.; SCHALCH, V.; CIMPAN, C. (2019). Life Cycle Assessment of Prospective MSW Management Based on Integrated Management Planning in Campo Grande, Brazil. **Waste Management**, v. 90, p. 59-71.

LINS, R. B. **Análise ambiental e econômica do sistema de coleta seletiva. Estudo de caso: João Pessoa – PB.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2020.

LIRA, J. S. M. M. **Depleção abiótica e potencial de aquecimento global no ciclo de vida de telhado verde comparativamente a um telhado convencional.** 2017. 210 f. Dissertação (Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, 2017.

LOPES, L. **Gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para pequenos municípios.** 2006. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Departamento de Geografia) – Universidade de São Paulo, 2006.



LOU, Z.; BILITEWSKI, B.; ZHU, N.; CHAI, X.; LI, B.; ZHAO, Y. Environmental impacts of a large-scale incinerator with mixed MSW of high water content from a LCA perspective. **Journal Environmental Sciences**, 30, p. 173-179, 2015.

MACOMBE, C. International Seminar on Social LCA Presentation of the programme: recent developments in assessing the social impacts of the product life cycles. *In: International Seminar on Social LCA*. 2011, Montpellier, France. Anais... Disponível em: Acesso em: 26 set. 2014.

MAGRINI, A. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. **Revista Brasileira de Energia**, v. 8, n. 2, 2004.

MARQUES, S. G. **Manutenção industrial e custo do ciclo de vida – extracção oleaginosas**. 2009. Tese (Doutorado) — Universidade Nova Lisboa - PO.

MÁRQUEZ, C.; FERNÁNDEZ, J. G.; MARQUEZ, A. C.; GONZALEZ-PRIDA, V. **Reliability stochastic model applied to evaluate the economic impact of the failure in the Life Cycle Cost Analysis (LCCA)**. Case of study in the oil industry,. European Safety and Reliability Annual Conference: Reliability, Risk and Safety: Back to the Future, 2010.

MARQUISE AMBIENTAL. **Ecocidadão**. Disponível em:<<http://www.marquiseambiental.com.br/ecocidadao>>. Acesso em: 22 de mai. 2020.

MARQUISE AMBIENTAL. **Garantir a segurança do trabalho do gari também é tarefa da sociedade**. 2016. Disponível em:<<http://www.marquiseambiental.com.br/noticias/garantir-seguranca-do-trabalho-do-gari-tambem-e-tarefa-da-sociedade>> Acesso em 29/04/2020> Acesso em: 30 abr. 2020.

MARQUISE AMBIENTAL. **GNR Fortaleza – Gás Natural Renovável**. Disponível em: <http://marquiseambiental.com.br/servicos-e-tecnologia/gnr-fortaleza-gas-natural-renovavel> Acesso em: 17 abr. 2021.

MARQUISE AMBIENTAL. **Institucional**. Disponível em:<<http://www.marquiseambiental.com.br/institucional>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

MARQUISE AMBIENTAL. **Serviços e tecnologias – operação de Ecopontos**. Disponível em:<<http://www.marquiseambiental.com.br/servicos-e-tecnologia/operacao-de-ecopontos>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

MARQUISE AMBIENTAL. **Serviços e tecnologias – soluções ambientais**. Disponível em: <http://www.marquiseambiental.com.br/servicos-categorias>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

MARTÍNEZ-BLANCO, J.; LEHMANN, A.; MUÑOZ, P.; ANTÓN, A.; TRAVERSO, M.; RIERADEVALL, J.; FINKBEINER, M. Application challenges for the social Life Cycle Assessment of fertilizers within life cycle sustainability assessment. **Journal of Cleaner Production**, 69, p. 34-48, 2014.



MARTINS, W. A. **Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa - PB, Brasil**. 2017. 112 f. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, 2017.

MATOS, J. P. S. **Custo do ciclo de vida como ferramenta para a gestão de ativos físicos** – aplicação ao aquartelamento da Amadora da Academia Militar. 2016. Dissertação (Mestrado) Academia Militar, Salvador, 2016.

MEIKANDAAN, T. P.; HEMAPRIYA, M. Study on flexural strengthening of rcc beam using glass frp sheets. **International Journal of Pure and Applied Mathematics**, v. 119, n. 12, p. 8831-8842, 2018.

MENDEZ, G. P. **Avaliação da gestão municipal de resíduos sólidos através de indicadores ambientais**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

MENEU, M. G. **Evaluación Ambiental del Sistema de Gestión de Residuos Domiciliarios de João Pessoa (Brasil)**. Escenario Actual y Escenarios Alternativos de Mejora. 2019. 156f. Dissertação (Master en Ingeniería Industrial) – Universitat Jaume I, Castelló de la Plana, Espanha, 2019.

MINISTÉRIO DA CIDADANIA. **O que é e para que serve o Cadastro Único?** Disponível em: <<http://cidadania.gov.br/Portal/servicos/cadastro-unico/o-que-e-e-para-que-serve-1>>. Acesso em: 29 de abr. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Coleta seletiva**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. 2012. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/institucional/organograma/itemlist/user/80451websis.html?start=3100>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

MINISTÉRIO DO TRABALHO – MET. **Classificação Brasileira de Ocupações – CBO**. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br/cbsite/pages/home.jsf>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO – MTE. **Portal de Informações sobre Relações do Trabalho**. Disponível em: <[http://relacoesdotrabalho.mte.gov.br/pentaho/api/repos/:public:SRT:srt\\_principal1.xaction/generatedContent](http://relacoesdotrabalho.mte.gov.br/pentaho/api/repos/:public:SRT:srt_principal1.xaction/generatedContent)>. Acesso em: 01 mai. 2020.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C.; VILHENA, A. **Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações**. Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS REICLÁVEIS – MNCR. **O que é o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis?** 2008. Disponível em: <<http://www.mncr.org.br/sobre-o-mncr/o-que-e-o-movimento>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

MUNICÍPIO DE FORTALEZA. **Lei N° 10.304, de 28 de abril de 2015**. Altera os arts. 1° ao 33 da Lei 8.408, de 24 de dezembro de 1999, e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/lei-ordinaria/2015/1034/10340/lei-ordinaria-n-10340-2015-altera-os-arts-1-ao-33-da-lei-8408-de-24-de-dezembro-de-1999-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

MUNICÍPIO DE FORTALEZA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza – Estado do Ceará**. Sanetal Engenharia & Consultoria, 2012. Disponível em: <<http://www.fortaleza.ce.gov.br/acfor/plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-de-fortaleza>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

NABAVI-PELESARAEI, A., BAYAT, R., HOSSEINZADEH-BANDBAFHA, H., AFRASYABI, H., CHAU, K.-W. Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill system of municipal solid waste management e a case study in Tehran Metropolis of Iran. **J. Clean. Prod.**, 2017.

NAKAMURA, S; KONDO, Y. Hybrid LCC of Appliances with Different Energy Efficiency. **Int. J. LCA**, 11 (5), 2006, 305-314.

NECKER, H. S.; ROSA, A. L. D. Estimativa teórica da geração de biogás do futuro aterro sanitário de Ji-Paraná – RO. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3416- 3424, 2013.

NIGRI, E. M. **Análise comparativa do ciclo de vida de produtos alimentícios industriais e artesanais da culinária mineira**. 2012. 232 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

NÓBREGA, C. C. Estudo da Viabilidade Econômica, Ambiental e Social para Sistemas de Coleta Seletiva – Estudo de Caso: João Pessoa. 177 f. Tese (Doutorado em Recurso Hídricos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

NÓBREGA, C. C. Utilização da Ferramenta Análise de Sustentabilidade de Análise de Ciclo de Vida (ASCV) para a Avaliação do Programa de Coleta Seletiva na Cidade de João Pessoa/PB – Brasil. João Pessoa: UFPB, 2013. **Edital Universal MCTI/CNPq nº 484357/2013-1**.

NÓBREGA, C. C.; CARVALHO, M.; GARCIA, H. R. M.; FORÉS, V. I.; BOVEA, M. D. Avaliação do ciclo de vida da coleta seletiva de papel e papelão no núcleo do Bessa, município de João Pessoa (PB), Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.24, n.5, p. 875-886, 2019. nov. 2014.

NORRIS, G.A. Integrating Life Cycle Costing Analysis and LCA. **Int. Jr. LCA**, v. 6, n. 2, p. 118-120, 2001.

NUGRAHA, H.; ARIFANTO, Y.; SINISUKA, N. I. **The applicability of BFA and LCCA to analyze reliability of power system**. In: . [s.n.], 2014. p. 1 – 6. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm%3Farnumber%3D6798474>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

NZEADIBE, T.C.; ADAMA, O. Ingrained inequalities? Deconstructing gendered spaces in the informal waste economy of Nigerian cities. **Urban Forum**, 26(2), 113–130, 2015.

O'BRIEN, M.; DOIG, A.; CLIFT, R. Social and environmental life cycle assessment (SELCA). **The International Journal of Life Cycle Assessment** v. 1, 231–237, 1996.

OEKO-INSTITUT. **Projektgruppe ökologische Wirtschaft** (ed): Produktlinienanalyse: Bedürfnisse, Produkte und ihre Folgen. Kölner Volksblattverlag, Köln, 1987.

OLIVEIRA, Denise A. M. **Percepção de riscos ocupacionais em catadores de materiais recicláveis: estudo em uma cooperativa em Salvador-Bahia**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

OKANO, K. Life cycle costing - An approach to life cycle cost management : A consideration from historical development. **Asia Pacific Management Review**, 6(3), 317–341, 2001.

OLIVEIRA, M. C. B. R. **Avaliação do ciclo de vida de embalagens plásticas de óleo lubrificante**: um estudo de caso. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT. **Diagnóstico Intersetorial Municipal: desenvolvimento das ações estratégicas Programa de Erradicação do Trabalho Infantil – PETI**. Disponível em:<<http://www.bsb.ilo.org/dimbr/download/230440>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

OWUSU, G. Social effects of poor sanitation and waste management on poor urban communities: a neighborhood-specific study of Sabon Zongo, Accra. **Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability**, v. 3, n. 2, p. 145-160, 2010. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1080/17549175.2010.502001>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

PAGANELLA, W. O. **Reconhecimento e controle de riscos ambientais nas atividades de triagem de material reciclável**. 2011. Especialização (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; SILVEIRA, F. F.; LUZ, E. G.; OLIVEIRA, R. B. Comparação entre as massas de resíduos sólidos urbanos coletadas na cidade de São Paulo por meio de coleta seletiva e domiciliar. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, 2014.

PEREIRA, A. J. C. **Análise do custo do ciclo de vida da ETA de Queimadela**. 2009. Tese (Doutorado) — Universidade do Porto - PO.

PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS – PNAD. **Trabalho Infantil 2014-2015**. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/17270-pnad-continua.html?edicao=18390&t=resultados>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS – PNAD. **Trabalho**. 2015 Disponível em :<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/19897-sintese-de-indicadores-pnad2.html?edicao=9129&t=resultados>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

PINHEIRO, A. V. B. S. **Análise da Adesão da População para Implementação da Pré-Coleta nos Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade de**

**João Pessoa – PB.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

PRÉ CONSULTANTS. **SimaPro Database Manual** – Methods Library. Versão 4.14.2. 2019. Disponível em: <<http://www.presustainability.com/download/DatabaseManualMethods.pdf>> Acesso: 13 abr. 2020.

PRÉ CONSULTANTS. **SimaPro [software]: versão PhD 9.0.0.49**, 2016.

PRÉ CONSULTANTS. **SimaPro v. 8.0**. PRé Consultants, B.V. Amersfoort, The Netherlands, 2013.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Ecopontos**. Disponível em:<<https://catalogodeservicos.fortaleza.ce.gov.br/categoria/urbanismo-meio-ambiente/servico/324>>. Acesso em: 16 out. 2019.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Fortaleza em Mapas – Eixos Viários**. Disponível em:<<https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza Estado do Ceará – **Relatório IV. 2012**. Disponível em: [https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismoemeioambiente/infocidade/plano\\_municipal\\_de\\_gesto\\_integrada\\_de\\_residuos\\_solidos\\_de\\_fortaleza.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismoemeioambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf) Acesso em: 12 out. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS de João Pessoa**. Diagnóstico. Disponível em:<<https://issuu.com/pmjponline/docs/diagnostico>>. Acesso em 22 abr. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS DE MAIO. **Anexo VII – Planilha de custos: coleta seletiva transbordo e destino final para aterro licenciado**. 2015. Disponível em:<[https://www.pmtresdemaio.com.br/Arquivos/240/Licita%C3%A7%C3%B5es/5263/Anexo%20VII%20-%20Planilha%20de%20Custos\\_3119.pdf](https://www.pmtresdemaio.com.br/Arquivos/240/Licita%C3%A7%C3%B5es/5263/Anexo%20VII%20-%20Planilha%20de%20Custos_3119.pdf)>. Acesso em 16 jul. 2020.

PROJEKTGRUPPE ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFT (ed) **Produktlinienanalyse: Bedürfnisse, Produkte und ihre Folgen**. Kölner Volksblattverlag, Köln, 1987.

REDE PETECA. **Chega de trabalho infantil**. Disponível em:<<https://www.chegadetrabalho infantil.org.br/mapa-do-trabalho-infantil/#ficha-estado>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

QUIRÓS, R.; GABARRELL, X.; VILLALBA, G.; BARRENA, R.; GARCÍA, A.; TORRENTE, J.; FONT, X. The application of LCA to alternative methods for treating the organic fiber produced from autoclaving unsorted municipal solid waste: case study of Catalonia. **Journal of Cleaner Production**, xxx, p. 1-13, 2015.

REICH, M. C. Economic assessment of municipal waste management systems – case studies using a combination of life cycle assessment (LCA and life cycle costing (LCC)). **Journal of Cleaner Production**, v. 13, 253-263, 2005.

RIBEIRO, H.; BESEN, G. R. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso, **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, 2 (4), p. 1-18, 2007. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/profile/Helena\\_Ribeiro4/publication/242243074\\_A\\_PANORAMA\\_OF\\_SELECTIVE\\_WASTE\\_COLLECTION\\_IN\\_BRAZIL\\_CHALLENGES\\_AND\\_PROSPECTS\\_TAKEN\\_FROM\\_3\\_CASESTUDIES/links/5661c26a08ae4931cd5b3ef3.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Helena_Ribeiro4/publication/242243074_A_PANORAMA_OF_SELECTIVE_WASTE_COLLECTION_IN_BRAZIL_CHALLENGES_AND_PROSPECTS_TAKEN_FROM_3_CASESTUDIES/links/5661c26a08ae4931cd5b3ef3.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2019.

RICCI, M. **Economic assessment of separate collection cost: tools to optimise it and the advantage of operative integration.** In: ECN/ORBIT e.V. Source Separation Workshop 2003 – Pres. No. 19, 2003.

RUSSI, D.; AYUSO, S.; PALMER, P. F. **Análisis Social del Ciclo de Vida como instrumento de RSC:** el punto de vista de las empresas españolas. Càtedra Mango de Responsabilidad Social Corporativa, 2012.

SAMSON, M. **Dumping on Women:** Gender and Privatisation of Waste Management. Athlone: Municipal Services Project and the South African Municipal Workers' Union, 2003.

SECRETARIA ESPECIAL DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL. **Programa de Erradicação do Trabalho Infantil – PETI.** 2015. Disponível em:<<http://mds.gov.br/assuntos/cadastro-unico/o-que-e-e-para-que-serve/programa-de-erradicacao-do-trabalho-infantil-peti>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS URBANOS – SCSP. Coordenadoria Especial de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza,** Fortaleza (CE), 2019.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS URBANOS – SCPS. Coordenadoria Especial de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos. **Relatório Ecopontos – Totais,** Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2017.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS URBANOS – SCSP. Coordenadoria Especial de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos. **Relatório Ecopontos – Totais.** Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2019.

SIMAPRO. **About SimaPro.** Disponível em:<<https://simapro.com/about/>>. Acesso em 13 abr. 2020.

SIMAPRO. **Life cycle assessment software,** 2019. Disponível em:<<https://network.simapro.com/pre/>>. Acessado em 28 de dezembro de 2019.

SINDICATO DOS EMPREGADOS EM EMPRESAS DE ASSEIO E CONSERVAÇÃO, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS COMERCIAIS, CONDOMÍNIOS E LIMPEZA PÚBLICA DO ESTADO DO CEARÁ – SEEACONCE. Disponível em:<<http://seeaconce.org.br/>> Acesso em: 01 mai. 2020.

SINDICATO DOS EMPREGADOS DAS EMPRESAS PÚBLICAS DE LIMPEZA DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA – SINDILURB. Disponível em:<<http://sindilurb.blogspot.com/>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2017**. 2017. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso em: 14 out. 2019.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. **Ranking Geral de Emissões por Município**: tonelada (t) deCO<sub>2</sub>eq (GWP-AR5), 2018. Disponível em: <http://plataforma.seeg.eco.br/cities/statistics> Acesso em: 17 abr. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2018**. 2018. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>> Acesso em: 11 abr. 2020.

SOCIAL INSTITUTIONS & GENDER INDEX (SIGI). **Social Institutions & Gender Index 2014: synthesis report**. OECD, 2014. Disponível em:<<http://www.oecd.org/dev/development-gender/BrochureSIGI2015-web.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

SOCIAL INSTITUTIONS AND GENDER INDEX – SIGI. **Relatório de 2019**. Disponível:<<https://landportal.org/book/indicator/oecd-sigi2019sigi>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SOCIAL PROGRESS INDEX. **Social Progress Index 2019**. Disponível em:<<https://www.socialprogress.org/?tab=2&code=BRA>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

SONI, V.; SINGH, S. P.; BANWET, D. K. Precise decisions in Indian energy sector by imprecise evaluation. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 10, n. 1, 2016, 118-142.

SOUSA, V.; DIAS-FERREIRA, C.; VAZ, J. M.; MEIRELES, I. Life-cycle cost as basis to optimize waste collection in space and time: a methodology for obtaining a detailed cost breakdown structure. **Waste Management & Research**, v. 36(9), 788-799, 2018.

SOUZA, E. R.; LIMA, M. L. C. Panorama da violência urbana no Brasil e suas capitais. **Ciência & Saúde Coletiva**, 11(Sup): 1211-1222, 2007.

SOUTO, G. D. B.; POVINELLI, J. Resíduos Sólidos. *In*: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. *In*: **Engenharia Ambiental**: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SPILEMAECKERS, S.; MAZIIN, B.; BORGIO, E. **An Integrated Approach to Chain Analysis for the Purpose of Chain Management by Companies**. Study executed by the Centre for Sustainable Development, Gent. Belgium, 2001.

SUTTIBAK, S.; NITIVATTANANON, V. Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs. **Resources, Conservation and Recycling**, 53, p. 45–56, 2008.

TAMIOZO, M. H. **Coleta seletiva: análise dos sistemas porta a porta e PEV um estudo de caso nos municípios de Londrina e Caxias do Sul.** 2015. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TANG, Y.; MA, X.; LAI, Z.; CHEN, Z. Energy Analysis and Environmental Impacts of a MSW Oxy-fuel Incineration Power Plant in China. **Energy Policy**, 60, p. 132–141, 2013. TRANSPARENCY INTERNATIONAL. CORRUPTION PERCEPTIONS INDEX 2013. Disponível em:< <https://www.transparency.org/cpi2013/results>>. Acesso em: 26 out. 2015.

TRANSPARÊNCIA INTERNACIONAL BRASIL. **Índice de Percepção da Corrupção 2019.** Disponível em:< <https://transparenciainternacional.org.br/ipc/>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

TRIBUNA DO CEARÁ. **Funcionária da Ecofor desabafa sobre preconceito que sofreu por usar farda de gari em ônibus.** 2016. Disponível em:<<https://tribunadoceara.com.br/noticias/cotidiano-2/funcionaria-da-ecofor-desabafa-sobre-preconceito-que-sofreu-por-usar-farda-de-gari-em-onibus/>>. Acesso em: 29 abr 2020.

TRUCAO. **3 Vilões do consumo de combustível no caminhão.** Materia publicada em 29 de outubro de 2015. Disponível em:< <https://trucao.com.br/3-viloes-do-consumo-de-combustivel-no-caminhao/>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

TURNER, D.A.; WILLIAMS, I.D.; KEMP, S. Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. **J. Clean. Prod.**, 129, 2016, 234-248.

UMAIR, S.; BJÖRKLUND, A.; PETERSEN, E. E. Social impact assessment of informal recycling of electronic ICT waste in Pakistan using UNEP SETAC guidelines. **Resources, Conservation and Recycling**, 95, p. 46–57, 2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Gender and waste nexus: experiences from Bhutan, Mongolia and Nepal.** 2019. Disponível em:< <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29821/GaWN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP)/ SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC). **Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products.** Life Cycle Initiative, 2009. Disponível em:<<http://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2009%20-%20Guidelines%20for%20sLCA%20-%20EN.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2015

VALT, R. B. G. **Análise do ciclo de vida de embalagens de PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

VALDIVIA, S.; SONNEMANN, G. A UNEP/SETAC/SETAC Approach towards a Life Cycle Sustainability Assessment of Products. *In: International Seminar on Social LCA.* Montpellier, France, 2011. Disponível em:<<http://social-lca-2011.cirad.fr/>>. Acesso em: 4 de nov. 2014.



VELLOSO, M. P. **Processo de trabalho da coleta de lixo domiciliar da cidade do Rio de Janeiro: percepção e vivência dos trabalhadores**. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1995.

VINYES, E.; OLIVER-SOLÀ, J.; UGAYA, C.; RIERADEVALL, J.; GASOL, C. M. Application of LCSA to used cooking oil waste management. **Int J Life Cycle Assess**, v. 18, p. 445-455, 2013.

WALDMAN, M. **Mais Água, Menos Lixo: reciclar ou repensar?** (2016). Disponível em:<[http://mw.pro.br/mw/geog\\_mais\\_agua\\_menos\\_lixo.pdf](http://mw.pro.br/mw/geog_mais_agua_menos_lixo.pdf)>

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M; ALTING, L. **Environmental assessment of products: methodology tools and case studies in product development**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, v. 1, 2. ed., 1997.

WIEL, S.; MCMAHON, J. E. **Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting - 2nd Edition**. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2005.

WOLF, M. **National LCA Databases: status and ways towards interoperability**. Maki Consulting: Berlin, 2014.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF) Brasil. **Conheça os benefícios da coleta seletiva (2008)**. Disponível em:< <http://www.wwf.org.br/?uNewsID=14001>>. Acesso em: 24 out. 2015.

XAVIER, R. S. **Modelagem e minimização do consumo de combustível para rotas de coleta de lixo**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

YAY, A.S.E. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. **J. Clean. Prod.** 94, p. 284-293, 2015.

YILDIZ-GEYHAN, E.; YILAN, G.; ALTUN-ÇİFTÇIOĞLU, G. A.; KADIRGAN, M. A. N. Environmental and social life cycle sustainability assessment of diferente packaging waste collection systems. **Resources, Conservation & Recycling**, 143, 119-132, 2019.

YULING, W.; YANG, Y.; FANGYI, L.; DONG, Z. Reliability and maintainability optimization of mechanical system based on the life cycle cost. *In: INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION CONFERENCE 2009 (ITIC 2009)*, 2009. IET, 2009. p. 114 – 114. Disponível em: <<http://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp.2009.1492>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

ZOTOV, V. BUTYRIN, A. **Processing of solid waste for the improvement of the urban environment**. MATEC Web of Conferences, v. 193, p. 2274-7214, 2018.



## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO À POPULAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL –  
POSDEHA



### INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

#### Usuários

**Entrevistadora:** \_\_\_\_\_ **Data da entrevista:** \_\_\_\_\_

#### 1. Características socioeconômicas

**1.1** Nome do entrevistado(a): \_\_\_\_\_

**1.2** Endereço: \_\_\_\_\_

**1.3** Sexo:

Masculino

Feminino

**1.4** Cor/raça:

Branca

Preta

Parda

Amarela

Indígena

Sem declarar

**1.5** Faixa etária (idade)

menor de 18 anos

37 a 45 anos

mais de 63 anos

18 a 27 anos

46 a 54 anos

28 a 36 anos

55 a 63 anos

**1.6** Tipo de Imóvel:

Casa

Apartamento

**1.7** Qual a área da sua residência?

< 50 m<sup>2</sup>

51-90 m<sup>2</sup>

91-120 m<sup>2</sup>

> 120 m<sup>2</sup>

**1.8** Quantas pessoas moram no imóvel?

1

2 a 5

mais de 5

**1.9** Escolaridade:

Analfabeto (D)

Fundamental completo (G)

Superior incompleto (J)

Alfabetizado (E)

Médio incompleto (H)

Superior completo (L)

Fundamental incompleto (F) Médio completo (I)

**1.10** Profissão: \_\_\_\_\_

**1.11** Renda mensal total da família:

- até 3 SM                       entre 10 e 20 SM                       não declarou  
 entre 3 e 10 SM                       mais de 20 SM

## 2. Destino do resíduo sólido domiciliar

**2.1** Qual o destino dos resíduos sólidos da sua residência?

- Coleta regular (compactador)     Coleta regular (caçamba)  
 Coleta seletiva                       Ecoponto  
 Queimado (na propriedade)     Enterrado (na propriedade)  
 Jogado em terreno baldio ou  Jogado em rio, lago ou mar  
logradouro  
 Outros destinos

**2.2** Há pontos com disposição irregular de resíduos sólidos na sua rua?

- Sim                       Não                       Não sei

## 3. Coleta regular

**3.1** É feita a coleta regular de resíduos sólidos na sua rua:

- Sim                       Não                       Não sei

**3.2** Dias da semana e turno em que é feita a coleta regular:

- a) Segunda     M     V     N    d) Quinta:     M     V     N  
b) Terça:     M     V     N    e) Sexta:     M     V     N  
c) Quarta     M     V     N    f) Sábado:     M     V     N  
g) Não sabe

**3.3** Quais os veículos utilizados na coleta regular:

- Caçamba                       Caminhão Compactador                       Não sei

**3.4** Os transportes utilizados para a coleta regular são adequados:

- Sim                       Não                       Não sei

**3.5** Qual a qualidade do serviço prestado na coleta regular:

- Ótima     Boa     Regular     Ruim     Péssima     Não sabe

**3.6** Qual a qualidade dos serviços realizados pelos profissionais (garis) que trabalham na coleta regular:

Ótima     Boa     Regular     Ruim     Péssima     Não sabe

**3.7** Na sua opinião, a coleta regular de resíduos sólidos é:

Benéfica                       Maléfica                       Indiferente

**3.8** Qual o destino do resíduo coletado pela Prefeitura?

coleta seletiva e aterro sanitário                       compostagem  
 incineração     outros: \_\_\_\_\_  
 Lixão do Jangurussu

#### 4. Coleta seletiva

**4.1** É feita a coleta seletiva de resíduos sólidos na sua rua:

Sim                                       Não                                       Não sei

**4.2** O Sr.(a) separa os resíduos em sua casa:

Sim     Não

**4.3** No caso afirmativo, o Sr.(a) separa os resíduos em quantas partes:

seco e úmido  
 2 secos: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.  
 3 secos: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.  
 4 secos: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.

**4.4** Dias da semana e turno em que é feita a coleta seletiva:

a) Segunda     M     V     N                      d) Quinta:     M     V     N  
b) Terça:         M     V     N                      e) Sexta:         M     V     N  
c) Quarta         M     V     N                      f) Sábado:         M     V     N  
g) Não sabe

**4.5** Os dias e os turnos são adequados para a coleta de matérias recicláveis:

Sim                                       Não                                       Não sei

**4.6** Quais os dias e turnos que seriam adequados para a coleta seletiva:

a) Segunda     M     V     N                      d) Quinta:     M     V     N  
b) Terça:         M     V     N                      e) Sexta:         M     V     N  
c) Quarta         M     V     N                      f) Sábado:         M     V     N  
g) Não sabe

**4.7** Quais os veículos utilizados na coleta seletiva:

- Carrinho tração manual     Carroça de tração animal     Caminhão  
 Não sei

**4.8** Os transportes utilizados para a coleta seletiva são adequados:

- Sim                                     Não                                     Não sei

**4.9** Qual a qualidade do serviço prestado na coleta seletiva:

- Ótima     Boa     Regular     Ruim     Péssima     Não sabe

**4.10** Qual a qualidade dos serviços realizados pelos profissionais (catadores) que trabalham na coleta seletiva:

- Ótima     Boa     Regular     Ruim     Péssima     Não sabe

**4.11** Na sua opinião, a coleta seletiva de resíduos sólidos é:

- Benéfica                                     Maléfica                                     Indiferente

**4.12** O Sr.(a) reutiliza parte do resíduo produzido, tais como:

- Sacola plástica                     Latas                                     Resto de comida para adubação  
 Garrafas descartáveis     Jornal/papel/papelão  
 Potes plásticos                     Vidros de conservação

**4.13** Existem recipientes adequados e separados por cores, tamanhos e/ou formas no(a):

- a) Prédio onde o Sr.(a) mora:                                     Sim     Não     Não sei  
b) Casa onde o Sr.(a) mora:                                     Sim     Não     Não sei  
c) Rua onde o Sr.(a) mora:                                     Sim     Não     Não sei  
d) Praça onde o Sr.(a) mora:                                     Sim     Não     Não sei  
e) Escola que o Sr.(a) e/ou filhos frequentam:                                     Sim     Não     Não sei  
f) Comércio ou empresa onde trabalha:                                     Sim     Não     Não sei  
g) Bairro onde o Sr.(a) mora:                                     Sim     Não     Não sei

**4.14** Caso não participe, qual a principal dificuldade para não realizar a pré-coleta de resíduos em sua residência:

- Não recompensa financeiramente                                     Falta incentivo  
 Não me interessa                                     Falta treinamento  
 Muito trabalhoso                                     Trabalha fora  
 Não tem tempo                                     Outros: \_\_\_\_\_

## 5. *Ecopontos*



**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AO PRESIDENTE DA ASCAJAN**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC  
 CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL –  
 POSDEHA

**INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS****Presidentes das Cooperativas / Associações**

**Entrevistador:** \_\_\_\_\_ **Data da entrevista:** \_\_\_\_\_

*1. Identificação: Cooperativa/Associação:* \_\_\_\_\_

**1.1** Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_

Como gosta de ser chamado: \_\_\_\_\_

**1.2** Idade: \_\_\_\_\_

**1.3** Sexo:

( ) Feminino

( ) Masculino

**1.4** Cargo que ocupa na Associação: \_\_\_\_\_

*2. Associação*

**2.1** Quando e como surgiu a associação?

---



---



---

**2.2** Quem fundou a associação?

---



---

**2.3** Quantos catadores há na associação?

---

*3. Coleta*

**3.1** Quais os bairros atendidos pela Associação?

---



---



---

**3.2** Quais são as empresas que participam da coleta seletiva da Associação e com quais materiais elas colaboram?

Empresas	Materiais Coletados

**3.3** Que tipo de material coleta e por quanto vende:

- ( ) Alumínio Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Cobre Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Ferro Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Papel Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Papelão Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Vidro Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Plástico mole Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Plástico duro Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Plástico PVC Valor do Kg: \_\_\_\_\_
- ( ) Plástico PET Valor do Kg: \_\_\_\_\_

**3.4** Para quem a associação vende o material?

- ( ) Sucateiro Nome: \_\_\_\_\_
- ( ) Atravessadores Nome: \_\_\_\_\_
- ( ) Indústria Recicladora Nome: \_\_\_\_\_

#### 4. Recursos

**4.1** A associação recebe algum recurso financeiro ou material da Prefeitura Municipal de Fortaleza ou de outra instituição? Se sim, quais?

---



---

---



---

### 5. Equipamentos

**5.1** Quais os equipamentos que a Associação dispõe para desenvolver suas atividades?

---



---



---

**5.2** Quais equipamentos a Associação necessita para desempenhar suas atividades?

---



---



---

**5.3** A associação dispõe de recursos para investir em equipamentos?

---

### 6. Materiais Coletados

**6.1** Qual a quantidade de material passível de reciclagem foi coletado no ano de 2019?

Materiais	Quantidade
Papel/Papelão	
Plástico	
Metal	
Vidro	
Borracha	
Total	

**6.2** Qual a quantidade de material reciclado foi comercializado no ano de 2019?

Materiais	Quantidade
Papel/papelão	
Plástico	
Metal	
Vidro	
Borracha	
Total	



*7. Consumo de recursos no galpão e no transporte***7.1** Qual foi o consumo de água, energia e diesel no ano de 2019 no galpão?

Recursos	Consumo	Valor
Água (m <sup>3</sup> )		
Energia Elétrica (kwh)		
Diesel (L)		
Diesel (L) veículos		

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS CATADORES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL –  
POSDEHA



### INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

#### Catadores das Cooperativas / Associações

**Entrevistador:** \_\_\_\_\_ **Data da entrevista:** \_\_\_\_\_

*1. Identificação: Cooperativa/Associação:* \_\_\_\_\_

**1.1 Nome do entrevistado:** \_\_\_\_\_

Como gosta de ser chamado: \_\_\_\_\_

**1.2 Idade:** \_\_\_\_\_

**1.3 Sexo:**

Feminino

Masculino

**1.4 Cor/raça:**

Branca

Preta

Parda

Amarela

Indígena

Sem declarar

**1.5 Naturalidade:** \_\_\_\_\_

**1.6 Tem documentos:**

Sim

Não

Quais (especificar abaixo)

Certidão de nascimento

CPF

Título

Carteira de identidade

Carteira de trabalho

Outro \_\_\_\_\_

**1.7 Onde mora?**

Nas proximidades do aterro

Bairro / comunidade: \_\_\_\_\_

Outra cidade: \_\_\_\_\_

**1.8 Faixa etária (idade):**

menor de 18 anos

37 a 45 anos

mais de 63 anos

18 a 27 anos

46 a 54 anos

28 a 36 anos

55 a 63 anos

**1.9** Números de dependentes 0 a 3 7 a 9 4 a 6 mais de 9**1.10** Números de filhos: 0 5 a 8 1 a 4 mais de 8**2. Escolaridade****2.1** Estuda: Sim Não**2.2** Nível de escolaridade: Analfabeto Ensino fundamental completo Alfabetizado Ensino médio incompleto Ensino fundamental incompleto Ensino médio completo**3. Trabalho****3.1** Há quanto tempo trabalha na catação: \_\_\_\_\_**3.2** Tempo de trabalho na associação/cooperativa: \_\_\_\_\_**3.3** Faz parte de algum sindicato de catadores: \_\_\_\_\_**3.4** Qual o nome do sindicato? \_\_\_\_\_**3.5** Qual era sua ocupação antes de fazer parte da associação /cooperativa? \_\_\_\_\_**3.6** Qual atividade você realiza na associação/cooperativa? \_\_\_\_\_**3.7** Quantas horas por dia trabalha na catação? \_\_\_\_\_**3.8** Quantos dias por semana? \_\_\_\_\_**3.9** Por que trabalha na catação? Desemprego Complementar renda da família Sem qualificação para outro trabalho Outro: \_\_\_\_\_**3.10** Quais as vantagens em fazer parte de uma associação/cooperativa?\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_**3.11** Quais os problemas da associação/cooperativa?\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**3.12** Há reuniões na associação/cooperativa:

Sim  Não

**3.13** Você participa das reuniões da associação/cooperativa:

Sim  Não

**3.14** Há votação para tomada de decisões sobre a associação/cooperativa:

Sim  Não

**3.15** Há corrupção na associação?

Sim  Não

**3.15.1** Quais os indícios: \_\_\_\_\_

**3.16** Que tipo de material coleta e por quanto vende:

Alumínio Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Cobre Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Ferro Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Papel Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Papelão Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Vidro Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Plástico mole Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Plástico duro Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Plástico PVC Valor do Kg: \_\_\_\_\_

Plástico PET Valor do Kg: \_\_\_\_\_

**3.17** Para quem vendo o material?

Sucateiro Nome: \_\_\_\_\_

Atravessadores Nome: \_\_\_\_\_

**3.18** Cata como:

Autônomo  Associado  Cooperado  Empregado

**3.19** Tem equipamento de proteção individual (EPI)?

Sim  Não

**3.19.1** Se sim, usa EPI durante o trabalho?

Sim  Não

**3.19.2** Que tipo de EPI?

Luvas  Óculos

Bota  Boné

( ) Farda ( ) Outros: \_\_\_\_\_

**3.20** Quanto ganha por semana com a catação? \_\_\_\_\_

**3.21** Já teve outro trabalho?

( ) Sim ( ) Não

Quais? \_\_\_\_\_

**3.22** Tem conhecimento do seu trabalho com educação ambiental?

( ) Sim ( ) Não

**3.23** Como é melhor trabalhar?

( ) Catador autônomo ( ) Catador associado e/ou cooperado

**3.24** Tem conhecimento do código brasileiro de ocupação (CBO) do catador?

( ) Sim ( ) Não

#### 4. Situação Familiar

**4.1** Têm familiares trabalhando na catação?

( ) Sim ( ) Não

**4.1.1** Quem?

( ) Pai ( ) Mãe ( ) Filhos ( ) Irmãos ( ) parentes

**4.2** Tem filhos menores trabalhando na catação?

( ) Sim ( ) Não

**4.3** Eles estudam?

( ) Sim ( ) Não

**4.4** Sua família recebe bolsa família?

( ) Sim ( ) Não

**4.4.1** Sua família recebe outro programa do governo?

( ) Sim ( ) Não Qual: \_\_\_\_\_

**4.5** Paga sua Previdência Social (INSS)?

( ) Sim ( ) Não

**4.5.1** Gostaria de pagar?

( ) Sim ( ) Não

**4.6** Qual é a renda da família:

( ) até um salário mínimo ( ) 2 a 3 salários mínimos

( ) de 1 a 2 salários mínimos ( ) mais de 3 salários mínimos

**4.7** Tem pessoa com deficiência/idoso na família?

Sim  Não

**4.7.1** Se sim, recebe benefício do INSS (BPC)?

Sim  Não

**5. Saúde**

**5.1** Apresenta algum problema de saúde?

Sim  Não

**5.1.1** Se sim, qual:

Dores articulares  Dores nas pernas  Outras: \_\_\_\_\_  
 Dores na coluna  Alergia

**5.2** Já contraiu alguma doença devido ao trabalho na catação?

Sim  Não

**5.2.1** Tipo:

<input type="checkbox"/> desconforto térmico (calor e frio)	<input type="checkbox"/> esmagamento de membros na prensa mecânica
<input type="checkbox"/> cortes ou perfurações	<input type="checkbox"/> perda auditiva
<input type="checkbox"/> umidade do ambiente	<input type="checkbox"/> intoxicação por gases asfixiantes
<input type="checkbox"/> intoxicação aguda ou crônica	<input type="checkbox"/> doenças transmitida por macro e micro vetores

**5.3** Quais vacinas que já tomou por trabalhar na catação?

Tétano  Hepatite  Nunca tomou  
 Outra(s), qual(is)? \_\_\_\_\_

**6. Moradia**

**6.1** A moradia é:

Própria  Financiada  Alugada  Cedida  
 Outro: \_\_\_\_\_

**6.2** A sua casa é feita de:

Tijolo  Taipa  Madeira  Papelão  Outros: \_\_\_\_\_

**6.3** A sua casa possui:

Energia elétrica clandestina  Rede de esgoto – CAGECE

- Energia ligada pela ENEL                       Fossa  
 Água tratada – CAGECE                       Esgoto a céu aberto  
 Banheiro

*7. Quais as dificuldades enfrentadas para a realização do seu trabalho?*

---

---

---

## ANEXO A – CERTIDÃO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO CICLO DE VIDA DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES/COMERCIAIS NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE, BRASIL. ESTUDO DE CASO: SER VI.

**Pesquisador:** Hozana Raquel de Medeiros Garcia

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 18657719.9.0000.5054

**Instituição Proponente:** Universidade Federal do Ceará/ PROPESQ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.511.910

#### Apresentação do Projeto:

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar a sustentabilidade do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais na Secretaria

Executiva Regional (SER) VI, no município de Fortaleza/CE, Brasil, sob o enfoque ambiental, econômico e social, no ano de 2018-2019. Para tanto,

será avaliado a adesão da população e dos grandes geradores de resíduos sólidos ao programa de coleta seletiva na SER VI, traçando seu perfil

socioeconômico; e a descrição e análise das atividades desempenhadas pelos catadores nas associações cadastradas que possuem instalações

nessa regional. As informações, necessárias a pesquisa, serão adquiridas a partir dos questionários aplicados a população que reside na regional

estudada, aos grandes geradores que contribuem com a coleta seletiva realizada pelas associações e aos catadores cadastrados nas associações

localizadas na regional VI. A partir dos resultados desta pesquisa espera-se contribuir para melhorar a qualidade de vida dos catadores e suas

condições de trabalho; identificar as deficiências do Programa de Gestão de Resíduos Sólidos na prestação de serviço socioambiental a população;

propor medidas de incentivo para o aumento na adesão da comunidade a Coleta Seletiva; entre

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**CEP:** 60.430-275

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br



UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 3.511.910

outros benefícios.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Avaliar a sustentabilidade do ciclo de vida da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais na Secretaria Executiva Regional (SER) VI, no município de Fortaleza/CE, Brasil, sob o enfoque ambiental, econômico e social, no ano de 2018-2019.

Objetivo Secundário:

- Avaliar o Ciclo de Vida (ACV) da gestão de resíduos sólidos domiciliares/comerciais (RSDC) na SER VI, no município de Fortaleza/CE, Brasil, seguindo as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ISO 14.040/2014.
- Analisar o Custo do Ciclo de Vida (CCV) da gestão de RSDC na regional VI no município estudado.
- Definir indicadores sociais e metodologia para calculá-los, na perspectiva de serem aplicados para a Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS) de um sistema de gestão de RSDC, considerando os diferentes agentes: população, catadores, atravessadores, empresários e governo.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos:

A pesquisa pode gerar nos participantes (população e catadores) possíveis desconfortos no momento de responder a determinadas perguntas, sobretudo, aquelas referentes à renda da sua família, cor, faixa etária e escolaridade.

Benefícios:

Os benefícios previstos com a presente pesquisa são: contribuir para melhorar a qualidade de vida dos catadores e suas condições de trabalho, a partir dos resultados avaliados e apresentados pelo estudo; identificar as deficiências do Programa de gestão de resíduos sólidos na prestação de serviços socioambientais a população; propor medidas de incentivo para o aumento na adesão da comunidade a Coleta Seletiva; entre outros benefícios.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto apresentado está de acordo com todos os requisitos necessários a aplicação no universo

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

Continuação do Parecer: 3.511.910

amostral indicado, incluindo os instrumentos de coleta e as amarrações para o tratamento de dados, desenhados na versão completa. Apenas se faz uma ressalva quanto ao detalhamento excessivo de informações - como perguntas ao público alvo (usuários e catadores) que a própria pesquisadora admite poder proporcionar "desconforto" na execução da resposta. Faremos uma sugestão no sentido de qualificar como "opcional" as questões que possam indicar (no plano documental e financeiro, especialmente) esse desconforto.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos estão corretos, atendendo às exigências da tramitação.

**Recomendações:**

REPETINDO AS CONSIDERAÇÕES...FAZEMOS uma sugestão no sentido de qualificar como "opcional" as questões que possam indicar (no plano documental e financeiro, especialmente) esse desconforto.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Sem pendências ou inadequações

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1241499.pdf	14/06/2019 09:53:27		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO.pdf	14/06/2019 09:52:43	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_USUARIO.pdf	14/06/2019 09:45:09	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_CATADORES.pdf	14/06/2019 09:44:37	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Outros	CARTA_APRECIACAO.jpg	14/06/2019 09:42:12	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Outros	CURRICULUM_LATTES.pdf	14/06/2019 09:41:09	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO.pdf	14/06/2019 09:34:44	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Orçamento	DECLARACAO_ORCAMENTO.jpg	14/06/2019 09:34:10	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 3.511.910

Cronograma	CRONOGRAMA_DETALHADO.pdf	14/06/2019 09:33:18	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO.pdf	17/04/2019 11:49:51	Hozana Raquel de Medeiros Garcia	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 16 de Agosto de 2019

---

**Assinado por:**

**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))