



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM
ESTUDO DE CASO DA COLETA SELETIVA DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Augusto Tardelli de Andrade

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador(es): Heitor Mansur Caulliraux
Claudio Fernando Mahler

Rio de Janeiro
Março de 2014

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM
ESTUDO DE CASO DA COLETA SELETIVA DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Augusto Tardelli de Andrade

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Heitor Mansur Caulliraux, D.Sc.

Prof. Mario Cesar Rodríguez Vidal, Dr. Ing.

Prof. Claudio Fernando Mahler, D.Sc.

Profa. Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, D.Sc.

Eng. Marcelo Araújo Guimarães, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2014

Andrade, Eduardo Augusto Tardelli de

Avaliação do ciclo de vida na gestão de resíduos sólidos: Um estudo de caso da coleta seletiva do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro / Eduardo Augusto Tardelli de Andrade – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

XVIII, 171 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Heitor Mansur Caulliraux

Claudio Fernando Mahler

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 123 – 131.

1. Gestão de Resíduos Sólidos. 2. Avaliação de Ciclo de Vida. 3. Universidade Federal. I. Caulliraux, Heitor Mansur *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Geraldo e Rosangela, e a minha esposa,
Michelly, meus grandes incentivadores nessa conquista.

AGRADECIMENTOS

Sem dúvidas alguma a Deus, que através dos meus guias e mentores espirituais, se mostrou presente, orientando o caminho e não me permitindo desistir.

Aos meus pais, pelo exemplo de vida, superação e dedicação à família.

Aos meus irmãos, Isabela e Guilherme, que depositam em mim confiança e um carinho que me fortalecem.

A minha linda e companheira esposa, que escolhi para estar comigo em todos os momentos da minha vida.

A enorme família Seabra da Silva, que me acolheu como um filho, estando sempre presente no meu dia-a-dia. Beto e Célia, muito obrigado por tudo, não tenho palavras para descrever tamanho carinho.

A nossa FLAmília, irmãos, mais que Queridos, amados, que desejo manter até os últimos dias dessa história. Dani, Carrara e Manu; Vitor, Georgia e Bernardo; e Mari.

Ao amigo/irmão Alain Carelli, que me trouxe pro GPI, pra vida de mestrando, me incentivou, apoiou e que se preocupou comigo quando a “cri\$e” chegou... A vitória é minha e sua!

Ao 3Gerações, amigos desde os primeiros dias de vida, sempre na torcida e na oração! Famílias Loureiro Simões, Mendes Zidan e Viana Manzano.

A minha prima, Regina de Jesus, que esqueci de convidar pra minha defesa, mas que me tem carinhosamente em seu coração e torcia demais por essa conquista

Ao Marcão, amigo, dessa e de outras vidas, que vivenciou intensamente a reta final dessa conquista e se tornou uma referência de pessoa e cultura.

Ao professor Heitor, orientador, referência acadêmica, criador do GPI e propulsor de talentos. Valeu “Chefia”.

Ao professor Mahler, por ter me recebido como orientando e ter se transformado em um amigo de verdade.

Aos professores do GPI, Adriano (AP), Renato (Cameira) e Vinícius (Vina). Obrigado

pelo acolhimento, pelos ensinamentos, pelo suporte, pela oportunidade de fazer parte dessa equipe durante quatro anos e, nesse período, ter passado pela maior evolução profissional da minha vida.

Aos alunos do GPI, pela troca de experiências e excelente período de convivência, principalmente ao mais de maior convívio: Guido, Navarro, Jesus, Thaís, Raquel, Ana Beatriz, Cadu, Marianas, Virgínia, Maria Clara, Letícia, Treistman, Samir, Matheus e Guilherme.

Para equipe administrativa do GPI, nós alunos sabemos o quanto vocês são importantes! Sandra, Bruna, Isa, ITBureau (Pinheiro, Daniel, Uriel, entre outros), “Seu” Antônio e Alessandra.

Ao conselheiro (verdadeiro enviado de Deus) Marcelo Araújo e a solícita Profa Elen Pacheco, pelas críticas e sugestões de grande valor.

Aos amigos orientandos do professor Mahler, em especial a Rosa, Guião e Juliana Rose, pelas aulas divididas, pelo suporte e pelas ideias desenvolvidas.

Ao GETRES e a equipe da Geotecnia, pela infraestrutura concedida.

A UFRJ, ao Centro de Tecnologia e ao Recicla CT pelo acesso e disponibilidade para o desenvolvimento da minha pesquisa.

A CAPES, pela bolsa de pesquisa.

Ao Programa de Engenharia de Produção e todos que fazem do PEP UFRJ uma referência positiva entre os programas de pós-graduação do cenário brasileiro.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM ESTUDO DE CASO DA COLETA SELETIVA DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Augusto Tardelli de Andrade

Março/2014

Orientador(es): Heitor Mansur Caulliraux

Claudio Fernando Mahler

Programa: Engenharia de Produção

Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é um conceito ainda em expansão, mas que pode ser considerado, atualmente, o principal método para medição de desempenho ambiental. Com o objetivo de auxiliar o Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Rio de Janeiro no caminho da redução dos impactos ambientais, a presente pesquisa aplicou a metodologia de ACV com auxílio do software EASEWASTE, desenvolvido na Universidade Tecnológica da Dinamarca especificamente para estudos de ACV com foco na Gestão de Resíduos Sólidos (GRS). A partir da análise do processo e dos resíduos gerados no CT e, considerando a base de dados padrão europeia do *software*, foram construídos e avaliados três diferentes cenários. O primeiro retratando a gestão atual como ela é. O segundo, otimista, considerando a máxima eficiência do programa de coleta seletiva e triagem. O terceiro, pessimista, considerando a não ocorrência de coleta seletiva e triagem. Ao final, comparando os cenários, concluiu-se que o atual programa de coleta seletiva realizado no CT é responsável pela redução de 15% nos impactos ambientais, normalizados, relacionados à GRS.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

LIFE CYCLE ASSESSMENT IN SOLID WASTE MANAGEMENT: A CASE
STUDY OF SORTING COLLECTION OF TECHNOLOGY CENTER OF FEDERAL
UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

Eduardo Augusto Tardelli de Andrade

March/2014

Advisors: Heitor Mansur Caulliraux

Claudio Fernando Mahler

Department: Industrial Engineering

Life Cycle Assessment (LCA) can be considered as a concept in expansion, but it originally intended to be a methodology developed to address impacts on the environmental dimension. Aiming to assist the Technology Center (TC) of the Federal University of Rio de Janeiro in the way of reducing environmental impacts, this research adopted EASEWASTE as a tool for consolidating and analyzing the collected data. This software was developed at the Technical University of Denmark, specifically for LCA studies, focusing on Solid Waste Management (SWM). From the analysis of the process and waste generated in TC, considering the software's standard European data base, three different scenarios were constructed and evaluated. The first one, depicting the current administration, as it really is; the second, an optimistic view, considering the maximum efficiency of the selective collection and sorting program; the third, a pessimistic view, in which was considered the non-occurrence of selective collection and sorting. As the result, using only fictional scenarios as parameters, this research concluded that the actual sorting collection program, conducted in TC, is responsible for 15% reduction in environmental impact of GRS.

SUMÁRIO

1.	Introdução	1
1.1	Objetivos de pesquisa e questões a serem abordadas	3
1.1.1	Objetivo principal	3
1.1.2	Objetivos Específicos	4
1.2	Estrutura do documento	4
2.	Revisão Bibliográfica	5
2.1	A história dos resíduos sólidos a partir dos hábitos da humanidade.....	5
2.2	A Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (GRS)	7
2.3	A Gestão de Resíduos sólidos em Universidades Federais	13
2.4	As principais opções na gestão de resíduos	18
2.4.1	A redução da geração.....	18
2.4.2	A reciclagem	22
2.4.3	Tratamento Mecânico Biológico (TMB)	23
2.4.4	Compostagem	25
2.4.5	A Incineração com recuperação energética	27
2.4.6	Os aterros	29
2.5	A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e a Gestão de Resíduos Sólidos (GRS)	32
2.5.1	A origem	32
2.5.2	Criticas	35
2.5.3	O estado da arte	36
2.5.4	Onde aplicar a ACV?.....	37
2.5.5	O conceito do método	38
2.5.6	As Fases	39
2.6	Os Softwares e o EASEWASTE.....	49

3.	Metodologia da Pesquisa	53
3.1	Exploração do tema e a Definição do objeto	54
3.2	Mapeamento da literatura	55
3.3	Pesquisa de Campo e Aplicação da ACV	59
4.	A Aplicação Avaliação de Ciclo de Vida.....	60
4.1	A Área de Estudo	60
4.1.1	A GRS no CT-UFRJ	61
4.2	Objetivo da aplicação da ACV no CT-UFRJ.....	63
4.3	Definição do Escopo da Pesquisa	63
4.3.1	Unidade funcional.....	63
4.3.2	O Diagrama de Fluxo e as Fronteiras do Sistema.....	63
4.4	Inventário do Ciclo de Vida (ICV)	67
4.4.1	Coleta de dados	71
4.4.2	Caracterização dos resíduos nos coletores seletivos (coloridos)	71
4.4.3	Caracterização dos resíduos comuns do CT-UFRJ	77
4.4.4	Dados exclusivos do fluxo de resíduos recicláveis.....	90
4.4.5	Dados exclusivos dos resíduos destinados ao aterro sanitário.....	92
4.4.6	Procedimentos de cálculo do ICV	92
4.5	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)	104
4.6	Interpretação do Ciclo de Vida	110
4.6.1	Questões significativas com base nos resultados.....	110
4.6.2	Avaliação do estudo, completude, consistência e limitações.	117
5.	Observações finais, Conclusões e recomendações	120
6.	Referências Bibliográficas.....	123
	Apêndice A – Resumo da análise dos resíduos do CT-UFRJ.....	132
	Apêndice B – Dados dos coletores do Recicla CT	134
	Apêndice C – Tecnologias de tratamento adotadas	135

Apêndice D – Resultados do ICV	136
Apêndice E – Resultados AICV	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Crescimento populacional mundial, 1950-2050. Fonte: Adaptado de Population Reference Bureau (2012).	8
Figura 2 - Desenvolvimento da gestão de resíduos na União Europeia entre 1995 e 2010. Fonte: Adaptado de EEA, 2012.	10
Figura 3 - Resíduos urbanos tratados em 2009 por tipo de tratamento por país europeu. Fonte: Adaptado de EC, 2011.	10
Figura 4 - GRSU nos EUA. Fonte: Adaptado de EPA, 2011.	12
Figura 5 - Exemplo de consumo de alimentos para uma semana de uma família alemã. Fonte: Menzel e D'Aluision (2007).	19
Figura 6 - Exemplo de consumo de alimentos para uma semana de uma família rural equatoriana. Fonte: Menzel e D'Aluision (2007).	19
Figura 7 - Composição Gravimétrica dos RSU no Brasil. Fonte: ABRELPE (2011).	22
Figura 8 - Etapas funcionais dentro de uma planta de TMB. Fonte: Münnich (2002). ...	24
Figura 9 - Planta tipo bacia com aeração forçada por tubulação (espanha). Fonte: Diaz (2011)	26
Figura 10 - Vista longitudinal de uma planta de incineração de resíduos com recuperação energética. Fonte: Adaptação de Billitewisk (2011)	28
Figura 11 - Corte esquemático da CTR Sata Rosa. Fonte: Ciclus (2013).	31
Figura 12 - Estrutura de um ACV. Fonte: Adaptado de EC (2010) e ABNT (2009a) ...	38
Figura 13 - Diagrama de Fluxo do ciclo de vida de uma embalagem.	41
Figura 14 - Diagrama de Fluxo e as Fronteiras de um sistema genérico.	42
Figura 15 - Exemplo de Unidade de Processo Multifuncional.	43
Figura 16 - Síntese da Execução do ICV. Fonte: Adaptado de Baumann e Tillman (2004)	44
Figura 17 - Estrutura sistêmica conceitual do EASEWASTE. Fonte: Adaptado de DTU (2012)	51
Figura 18 - Rotinas de tratamento no EASEWASTE. Fonte: Adaptado de DTU (2012)	52
Figura 19 - Etapas da Pesquisa.	53
Figura 20 - Centro de Tecnologia localizado na cidade universitária da ufrj.	60
Figura 21 - Diagrama de Fluxo da gestão de resíduos no CT-UFRJ.	64
Figura 22 - Dados de entrada do sistema.	66

Figura 23 - Unidade de processo, <i>inputs e outputs</i>	69
Figura 24 - Carrinho para transporte dos resíduos no CT-UFRJ.....	70
Figura 25 - Kit de Coletores de 60 litros, corredor interno.	72
Figura 26 - Disposição dos coletores externos no térreo dos blocos do CT-UFRJ.....	72
Figura 27 - Disposição dos coletores externos no segundo andar dos blocos do CT-UFRJ.....	73
Figura 28 - Disposição dos coletores internos no térreo dos blocos do CT-UFRJ.....	73
Figura 29 - Disposição dos coletores internos no segundo andar dos blocos do CT-UFRJ	74
Figura 30 - Instrução de utilização dos coletores	76
Figura 31 - Caçambas de depósito de resíduos Sólidos do CT-UFRJ.....	78
Figura 32 - Resumo do Método da análise gravimétrica dos resíduos comuns	79
Figura 33 - Resíduos misturados na caçamba	80
Figura 34 - Estrutura para quarteamento	80
Figura 35 - Método alternativo para caracterização dos resíduos comuns.....	82
Figura 36 - Área de separação e análise dos resíduos comuns.....	83
Figura 37 - Amostras de resíduos do CT-UFRJ	84
Figura 38 - Balanço dos Materiais.....	103
Figura 39 - Gráfico comparativo da AICV Normalizada.....	111
Figura 40 - Eficiência na coleta seletiva excluindo a parcela de orgânicos.	112
Figura 41 - Composição dos resíduos do CT UFRJ.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.....	7
Tabela 2 - População e GRSU por blocos econômicos	9
Tabela 3 - Exemplos de Termos. Fonte: ABNT (2009b)	48
Tabela 4 - Relação de dados por unidade de processos.....	67
Tabela 5 - Padrão de segregação de resíduos recicláveis do Recicla CT.	68
Tabela 6 - Classificação quanto ao perfil orgânico e a origem dos resíduos.....	83
Tabela 7 - Padrão de segregação do Recicla CT.	85
Tabela 8 - Componentes dos RSU. Fonte: COMLURB (2005).	85
Tabela 9 - regra de separação utilizada.	86
Tabela 10 - Resumo da pesagem de resíduos por dia.....	87
Tabela 11 - Análise gravimétrica dos resíduos comuns.	88
Tabela 12 - Massa de Resíduos Processados no Centro de Triagem.....	89
Tabela 13 - Total de Resíduos mensurados para o mês de Julho de 2013.	95
Tabela 14 - Resumo da Fase 2 de criação dos cenários.....	99
Tabela 15 - Fase três, Tratamento, Recuperação e Disposição final.	102
Tabela 16 - Comparação dos Potenciais de Impacto dos três cenários.	105
Tabela 17 - Comparação dos Cenários Normalizados.....	107
Tabela 18 - Comparação dos Cenários Ponderados.	109
Tabela 19 - Comparação normalizada dos cenários por fase do ciclo de vida.....	114
Tabela 20 - Total de Impactos referentes ao tratamento dos Resíduos Sólidos.	115
Tabela 21 - Resumos da análise dos resíduos do CT-UFRJ.....	132
Tabela 22 - Dados dos coletores do Recicla CT.....	134
Tabela 23 - Tecnologias de Tratamento Adotadas.	135
Tabela 24 - Resultado ICV (PARTE 01).....	136
Tabela 25 - Resultado ICV (PARTE 02).....	137
Tabela 26 - Resultado ICV (PARTE 03).....	138
Tabela 27 - Resultado ICV (PARTE 04).....	139
Tabela 28 - Resultado ICV (PARTE 05).....	140
Tabela 29 - Resultado ICV (PARTE 06).....	141
Tabela 30 - Resultado ICV (PARTE 07).....	142
Tabela 31 - Resultado ICV (PARTE 08).....	143

Tabela 32 - Resultado ICV (PARTE 09).....	144
Tabela 33 - Resultado ICV (PARTE 10).....	145
Tabela 34 - Resultado ICV (PARTE 11).....	146
Tabela 35 - Impactos Potenciais, Cenário 1, Atual, Por Processo.....	147
Tabela 36 - Normalização, Cenário 1, Atual, Por Processo.	148
Tabela 37 - Ponderação, Cenário 1, Atual, Por Processo.	149
Tabela 38 - Impactos Potenciais, Cenário 2, Máxima Eficiência, Por Processo.	150
Tabela 39 - Normalização, Cenário 2, Máxima Eficiência, Por Processo.....	151
Tabela 40 - Ponderação, Cenário 2, Máxima Eficiência, Por Processo.	152
Tabela 41 - Impactos Potenciais, Cenário 3, Zero Recicla, Por Processo.	153
Tabela 42 - Normalização, Cenário 3, Zero Recicla, Por Processo.....	153
Tabela 43 - Ponderação, Cenário 3, Zero Recicla, Por Processo.	153

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACV - Avaliação de Ciclo de Vida

AICV - Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida

Al - Alumínio

Bq - Becquerel

CEMA - Coordenadoria Especial para Meio Ambiente

COGERE - Comissão de Gerenciamento de Resíduos da

COMLURB - Companhia de limpeza urbana do rio de janeiro

COOPAMA - Cooperativa Popular Amigos do Meio Ambiente

COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

CT - Centro de Tecnologia

CTR Santa Rosa - Central de Tratamento de Resíduos Santa Rosa

Cu - Cobre

EC - European Commission

EEE - Equipamentos eletroeletrônicos

ELCD - European Reference Life Cycle Database

EU27 - União Europeia

Fe - Ferro

EUA - Estados Unidos da América

GEE - Gases do efeito estufa

GETRES - Grupo de Estudos em Tratamento de Resíduos Sólidos

GERESOL - Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos

GRS - Gestão de resíduos sólidos

HCL - ácido clorídrico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICV - Inventário de Ciclo de Vida

IDH - índice de desenvolvimento humano

ILCD - International Reference Life Cycle Data System Handbook

IMA - Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

ISL - Islândia
ISO - *International Organization for Standardization*
kWh - Quilowatt-hora
LCC - *Life Cycle Costing*
LCM - *Life Cycle Management*
LCSM - *Life Cycle Sustainability Management*
MC - Ministério das Cidades
MRI - Midwest Research Institute
MS - Ministério da Saúde
PAGERS - Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PCE - Programa de Conservação de energia e Controle de Resíduos
PEAD - Polietileno de Alta Densidade
PEC - Programa de Engenharia Civil
PEP - Programa de Engenharia de produção
PET - Poli Tereftalato de Etileno
PEV - Pontos de entrega voluntária
PGGR - Plano de Gerenciamento de Resíduos da UFPA
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP - Polipropileno
PPE - Programa de Planejamento Energético
PSAI - Poliestireno de Alto Impacto
PVC - Poli Cloreto de Vinila
RCD - Resíduos de Construção e Demolição
RCT - Resíduos do Centro de Tecnologia
REEE - Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos
REPA - Resource and Environmental Profile Analysis
RSU - Resíduos Sólidos Urbanos
SETAC - Society of Environment Toxicology and Chemistry
SICV Brasil - Inventário de Ciclo de Vida para a Competitividade Ambiental da Indústria Brasileira
SLCA - *Social Life Cycle Assessment*
TMB - Tratamento Mecânico Biológico
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
UFPA - Universidade Federal do Pará

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRJ - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

UFV - Universidade Federal de Viçosa

UGR - Unidade de Gestão de Resíduos

UnB - Universidade de Brasília

1. INTRODUÇÃO

Os cenários econômicos e tecnológicos da gestão de resíduos sólidos não são animadores. O crescimento da economia provoca um efeito em cadeia na maior disponibilidade de renda, maior poder aquisitivo, aumento do consumo e, invariavelmente, aumento dos descartes, doravante resíduos.

Após, aproximadamente vinte anos de tramitação no Congresso Nacional, o projeto de lei 203 de 1991 foi sancionado no dia 10 de agosto de 2010 sob a distinção de Lei 12.305, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010). De acordo com Dantas (2008), a não existência de uma lei deste porte era tida como o maior desafio para o desenvolvimento nacional da gestão de resíduos sólidos (GRS).

Além do desafio apontado por Dantas (2008) a escassez de dados confiáveis pode igualmente ser identificado como outro ponto de fraqueza da GRS no Brasil. Apesar de contestado quanto ao método e por vezes apresentar números contraditórios, o panorama publicado anualmente pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE)¹ relata em números aproximados que, no ano de 2011, apenas 55 dos quase 62 milhões de toneladas de resíduos gerados foram coletados.

Do montante coletado, somente 58% (32.240.520t) teve destinação adequada (ABRELPE, 2011 e 2010). Logo, cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos tiveram destinação ilegal, números que sugerem o quão distante este serviço público está do atendimento à PNRS.

Para a diminuição da defasagem entre o serviço ofertado e aquele tido como ideal, a implementação da PNRS poderá ter um papel relevante em âmbito nacional. A Lei 12.305 (Brasil, 2010) estabelece metas e diretrizes para que estados e municípios, submetidos às responsabilidades previstas pela Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) e nas respectivas Leis Orgânicas Municipais, adequem-se, até o ano de 2014, e pratiquem uma gestão integrada de resíduos sólidos (Brasil, 2010).

¹ Fonte atualizada de dados e que compartilha números oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), contidos na versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012)

Embora a PNRS tenha sido homologada somente em 2010, no âmbito dos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, o Decreto Federal 5.940 (Brasil, 2006) já versava e instituía regras sobre a separação dos resíduos recicláveis.

Em termos gerais, o Decreto 5.940 (Brasil, 2006) exige a implementação, no contexto da administração pública federal, da separação dos resíduos recicláveis descartados. Entre as exigências do referido Decreto, os órgãos e entidades federais devem destinar os resíduos à coleta seletiva solidária, que compreende associações e cooperativas de catadores habilitadas de acordo com o artigo 3º do mesmo Decreto.

Por definição do mesmo Decreto 5.940 (Brasil, 2006), as cooperativas ou associações deverão ser trocadas periodicamente (a cada seis meses) e uma comissão de coleta seletiva deve ser instituída com intuito de implementar e supervisionar a iniciativa. Isto posto, o Governo Federal entende estar, de forma imparcial e transparente, auxiliando a sustentação das organizações legais de catadores de lixo.

Embora a legislação citada estabeleça minimamente regras e orientações para a condução da GRS, a generalização de determinadas diretrizes para um país com dimensões continentais, onde os municípios apresentam diferenças extremas de realidade, pode não ser o caminho ideal para se alcançar os melhores resultados. A variação dos fatores geográficos, econômicos e sociais atua tanto na viabilidade econômica das soluções quanto nos impactos ambientais causados. Assim como é impossível, hoje, viver sem a geração de resíduos, não há soluções de impacto zero.

As Universidades Federais, cada qual inserida em uma diferente realidade municipal, e todas elas alcançadas pela PNRS (Brasil, 2010) e pelo Decreto 5.940 (Brasil, 2006), precisam estar adequadas às regras vigentes, mas preferencialmente, à frente das discussões tecnológicas, cientes e usuárias das melhores práticas. Primeiro, por serem entidades federais e caracterizadas como grandes geradoras de resíduos, segundo, por terem como missão, no caso da UFRJ (2013b) e provavelmente não muito diferente das demais, o objetivo estratégico de

“...proporcionar à sociedade brasileira os meios para dominar, ampliar, cultivar, aplicar e difundir o patrimônio universal do saber humano, capacitando todos os seus integrantes a atuar como força transformadora.” (UFRJ, 2013)

A existência de variadas opções em termos de soluções e tratamento para os resíduos sólidos urbanos (RSU) e as inúmeras combinações possíveis torna a elaboração dos planos de GRS, em suas diferentes esferas, incluindo os grandes geradores, uma tarefa complexa. A definição quanto aos modelos de gestão e as tecnologias a serem adotadas devem passar, em cada município, por complexos processos decisórios envolvendo não só fatores ambientais, como também políticos e econômico-sociais (Finkbeiner, 2011).

Países mais avançados na GRS passaram pelo mesmo contexto brasileiro atual, de dúvidas quanto à forma menos impactante tratar os RSU. Pesquisadores passaram a utilizar e aprimorar o que hoje pode ser considerado um dos principais métodos para medição de desempenho ambiental: Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) (Christensen et al., 2007 e Finkbeiner org., 2011).

Direcionando o foco para a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e especificamente ao Centro de Tecnologia da UFRJ (CT), parte-se do princípio que esta instituição, de acordo com o artigo 20 da PNRS (Brasil, 2010) deverá possuir um plano de GRS próprio, adequado à Lei 12.305/2010 e contemplando obrigatoriamente a coleta seletiva nos moldes do Decreto 5.940 (Brasil, 2006).

Isto posto, propõe-se a aplicação metodológica da Avaliação do Ciclo de Vida para entendimento e discussão do modelo atual de GRS praticado no CT-UFRJ e possíveis alternativas para redução de impactos ambientais.

1.1 OBJETIVOS DE PESQUISA E QUESTÕES A SEREM ABORDADAS

1.1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Através da aplicação da metodologia de ACV, é objetivo da dissertação estimar os impactos causados pelo atual cenário de GRS no CT-UFRJ, confrontando-os com os impactos causados por um cenário pessimista, sem a realização de coleta seletiva, e outro otimista, obtendo a máxima eficiência na coleta seletiva e triagem dos resíduos recicláveis.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mensurar a eficiência do programa de coleta seletiva do CT-UFRJ através da análise de relação entre o quantitativo de material reciclável triado, pela estimativa de resíduos recicláveis gerados dentro da área de abrangência do programa.

Identificar os principais gargalos no processo de coleta seletiva dentro do ambiente universitário do CT, avaliando o sistema de coleta e destinação de resíduos sólidos com base no ambiente universitário estudado.

Através do cálculo dos impactos ambientais do atual modelo de gestão de resíduos do CT-UFRJ, quantificar as oportunidades de melhoria (diminuição de impactos) através do aumento da eficiência e eficácia da coleta seletiva.

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O documento está estruturado da seguinte forma: o primeiro capítulo faz uma breve contextualização sobre o tema, destacando a publicação da PNRS e implicações no ambiente universitário federal. O capítulo prossegue comentando sobre a GRS nos países mais avançados e como a metodologia de ACV está sendo aplicada nesse contexto. No mesmo capítulo, ainda são explicitados o objeto e objetivos da dissertação.

Em seguida, são apresentados os conceitos e tecnologias relacionadas à GRS e ACV. O terceiro capítulo começa com a descrição da metodologia utilizada pela pesquisa e indica que há um aprofundamento metodológico, subsequente, de etapas ligadas a aplicação da ACV. Adiante, descreve-se um breve relato sobre a imersão do autor nos temas abordados e a forma como foi realizada parte do mapeamento da literatura sobre os assuntos trabalhados.

O quarto capítulo contempla a aplicação propriamente dita da ACV e o detalhamento, inclusive metodológico, das fases. No capítulo seguinte, o quinto, verificam-se as conclusões a partir da interpretação do estudo e sugestões do autor, tanto no âmbito da complementariedade de estudos, quanto na execução de ações práticas de gestão para redução de impactos ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A HISTÓRIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS A PARTIR DOS HÁBITOS DA HUMANIDADE

A PNRS define resíduo como, “...todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade...” (Brasil, 2010). A partir da definição oficial é possível afirmar que a relação da espécie humana com o lixo – termo de uso coloquial para resíduos – está diretamente relacionada com o desenvolvimento tecnológico e as mudanças de hábito na história da sociedade humana.

Nos primórdios da história da humanidade, o homem vivia em pequenos grupos nômades. Extraía da natureza o necessário para sobrevivência através da caça e da coleta. A natureza era capaz de tratar o volume de resíduos produzidos, constituídos em sua maioria por: carcaças de animais, ossos, lascas de pedra, madeira e dejetos humanos. Embalagens não eram necessárias uma vez que o consumo era imediato. Em resumo, a cultura nômade não permitia grandes acúmulos e diminuía o contato prolongado entre o homem e seus dejetos (Brown e Lofrano, 2010).

Com o passar dos tempos, esses agrupamentos cresceram, iniciaram assentamentos permanentes e adotaram um modo de vida agrário. Na medida em que o odor dos restos de comida e dos excrementos humanos tornava-se um problema – fora o mal estar natural, os odores eram um forte atrativo para outros animais, muitos indesejados – os resíduos passaram a ser dispostos em locais afastados das moradias ou enterrados em fossas.

Por falta de registro desse período da humanidade, não há como precisar, mas é factível imaginar o surgimento dos primeiros problemas de saúde pública relacionados aos dejetos humanos. Ainda assim, os processos naturais de decomposição eram capazes de absorver o volume de resíduo gerado.

Ainda na era primitiva, registra-se outra relevante mudança de hábito com forte presença nas contemporâneas discussões sobre gestão de impactos ambientais, a utilização de embalagens e recipientes para armazenamento. Diferente das atuais, as primeiras embalagens eram feitas com fibras naturais e barro. Fundamentalmente utilizadas na armazenagem e transporte de alimentos.

Culturas diferentes ao redor do mundo já criavam inúmeras soluções, a princípio naturais, para suprir necessidades humanas. O desenvolvimento tecnológico avançou e o papel surgiu por volta do primeiro e segundo séculos A.C., tornando-se uma opção flexível para embalagem de alimentos (Vaughn, 2009).

Mil e quinhentos anos depois, ainda sob primitiva técnica de produção, o papel continuava sendo um material escasso. As sacas de juta, levadas pelos próprios consumidores, eram os principais utensílios no transporte dos bens adquiridos. De acordo com Vaughn (2009), o período supracitado ainda se qualificava por raro desperdício e baixo volume de descartes.

A partir do século XIX, a história das embalagens torna-se mais intensa. O vidro cujo conhecimento tecnológico de produção data de 1500 AC, passa a ser produzido em larga escala graças a máquinas automáticas. As latas de metal, as quais já existiam desde o século XIV, começam a ser utilizadas para armazenagem de alimentos. No mesmo século, porém algumas décadas antes, ocorre o advento das sacolas de papel. Estas evoluem, ganham forma, resistência e no início do século XX, já com cordas transpassadas servindo de alças, são capazes de transportar aproximadamente 34 kg. (Vaughn, 2009).

Em meados do século XX o homem começa a dominar os polímeros. Sacolas plásticas passam a ser utilizadas de diferentes formas, substituindo amplamente àquelas feitas de papel. O poli tereftalato de etileno – popular PET – foi introduzido no mercado pela indústria de bebidas na década de 1970. Desde então, é o polímero de maior consumo pela indústria de embalagens.

A síntese da história da geração de resíduos vista pela ótica das embalagens é apenas uma forma de contextualizar essa pesquisa. A natureza não é, há alguns séculos, capaz de biodegradar e absorver, sem maiores impactos, o perfil dos resíduos gerados pelo ser humano. É de conhecimento comum a existência de diversos tipos e classes de resíduos, muitos deles perigosos², e que, ao longo do tempo tornaram-se cotidianos. A Tabela 1 apresenta uma estimativa da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.

² NBR 10004 (2004)

TABELA 1 - ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS NO BRASIL EM 2008

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)	Quantidade (t/ano)
Material reciclável	31,9	58.527,40	17.715.487,00
Metais	2,9	5.293,50	1.610.499,00
Aço	2,3	4.213,70	-
Alumínio	0,6	1.079,90	-
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997,40	7.275.012,00
Plástico total	13,5	24.847,90	7.497.149,00
Plástico filme	8,9	16.399,60	-
Plástico rígido	4,6	8.448,30	-
Vidro	2,4	4.388,60	1.332.827,00
Matéria orgânica	51,4	94.335,10	28.544.702,00
Outros	16,7	30.618,90	9.274.251,00
Total	100	183.481,50	55.534.440

FONTE: PESQUISA ABRELPE 2011 E PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, VERSÃO PRELIMINAR, 2012.

Mesmo que só houvesse resíduos orgânicos, o volume gerado é tamanho, que através dos processos naturais, logo, sem intervenção do homem, não haveria como processar a matéria orgânica sem impactos ambientais como: geração de chorume³ e emissão de altos índices de metano para atmosfera.

2.2 A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRS)

Para se entender as principais questões e quais as influências ligadas à GRS, é preciso um pouco mais de profundidade na discussão político-ambiental. O ano de 2011 ficou marcado pelo alcance da marca de 7 bilhões de habitantes na Terra. Prognósticos – vide Figura 1 –, sugerem que em 2050 serão 9 bilhões de pessoas consumindo recursos e produzindo resíduos (Population Reference Bureau, 2012).

³ O chorume, também chamado por líquido percolado, significa líquido poluente, de cor escura e odor nauseante, originado de processos biológicos, químicos e físicos da decomposição de resíduos orgânicos. Chorume também é uma mistura de água e resíduos da decomposição do lixo. Pode infiltrar-se no solo dos lixões e contaminar a água subterrânea. O chorume possui alta concentração de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e, principalmente, de Demanda Química de Oxigênio (DQO).

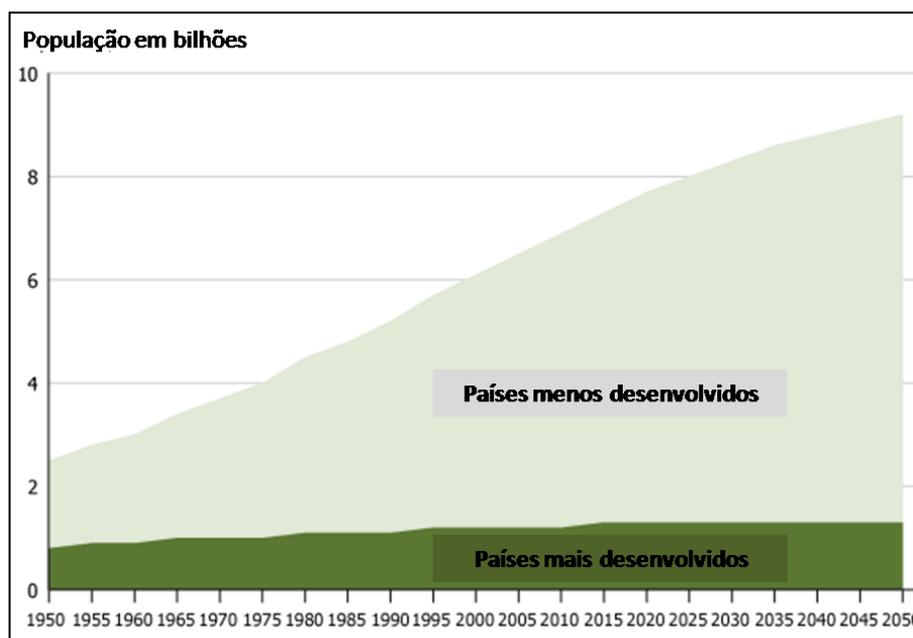


FIGURA 1 - CRESCIMENTO POPULACIONAL MUNDIAL, 1950-2050. FONTE: ADAPTADO DE POPULATION REFERENCE BUREAU (2012).

Paralelamente, os mercados emergentes estão se tornando cada vez mais influentes e ávidos por um elevado padrão de qualidade de vida intenso em recursos. Ao considerar que os BRICS⁴ são os principais representantes desse bloco de países emergentes, e, analisando o comparativo proposto na Tabela 2, torna-se razoável concluir o provável e exponencial aumento da geração de resíduos no mundo.

⁴ Em economia, BRICS é um acrônimo que se refere aos países membros fundadores - Brasil, Rússia, Índia e China - e à África do Sul, que juntos formam um grupo político de cooperação. O "S" foi oficialmente adicionado à sigla BRIC para formar o BRICS, após a admissão da África do Sul (em inglês: South Africa) ao grupo. Todos encontram-se em um estágio similar de mercado emergente, devido ao seu desenvolvimento econômico.

TABELA 2 - POPULAÇÃO E GRSU POR BLOCOS ECONÔMICOS

PAÍS (REGIÃO)	KG/PER CAPITA/DIA	ANO	POPULAÇÃO (BILHÕES)	ANO
E.U.A	2,01	2010	0,31	2011
Europa (EU27)	1,37	2009	0,50	2009
Brasil	1,05	2011	0,19	2010
China	0,98	2006	1,34	2011
Índia	0,5	2011	1,22	2012

CRIADO PELO AUTOR A PARTIR DAS SEGUINTE FONTES: ABRELPE, 2012; CIA, 2012; US CB, 2012; EEC, 2011; EPA, 2010; ZHANGA, TANB, GERSBERGC, 2010; EC, 2009; EEA, 2009.

Aqueles países que concentrarão as maiores elevações demográficas tendem a se aproximar dos países mais desenvolvidos, no perfil de consumo e na geração de resíduos. O resultado projetado é um aumento no volume de resíduos, exponencialmente mais elevado, do que o já preocupante aumento demográfico mundial. Projeção que precipita questionamentos lógicos quanto às práticas e modelos de GRS em vigor. O que tem sido feito e o que deveria ser feito em termos de GRS para mitigação dos impactos ambientais causados pelos resíduos do homem?

Na União Europeia (EU27), vigora desde 1999 a *Landfill directive*, responsável por oficializar regras com vistas a reduzir e controlar o aterramento de resíduos (EC, 1999). A Figura 2 trás um gráfico que representa a mudança gradativa no perfil da gestão de resíduos na EU27 entre 1995 e 2010.

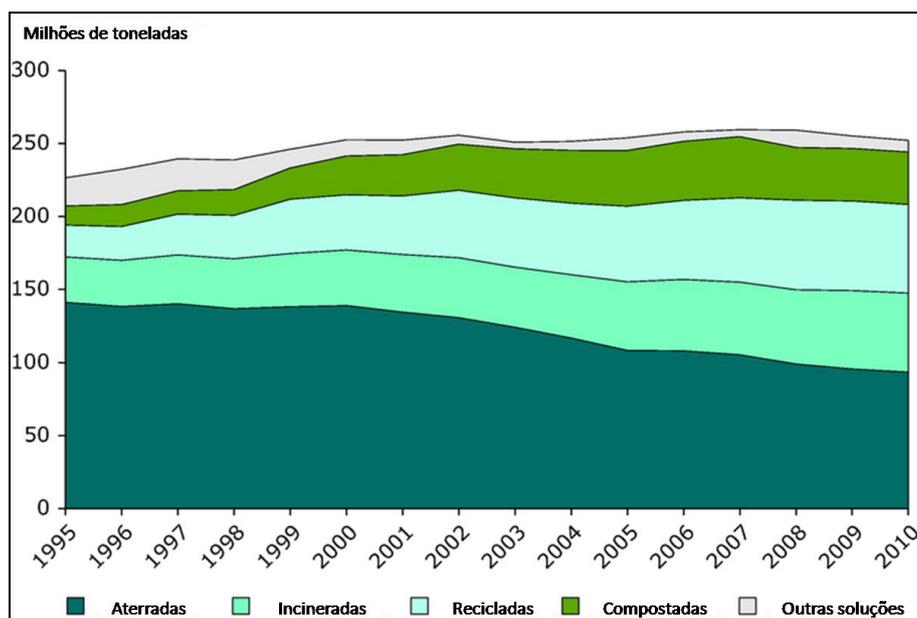


FIGURA 2 - DESENVOLVIMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NA UNIÃO EUROPEIA ENTRE 1995 E 2010.

FONTE: ADAPTADO DE EEA, 2012.

Essa mudança é fruto de um planejamento baseado em metas graduais e factíveis, de redução no envio de resíduos para aterros e priorização em soluções tecnológicas ambientalmente adequadas. A aderência à diretiva de 1999 pode ser observada na Figura 3.

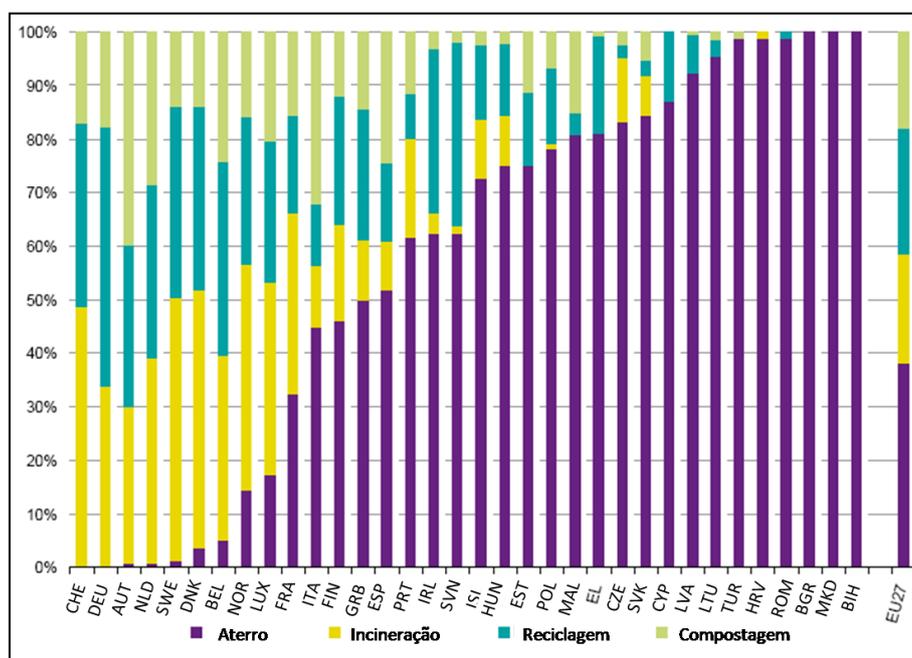


FIGURA 3 - RESÍDUOS URBANOS TRATADOS EM 2009 POR TIPO DE TRATAMENTO POR PAÍS EUROPEU.

FONTE: ADAPTADO DE EC, 2011.

Como observado Figura 3 não há uniformidade entre os países membros EU27. As condições econômicas de cada país podem ser relevantes, mas não são balizadoras. Correlações com parâmetros do tipo índice de desenvolvimento humano (IDH) não demonstram tendências, visto que quase todos os países listados no gráfico apresentam altos IDHs, próximos ou superiores a 0,9 – o mais alto índice alcançado em 2011 pertence à Islândia (ISL) 0,968, país que aterra mais de 70% dos resíduos e clima polar.

Existem tendências gerais e variáveis locais. A máfia, enraizada na Itália, é um dos fatores de forte influência nos rumos da GRS italiana. Muito ativa no ramo de coleta e disposição final de resíduos, a máfia se opõe às novas soluções tecnológicas, mais especificamente às usinas de incineração, defendendo a postura do não no meu quintal⁵ (Vaughn, 2009) – conhecido jargão entoado por opositores de aterros sanitários e usinas de incineração, preocupados com possíveis prejuízos relativos à qualidade do ar, água e, principalmente, com a tendência de depreciação imobiliária baseada na proximidade das instalações industriais de incineração.

Já os países norte-europeus, conhecidos por invernos rigorosos e temperaturas baixas ao longo do ano, apresentam forte aderência cultural à separação de resíduos e à coleta seletiva. Dessa forma alcançam elevados índices de reciclagem e recuperação energética através de usinas de incineração e biodigestão.

A escassez de recursos energéticos fósseis valorizou a cultura de consumo consciente e a busca por fontes alternativas de energia. Entretanto outros países que sofrem de forma similar com temperaturas baixas, em muitos casos, negativas, não evoluíram no mesmo nível em termos de GRS. É razoável afirmar que haja uma ligação com uma política pública direcionadora, aplicando taxas específicas e incentivando a pesquisa e o desenvolvimento dentro dessa área.

Fora do eixo europeu, o maior gerador de resíduos per capita do mundo, os Estados Unidos da América (EUA), não figura como um país de destaque quando o assunto é GRS. No ano de 2012, segundo a Agência Norte Americana de Proteção Ambiental (EPA), nos EUA, aproximadamente 136 milhões de toneladas (54% dos resíduos coletados) de resíduos foram dispostos em aterros, tal qual apresentado na Figura 4 (EPA, 2011).

⁵ Tradução para *Not in my backyard* (NYMB)

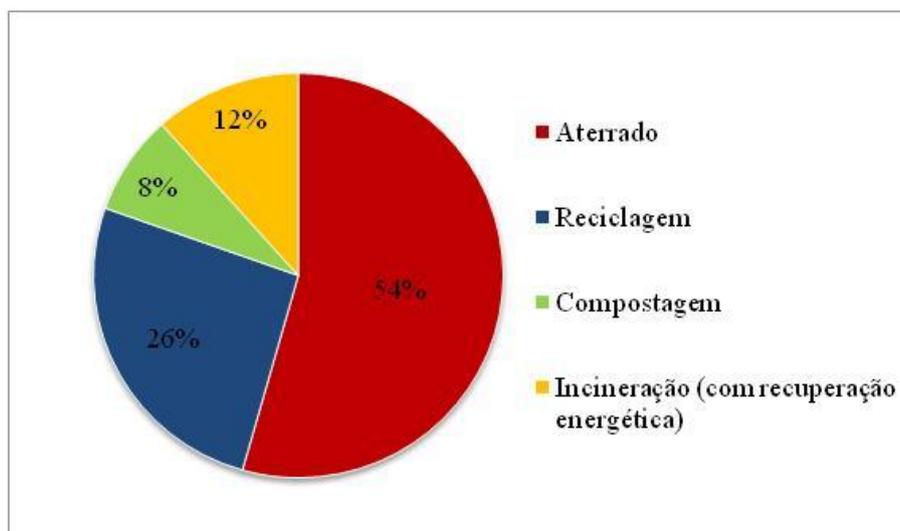


FIGURA 4 - GRSU NOS EUA. FONTE: ADAPTADO DE EPA, 2011.

O baixo percentual (8%) na realização de compostagem – cuja técnica moderna pouco difere da praticada há 60 anos (Diaz, 2011), por isso, é simples, barata e largamente conhecida – fundamentalmente trata os resíduos de jardim. Dos 34 milhões de toneladas de restos de comida gerados nos EUA, 97,2% foram destinados aos aterros em 2012.

Não há, na maior potência econômica do mundo, uma pressão política relevante direcionando o país para alternativas consideradas ambientalmente mais adequadas. Entretanto, existe uma Regulação Federal específica (GPO, 1991) e uma série de atos legislativos, aos quais são imputados os méritos pelo controle e redução no número de aterros.

Uma expressiva curva decrescente é representada pela diminuição de aproximadamente 6.000 aterros ou 75% do total existente em 19 anos. À vigência da Regulação Federal 40 parte 258 (GPO, 1991) seria depositada grande parte da responsabilidade nesse processo de diminuição no quantitativo de aterros. Isso porque, do montante de 7.924 aterros registrados em 1988, a maioria passava a não apresentar condições legais de operação.

Contudo, as mudanças relacionadas à referida legislação transformaram pouco o cenário da GRS. Os aterros, antes de menor capacidade e descentralizados, foram absorvidos por grandes plantas que passaram a receber os resíduos de áreas mais distantes. Se por um lado a regulação facilitou e viabilizou o controle, por outro, as distâncias entre os centros geradores e a destinação final se alongou. Não foram

identificados estudos criteriosos de impactos relativos às mudanças, mas em termos de condições econômico-tecnológicas é plausível afirmar que os EUA encontram-se aquém das possibilidades de GRS.

Nos países emergentes, em destaque na Tabela 2, assim como nos EUA, a disponibilidade de espaço territorial torna o custo de construção e manutenção de aterros a solução economicamente mais vantajosa no curto prazo. Nessa afirmativa é fundamental realçar as dimensões: custo e prazo. Isso porque, à medida que os espaços legalmente disponíveis se esvaem, à medida que se investe⁶ em separação de resíduos na fonte e coleta seletiva e, principalmente, ao alongarmos o horizonte de resultados, pensando inclusive no campo financeiro, a conta relativa à solução “aterrar” tende a não ser a mais vantajosa.

2.3 A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UNIVERSIDADES FEDERAIS

As principais Universidades Federais brasileiras tem como característica comum um elevado e diversificado número de instalações. Essas estruturas físicas, em muitos casos, dividem-se por diferentes *campi* universitários, ofertando elevada variedade de atividades e serviços, os quais compreendem desde a gestão funcional/administrativa aos inúmeros laboratórios de pesquisa, salas de aula, praças de alimentação e, em alguns casos, até hospitais universitários.

Esse complexo ambiente – que por vezes se assemelha a uma cidade em densidade demográfica, espaço territorial e atividades desenvolvidas – é responsável pela geração de um heterogêneo e considerável volume de resíduos. É possível relacionar, dentro da estrutura universitária, diferentes fontes geradoras e os respectivos resíduos produzidos.

Núcleos administrativos ou de apoio acadêmico, diferentes lojas de serviços gráficos e agências (bancos e correios) são potenciais geradores de resíduos de escritório, lâmpadas, CDs/DVDs, cartuchos de impressão e principalmente papel/papelão em diversos formatos, como trabalhos, revistas, livros, cadernos, notas fiscais e embalagens.

⁶ Aqui o termo “investir” não se restringe a recursos financeiros

Os restaurantes e lanchonetes contribuem com elevada parcela de resíduos orgânicos (inclusive óleo), fora os materiais provenientes das diferentes embalagens de vidro, metal e plástico utilizadas para transporte e acondicionamento dos alimentos.

Outra característica comum dos resíduos produzidos nas universidades federais é a grande presença de matéria orgânica proveniente de podas e jardinagem. Essas instituições possuem terrenos amplos, com presença significativa de canteiros (jardins) e áreas verdes (árvores).

Além do representativo volume de resíduos classe 2B⁷ (não perigosos, inertes), as universidades contam, pela variabilidade de fontes geradoras, com a produção de resíduos Classe 1 (perigosos) e Classe 2A (não perigosos, não inertes). Os laboratórios de pesquisa são potenciais geradores de uma ampla gama de resíduos químicos, biológicos, eletroeletrônicos e, até mesmo, radioativos.

Os resíduos de saúde, que também podem ter origem nos laboratórios de pesquisa, encontram-se, nos hospitais universitários (presentes em alguns *campi* federais), sua principal fonte geradora.

Existem outras duas importantes categorias de resíduos com presença constante na cadeia produtiva das universidades federais, são eles: os resíduos provenientes de construção e demolição (RCD), e os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).

Apesar de parecer incomum, a presença de RCDs nas universidades federais é significativa. Algumas dessas instituições são centenárias e requerem ações periódicas de manutenção e reforma. Fora isso, praticamente todas apresentam estruturas em constante modificação, passando por ações de ampliação e modernização, tendo como consequência direta a geração de RCDs.

A citada modernização compreende, inclusive, a atualização de equipamentos eletroeletrônicos (EEE), utilizados em larga escala por quase toda estrutura universitária. Os laboratórios, novamente, respondem como grandes consumidores dessa linha de materiais, cujo volume comercializado no Brasil conferiu, entre 2007 e 2010, um aumento de 23% no faturamento no setor de EEE (ABINEE, 2011).

⁷ Classificação de resíduos segundo ABNT 10004:2004

A gestão dessa multivariada gama de resíduos em cada universidade federal do Brasil tende a seguir princípios. Porém, apesar de regidas pela mesma legislação, são todas instituições independentes, autarquias. Assim sendo, cada qual reserva o direito de decidir como lidar com os próprios resíduos, desde que respeitando as leis em vigor.

Por essa característica e através de Cruz (2008), Bravo et al (2011), de informações disponíveis nos sítios eletrônicos de quatro das 59 universidades federais e pelo conhecimento adquirido no *campus* da Ilha do Fundão, é possível listar tendências e algumas peculiaridades a respeito da GRS praticada nessas autarquias federais.

A primeira tendência observada é a responsabilização descentralizada. Os laboratórios com resíduos especiais devem ser responsáveis por destinar e/ou tratar os materiais contaminados (química, biológica ou radioativamente) e somente os resíduos comuns ou descontaminados são passíveis de recolha e tratamento pela empresa de coleta contratada pela Universidade (Cruz, 2008; UFRJ, 2013a).

Há uma segunda e forte tendência, esta de caráter jurídico, a qual se refere ao Decreto 5.940 (Brasil, 2006), que institui a coleta seletiva nas instituições federais. Há registro de iniciativas de coleta seletiva em todas as universidades pesquisadas, entretanto, existem razoáveis diferenças entre os modelos adotados e um ponto específico do Decreto 5.940, que parece negligenciado por algumas universidades: a participação rotativa de cooperativas de catadores.

Tecnicamente os modelos de GRS variam de forma considerável entre cada uma das instituições. Na UFRJ, o programa Recicla CT é a principal iniciativa de coleta seletiva da instituição. Atuando como um projeto piloto da UFRJ no Centro de Tecnologia, o Recicla CT abrange apenas os resíduos depositados nos coletores específicos do programa (UFRJ, 2013a). Ocorre ainda, a coleta de recicláveis sob demanda, onde a equipe do Recicla CT é chamada a recolher grandes volumes de papel branco, papelão, vidros, plásticos e metais em laboratórios.

Já em universidades que contemplam em sua estrutura organizacional uma área responsável pela gestão ambiental, ou especificamente de resíduos, os programas abrangem igualmente todos os *campi* e todos os resíduos.

Em termos de estrutura de coleta ou abrangência, universidades como a Federal de São Carlos valorizam a disponibilização de pontos de entrega voluntária (PEV) para recebimento, inclusive, de resíduos gerados fora da universidade (Piassi, 2008).

O perfil dos coletores seletivos disponibilizados é outro fator que varia de universidade para universidade. Os modelos clássicos, coloridos, que formam *kits* de coletores (Azul/papel, Vermelho/plástico, Amarelo/metálico, Verde/vidro, Marrom/orgânicos) listam-se entre os mais utilizados. Todavia, exceções como a Universidade Federal do Paraná (UFPR) adotam a disponibilização de apenas dois tipos de coletores, marrons para resíduos orgânicos e verdes para recicláveis. Isto é, não há consenso no ambiente das Universidades Federais sobre qual coletor seria o mais eficaz mediante o perfil dos descartes universitários e aos processos a serem seguidos após a coleta.

O CT-UFRJ se destaca na aplicação Decreto Federal 5.940/2006, destinando todo o resíduo reciclável a cooperativas cadastradas (legalizadas) e praticando o rodízio periódico das mesmas (UFRJ, 2013a). O rodízio que deveria ser obrigatório entre as cooperativas cadastradas não é um padrão, como no caso da Federal do Paraná (UFPR, 2013). Outro ponto de divergência é a apropriação de receita pela universidade. Segundo o Decreto 5.940 (Brasil, 2006) todo o lucro com a comercialização do material reciclável deve ser revertido às cooperativas, diferente do que ocorre, por exemplo, e segundo Cruz (2008), na Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde a receita é investida na própria universidade, preferencialmente, na estruturação do programa de coleta seletiva.

Uma terceira característica bastante presente nas grandes Universidades Federais é a presença de Grupos de Pesquisa ou Programas em Departamentos especializados em gestão de resíduos e/ou gestão ambiental. Apesar de não serem responsáveis pela gestão da universidade, estes grupos participam, no mínimo indiretamente, das ações promovidas dentro das respectivas instituições federais, no âmbito da GRS. O Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos (GERESOL), na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o Grupo de Estudos em Tratamentos de Resíduos Sólidos (GETRES) na UFRJ e o Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Universidade de Brasília (UnB) são três bons exemplos de iniciativas internas às Universidades Federais.

Entre as universidades pesquisadas, relata-se a existência de coordenadorias, comissões e divisões que fazem parte da estrutura oficial das Instituições e assumem a responsabilidades pela GRS das mesmas. Todavia, são organizações encontradas com menos frequência do que os grupos de pesquisa e programas internos aos departamentos.

Em Piassi (2008) e UFSCar (2013), a Universidade Federal de São Carlos assume ser a pioneira, entre as universidades federais, na criação de uma Coordenadoria Especial para Meio Ambiente (CEMA). A CEMA, ao longo de sua existência, incorporou e criou programas de pesquisa em meio ambiente. Destaque para o Programa de Conservação de energia e Controle de Resíduos (PCE), que atualmente é responsável pela Unidade de Gestão de Resíduos (UGR) que gerencia e trata os resíduos do *campus* universitário.

Oficialmente, desde 2005 a UGR trata resíduos comuns (podas, entulho, orgânicos, recicláveis secos, águas residuais) e perigosos (biológicos de saúde, radioativos e químicos) da UFSCar. Os materiais recicláveis são, atualmente, encaminhados a cooperativas parceiras da prefeitura local. Já os resíduos sólidos úmidos são direcionados à compostagem.

O caso particular da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) retrata uma parceria entre o GERESOL e a Comissão Técnica de Resíduos na gestão do Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PAGERS). O PAGERS tem como objetivo formatar diretrizes básicas para o gerenciamento de resíduos sólidos produzidos na UFMG e que alicercem uma nova política ambiental da Instituição (UFMG, 2013).

Para os componentes do PAGERS,

“...somente a formatação de diretrizes, sem o gerenciamento e/ou acompanhamento das ações dela decorrentes, poderiam comprometer a continuidade e o sucesso frente aos seus objetivos específicos.” (UFMG, 2013)

Portanto,

“...optou-se pela construção de um modelo de intervenção onde todos os projetos relacionados aos resíduos sólidos da UFMG devam seguir num direcionamento único, de acordo com uma política típica para resíduos sólidos universitários. Esta nova estruturação procura, também, clarear melhor a articulação do Programa com todos os segmentos da Universidade envolvidos com a questão do lixo, seja na área administrativa, operacional, acadêmica, de extensão ou de pesquisa.” (UFMG, 2013)

O PAGERS contempla projetos que envolvem mais de uma área do conhecimento, além de atividades de ensino, pesquisa e extensão, e cujos formatos criam condições para o desdobramento de ações dentro da UFMG.

Na região norte do país, na Universidade Federal do Pará (UFPA), a Prefeitura Universitária, por meio da Coordenadoria de Meio Ambiente, criou a Comissão de Gerenciamento de Resíduos da UFPA (COGERE). Essa comissão, específica para tratar da GRS na universidade, foi responsável pela elaboração, com base no plano da UNICAMP, do Plano de Gerenciamento de Resíduos da UFPA (PGGR), onde se encontram as diretrizes gerais a serem seguidas por cada Unidade Acadêmica da UFPA (UFPA, 2008).

Com outra nomenclatura e universo de atuação mais amplo com relação à COGERE, a Universidade Federal do Paraná (UFPR) criou a Divisão de Gestão Ambiental, onde, entre suas atribuições, destaca-se a gestão dos resíduos da UFPR. Aderente parcialmente ao Decreto 5.940 – uma vez que não há atenção ao obrigatório rodízio entre as cooperativas – a divisão ambiental contempla em seu planejamento de GRS as diferentes classes de resíduos produzidos nos diferentes *campi* da universidade.

A coleta seletiva na UFPR atende ao Programa “Separando Juntos”, que trabalha o fundamento da corresponsabilidade, e visa promover uma mudança de atitudes envolvendo toda a comunidade universitária através da redução, separação e destinação adequada dos resíduos gerados (UFPR, 2013). Essa é uma característica positiva, pouco destacada por outras universidades e que, por isso, suplanta os demais programas de coleta seletiva, menos educativos, os quais não priorizam ações de redução na sua essência.

2.4 AS PRINCIPAIS OPÇÕES NA GESTÃO DE RESÍDUOS

2.4.1 A REDUÇÃO DA GERAÇÃO

Posicionada no topo da hierarquia dos resíduos, a redução na geração é conceitualmente a principal e primeira opção sustentável dentro da gestão de resíduos. São diversas as possibilidades existentes dentro desse contexto, a citar algumas (Vaughn, 2009):

- O desenvolvimento de produtos mais duráveis, reutilizáveis e remanufaturados;

- O desenvolvimento de produtos que não contenham ou contenham menos componentes tóxicos e embalagens;
- A mudança nos programas de coleta, inclusive na forma de taxar o serviço.

As Figura 5 e 6 têm como objetivo ilustrar diferenças existentes entre países ou áreas que se encontram em patamares econômicos opostos. O caminho percorrido na direção da comodidade e do conforto através da industrialização, nesse caso, do setor alimentício, é apenas um exemplo de uma oportunidade em termos de redução nas fontes de geração de resíduos.



**FIGURA 5 - EXEMPLO DE CONSUMO DE ALIMENTOS PARA UMA SEMANA DE UMA FAMÍLIA ALEMÃ.
FONTE: MENZEL E D'ALUISION (2007)**



FIGURA 6 - EXEMPLO DE CONSUMO DE ALIMENTOS PARA UMA SEMANA DE UMA FAMÍLIA RURAL EQUATORIANA. FONTE: MENZEL E D'ALUISION (2007)

As imagens acima são exemplos de uma previsão de consumo de alimentos para o período de uma semana, na casa de uma família alemã (Figura 5), com quatro componentes, e de uma família rural equatoriana (Figura 6), com nove componentes. Chama atenção a diferença de volume e a previsão de descarte de embalagens, fora a quantidade de produtos químicos empregados, tanto no preparo dos alimentos quanto na produção das embalagens.

O Brasil é reconhecidamente um exemplo de país que gera um volume de resíduos orgânicos muito acima da média mundial. O desperdício está em toda a cadeia produtiva e culmina no padrão de consumo não consciente. Os números impressionam. O percentual de alimentos desperdiçados gira em torno de 60% (Akatu, 2004). Há oportunidades de redução no desperdício desde a colheita, passando pelo transporte, armazenagem, beneficiamento, vendas (atacado e varejo) e inclusive na forma como o brasileiro pensa na alimentação, sempre que possível com muito exagero e desperdício.

A redução não se restringe aos resíduos orgânicos e inúmeras iniciativas se tornam exemplos de como repensar a gestão de resíduos através da diminuição na geração. Citando exemplos, a indústria de garrafas plásticas está reduzindo a massa de polímero necessária para se produzir suas embalagens; a indústria de bebidas atualizou uma prática antiga de utilização de garrafas retornáveis; alguns países pelo mundo já baniram dos supermercados as sacolas plásticas descartáveis e não biodegradáveis; produtos estão sendo repensados a partir da sua matéria prima, e muitos sendo projetados a partir de insumos recicláveis, não virgens.

Vaughn (2009) entende que uma das formas de se incentivar a diminuição na geração de resíduos seria a implantação de taxas variáveis para a coleta de resíduos. Atualmente a imensa maioria dos serviços de coleta trabalha com taxas fixas. O cidadão comum paga o mesmo valor gerando pouco ou muito resíduo. Segundo a autora, os programas chamados de “pague pelo que joga fora”⁸ atribuem ao morador de um determinado município a opção de controlar os gastos relacionados aos resíduos sólidos gerados. Vaughn (2004) destaca quatro perfis mais conhecidos de programas que variam basicamente na forma de mensuração e controle do resíduo gerado.

O contexto da redução da geração é bastante amplo e diferentes formas de mitigação (reutilizar, recusar, repensar) estão cada vez mais em voga. Recusar e

⁸ Tradução realizada pelo autor da frase “*pay as you throw*”

repensar são termos relativamente recentes e referem-se ao pré-consumo. São atitudes que devem orientar a forma do consumidor decidir quando adquirir ou não determinados produtos, considerando opções de aluguel, troca, empréstimo, compartilhamento.

Nesse sentido existe um relevante número de inovações sociais voltadas para a sustentabilidade, com objetivo de frear o consumo exagerado e conservar recursos naturais cada vez mais escassos. Dentre as inovações sustentáveis ligadas à mitigação na geração de resíduos destacam-se as redes de consumo colaborativo. Estas redes são opções para consumidores que não necessitam de produtos novos. Dentro da modalidade de consumo colaborativo é possível vender trocar ou alugar produtos de forma a prolongar a vida útil dos mesmos.

A reutilização é outra forma de aproveitar os potenciais resíduos sem a necessidade de transformação biológica, física ou química. A utilização de garrafas PET para criação de móveis é um exemplo de reutilização. Nesse contexto de reutilização um novo conceito surge para fortalecer as práticas de gestão de resíduos, o *Upcycling*, cuja principal característica é reutilizar os resíduos, agregando valor, sem necessariamente passá-los por transformações físicas, químicas ou biológicas. (Cidades e Soluções, 2010).

Experiências em diversos países pelo mundo demonstram algumas das inúmeras e vantajosas possibilidades do *Upcycling*. O Cidades e Soluções (2010) elencou iniciativas como a Terracycle, fundada por Tom Skazy, que percebeu vantagens em utilizar resíduos domésticos, como as embalagens multicamadas de complexa reciclagem, para recriar novos produtos (roupas, acessórios, brinquedos e outros) em parceria com as próprias empresas detentoras das marcas.

Na Inglaterra, outras duas iniciativas independentes contribuem para a mitigação no volume de resíduos reutilizando materiais rejeitados. Um artista inglês reforma móveis jogados no lixo, trazendo uma nova roupagem, mais luxuosa e vendendo por preços acima do produto original de fábrica. E, um grupo de estilistas que se aproveita de sobras de tecidos e outros materiais para montar coleções inteiras de moda. Destaque para os banidos trajes de banho de natação de alto rendimento, descartados pelos atletas e transformados em peças de alta costura.

2.4.2 A RECICLAGEM

De acordo com a definição presente na PNRS, reciclagem é:

“processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;”(Brasil, 2010)

A transformação dos resíduos em novos insumos/produtos não é técnica e/ou economicamente viável para qualquer tipo de material. No panorama publicado anualmente pela ABRELPE (2011), menos de 32% do total dos RSU coletados no Brasil, em 2011, são de materiais recicláveis, vide Figura 7.

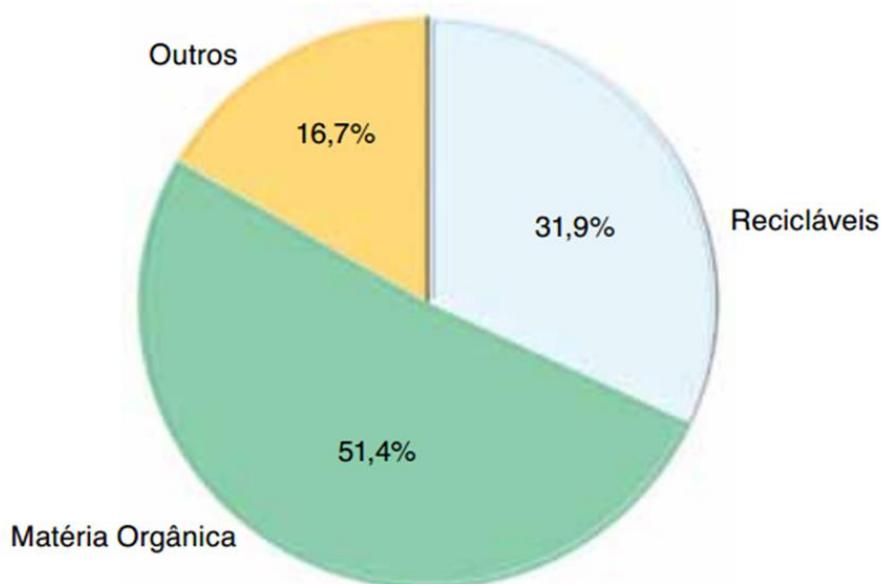


FIGURA 7 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RSU NO BRASIL. FONTE: ABRELPE (2011)

No entanto aqueles materiais potencialmente recicláveis, em **negrito** na Tabela 1, quando utilizados como matéria prima (insumos) e transformados em novos produtos, representam uma gama de vantagens que alcançam todos os nichos da sociedade e meio-ambiente.

Apesar de razoavelmente agregada, a Tabela 1 lista os principais grupos que caracterizam os resíduos urbanos, sendo os quatro em **negrito** capazes de movimentar importante atividade econômica, a qual lida com diferentes atores da sociedade, fomentando a criação de empregos formais e informais, assim como a inclusão social de parte da camada de menor renda.

As vantagens ligadas à reciclagem têm origem na substituição da matéria prima virgem por insumos recicláveis, culminando na preservação de recursos naturais finitos. Para a indústria, que passa a produzir a partir de insumos reciclados, a substituição representa expressiva diminuição nos custos produtivos. O consumo de energia elétrica e água, por exemplo, reduzem drasticamente quando a matéria prima utilizada se trata de materiais recicláveis. No caso dos metais, os ganhos são de certa forma tão expressivos que os índices de reciclagem de latas de alumínio no Brasil ultrapassam os 90%.

Essa representativa redução no consumo de insumos produtivos, ultrapassa as fronteiras da indústria beneficiando paralelamente o poder público, que passa a gerir uma demanda inferior por energia elétrica e água, desonerando o sistema de infraestrutura. Para o poder público, significa ainda a redução dos custos com a destinação final em aterros (menos volume/peso) e a consequente extensão da vida útil dos mesmos.

Para a sociedade, principalmente para as classes mais pobres, o mercado da reciclagem se mostra como uma das raras oportunidades de trabalho, atuando nas primeiras fases do processo de logística reversa, realizando a catação, o transporte primário e a primeira separação dos resíduos.

2.4.3 TRATAMENTO MECÂNICO BIOLÓGICO (TMB)

É possível afirmar que o TMB é uma opção por vezes não finalística dentre as soluções na gestão de resíduos, porém de grande valia dentro da GRS. Através do apontamento dos objetivos é possível compreender a função, os ganhos e vantagens inerentes a essa atividade. De acordo com (Münnich, Mahler e Fricke, 2006) são objetivos centrais do TMB que precedem a disposição final em aterros:

- Minimizar o volume e massa de resíduos a serem dispostos em aterros;
- A inativação de processos biológicos e químicos dentro do lixo a fim de impedir a formação de gás e lixiviados fortes;
- A inertização dos resíduos, a fim de reduzir a carga contaminante de lixiviados;
- Redução da produção de lixiviados e extensão da vida útil do aterro sanitário para o descarte de resíduos.

Dentro de um modelo de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) o TMB atua de forma preliminar agregando valor às demais soluções como aterros, reciclagem, incineração e contemplando a compostagem e/ou biodigestão como parte do fluxo de atividades. O processo ilustrado na Figura 8 representa uma possível configuração criada por Münnich (2002) para o TMB de RSU testada tanto em território europeu quanto em solo tropical brasileiro.

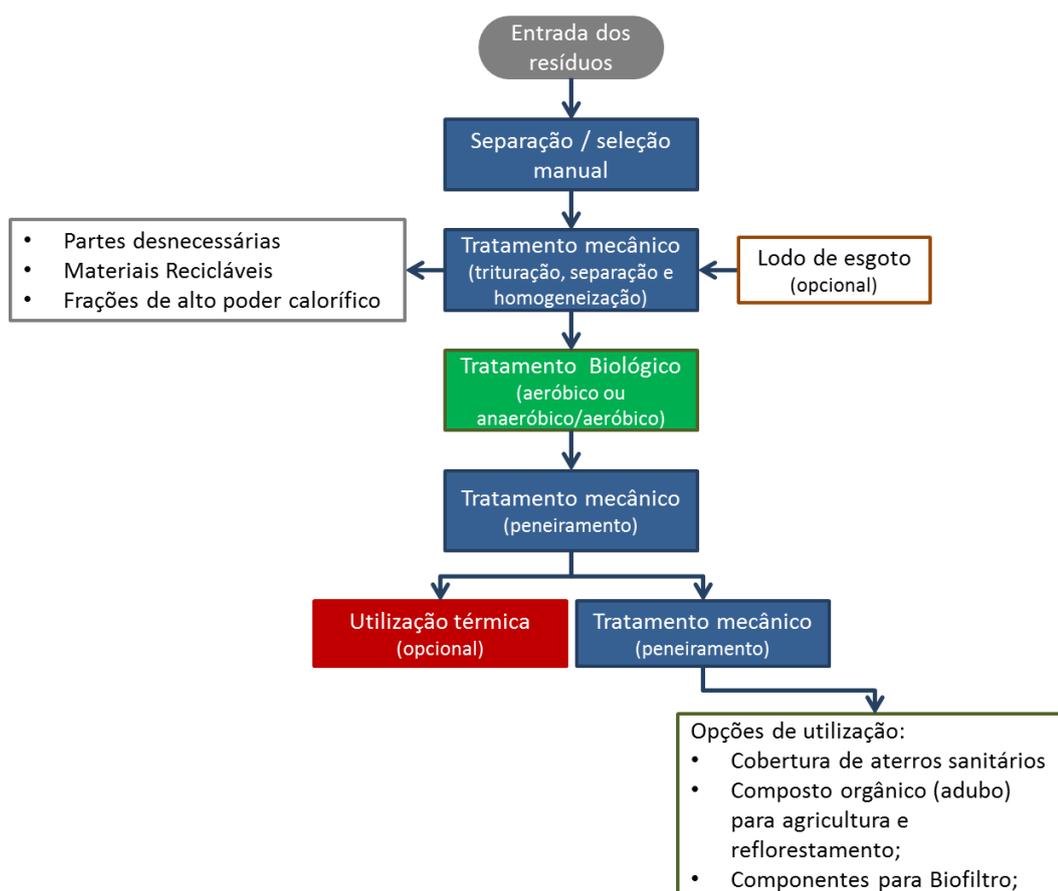


FIGURA 8 - ETAPAS FUNCIONAIS DENTRO DE UMA PLANTA DE TMB. FONTE: MÜNNICH (2002)

O primeiro passo previsto, de acordo com as etapas descritas na Figura 8, é a separação ou seleção de materiais de valor agregado, de grande dimensão e/ou os chamados resíduos perigosos, não desejáveis nas etapas seguintes do tratamento mecânico.

Após a etapa de separação manual, os resíduos passam para a etapa de tratamento mecânico. De forma resumida o material é triturado, os sacos plásticos presentes no material são abertos, e posteriormente, dentro de tambores de mistura, é

realizada a umidificação. De forma opcional os resíduos podem ser umidificados com lodo proveniente do esgoto ou água comum.

Na sequência, os resíduos passam pela etapa de tratamento biológico, que pode considerar a compostagem (procedimento mais simples e barato e lento) ou a biodigestão. O resultado do tratamento biológico é uma massa de volume reduzido, contendo um percentual de umidade próximo a 30% e que deve ser conduzida a um segundo tratamento mecânico de peneiração com foco na separação de resíduos indesejados ainda presentes no material. Os resíduos segregados, principalmente os plásticos, podem ser destinados a processos de recuperação energética em incineradores.

O restante, e maior fração do material, está apto a seguir por dois caminhos. Ser disposta em aterros, dentro de uma configuração bem menos impactante, vista a redução do volume inicial de matéria e a expressiva baixa do potencial (até 90%) de emissão de GEEs. O segundo caminho compreende uma segunda etapa de peneiração com objetivo de separar os resíduos tratados, de acordo com a qualidade do material, para ser utilizado como adubo orgânico na agricultura, composto orgânico para reflorestamento, insumo para composição de biofiltro ou cobertura para aterros sanitários (Münnich, 2002).

2.4.4 COMPOSTAGEM

Por vezes atrelada aos diversos tipos de TMB e observada como umas das tecnologias mais difundidas no tratamento de resíduos sólidos, a compostagem, pode ser considerada um processo de reciclagem voltado à fração orgânica dos resíduos sólidos. A saída ou produto resultante desse processo, caracterizado pela decomposição da matéria orgânica, é um composto umidificado, rico em nutrientes e com estrutura física habilitada a ser utilizada, entre outras possibilidades, como fertilizante agrícola natural ou na recuperação de solos degradados.

A transformação dos resíduos sólidos em húmus⁹ é caracterizada pelo processo de sucessão ecológica na massa orgânica (decomposição), realizada por micro-organismos, alterando e sendo alterados pelos fatores abióticos. Essa transformação ocorre em dois estágios distintos: digestão e maturação (Mahler, 2012).

⁹ Parcela do composto orgânico de maior valor nutritivo em relação ao solo

Atualmente existem inúmeras tecnologias para realização da compostagem as quais se diferenciam, não somente pela capacidade de processamento, mas principalmente, pelo objetivo que pode considerar apenas o tratamento do resíduo orgânico, a produção de adubo ou ambas as finalidades. Em termos de capacidade existem tecnologias próprias à aplicação em unidades residenciais, de 10 kg/mês, a plantas de sistemas industriais complexos (Figura 9) capazes de processar mais de 300 t/dia (CEMPRE, 2000).



FIGURA 9 - PLANTA TIPO BACIA COM AERAÇÃO FORÇADA POR TUBULAÇÃO (ESPANHA). FONTE: DIAZ (2011)

Outros fatores, fora o objetivo final da compostagem, atuam como importantes orientadores na decisão da tecnologia a ser empregada. Entre esses fatores, listam-se de forma não exaustiva: a característica do material, a fonte geradora, os recursos disponíveis e localização do processo produtivo (Mahler, 2012).

Com base na tecnologia empregada, duas consequências negativas, a contaminação por metais pesados e a emissão de gases indesejados, podem se tornar, ambientalmente, mais ou menos impactantes de acordo com os procedimentos adotados. Quanto aos metais pesados, um alto nível de eficiência nas etapas de triagem, e a adoção do procedimento de compostagem em pilhas estáticas, diminuem os riscos e as chances de contaminação em larga escala do composto.

No caso das emissões indesejadas, ligadas aos atualmente estudados Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), a técnica de compostagem estática também seria indicada para a redução das possíveis emissões. Isso porque, em Mahler (2012) entende-se que o

revolvimento da massa de resíduos durante a compostagem seria o principal fator responsável pela liberação dos gases indesejados para atmosfera.

Em contrapartida aos riscos, as vantagens podem se tornar relativamente mais significativas, assim como explicitado em Mahler (2012), a saber:

- A realização da compostagem diretamente na origem da geração (residências), além de diminuir o volume de resíduos enviados aos aterros, desonera a atividade (serviço) de transporte.
- As emissões causadas por técnicas bem empregadas de compostagem podem representar 1/3 do volume de emissões causadas pelos aterros.
- O volume de matéria orgânica reciclada é reduzido pela metade.
- Existe um potencial, a ser explorado, significativo em geração de energia térmica.
- O resultado final do processo de compostagem é um produto, quando especificado, de considerável valor de mercado.
- A substituição de produtos químicos por compostos orgânicos na fertilização de solos.

Complementando o raciocínio de Mahler (2012), as vantagens listadas podem ser potencializadas dentro do cenário brasileiro, visto que:

- Há uma grande oferta de matéria orgânica gerada.
- Há uma farta disponibilidade de mão de obra
- Existe um elevado número de cidades pequenas onde as moradias dispõem de espaço nos quintais para compostagem.
- E principalmente, o país tem a agricultura como vocação.

2.4.5 A INCINERAÇÃO COM RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

A incineração total de resíduos, internacionalmente conhecida como *mass burning*, é uma das tecnologias de recuperação energética que mais cresce e se desenvolve no mundo. Existem aproximadamente 600 instalações de geração de energia através de resíduos. A maioria encontra-se na União Europeia (UE), em torno de 400 plantas (Matthews e Themelis, 2007). O Japão com aproximadamente 100 plantas, EUA com 87 e Alemanha com 66 (Umweltbundesamt, 2005) são as maiores referências, onde

a tecnologia predominante é a *mass burning* com recuperação energética através da geração de vapor.

2.4.5.1 COMO FUNCIONA A TECNOLOGIA?

Existem diversas tecnologias de incineradores de resíduos sólidos. As variações, a princípio pontuais, estão relacionadas a opções estruturais como o posicionamento de caldeiras, selagem da câmara de combustão, limpeza de efluentes e dos gases da combustão, entre outras. Porém é possível apontar as plantas que trabalham com sistemas de grelhas (Figura 10) como as mais comuns.

Independentemente da tecnologia, o TMB – comentado em tópico específico – deve preferencialmente preceder a etapa de incineração. O combustível derivado de resíduo¹⁰ (CDR) – como é chamado o produto do TMB destinado à recuperação energética –, tende a proporcionar maior eficiência (geração de calor) durante o processo de combustão.

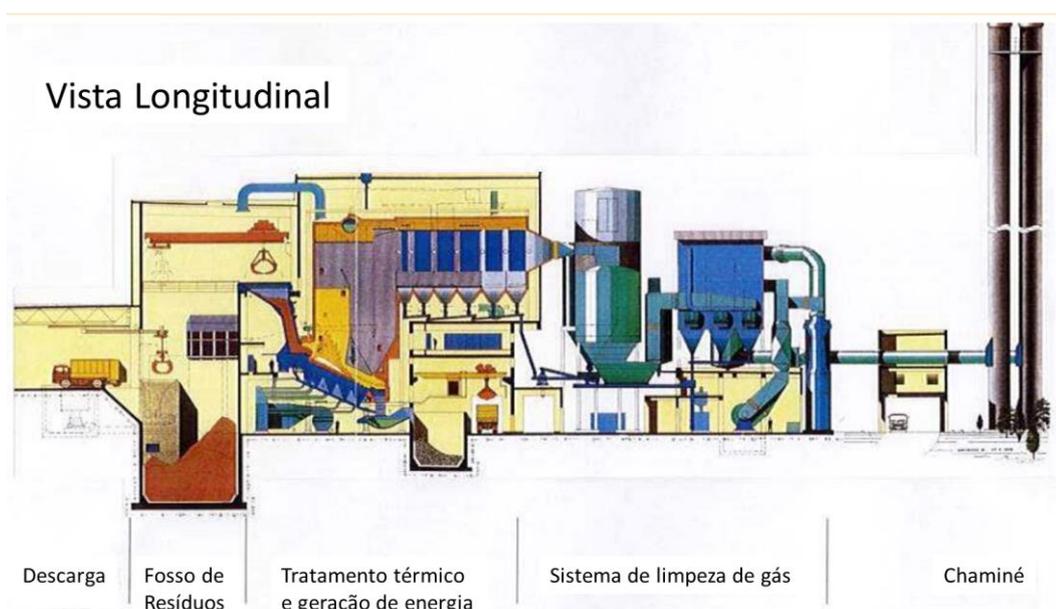


FIGURA 10 - VISTA LONGITUDINAL DE UMA PLANTA DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS COM RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA. FONTE: ADAPTAÇÃO DE BILLITEWISK (2011)

Dentro da câmara de combustão, que tem grelhas dispostas em cascatas, formando uma espécie de escada, o CDR é levado a temperaturas que giram em torno de 950°C. O CDR incinerado se transforma em cinzas, que peneiradas, caem pelas grelhas sendo recolhidas e armazenadas. Os gases quentes geram um vapor de

¹⁰ Traduzido do inglês refused-derived fuel.

aproximadamente 400°C a 45bar. Esse vapor irá alimentar um turbo-gerador que converterá a energia térmica em elétrica, subproduto do tratamento dos resíduos.

Os gases provenientes da Caldeira de Recuperação são neutralizados por processos que variam de planta a planta. No caso da Usina Verde, instalada na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, o processo de limpeza ocorre em circuito fechado, com a utilização de filtro de manga, lavadores de gases e tanque de decantação, atentando para a não liberação de quaisquer efluentes líquidos. Os gases limpos são liberados para a atmosfera através da chaminé (Usina Verde, 2011).

O resultado final da incineração do CDR é um material inerte, correspondendo a algo em torno de 8%, em peso, dos resíduos inicialmente tratados. Este material, em muitos países é matéria prima base na indústria da construção civil. Porém, mesmo que não siga um caminho mais nobre, o tratamento térmico tende a diminuir o impacto causado à vida útil dos aterros que deixam de receber o RSU bruto e passam a receber um volume 90% menor e menos impactante em termos de geração de GEE e lixiviado.

Vale ressaltar que essa é uma tecnologia por vezes contestada em muitos países, inclusive no Brasil. As vantagens da recuperação energética através da incineração dos resíduos são confrontadas com desvantagens e questionamentos quanto ao custo de instalação e manutenção e, principalmente, em relação às possíveis emissões de gases nocivos à saúde, como as dioxinas e furanos.

2.4.6 OS ATERROS

Ainda relacionados como a principal opção em termos de destinação de resíduos no mundo, os aterros evoluíram expressivamente desde as primeiras fossas criadas pelo homem. Atualmente existem perfis diferentes de aterros, desde os conhecidos lixões, vazadouros a céu aberto sem nenhum controle de emissões e pragas, aos aterros sanitários que reúnem soluções de engenharia visando minimizar riscos e impactos para a saúde e o meio ambiente.

Entretanto a legislação vigente, PNRS, prevê que somente seja permitida a disposição final ambientalmente adequada. Que por definição na letra da lei seria:

“...distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”. (Brasil, 2010)

As normas operacionais mínimas encontram-se listadas na resolução CONAMA 308:2002, que versa sobre o Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte. As restrições estão ligadas à seleção da área, aos aspectos técnicos de operação e ao licenciamento ambiental.

Em termos de localização, os aterros não devem estar próximos a áreas de elevada densidade demográfica, ou até mesmo, propensas à incorporação por áreas urbanas, e devem obedecer às distâncias mínimas estabelecidas em normas técnicas e legislação ambiental específica de ecossistemas frágeis e recursos hídricos superficiais.

Em relação aos aspectos técnicos, segundo a resolução CONAMA 308:2002, os aterros devem considerar:

- Os sistemas de drenagem de águas pluviais;
- A coleta e a destinação final e tratamento adequado dos percolados;
- A coleta e queima dos efluentes gasosos, quando necessário;
- O uso, preferencial, de equipamentos simplificados para operação;
- E um plano de monitoramento ambiental.

Em relação ao licenciamento ambiental, existe um mínimo de 9 itens a serem assegurados para que o aterro seja licenciado.

O projeto mais recente de aterro sanitário construído no estado do Rio de Janeiro (Figura 11), a Central de Tratamento de Resíduos Santa Rosa, na Cidade de Seropédica propõe atender aos requisitos técnicos mínimos e ainda conta com: aterro sanitário bioenergético, estação de tratamento de chorume para transformação em água de reuso, unidades de beneficiamento de entulho da construção civil e de podas de árvores, viveiros de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica e estação de captação e tratamento de biogás para geração de energia limpa.

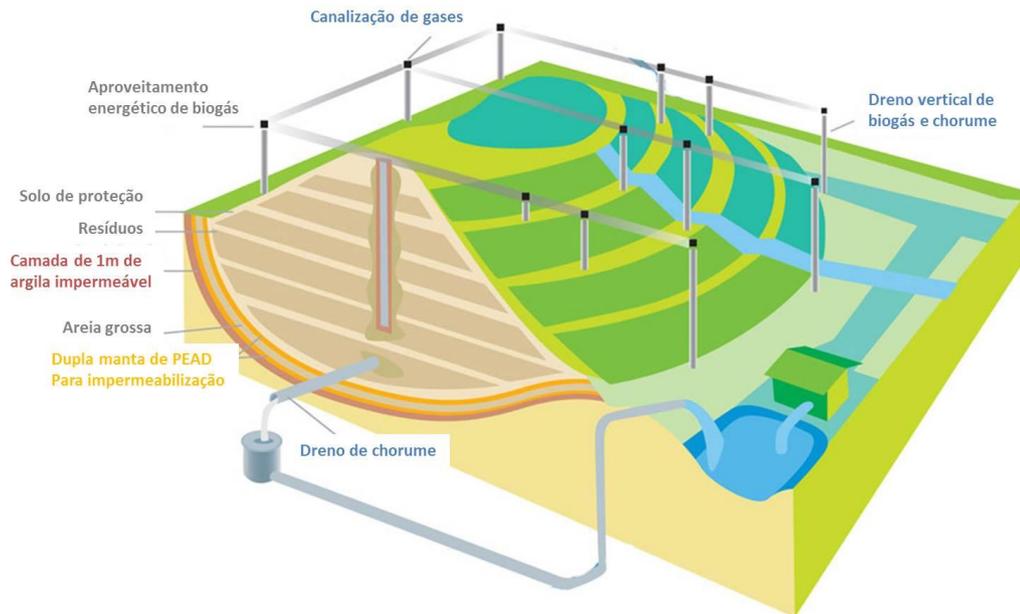


FIGURA 11 - CORTE ESQUEMÁTICO DA CTR SATA ROSA. FONTE: CICLUS (2013)

No corte esquemático apresentado pela Figura 11 é possível identificar parte da estrutura técnica mínima necessária para funcionamento de um aterro sanitário, como:

- Impermeabilização da área com manta plástica e/ou argila compactada de baixa taxa de permeabilidade;
- Drenagem inferior de chorume;
- Drenagem vertical e horizontal para o biogás e chorume;
- Cobertura diária com argila;
- Cobertura final de argila;
- Sistema de tratamento de chorume.

Outros requisitos para um aterro sanitário de qualidade não presentes na Figura 11, seriam:

- Procedimento para compactação do lixo;
- Acesso pavimentado;
- Balança para pesagem dos resíduos aterrados;
- Drenagem de pé de talude;
- Drenos de monitoramento;
- Drenagem pluvial superficial;
- E segurança para evitar invasão de catadores.

Contudo, mesmos os aterros sanitários mais completos em soluções ambientais para diminuição de riscos e impactos, compartilham pesadas críticas quando comparados a outras opções de gestão de resíduos. Os aterros necessitam de extensa área territorial para operação e ao mesmo tempo devem estar localizados distantes das áreas urbanas. Logo surgem duas grandes contrariedades.

A primeira está relacionada à inutilização de uma extensa área territorial por um período ainda impreciso, mas que pode alcançar 100 anos após a interrupção no recebimento de resíduos. Existem relevantes discussões quanto aos riscos potenciais pós-operação dos aterros. A manutenção dos sistemas e tecnologias contra impactos ambientais deve ser contínua, entretanto, em geral os contratos preveem uma responsabilização do operador do aterro que gira em torno de 15 a 25 anos. Um período de manutenção bem menor do que os 100 anos estimados por alguns especialistas.

Segundo, a restrição da distância acaba sendo uma desvantagem em termos logísticos e de sustentabilidade em relação às demais alternativas de gestão existentes. A massa de resíduo precisa ser transportada, geralmente por caminhões movidos a diesel, acarretando elevado consumo de combustíveis fósseis e obrigando a criação de áreas de transbordo próximas a áreas residenciais. Essas áreas de transbordo devem obedecer aos mesmos cuidados ambientais de um aterro de pequeno porte.

Outro fator relevante, que concentra inúmeras críticas, diz respeito aos recursos contidos nos resíduos aterrados. Grande parte do material poderia ser reutilizado, reciclado ou recuperado energeticamente através de processos de compostagem, tratamento mecânico biológico ou incineração. Opções que contribuem para a diminuição da extração e o consumo de matéria prima virgem, redução do consumo de energético produtivo fora a possibilidade de geração de energia, quando controlada, limpa.

2.5 A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) E A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (GRS)

2.5.1 A ORIGEM

O conceito por trás do que hoje é chamado de ACV tem fundamento em uma antiga e recorrente preocupação do ser humano, a eficiência energética de tecnologias e

serviços. Grandes guerras e crises, como a do petróleo no início da década de 1970, podem ser consideradas catalizadores, precipitando desenvolvimentos tecnológicos, entre eles, a metodologia evoluída e hoje denominada ACV (Horne, Grant e Verghese, 2009).

Amplamente utilizado nos dias atuais, o conceito de ACV tem como primeira referência prática, um estudo sobre embalagens financiado pela Companhia Coca-cola e executado pelo *Midwest Research Institute* (MRI). Na época, a companhia de bebidas havia percebido que existiam diversas questões e possíveis oportunidades ligadas ao processo e ao material utilizado nas embalagens dos produtos (Hunt e Franklin, 1996).

Em síntese, os pesquisadores Robert Hunt e Willian Franklin, membros do MRI, deveriam analisar alternativas de materiais para embalagens frente ao consumo energético e aos impactos ambientais causados. Baseado na percepção do gestor de embalagens da contratante, haveria uma inter-relação entre os recursos energéticos e o material utilizado, sendo assim, o estudo deveria considerar ambos os fluxos, de materiais e de energia, desde a obtenção da matéria prima até a disposição final dos resíduos.

O estudo, conduzido por Hunt e Franklin, foi batizado *Resource and Environmental Profile Analysis*¹¹ (REPA), sendo finalizado em 1972. Na mesma década, outras experiências foram relatadas em diversos países europeus. Talvez, segundo Baumann e Tillman (2004), a mais relevante tenha ocorrido na Suécia. A TetraPak – empresa de embalagens – interessada em oferecer ao mercado um novo modelo de garrafa, feita à base de PVC, contratou a consultoria do engenheiro Gustav Sundström para avaliar os impactos ligados ao possível aumento na emissão de ácido clorídrico (HCl) para atmosfera.

Naquela época, parte considerável dos resíduos suecos já era destinada à incineração. Sundström, experiente responsável por projetos de incineradores, estaria apto a opinar quanto aos impactos causados pela incineração das novas garrafas. O estudo das embalagens de PVC, cercado de críticas antes mesmo de começar, precisou ser refeito após um erro de cálculo constatado pelo próprio Sundström. A revisão dos cálculos levaria a uma conclusão oposta à divulgada inicialmente, contrariando

¹¹Tradução: Análise de perfil de recursos e meio ambiente

previsões e a opinião pública, avaliando a incineração das garrafas de PVC (Baumann e Tillman, 2004).

Apesar da polêmica em torno dos resultados, a pesquisa sobre os impactos ambientais causados pela incineração de garrafas de PVC, tornou-se referência por ser um dos primeiros estudos registrados, com objeto e variáveis europeias – outras experiências contemporâneas baseavam-se em estudos norte-americanos. Notabilizou-se, ainda, como um modelo precursor de uma série de estudos comparativos priorizando a lógica do berço ao túmulo (*cradle to grave*) – que considera os impactos gerados desde a obtenção da matéria prima bruta até o descarte final.

Nessa onda de estudos, as indústrias de embalagens alcançaram destaque como as principais responsáveis pelo fortalecimento do conceito da ACV no início da história. Focadas na competição, as indústrias patrocinavam pesquisas com intuito de provar pretensas vantagens de seus produtos frente aos concorrentes. Plástico *versus* vidro e alumínio *versus* aço são apenas dois exemplos característicos de disputas pelo mercado de embalagens.

A partir do meio da década de 80, Baumann e Tillman (2004) relatam o surgimento do que as autoras denominaram a “segunda onda” da ACV. Onde as preocupações se voltavam para a gestão de resíduos em sentido amplo.

Recapitulando, após a longínqua criação do constructo chamado lixo e por falta de consciência ambiental, o homem passou a mal conviver com seus resíduos. A solução para o volume de rejeitos gerado consistia em dispor, quase sempre, enterrando-os *in natura*, no próprio ambiente. Rios, lagos e mar, assim como o subsolo, figuravam como destinos finais para o despejo de resíduos não tratados.

Porém a industrialização e o aumento exponencial do volume de lixo tornaram a relação homem-resíduo demasiadamente complexa. Apenas dispor os resíduos no ambiente se tornara uma opção não-saudável, ou na terminologia moderna, insustentável. Inúmeras soluções de tratamento e disposição foram desenvolvidas – as mais relevantes comentadas no subtópico anterior dessa dissertação – iniciando um movimento pela GRSU.

Como todo processo de gestão envolve escolhas, a ACV passou a ser compreendida como potencial ferramenta de subsídio ao processo decisório na GRS. A

questão preeminente a ser respondida era: “A partir de um ponto de vista ambiental, qual seria a melhor opção para o tratamento dos resíduos?”.

A ACV passou a ser reconhecida, por autoridades ambientais e decisores de variadas esferas político-privadas, como um instrumento capaz de orientar estratégias ambientais na produção industrial, fugindo das regras pré-formatadas e fornecendo uma resposta técnica, com viés quantitativo e objetivo. Essa ferramenta tornou possível a comparação, de forma estruturada, de alternativas de gestão, lidando simultaneamente com diferentes questões ambientais.

A percepção do potencial da ACV contribuiu para a expansão dos horizontes dessa ferramenta. A metodologia passou a ser utilizada em inúmeros países, despertando a atenção do marketing empresarial, que identificou a ACV como um instrumento de forte apelo ambiental. Pesquisas financiadas – muitas delas direcionadas – passavam a ter seus resultados estampados em rótulos e propagandas de produtos, chamadas de *ecolabelling*.

Horne, Grant e Verghese (2009) relata que os estudos de ACV variavam significativamente na aplicação, na forma, método de execução, e, principalmente, na terminologia que os definam. Listam-se: Análise de Recursos e Perfil Ambiental (*Resource and Environmental Profile Analysis – REPA*), Balanço Ecológico (*ecobalance*), Análise do Berço ao Túmulo (*Cradle-to-Grave Analysis*), Análise de Ciclo de Vida (*life cycle analysis*).

Somente em 1990 o termo Avaliação de Ciclo de Vida¹² foi proposto e aceito pelos participantes de um *workshop*, realizado pela *Society of Environment Toxicology and Chemistry*¹³ (SETAC), em Vermont, EUA.

2.5.2 CRITICAS

A definição de um termo uniforme representou um primeiro passo no sentido da padronização do método. A disseminação do conceito e a aplicação não regulada fomentavam o surgimento de inúmeras críticas. À medida que os métodos aplicados se diversificavam, a interpretação e principalmente a comparação de resultados de ACVs passou a ser prejudicada (EC, 2010).

¹² Em inglês Life Cycle Assessment (LCA)

¹³ Sociedade de Meio ambiente, Toxicologia e Química

De acordo com o levantamento de Horne, Grant e Verghese (2009), até a criação de um padrão único, a solução pairava sobre guias de boas práticas e conselhos para a realização de ACVs desenvolvidos pela SETAC. Apenas em 1997, a *International Organization for Standardization*¹⁴ (ISO) publicou o primeiro padrão sobre o tema, a norma ISO 14040.

A norma, classificada como a base do conhecimento de ACV, teve no ano de 2009 sua revisão mais recente, contemplando a definição, os princípios, as especificações e o quadro conceitual (*framework* - Figura 12) da ACV. A aplicação técnica detalhada, não tratada pela ABNT (2009a), atualmente encontra-se unificada – substituindo as normas 14041:1999, 14042:2000 e 14043:2000 – dentro da norma NBR ISO 14044:2009 (ABNT, 2009b).

Entretanto, a metodologia de ACV continua sendo discutida. Existem várias iniciativas internacionais contribuindo para a construção de um consenso e promovendo recomendações. No guia da EC (2010), o *International Reference Life Cycle Data System Handbook* (ILCD), existe um tópico preocupado exclusivamente com potenciais omissões e contradições inerentes à complexidade dos estudos. Nesse tópico há destaque para a prática de revisões críticas, consideradas fundamentais para dirimir contradições e omissões (EC, 2010).

2.5.3 O ESTADO DA ARTE

Entre as principais referências da metodologia de ACV listam-se a pioneira SETAC, a Iniciativa de Avaliação de Ciclo de Vida do Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA, 2012) e a *European Platform for LCA of the European Commission* (2008).

O estado da arte da ACV está voltado para a gestão da sustentabilidade. Em Finkbeiner (2012), 56 artigos de um rol de 414 apresentados na conferência LCM 2011, em Berlin, chamam a atenção para expansão do conceito de ACV.

Para Finkbeiner (2012), assim como observado em previsões de Baumann e Tillman (2004) e relatado por Christensen et al. (2007), o conceito de ACV está evoluindo para além da dimensão ambiental, foco da abordagem tradicional. Novas

¹⁴ Organização Internacional para Padronização

dimensões passam a ser contempladas pelos estudos de impacto, sustentando um novo conceito, o *Life Cycle Management* (LCM).

Uma abordagem econômica, denominada *Life Cycle Costing* (LCC) e outra social, chamada de *Social Life Cycle Assessment* (SLCA), quando somadas à abordagem tradicional representariam os três pilares da sustentabilidade, formando o conceito de *Life Cycle Sustainability Management*¹⁵ (LCSM). Em Finkbeiner (2012), Walter Klöpffer representou a nova abordagem através da fórmula:

$$LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

2.5.4 ONDE APLICAR A ACV?

De acordo com a NBR ISO 14040:2009, a ACV tem aplicação:

- Na identificação de oportunidades para melhoria do desempenho ambiental dos produtos nas diferentes fases do ciclo de vida;
- Subsidiando decisores na indústria, governo ou em organizações não governamentais (ONGs) (por exemplo: para fins de planejamento estratégico, priorização de configurações, para *design* ou *re-design* de produtos ou processos);
- Na seleção de relevantes indicadores de desempenho ambiental incluindo técnicas de medição;
- Em *marketing* (por exemplo: na implementação de rotulação ecológica¹⁶ ou produzindo uma declaração ambiental de produto).

O valor da ACV como ferramenta de gestão de resíduos está em, através de uma abordagem holística, considerar consequências dos impactos ambientais causados pelo sistema em torno da gestão dos resíduos. Hoje, essas consequências são consideradas mais impactantes do que as emissões diretas dos resíduos (Ekvall, T et al., 2007). De maneira geral, a ACV é útil para evitar a troca de problemas, ou seja, transferência do problema entre fases, regiões ou até mesmo a transferência de um impacto ambiental para outro (Ekvall, T. et al., 2009 e Christensen et al., 2007).

¹⁵ Life Cycle Initiative of the United Nations Environment Program (UNEP); Life Cycle Management (LCM); Custo de Ciclo de Vida (LCC); Gestão de Ciclo de Vida (LCM); Avaliação Social do Ciclo de Vida (SLCA); Gestão de Sustentabilidade do Ciclo de Vida (LSCM); Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida (LCSA).

¹⁶ Internacionalmente conhecido como *eco-labelling*.

2.5.5 O CONCEITO DO MÉTODO

A NBR ISO 14040:2009 define ACV como: “Compilação e avaliação das entradas e saídas e dos impactos ambientais de um sistema produtivo através do seu ciclo de vida”.

Ainda de acordo NBR ISO 14040:2009:

“A ACV enfoca os aspectos ambientais e os impactos ambientais potenciais (por exemplo, uso de recursos e as consequências de liberações para o meio ambiente) ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, desde a aquisição das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final (isto é, do berço ao túmulo).”

A Figura 12 apresenta a síntese do método de um estudo de ACV.

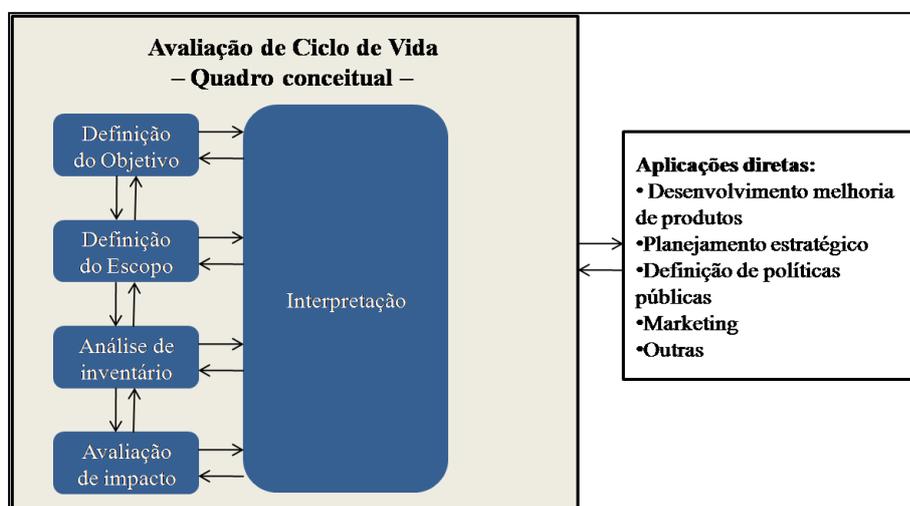


FIGURA 12 - ESTRUTURA DE UM ACV. FONTE: ADAPTADO DE EC (2010) E ABNT (2009A)

Originalmente, de acordo com a NBR ISO 14040:2009, a estrutura metodológica dividia-se em apenas quatro fases. O guia ILCD (2010), baseado nos padrões ISO 14040 e 14044, propôs um quadro modificado, separando as fases de definição de objetivo e escopo. A proposta mantém a estrutura conceitual do padrão internacional, porém apresenta uma abordagem mais detalhada (desmembrada) alinhada à missão do guia, que visa garantir a qualidade e a consistência dos resultados de estudos de ACV, reconhecidos pela flexibilidade na aplicação.

Ainda com relação ao propósito do guia ILCD (2010) em assegurar estudos e resultados confiáveis, dois requisitos transversais são considerados fundamentais permeando todas as fases de um ACV: A consistência dos métodos, hipóteses e dados, e a reprodutibilidade.

Consistência significa manter a aplicação do método e hipóteses sempre em conformidade com o objetivo e escopo do estudo, utilizando sempre o mesmo método em todas as fases para qualquer tipo de comparação, certificando a suficiência dos dados e a mesma precisão e completude durante todo o estudo.

Possíveis inconsistências devem ser comprovadamente documentadas mesmo que insignificantes para os resultados de impacto ambiental. Em caso de impossibilidade de tal comprovação, o registro da inconsistência passa a ser indispensável junto ao relato do nível de qualidade alcançado pelo estudo ou na elaboração da conclusão e recomendações.

O requisito da reprodutibilidade atenta para a necessidade do estudo de ACV estar devidamente documentado. De forma apropriada e transparente a documentação/registo deve ser suficiente, abrangendo desde os passos iniciais até o final do estudo de forma que outro praticante de ACV consiga reproduzir os resultados alcançados (ILCD, 2010).

Há, porém um ponto de atenção quanto ao requisito da reprodutibilidade. Caso os estudos utilizem informações sigilosas ou confidências preveem-se relatórios separados a serem disponibilizados para revisões críticas.

2.5.6 AS FASES

2.5.6.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO

Observados os requisitos transversais à aplicação do método, a primeira etapa da aplicação de uma ACV sempre começa pela definição do objetivo. Nesse momento são identificadas a proposta ou aplicação pretendida, as razões para a realização do estudo e o público-alvo do mesmo.

Apesar de suscitar simplicidade, a definição do objetivo possui importantes pontos de atenção que podem, se não observados, comprometer o resultado do estudo. Ao identificar os envolvidos e o público-alvo é importante destacar a relação de interesse de cada uma das partes, inclusive dos revisores. Deve estar claro se o estudo é comparativo ou descritivo e quais as suas limitações.

2.5.6.2 DEFINIÇÃO DE ESCOPO

A NBR ISO 14040:2009 sugere que o escopo de um estudo de ACV contemple os seguintes itens: o sistema e suas funções; as fronteiras do sistema; procedimentos de alocação; categoria de impacto e metodologia para avaliação de impactos; requisitos de dados; pressupostos; limitações; requisitos iniciais quanto à qualidade dos dados; tipo de revisão crítica (se aplicável); e tipo e formato do relatório requerido para estudo. Araújo (2013) sintetiza, com base na mesma norma, que o conteúdo mínimo do escopo de um estudo de ACV restringe-se a três dimensões: onde iniciar e parar o estudo do ciclo de vida (extensão), quantos e quais subsistemas incluir (largura), e o nível de detalhes do estudo (profundidade).

Dentre os itens especificados no parágrafo anterior, alguns requerem maior atenção. A começar pela definição da unidade funcional, onde o objetivo primário é possibilitar a normalização (matemática) dos dados utilizados, tanto de entrada quanto de saída. Para tal, é imprescindível que a unidade funcional seja bem definida e mensurável, assim descreve a NBR ISO 14044:2009.

Para melhor caracterizar as unidades funcionais, citam-se alguns exemplos, como:

- Comparação de tecnologias de secagem de mãos entre toalhas de papel e sopradores de ar. Pressupõe-se que um estudo com essa temática deva considerar como unidade funcional um par de mãos secas. Dessa forma é possível comparar os impactos causados entre os kWh gastos pelo aparelho elétrico e a massa de papel necessária para se alcançar o mesmo resultado, duas mãos secas.
- Comparação entre meios de transporte de pessoas. Sugere-se que a unidade funcional seja o número de pessoas transportadas por hora e distância (pessoas/h/km). Dessa forma, é possível comparar veículos diferentes, com consumo energético diferente e combustíveis diferentes.
- Outro caso considerado simples, é a comparação de tecnologias de iluminação. Qual lâmpada (bulbo) gera menos impacto ambiental? Nesse caso, a potência de iluminação pelo tempo de vida (horas de iluminação) seria a escolha mais indicada. Horas de vida/pela potência gerada.

Definida a unidade funcional, o passo seguinte é a definição do sistema. A primeira versão provavelmente não será a mais completa. A execução de uma ACV é um processo iterativo e o primeiro diagrama de fluxo desenhado tende a não conter todos os detalhes necessários de um ciclo de vida, processos, entradas e saídas. Preveem-se atualizações ao longo da aplicação do estudo.

O diagrama de fluxo ou fluxograma (*flowchart*) é a ferramenta gráfica sugerida pela NBR ISO 14040:2009 e deve representar as atividades e/ou processos que se pretende estudar. A Figura 13 ilustra um diagrama de fluxo simplificado e genérico do ciclo de vida de uma embalagem plástica.



FIGURA 13 - DIAGRAMA DE FLUXO DO CICLO DE VIDA DE UMA EMBALAGEM.

O Diagrama da Figura 13 tende a ser consolidado com o refinamento das fronteiras do sistema, a qual determina os limites de atuação e abrangência de um estudo de ACV. O estabelecimento das fronteiras do sistema é um momento de decisão quanto às unidades de processos (objetos do fluxograma) que devem fazer parte do sistema e o nível em que as mesmas deverão ser estudadas. De acordo com o texto da NBR ISO 14044:2009:

“é razoavelmente útil descrever o sistema usando um diagrama de fluxo de processo mostrando os processos unitários e suas inter-relações. Cada um dos processos unitários deve ser inicialmente descrito para definir: onde o processo de unidade começa, em termos de recepção das matérias-primas e produtos intermédios, a natureza das transformações e operações que ocorrem como parte do processo de unidade, e onde o processo de unidade termina, em termos do destino dos produtos intermédios ou finais.”

A princípio, o sistema deve contemplar todos os processos existentes no ciclo de vida do produto avaliado. Do berço ao túmulo. Porém, os estudos podem ser customizados de acordo com interesse do contratante e/ou viabilidade do estudo (ILCD, 2010). A Figura 14 representa a consolidação do diagrama de fluxo e o estabelecimento das fronteiras do sistema para o exemplo criado pelo autor do ciclo de vida de uma embalagem plástica.

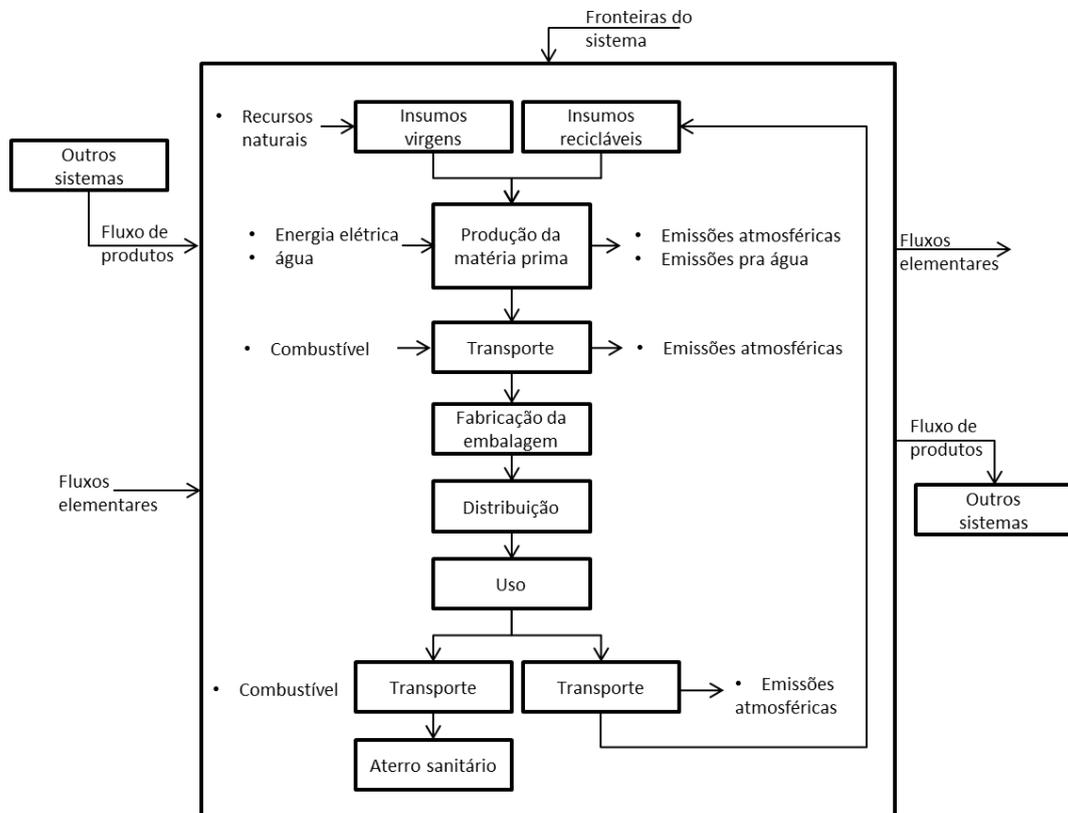


FIGURA 14 - DIAGRAMA DE FLUXO E AS FRONTEIRAS DE UM SISTEMA GENÉRICO.

As definições estabelecidas em cada item do escopo estão inter-relacionadas e, deliberadas as unidades de processos, o fluxo e as fronteiras do sistema, outros dois itens da definição de escopo passam a requerer atenção especial: a alocação e a revisão crítica.

Apesar de não obrigatórios em estudos de ACV, esses dois itens, precisam ser avaliados quanto à necessidade de realização para que o estudo de ACV planejado tenha maior acurácia e validade, respectivamente.

A alocação é geralmente utilizada em processos ou unidades de processos multifuncionais (múltiplas entradas e/ou múltiplas saídas). No contexto da GRS, o processo de tratamento final através de aterros de resíduos, representado pela Figura 15, pode configurar um exemplo de alocação de acessível entendimento.

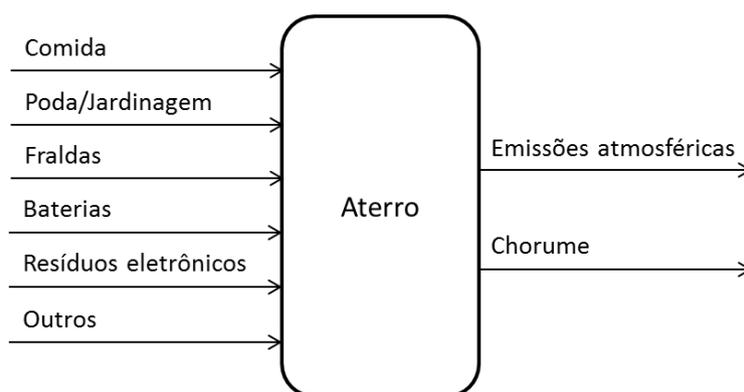


FIGURA 15 - EXEMPLO DE UNIDADE DE PROCESSO MULTIFUNCIONAL.

O exemplo, não exaustivo, da Figura 15 lista como entradas da unidade de processo diferentes resíduos e como saídas, emissões atmosféricas e chorume. A questão envolvendo a alocação é ampla e pode envolver diferentes situações-problema.

No exemplo dado, qual o percentual de participação (impacto) poderia ser atribuído às baterias pelo volume de chorume gerado? Ou qual a relação do volume das diferentes emissões atmosféricas poderia ser atribuída à comida aterrada?

Ampliando a visão sistêmica, o exemplo de processo mencionado pode ser considerado bifuncional, propiciando um segundo e diferente caso de alocação. A partir do momento em que o metano gerado no aterro é canalizado e utilizado como entrada (*input*) de outro sistema, esse gás torna-se uma alternativa de combustível. Conseqüentemente parte dos impactos causados pela geração de metano no aterro devem abater os impactos causados pela restrição parcial na produção do combustível substituído.

Por se tratarem de atividades extremamente customizáveis, incluindo a referida alocação, o segundo item não obrigatório do escopo prevê, quando necessário, execução

da revisão crítica. A definição dos revisores pode ser fundamental para a validação e correto direcionamento dos resultados. Quanto mais voltados ao subsídio de processos decisórios e formulação de políticas ambientais, mais relevantes e restritivas devem ser as revisões críticas.

2.5.6.3 INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Definidos objetivo e escopo, a fase seguinte de uma ACV é denominada Análise do Inventário de Ciclo de Vida (*Life Cycle Inventory Analysis*). Em síntese, essa etapa do estudo objetiva, a partir da coleta de dados e procedimentos de cálculo, realizar um balanço de massa e energia do sistema através da definição dos fluxos de entrada e saída. Devem ser considerados todos os recursos e variáveis delimitados nas fronteiras do sistema. Listam-se: matéria prima virgem ou reciclável, energia para processos de produção e de transporte, emissões, efluentes, resíduos e, evidente, os produtos principais e paralelos, tal qual demonstrado na Figura 16.

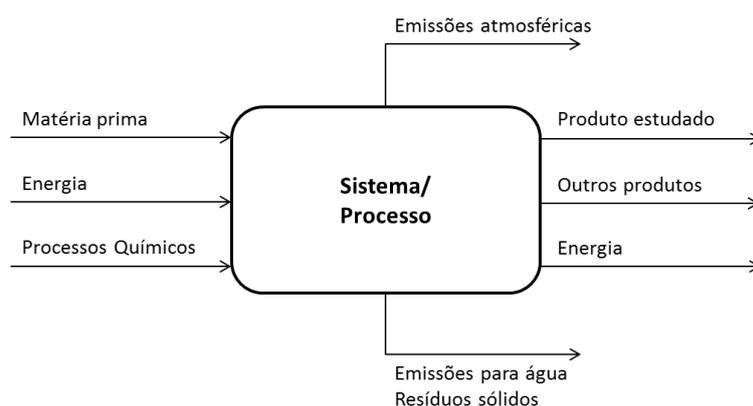


FIGURA 16 - SÍNTESE DA EXECUÇÃO DO ICV. FONTE: ADAPTADO DE BAUMANN E TILLMAN (2004)

O procedimento de inventário deve ser iniciado pelo correto estabelecimento do sistema, do fluxograma de processos e das inter-relações contidas entre eles. Por estar embasada em uma abordagem iterativa, à medida que se aprofunda no conhecimento dos processos, ou seja, à medida que o estudo evolui em conhecimento, é fundamental uma verificação e possível revisão das etapas anteriores, principalmente o diagrama de fluxo e as unidades de processos.

Finnveden et al. (2009), Baulmann e Tillman (2004), entre outros, afirmam que a coleta de dados é o estágio mais trabalhoso e intensivo em tempo de toda ACV. É possível, baseado nas afirmativas desses autores, supor que a palavra “pesquisa” fosse a

mais adequada para intitular a etapa. Isto porque, as informações necessárias, quando disponíveis, ainda encontram-se dispersas por diferentes fontes e por vezes contrapostas.

A restrição acima pontuada, quanto à disponibilidade de determinados dados, serve para lembrar que muitas informações necessárias para ICVs não estão sistematicamente disponíveis. Outras informações encontram-se sob sigilo industrial, e parte não está disponível por falta de transparência e/ou interesse de determinados governos.

De acordo com Finnveden et al. (2009) um número razoável de bases de dados foram, e continuam sendo desenvolvidas em âmbito nacional, regional e empresarial (indústrias e consultorias). Entre os países com bases de dados conhecidas Finnveden et al. (2009) destaca:

- Suécia com a base de dados SPINE@CPM (CPM, 2007)
- Alemanha com a base de dados PROBAS (UBA, 2007)
- Japão com a base de dados JEMAI (JEMAI, 2007; Narita et al., 2004)
- EUA com a base de dados NREL (NREL, 2004)
- Austrália com a base de dados LCI (RMIT, 2007)
- Suíça com a base de dados Ecoinvent (Ecoinvent, 2007)

Regionalmente, destaque para a União Europeia com a base de dados ELCD (EC, 2007). O Brasil é citado por Finnveden et al. (2009) como um dos países com base de dados para ICV em desenvolvimento. O Inventário de Ciclo de Vida para a Competitividade Ambiental da Indústria Brasileira (SICV Brasil) teve início como projeto em 2006. A ideia é, através de projetos pilotos nos diversos segmentos da indústria brasileira, gerar bases de dados satélites.

A compilação das diversas bases satélites irá formar um banco de dados consolidado, o ICV Brasil. Esse modelo de banco de dados para ICVs segue o modelo ELCD (EC, 2007), que é parceira do projeto. Além da Comissão Europeia, diversos órgãos governamentais, Universidades e algumas empresas de direito privado comungam dessa parceria (LAMB, 2010).

Assim como alertado no início deste subtópico, mesmo que haja um bom planejamento para a coleta dos dados, não há certeza quanto à precisão e ao acesso a determinadas informações. Baulmann e Tillman (2004) alertam para a grande dificuldade de se obter dados referentes à fase de uso dos produtos. Segundo as autoras, “[...] o comportamento dos consumidores varia de forma significativa e por vezes não é conhecido”. Em muitos casos, os números utilizados nessa fase são aproximados.

Outra possível barreira a ser encontrada é a necessidade de obter dados de fornecedores primários ou fornecedores de fornecedores. Nesse caso, existe uma variável “grau de relacionamento” que pode influenciar na disponibilização de informações. O mote do estudo e a posterior utilização do mesmo podem ser impeditivos à liberação de informações.

2.5.6.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA (AICV)

A AICV consiste em associar potenciais impactos ambientais aos resultados obtidos na fase de ICV. É traduzir quantitativa e qualitativamente a forma como o fluxo de entradas e saídas do sistema estudado se relaciona – impacta – o ambiente delimitado.

Pela NBR ISO 14040:2009 esta fase também é iterativa e pode resultar na revisão do objetivo e escopo do estudo de ACV, determinando se os objetivos do estudo foram atingidos ou modificando objetivo e escopo, caso a avaliação indique que eles não podem ser alcançados.

Cartesianamente, a AICV se subdivide em três elementos mandatórios e um opcional, verifica-se:

- Seleção das categorias de impacto, indicadores e modelos.
- Correlação dos resultados do ICV com as categorias de impacto (classificação).
 - Onde determinada emissão contribui?
- Cálculo de resultados dos indicadores de categoria (caracterização).
 - O quanto determinada emissão contribui?

- (Opcional) Cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores relativamente à informação de referência (agrupamento, ponderação e normalização).

Em termos gerais as categorias de impactos ambientais mais usuais são o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. É possível avaliar várias subcategorias de impacto, tais como: Aquecimento global, Acidificação, Eutrofização, Destruição do ozônio, Formação de ozônio fotoquímico, Ecotoxicidade, Toxicidade humana, Toxicidade em aterros, Consumo de recursos de Al, Cu, Fe, carvão, petróleo, gás natural, água, madeira e outros.

A ABNT NBR ISO 14044:2009 define como componentes necessários da AICV para cada categoria de impacto:

- Identificação do(s) ponto(s) final(is) de categoria.
- Definição do indicador de categoria para dado(s) ponto(s) final(is) de categoria, identificação dos resultados apropriados do ICV que podem ser correlacionados à categoria de impacto, levando em conta o indicador de categoria escolhido e o(s) ponto(s) final(is) identificado(s) para a categoria.
- Identificação do modelo de caracterização e dos fatores de caracterização.

Para auxiliar no entendimento dos termos referentes aos elementos necessários à AICV a NBR ISO 14044:2009 sugere um exemplo transcrito para a Tabela 3.

TABELA 3 - EXEMPLOS DE TERMOS. FONTE: ABNT (2009B)

TERMO	EXEMPLO
Categoria de impacto	Mudança climática
Resultados do ICV	Quantidade de gás de efeito estufa por unidade funcional
Modelo de caracterização	Modelo de linha de base para 100 anos do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas – IPCC ¹⁷
Indicador de categoria	Forçamento radiativo infravermelho (W/m ²)
Fator de caracterização	Potencial de aquecimento global para cada gás de efeito estufa (kg CO ₂ - equivalentes/kg gás)
Resultado do indicador de categoria	kg de CO ₂ -equivalentes por unidade funcional
Pontos finais da categoria	Recifes de coral, florestas, plantações
Relevância ambiental	O forçamento radiativo infravermelho representa os efeitos potenciais sobre o clima, dependendo da adsorção cumulativa de calor pela atmosfera causada por emissões e da distribuição da absorção de calor ao longo do tempo

Os modelos de caracterização ambiental são agrupados em metodologias de impacto ambiental desenvolvidas para a AICV, na Tabela 3, exemplificados pelo IPCC, correlacionam os dados de inventário de cada categoria de impacto ao indicador da categoria, através dos fatores de caracterização, definindo o mecanismo ambiental.

O CML 2001¹⁸, Eco-Indicator 99, Ecopoints 97, TRACI¹⁹, EPS 2000²⁰ e EDIP 2003²¹ representam diferentes métodos de avaliação de impacto, alguns em desenvolvimento desde o início da década de 90. Essa diversidade de metodologias não foi tratada pela série de padronização ISO 14040 e representa uma fonte de críticas sobre estudos de ACV já que essa variação possibilita o alcance de resultados diferentes para estudos idênticos.

2.5.6.5 INTERPRETAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A etapa (fase) final de uma ACV considera interpretar e confrontar ambas as etapas anteriores, ICV e AICV (quando executada), e convém que forneça resultados que sejam consistentes com o objetivo e escopo definidos e que levem a conclusões, expliquem limitações e provejam recomendações. (ABNT, 2009a).

¹⁷ *Intergovernmental Panel on Climate Change*

¹⁸ Método desenvolvido pelo Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden

¹⁹ *Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts*

²⁰ *Environmental Priority Strategy*

²¹ *Environmental Design of Industrial Products*

São elementos fundamentais observados pela NBR ISO 14044:2009 na fase de Interpretação do Ciclo de Vida:

- A identificação das questões significativas com base nos resultados das fases de ICV e AICV da ACV;
- Uma avaliação do estudo, considerando verificações de completeza, sensibilidade e consistência;
- As Conclusões, limitações e recomendações.

A norma reforça ainda que esta mesma fase envolve permite a iteratividade para rever e revisar o escopo da ACV, assim como a natureza e qualidade dos dados coletados, de forma consistente com o objetivo definido. É desejável que as conclusões da interpretação do ciclo de vida reflitam os resultados da fase de avaliação de impacto.

2.6 OS SOFTWARES E O EASEWASTE

A profusão de metodologias voltadas avaliação de impacto se reflete nos inúmeros *softwares* (ou modelos) desenvolvidos especificamente para a execução de estudos de ACV. Kirkeby et al (2006) e Araújo (2013) listam alguns dos *softwares* voltados especificamente para aplicação em estudos de ACV no âmbito da gestão de resíduos, como:

- Wisard – *Waste Integrated System Assessment for Recovery and Disposal*. (https://www.ecobilan.com/uk_wisard.php). Desenvolvido em uma parceria entre Reino Unido e França.
- UMBERTO – Desenvolvido pelo *Institut fur Umweltanalysen* (IFU) de Hamburgo (www.umberto.de), Alemanha.
- ORWARE – *Organic Waste Research*. Modelo desenvolvido por centros de pesquisa suecos.
- ISWM DST – Desenvolvido por pela Universidade da Carolina do Norte, *Research Triangle Institute* e a Agência de Meio Ambiente Americana (EPA), Estados Unidos da América.
- EPIC/CSR – Iniciativa desenvolvida pela *Environmental Plastics Industry Council* (EPIC), *Corporations Supporting Recycling* (CSR) e a Agência de Meio Ambiente Canadense.

- EASEWASTE. *Environmental assessment of solid waste systems and Technologies*. Desenvolvido na *Danmarks Tekniske Universitet (DTU)*.

O EASEWASTE quando comparado por Kirkeby et al (2006) aos demais *softwares* específicos para ACV em GRS, foi considerado o mais abrangente em termos metodológicos. Desenvolvido pelo Grupo 3R da Universidade Técnica da Dinamarca, o EASEWASTE permite a comparação e análise de diferentes cenários de gestão e tecnologias para o tratamento de resíduos sólidos. O *software* é capaz de calcular fluxos de resíduos, consumo de recursos e emissões ambientais de sistemas de gestão de resíduos, além de fornecer uma avaliação ampla em termos de potenciais de impacto.

De acordo com DTU (2012), O EASEWASTE permite trabalhar com 48 tipos de materiais e considera os créditos referentes a impactos negativos da recuperação energética ou de materiais. Os impactos ambientais são potencialmente descritos para todas as emissões relevantes, não importa onde e quando acontecem. Potenciais impactos positivos são cargas para o meio ambiente, enquanto os potenciais impactos negativos representam contenção para o meio ambiente.

O EASEWASTE é capaz de considerar diferentes metodologias de avaliação de impacto, porém o padrão (*default*) é o modelo EDIP, que considera as seguintes categorias de impacto ambiental:

- Aquecimento Global: agrega todas as emissões de gases de efeito estufa em CO₂-equivalências (kg CO₂).
- Enriquecimento de nutrientes: agrega todos os nutrientes enriquecendo emissões em NO₃-equivalências (kg NO₃).
- Acidificação: agrega todas as emissões que levam à acidificação em SO₂-equivalências (kg SO₂).
- Ecotoxicidade em Solos e Água: agrega todas as emissões tóxicas potencialmente impactantes no meio ambiente em m³ solo ou na água (m³).
- Toxicidade humana através do solo, ar e água: agrega todas as emissões tóxicas potencialmente impactando a saúde humana em m³ de solo, ar ou água (m³).

- Redução de Ozônio estratosférico: agrega todas as emissões que levam à destruição do ozônio estratosférico em CFC11-equivalências (kg CFC11).
- Fotoquímica formação de ozono: agrega todas as emissões que levam à formação fotoquímica de ozônio em C₂H₄-equivalências (kg C₂H₄).

A estrutura sistêmica que fundamenta o modelo agrega todos os dados de inventário em categorias de impacto que representam cargas ambientais, bem como o consumo de recursos. A Figura 17 resume a estrutura conceitual do *software*.

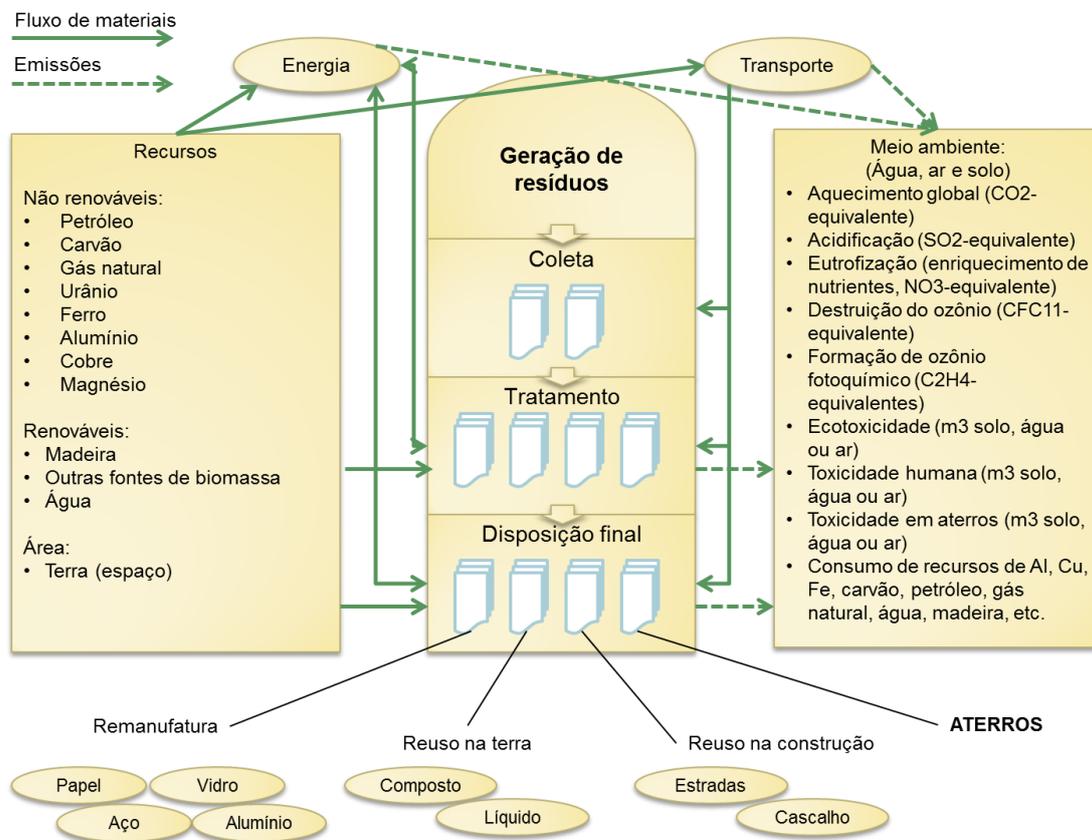


FIGURA 17 - ESTRUTURA SISTÊMICA CONCEITUAL DO EASEWASTE. FONTE: ADAPTADO DE DTU (2012)

Por ser uma ferramenta exclusiva para aplicação em sistemas de GRS, o *software* consolida os dados de entrada em três grandes fases de um processo: a geração, a coleta e o tratamento.

A unidade funcional utilizada é a quantidade de resíduos sólidos gerada em determinada área. O cenário, termo utilizado pela ferramenta, representa o sistema estudado. As informações necessárias para preencher o sistema se dividem em seis grupos: composição dos resíduos, quantidade dos resíduos, eficiência da separação,

coleta, transportes e tratamentos. Este último grupo, tratamentos, possui uma série de rotinas possíveis que podem ou não se relacionar, paralela ou sequencialmente, como apresenta a Figura 18.

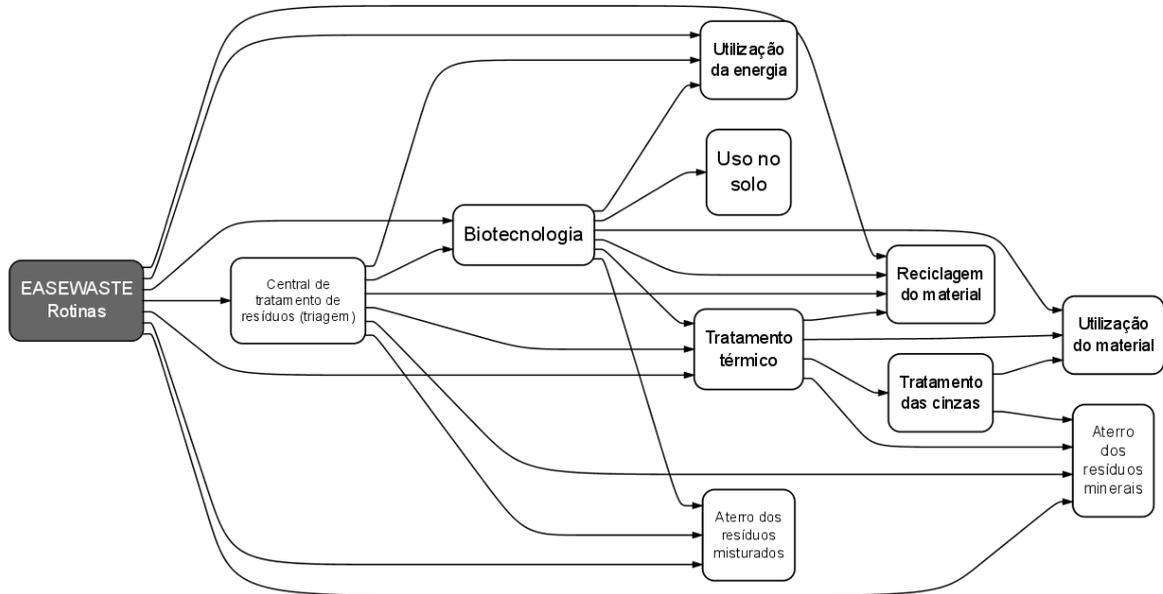


FIGURA 18 - ROTINAS DE TRATAMENTO NO EASEWASTE. FONTE: ADAPTADO DE DTU (2012)

Além das opções de rotina de tratamento dos resíduos, o EASEWASTE disponibiliza na sua base de dados padrão algumas definições como: o fracionamento dos resíduos, a quantidade, tipo e eficiência na separação. A base de dados padrão também engloba informações para realização AICV de acordo com a rotina definida pelos vários cenários (sistema).

As positivas referências levantadas sobre o EASEWASTE, o acesso facilitado pela DSc. Anna Bernstad e a ausência de registros acadêmicos, até o ano de 2012, de utilização desta ferramenta no Brasil, foram fatores decisivos para a utilização desse *software* nessa pesquisa.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia da pesquisa adotada para construção da presente dissertação. A Figura 19 sintetiza as etapas do projeto cujo eixo fundamental metodológico foi orientado pelas normas NBR ISO 14.040:2009 e NBR ISO 14.044:2009, que regem os estudos de ACV e no Brasil foram traduzidas e adotadas integralmente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

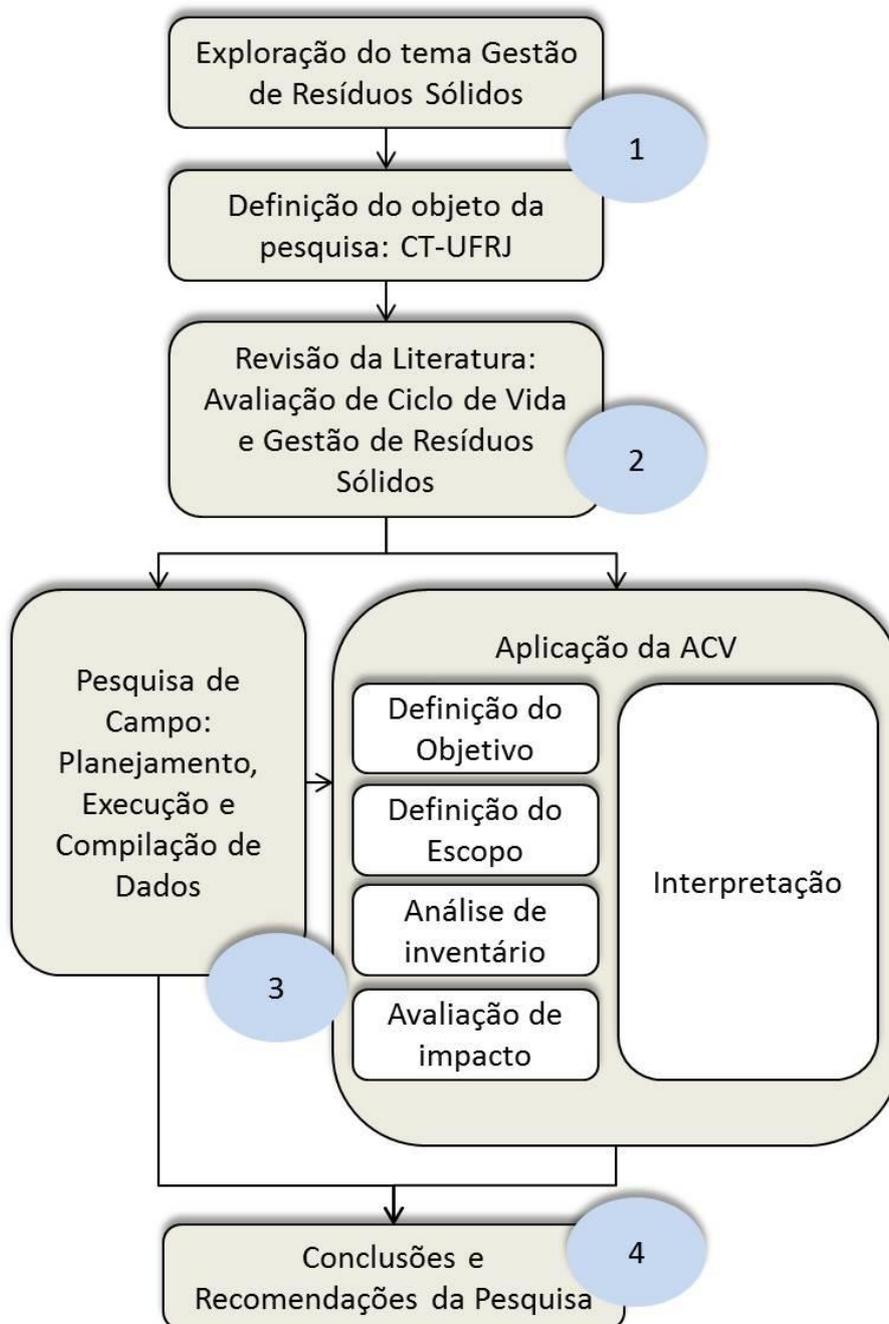


FIGURA 19 - ETAPAS DA PESQUISA.

3.1 EXPLORAÇÃO DO TEMA E A DEFINIÇÃO DO OBJETO

Elaborada sob a lógica temporal de atividades, a Figura 19 destaca entre as etapas metodológicas transcorridas, quatro macro etapas. A primeira delas retrata o período em que o autor passou explorando o assunto principal da pesquisa até a definição do objeto e início da revisão da literatura.

O aprofundamento no tema foi inicialmente delineado através da escolha das disciplinas cursadas na COPPE²². Entre aquelas pertencentes ao Programa de Engenharia de Produção (PEP), foram selecionadas cadeiras ligadas à inovação e sustentabilidade, que facultassem a discussão de operações e processos produtivos em ambientes não convencionais, fomentando a discussão da logística reversa, consumo consciente, redução, reuso e reciclagem.

Fora do PEP, as disciplinas selecionadas tratavam diretamente do tema ou possuíam na ementa tópicos relacionados. Pelo Programa de Engenharia Civil (PEC) foram assistidas ou cursadas: Aterros de Resíduos, Gerenciamento de Resíduos e Gerenciamento Avançado de Resíduos Sólidos. Dentro do Programa de Planejamento Energético (PPE) foi cursada a disciplina: Gestão Ambiental.

Ainda no âmbito de exploração do assunto GRS, o autor participou de dois eventos realizados na cidade do Rio de Janeiro: o IV Simpósio Internacional de Tecnologias e Tratamento de Resíduos – Ecos de Veneza, e o VII Fórum de Sustentabilidade Rio Ambiente. Essas duas experiências, realizadas fora do ambiente universitário, permitiram o contato com autores, inclusive internacionais, de trabalhos em andamento ou já executados, e de pessoas com forte influência prática, técnica e política no cenário da GRS e ACV.

O período de exploração relatado, dentro e fora da academia, propiciou a construção de algumas premissas fundamentais. A primeira delas considera que o Brasil estaria substancialmente distante dos países de vanguarda no emprego das tecnologias de tratamento e nos processos e políticas de GRS adotadas.

A segunda premissa entende que a esfera privada, talvez pela maior presença de regulações próprias e vigentes, estaria à frente da esfera pública, a qual ainda hesitaria

²² Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

no caminho por práticas ambientalmente mais favoráveis. Outro factível axioma considera, como questão fundamental a ser resolvida, a ausência de dados confiáveis para subsidiar a GRS.

A discussão dessas e outras premissas conduziram para a seleção dos assuntos sobre resíduos sólidos e o Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro objeto de pesquisa, sendo este um espaço público, com carências estruturais e com dados de GRS desconhecidos. A constante presença do autor no local, a possibilidade de contribuir e agregar valor à UFRJ e as condições de acesso, tanto a informações quanto para a realização da pesquisa, contribuíram favoravelmente para essa escolha.

A intensão de aplicar a metodologia de ACV foi outra consequência da exploração do tema. O autor presenciou palestras de especialistas brasileiros e participou de aulas de acadêmicos Suecos – um dos países mais desenvolvidos na GRS e na aplicação de ACV.

3.2 MAPEAMENTO DA LITERATURA

A pesquisa bibliográfica, com foco nos assuntos abordados no subtópico anterior, realizou-se na seguinte configuração. Parte do mapeamento da literatura foi realizada de forma ortodoxa, verificando diferentes fontes em busca de artigos, teses, dissertações e livros, cada qual com seu respectivo objeto.

Porém, a parcela mais relevante do levantamento bibliográfico ocorreu por indicação dos orientadores e da pesquisadora sueca Anna Bernstad²³. A pesquisadora, cuja tese de doutorado discute e avalia a gestão de resíduos sólidos domésticos sob a ótica da ACV, esteve no Brasil, e por intermédio do professor Claudio Fernando Mahler, ministrou aulas sobre ACV e procurou atuar em pesquisas em cooperação com a COPPE.

Foram contribuições da pesquisadora sueca, além da disponibilização do *software* para cálculo de impactos ambientais (EASEWASTE):

²³ Currículo da pesquisadora presente no site do grupo de pesquisa 3R (*Residual Resource Research*), da Universidade Tecnológica da Dinamarca, cujo diretor é o Professor Thomas H. Christensen (PhD).
http://www.3r.er.dtu.dk/index.php?option=com_comprofiler&task=userProfile&user=108&Itemid=26

- International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance.
- European Commission (EC). 2008. European Platform on Life Cycle Assessment. Disponível em: <<http://lca.jrc.ec.europa.eu/>>.
- European Commission (EC). 2007. European Commission, Directorate General Joint.
- Research Centre (JRC), European Reference Life Cycle Database (ELCD). Disponível em: <<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/>>.
- Kirkeby, J. T., Hansen, T.L., Birgisdóttir, H., Bhandar, G.S., Hauschild, M.Z. & Christensen, T. H.: Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. Waste Management and Research, 24, 3–15. 2006.

A busca dos demais artigos utilizados, por periódicos, concentrou-se nas bases *ISI Web of Knowledge* e *Science Direct*. As teses e dissertações foram selecionadas a partir de buscas nas bases Minerva da UFRJ, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e na página do Grupo de Estudos em Tratamento de Resíduos Sólidos (<http://www.getres.ufrj.br>) da UFRJ.

A pesquisa documental foi realizada em sites oficiais do Governo Federal, tais como: IBGE e Ministério das Cidades, e de instituições ligadas à gestão de resíduos como a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), Compromisso Empresarial para a Reciclagem e o Trata Brasil. O foco da busca documental foi encontrar informações atuais (números de pesquisas) que relatassem as condições do saneamento e saúde assim como o nível da gestão de resíduos dos municípios brasileiros.

A busca por artigos na *ISI Web of Knowledge* foi condicionada pelos seguintes critérios de refinamento:

- Termos utilizados na busca por tópico: *municipal* E *solid* E *waste* E *management* E *life* E *cycle* E *assessment*.
- Período de abrangência: 2007 a 2013

- Área de pesquisa: *Environmental Sciences Ecology* OU *Engineering* OU *Energy Fuels* OU *Operations Research Management Science* OU *Public Administration* OU *Urban Studies*.
- Periódicos: *Waste Management* OU *International Journal of Life Cycle Assessment* OU *Waste Management Research* OU *International Journal of Environmental Research* OU *Resources Conservation and Recycling* OU *International Journal of Environmental Science and Technology* OU *Journal of Cleaner Production* OU *Environmental Science Technology* OU *Journal of Environmental Management* OU *Journal of Material Cycles and Waste Management* OU *Environmental Engineering and Management Journal*.
- Resultado: 112 artigos

A pesquisa na *Science Direct* teve como critérios:

- Termos pesquisados para qualquer campo: *municipal* E *solid* E *waste* E *management* E *life* E *cycle* E *assessment*.
- Termos pesquisados para Título-Resumo-Palavra chave: *life* E *cycle* E *waste* E *management*.
- Periódicos: *Waste Management* OU *Journal of Cleaner Production* OU *Resources Conservation and Recycling* OU *Journal of Environmental Management* OU *Environmental Modelling & Software* OU *Renewable Energy* OU *Sustainable Industrial Design and Waste Management*.
- Tópicos selecionados: *life cycle, waste management, cycle assessment, environmental impact, solid waste, msw management, clean production, global warming, management system, municipal solid, msw, supply chain*.
- Período de abrangência: 2007 a 2013
- Resultado: 79 artigos.

Ao comparar as pesquisas nas bases selecionadas foi possível identificar os principais periódicos que tratam dos temas abordados:

- *Waste Management*
- *Waste Management Research*

- *International Journal of Life Cycle Assessment*
- *Journal of Cleaner Production*
- *Resources Conservation and Recycling*

Da mesma forma, foram observados os autores expressivamente citados dentro do tema GRS sob a ótica da ACV:

- Thomas H. Christensen
- Tomas Ekvall.
- Göran Finnveden.
- Jeroen B. Guinée.

Os artigos não diretamente indicados/disponibilizados foram selecionados após leituras dos respectivos *abstracts* com objetivo de complementar a bibliografia e o conhecimento necessários para realização da pesquisa.

O banco de dados da *Amazon.com* foi utilizado para pesquisar a literatura mais pertinente quando utilizadas as palavras chaves: *Life, cycle, assessment, waste management*. Através desse critério de busca os seguintes livros foram selecionados:

- *Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects* (Horne, 2009)
- *Towards Life Cycle Sustainability Management* (Finkbeiner, 2011)

Através da *Amazon.com* também foi possível avaliar a relevância do livro “*The Hitch Hiker’s Guide to LCA*” (Bauman e Tillman, 2004), importante obra para estruturação do conhecimento da história da ACV, aprendizado da metodologia e para execução dos primeiros passos da pesquisa.

Por fim, por se tratar de um tema ligado ao serviço público, que lida diretamente com estatísticas, dados oficiais, além de leis e publicações, os sítios ligados ao Governo Federal e a instituições públicas e privadas nacionais e internacionais foram consideravelmente explorados.

Conectados ao Governo Federal, os sítios²⁴ do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério das Cidades (MC), Ministério da Saúde (MS) foram explorados e de suas bases extraídos documentos, como:

- LEI 12.305/2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- LEI 11.445/2007, Lei de Saneamento Básico (.
- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (IBGE, 2010).

3.3 PESQUISA DE CAMPO E APLICAÇÃO DA ACV

A terceira fase da pesquisa contemplou duas etapas paralelas, a aplicação da ACV e a pesquisa de campo, que subsidiou e alimentou a ACV com os dados relativos ao CT-UFRJ.

Bem como antecipado no parágrafo inicial desse capítulo, a metodologia aplicada nessa etapa seguiu às normas NBR ISO 14.040:2009 e NBR ISO 14.044:2009, e o detalhamento dos estágios interativos, “Definição do objetivo”, “Definição do Escopo”, “Análise de Inventário”, “Avaliação de Impacto” e “Interpretação”, demonstrados na Figura 19, encontra-se descrito o capítulo subsequente.

As atividades que configuraram a etapa de pesquisa de campo estão igualmente detalhadas no próximo capítulo, porém a principal norma guia utilizada foi a NBR 10.007:2004, que trata de amostragem de resíduos sólidos.

Ao segregar parte do detalhamento metodológico, buscou-se enfatizar o método e a execução dos estágios de uma ACV.

²⁴ <www.brasil.gov.br>; <www.ibge.gov.br>; <www.cidades.gov.br>; <www.saude.gov.br>.

4. A APLICAÇÃO AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

4.1 A ÁREA DE ESTUDO

A UFRJ fundada em 1920 divide-se em mais de uma centena de unidades. São museus, unidades hospitalares, unidades acadêmicas, polos de ensino a distância e três campi. O CT localiza-se na Ilha da Cidade Universitária, usual Ilha do Fundão, maior campus da UFRJ, inaugurado em 1972, estendendo-se por uma área de mais de cinco milhões de metros quadrados.

O CT-UFRJ é o segundo maior Centro da Universidade, composto por uma comunidade com cerca de 500 professores, 6.400 alunos de graduação, 4.500 de pós-graduação e 600 servidores técnico-administrativos divididos em quatro importantes unidades acadêmicas: a Escola Politécnica, a Escola de Química, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) e o Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano (IMA) (Centro de Tecnologia, 2013).

A Figura 20 destaca a área ocupada pelo CT-UFRJ dentro da Cidade universitária.



FIGURA 20 - CENTRO DE TECNOLOGIA LOCALIZADO NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ. FONTE: GOOGLE MAPS (2013)

Quanto às instalações físicas do CT-UFRJ, destacam-se bibliotecas, museus, laboratórios dos cursos de Graduação, Pós-Graduação e Extensão, além de uma infraestrutura fundamental ao desenvolvimento de suas atividades, como praças de alimentação, bancos e outros serviços.

4.1.1 A GRS NO CT-UFRJ

O GETRES vem trabalhando desde o ano de 1998 com o objetivo de:

- Estudar tecnologias de tratamento e disposição de resíduos sólidos adotadas no Brasil e em outros países;
- Proporcionar debates, discussões e troca de informações dentro do contexto de tecnologias alternativas em gestão de resíduos sólidos;
- Propiciar o conhecimento de equipamentos e tecnologias relativas aos resíduos, monitoramento, fechamento de áreas de disposição, reciclagem e reuso de resíduos e rejeitos, entre outros.

O GETRES foi um dos precursores do Recicla CT, pois sempre percebeu a necessidade de implantar um programa de triagem e coleta seletiva nos centros da UFRJ e na mesma como um todo, tendo como referência as experiências observadas, em especial, nas universidades alemãs, com o qual mantém intercâmbio desde seu início.

Após uma sequência de iniciativas descontinuadas de GRS dentro da UFRJ, o Recicla-CT foi lançado, no ano de 2007, como um programa piloto da UFRJ, patrocinado pela Decania do CT e pela Petrobras (UFRJ, 2013a).

O Recicla CT possui objetivos baseados no Programa de Coleta Seletiva Solidária, definidos em consonância com iniciativa de vários departamentos do CT e pautados de acordo com o Decreto Federal 5.940 de 25 de outubro de 2006, são eles:

- Sistematizar e organizar as iniciativas existentes na Universidade com relação à coleta seletiva.
- Implementar em todos os Centros da instituição um sistema de gerenciamento de resíduos.

Parte dos resíduos plásticos coletados, fundamentalmente copos, mesmo aqueles contaminados com café e outros líquidos, são transformados em pequenos brindes, que servem para divulgar tanto o programa de coleta seletiva quanto as atividades realizadas pelo IMA, responsável pelo processo de transformação dos resíduos em novos produtos.

O programa ainda não contempla ações relevantes para alguns resíduos especiais de grande incidência na universidade. Hoje lâmpadas fluorescentes, produtos químicos e os RCD e REEE não são contemplados pelo programa. No caso das lâmpadas, estas representam um acréscimo substancial no custo de GRS da UFRJ para que sejam recolhidas por empresa especializada.

Atualmente, o programa de coleta seletiva Recicla CT gerencia somente com os resíduos depositados nos coletores coloridos, dispersos pelo CT-UFRJ, e com o material recolhido sob demanda, registrados como solicitações de recolha. De todo o material depositado nos coletores, apenas os resíduos presentes nos coletores de plásticos (vermelhos), de papel (azuis) e de metal (amarelos) são direcionados à triagem. Os resíduos dos demais coletores, orgânicos (coletores marrom), e não recicláveis (coletores cinza), são destinados diretamente nas caçambas de resíduos comuns.

Entretanto constata-se uma baixa eficiência da separação na fonte, ou seja, a forma como os usuários do CT-UFRJ utilizam os coletores ainda é deficiente. Um volume expressivo de material reciclável é depositado de forma incorreta nos coletores e, dessa forma, segue para a disposição final em aterros.

Fora as questões de ineficiência ligadas à relação usuários-coletores do Recicla CT, a restante e maior parcela dos resíduos, coletada de forma não seletiva, oriunda das áreas comuns ou laboratórios, segue sem passar por qualquer procedimento de separação rumo às caçambas de resíduo comum e, por conseguinte ao aterro sanitário.

Não há, oficialmente, precisão em relação à mensuração dos resíduos gerados, nem tão pouco à caracterização de resíduos comuns geridos pela empresa privada prestadora do serviço ao CT-UFRJ. Porém, estima-se que um volume representativo de resíduos siga rumo a uma destinação incorreta frente às diversas oportunidades de reuso, reciclagem e reaproveitamento energético.

4.2 OBJETIVO DA APLICAÇÃO DA ACV NO CT-UFRJ

O estudo proposto visa, utilizando a ACV, avaliar no plano ambiental o atual modelo de gestão do CT-UFRJ comparando-o a outros dois cenários: um pessimista, com zero por cento (0%) de coleta seletiva e destinação total dos resíduos à Central de Tratamento de Resíduos Santa Rosa (CTR Santa Rosa); e outro otimista, considerando eficiência máxima da coleta seletiva e consequente destinação integral dos resíduos recicláveis à reciclagem.

4.3 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DA PESQUISA

4.3.1 UNIDADE FUNCIONAL

Para este estudo adotou-se como unidade funcional a massa estimada total de resíduos comuns gerados no mês de julho de 2013 no CT-UFRJ, um montante aproximado de 46,5 toneladas/mês. O método para cálculo desse montante considerou o resultado da análise gravimétrica e os números registrados pelo programa de triagem, valendo-se então da soma das partes. Esse formato de unidade funcional está em congruência com o formato de unidade funcional utilizado pelo *software* adotado por essa pesquisa, o EASEWASTE.

4.3.2 O DIAGRAMA DE FLUXO E AS FRONTEIRAS DO SISTEMA

Tendo em vista que o objetivo deste estudo corresponde a uma ACV com foco na eficiência da coleta seletiva do CT-UFRJ, é preciso fazer ressalvas à delimitação do sistema estudado. O diagrama de fluxo, representado pela Figura 21, corresponde ao fluxo padrão percorrido pelos resíduos dentro do ambiente do CT-UFRJ.

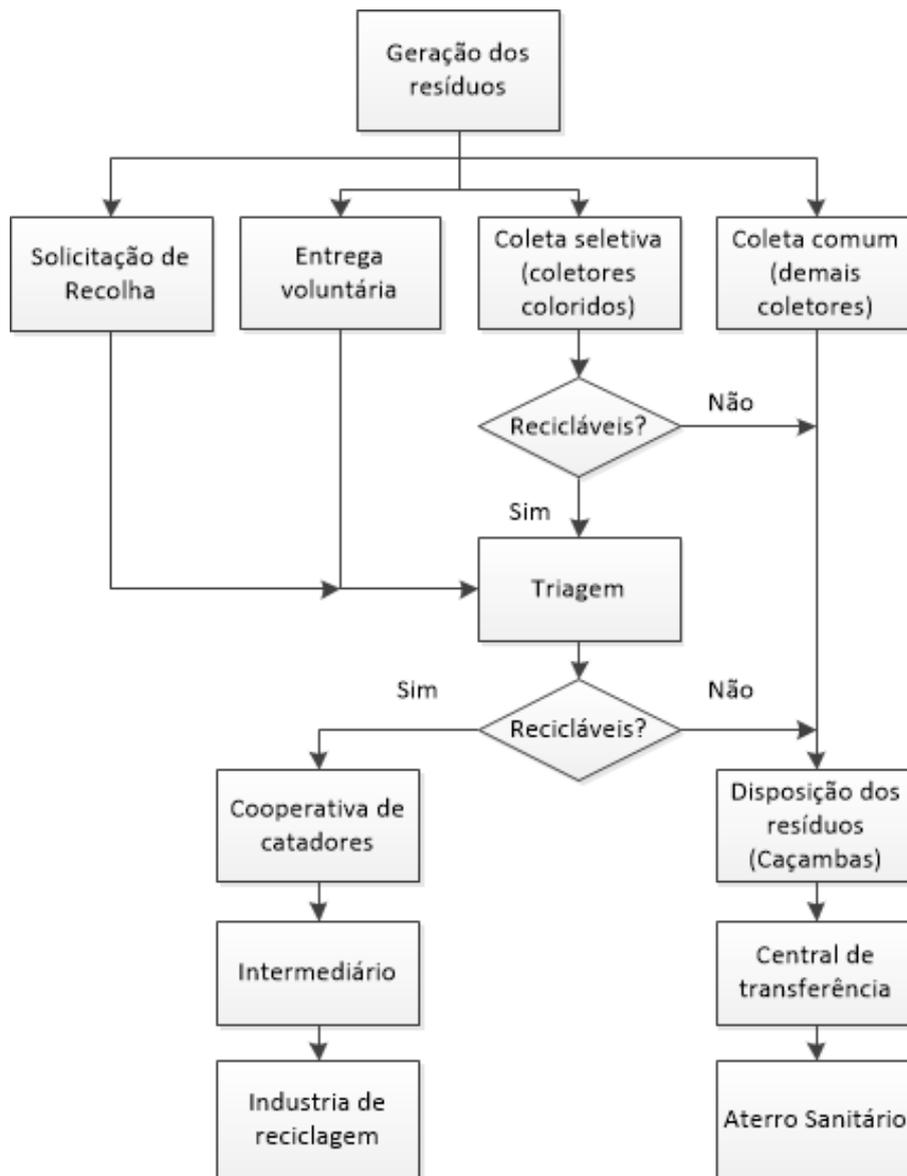


FIGURA 21 - DIAGRAMA DE FLUXO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR.

O sistema foi definido tendo na unidade de processo “Geração de Resíduos” a sua origem. Após a geração, os resíduos entram no sistema de gestão por quatro vias diferentes: a solicitação de recolha ao programa Recicla CT, a entrega voluntária, a coleta seletiva e a coleta comum. Foram consideradas como unidades de processo fim, a indústria de reciclagem e o aterro sanitário que atende ao município do Rio de Janeiro, a CTR Santa Rosa. Em síntese, são três opções de caminho: triagem-reciclagem, triagem-aterro sanitário e coleta comum-aterro sanitário.

Apesar das etapas que antecedem o descarte não estarem representadas no diagrama de fluxo, portanto, fora da fronteira do sistema (Figura 21), o EASEWASTE considera todas as questões e alternativas que envolvem a utilização e consumo de

recursos renováveis e não renováveis, bem como a utilização da terra (espaço territorial, solo). Isto posto, ao executar os cálculos relativos ao processamento de um determinado resíduo, o EASEWASTE carrega os dados de insumos necessários e de composição de materiais.

Entretanto, importantes ressalvas precisam ser feitas com relação à origem e qualidade dos dados. A base de dados carregada pelo EASEWASTE é 100% europeia e possui diferentes níveis de avaliação – precisão, qualidade. As informações utilizadas baseiam-se em pesquisas realizadas principalmente na Suécia e Dinamarca. Através de uma escala de cores o *software* indica a qualidade dos dados. Os dados mais precisos, de melhor qualidade, estão correlacionados a barras verde-escuras. Barras marrons indicam imprecisão e as vermelhas, baixa qualidade.

Além da decisão das unidades de processo contempladas pela fronteira do sistema, os estudos de ACV precisam determinar quais entradas (*inputs*) e quais saídas (*outputs*) serão consideradas e avaliadas. Nesse caso, a compilação dos dados de entrada para as unidades de processo estabelecidas seguiram o plano de coleta de dados ilustrado pela Figura 22.

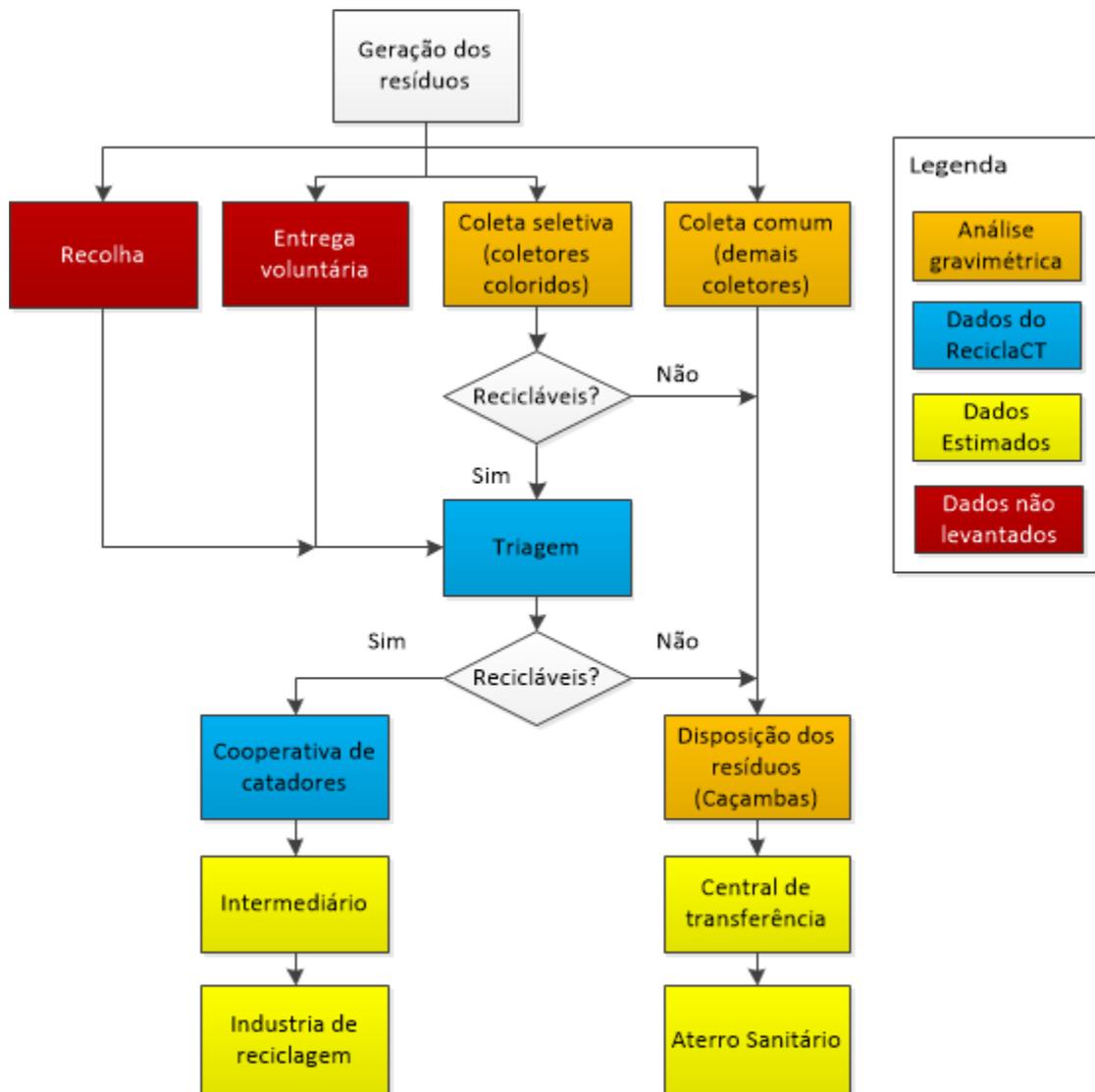


FIGURA 22 - DADOS DE ENTRADA DO SISTEMA. ELABORADO PELO AUTOR.

A relação de dados levantados, por unidade de processo, necessários para os cálculos de ICV e AICV, através do EASEWASTE, foram determinados de acordo com a Tabela 4.

TABELA 4 - RELAÇÃO DE DADOS POR UNIDADE DE PROCESSOS. ELABORADO PELO AUTOR.

UNIDADE DE PROCESSO	DADOS	DETALHAMENTO
Coleta seletiva (coletores coloridos)	Percentual de assertividade por coletor colorido.	Percentual de plásticos no coletor de plásticos; percentual de recicláveis no coletor de não recicláveis; percentual de papel no coletor de papel; etc. Procedimento de coleta de dados baseado em análise gravimétrica.
Coleta comum (demais coletores)	Estimativa do peso total e das frações de materiais presentes nos resíduos comuns.	Procedimento de obtenção de dados baseado em análise gravimétrica dos resíduos destinados às caçambas.
Triagem	Peso total e das frações de resíduos processados pela central de triagem.	Registro oficial do programa Recicla CT.
Cooperativa de catadores	Modelo do caminhão utilizado no transporte dos resíduos.	Definido no <i>software</i> um caminhão de modelo equivalente ao utilizado pela cooperativa.
	Peso das frações de resíduos levados a Cooperativa de catadores.	Registro oficial do programa Recicla CT.
Intermediário, Indústria de reciclagem, Central de transferência e Aterro Sanitário	Distância média entre o CT-UFRJ e os referidos destinos	Estimativa calculada através do aplicativo Google Maps e os endereços pesquisados.

Com a execução da análise gravimétrica dos coletores coloridos, tornou-se possível avaliar a eficiência na separação na fonte pelos usuários do CT-UFRJ. Essa informação contribuiu para discussões sobre gargalos, melhoria de processo e consequente definição do método e da tecnologia mais apropriados a serem empregados em um determinado ambiente com características específicas como uma Universidade.

4.4 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV)

Antes do início da coleta dos dados, a NBR ISO 14044:2009 prevê que seja feito um minucioso planejamento a fim de mitigar possíveis, e ora inevitáveis, lacunas de informação e falhas na coleta.

Na Figura 22, é possível identificar o atual caminho percorrido pelo fluxo de resíduos durante o ciclo de vida dentro do CT-UFRJ. A geração tem origem em diferentes fontes pela UFRJ, posteriormente capitaneadas por coletores seletivos ou comuns.

Dois macrofluxos são, então, identificados: resíduos comuns, que seguem para o aterro através da empresa de coleta comum; e materiais recicláveis, rumo à indústria de reciclagem passando pelas cooperativas de catadores.

Na Figura 22 as unidades de processo estão coloridas frente à disponibilidade de informação e ao método de coleta realizado. As caixas azuis representam as unidades de processo cujos dados constam já compilados pelo Recicla CT. Os dados encontram-se estruturados, de forma aproximada, em acordo com a segregação imposta pelo mercado consumidor de materiais recicláveis. A Tabela 5 expõe o padrão de segregação realizado no centro de triagem do Recicla CT antes da liberação do material para a cooperativa de catadores associada.

TABELA 5 - PADRÃO DE SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS DO RECICLA CT. FONTE: UFRJ (2013A)

PLÁSTICO	PAPEL	METAL	VIDRO	TETRAPAK
Alto Impacto ²⁵	Papelão capa	Lata de alumínio		
PET ²⁶ Transparente	Papelão misto	Sucata ²⁷		
PET Colorida	Papel Cola ²⁸	Sucata de ferro		
PET Óleo	Papel misto			
PP ²⁹	Papel branco			
PEAD ³⁰ Branco	Jornal			
PEAD Colorido	Revista			
Plástico Filme Transparente				
Plástico Filme Colorido				
PVC ³¹				

²⁵ Poliestireno de Alto Impacto (PSAI)

²⁶ Poli Tereftalato de Etileno

²⁷ Outros metais não ferrosos

²⁸ Papéis colados em capas de cadernos e livros

²⁹ Polipropileno

³⁰ Polietileno de Alta Densidade

³¹ Poli Cloreto de Vinila

Além dos dados compilados pelo programa Recicla CT, parte das atividades de campo da presente pesquisa foi voltada à caracterização e entendimento do funcionamento e eficiência da unidade de processo “Coleta seletiva”. É imprescindível, em termos metodológicos, registrar que somente foram contemplados e de forma aleatória, os *kits* de coletores de 60 e 100 litros. A disposição geral do espaço amostral de *kits* selecionados encontra-se no tópico subsequente, ICV/Coleta de dados, enquanto a tabela com o registro da caracterização e os *kits* apurados encontra-se no **Apêndice B – Dados dos coletores do Recicla CT**.

Dos cinco coletores que formam os *kits* coloridos, apenas os resíduos depositados nos coletores azul (papel), vermelho (plástico) e amarelo (metal) são levados à Central de Triagem. Todo o material contido nos coletores marrom (matéria orgânica) e cinza (não recicláveis) é coletado e destinado às caçambas de resíduo comum.

Entretanto, como observado na Tabela 22, contida na página 133, no **Apêndice B**, 51% dos resíduos depositados nos coletores marrom e cinza estão incorretos, onde parte destes poderia ser reciclada.

Mesmo com a separação na fonte, os resíduos dos coletores de plástico, papel e metal seguem para a triagem e podem ser realinhados, tratados e direcionados corretamente. Segundo informações geradas pelo Recicla CT³², em média, no ano de 2012, 15% de toda a massa de resíduos que chegou à Central de Triagem foi segregada como rejeito.

A unidade de processo “Centro de Triagem” é a única unidade cujo sistema produtivo contempla múltiplas entradas. Fora a entrada (recebimento) dos resíduos, relacionam-se como *inputs* dessa unidade a energia elétrica e água, insumos necessários para o tratamento mecânico (limpeza/separação) dos resíduos. O resultado, *output*, são materiais recicláveis e rejeitos, vide Figura 23.

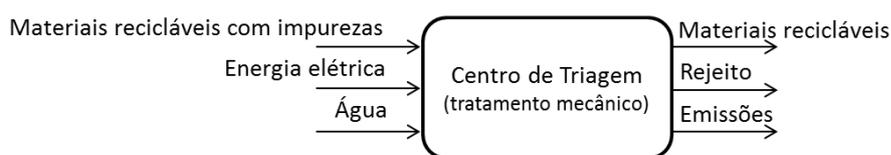


FIGURA 23 - UNIDADE DE PROCESSO, INPUTS E OUTPUTS. ELABORADO PELO AUTOR.

³² Planilha, ainda, sob regime de confidencialidade

Tecnicamente o EASEWASTE considera a unidade de processo “Centro de Triagem” uma atividade intrínseca às unidades de reciclagem. Ou seja, o gasto energético e demais insumos do processo de triagem já são contemplados, para fins de inventário e impactos, pelas tecnologias de tratamento via reciclagem.

Nas demais unidades de processo consideradas pelo sistema, inclusive no transporte interno de cargas, não há gasto de combustíveis fósseis ou não fósseis. Essas unidades funcionam, basicamente, como pontos de estoque, sendo o transporte interno dos resíduos realizado por tração humana (carrinhos de coleta).



FIGURA 24 - CARRINHO PARA TRANSPORTE DOS RESÍDUOS NO CT-UFRJ

O carrinho desenvolvido na própria UFRJ, assim como os coletores seletivos, representam oportunidades de melhoria. Alguns dos veículos encontram-se indisponíveis por falta de manutenção e, mesmo aqueles em utilização, apresentam déficits ergonômicos e falhas técnico-mecânicas. Em relação às unidades de processo contempladas, fora a “Central de Triagem”, listam-se:

- “Coleta Seletiva”
- “Coletores comuns”
- “Caçambas”

As entradas da unidade de processo “Disposição dos Resíduos (Caçambas)” estão relacionadas ao material proveniente de três fontes: Coletores marrons e cinzas da Coleta Seletiva; dos rejeitos da triagem do Recicla CT e da Coleta Comum.

Os dados relativos a essa unidade de processo foram levantados através de análise gravimétrica, com base na norma NBR 10.007:2004. A referida análise tornou possível mensurar, de forma aproximada, o volume de resíduos comuns coletado no CT. A equação abaixo sintetiza a proposta de levantamento de dados:

$$\text{"Massa total dos resíduos da Caçamba - Rejeitos da triagem - Massa dos Coletores cinzas e marrons"} \\ = \text{Resíduos de coleta comum"}$$

4.4.1 COLETA DE DADOS

A análise gravimétrica é uma técnica de amostragem normatizada (ABNT, 2004), cujo objetivo é, através da definição de uma relevante amostra de resíduos, determinar as características do todo e, dessa forma, contribuir, por exemplo, para estudos de tratamento de resíduos sólidos.

A NBR 10.007:2004 prescreve que toda amostragem deve ser precedida por um plano consistente com o objetivo. A presente pesquisa executou, para coleta de dados de entrada no ICV, duas atividades de amostragem diferentes, uma caracterização dos resíduos depositados nos coletores seletivos e outra dos resíduos comuns despejados nas caçambas de coleta comum.

4.4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS NOS COLETORES SELETIVOS (COLORIDOS)

A amostragem realizada nos coletores seletivos teve como objetivo primário conhecer o grau de contaminação ou nível de eficiência de segregação na fonte. O escopo inicial da pesquisa contemplava essa informação como um dos dados de entrada (*input*) do sistema avaliado.

Os coletores seletivos são equipamentos – coloquialmente chamados de latas de lixo – disponibilizados pelo programa de coleta seletiva do CT-UFRJ. Atualmente, constam 429 unidades, a maioria dispostas em *kits* (Figura 25) distribuídos pelos 9 blocos e áreas de alimentação.



FIGURA 25 - KIT DE COLETORES DE 60 LITROS, CORREDOR INTERNO. ELABORADO PELO AUTOR.

A caracterização foi realizada em 17 dos 67 kits. Os modelos selecionados são os mais usuais no CT-UFRJ e encontram-se posicionados nos principais corredores dos blocos, tanto internos como externos. A disposição geral de kits no CT-UFRJ e os kits amostrados estão em destaque nas Figuras 26, 27, 28 e 29.

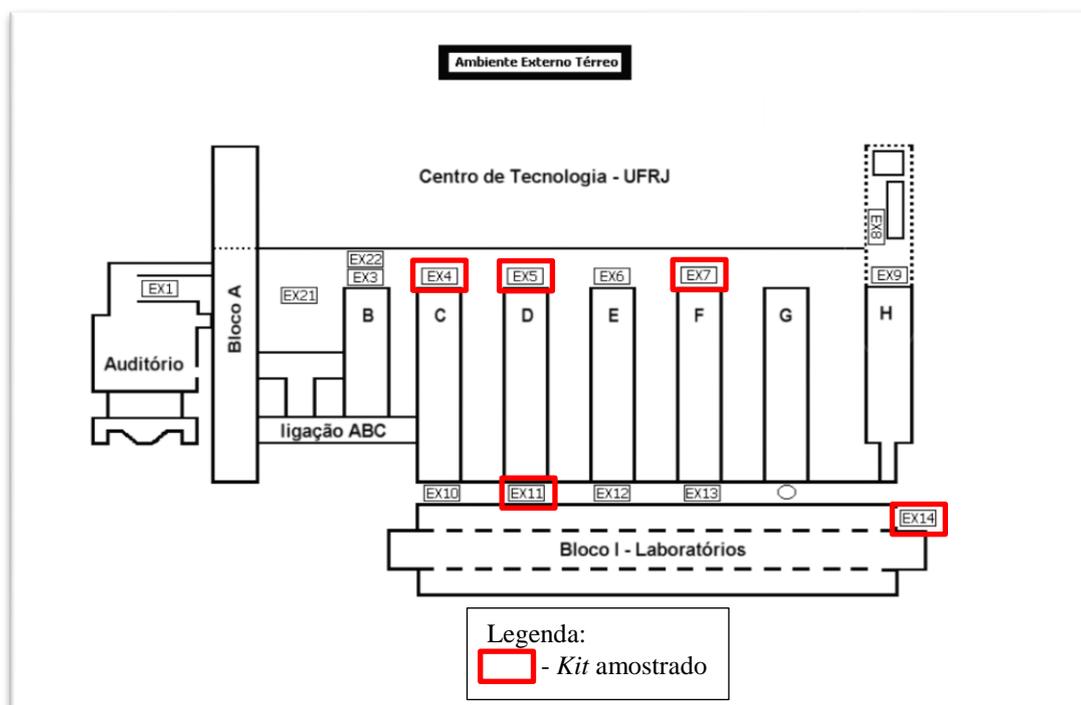


FIGURA 26 - DIPOSIÇÃO DOS COLETORES EXTERNOS NO TÉRREO DOS BLOCOS DO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM PLANTAS DO RECICLA CT.

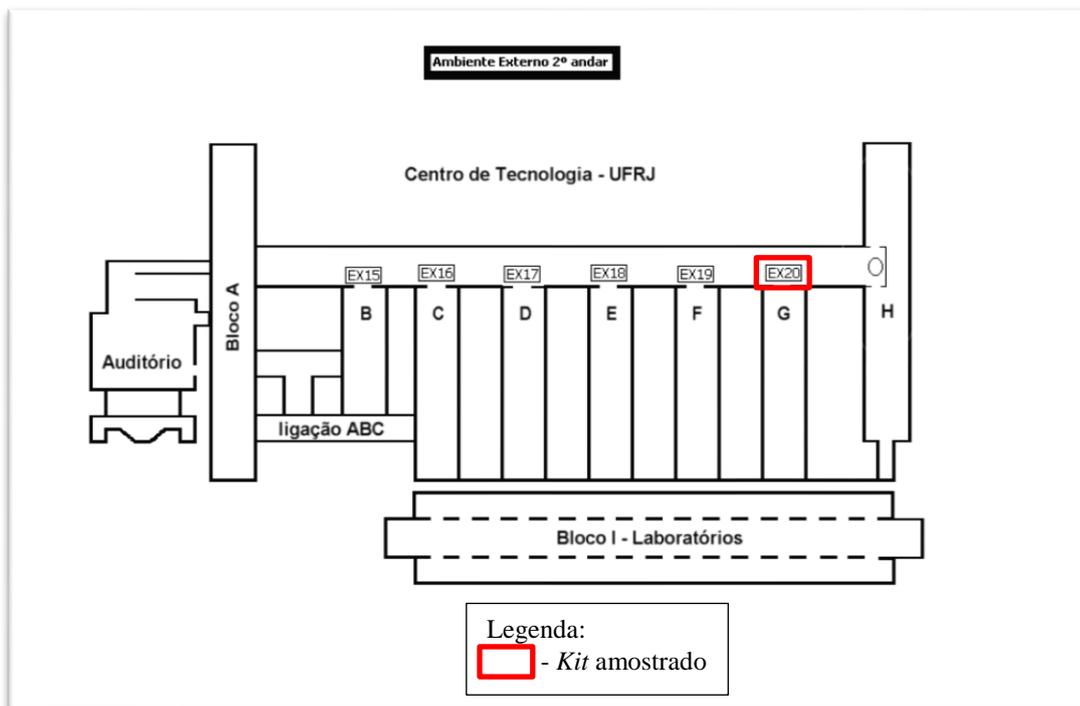


FIGURA 27 - DISPOSIÇÃO DOS COLETORES EXTERNOS NO SEGUNDO ANDAR DOS BLOCOS DO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM PLANTAS DO RECICLA CT.

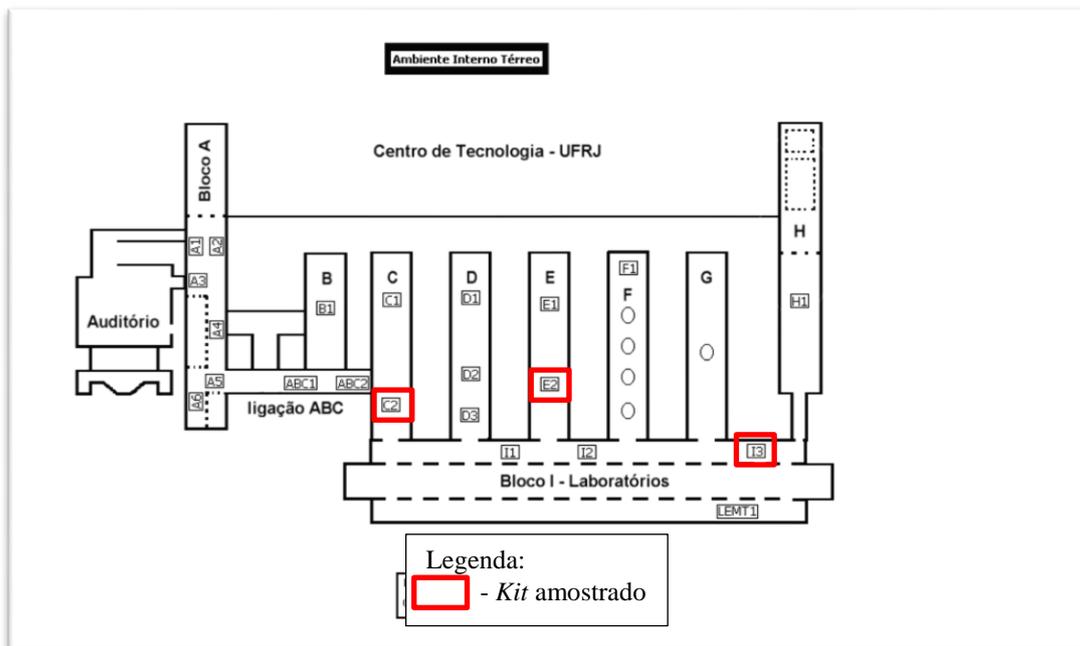


FIGURA 28 - DISPOSIÇÃO DOS COLETORES INTERNOS NO TÉRREO DOS BLOCOS DO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM PLANTAS DO RECICLA CT.

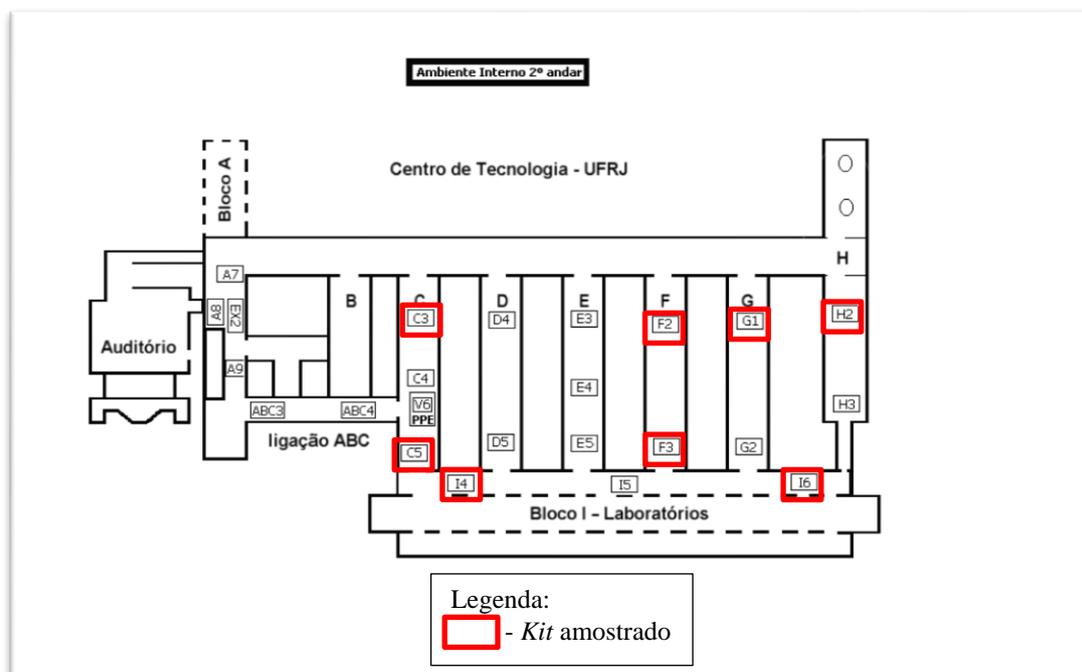


FIGURA 29 - DISPOSIÇÃO DOS COLETORES INTERNOS NO SEGUNDO ANDAR DOS BLOCOS DO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM PLANTAS DO RECICLA CT.

O conjunto de 17 *kits* analisados foi escolhido, considerando os dois andares dos blocos C ao I, frente e fundos dos blocos, áreas internas e externas e, inclusive, a proximidade com as áreas de alimentação.

Algumas restrições inviabilizaram a caracterização em determinados *kits* de coletores. A principal restrição para a pesagem foi a disponibilidade de tomadas com energia. A balança utilizada requeria energia elétrica para funcionar e, apesar da utilização de um cabo de extensão de dez metros (10m), alguns ambientes não possuíam acesso à energia elétrica próxima aos coletores.

Em outros casos, o fator de inviabilidade era o próprio coletor. O CT-UFRJ é composto por diferentes unidades organizacionais, as quais possuem certo grau de autonomia de gestão. Separadas pelos blocos e andares, algumas unidades possuem em seus corredores *kits* fora padrão, perfil “boca de lobo”, cujo acesso aos resíduos é mais complexo.

Ciente da periodicidade diária da coleta identificou-se durante o planejamento de amostragem, que os coletores apresentariam um nível máximo de utilização ou ponto ótimo para mensuração, entre o horário de abertura do CT-UFRJ e o início da coleta. Sendo assim as análises deveriam ser executadas, nos dias letivos (entre segunda e

sexta-feira), até às sete horas e trinta minutos da manhã. Entretanto, essa janela de tempo se mostrou curta, limitada pelo aumento da movimentação de usuários no CT-UFRJ. A ocupação dos corredores tornar-se-ia problemática tanto para a pesquisa quanto para os transeuntes. Sendo assim, optou-se por realizar a pesquisa de campo após as dezoito horas, período onde o fluxo de usuários reduz drasticamente e o CT-UFRJ fica praticamente sem movimento de pessoas pelas áreas comuns.

A amostragem foi realizada em cinco diferentes dias letivos do ano de 2013: 14/01, 22/01, 24/01, 30/01 e 01/02³³. Sendo o primeiro evento, um piloto para testar o método e os materiais utilizados, os quais listam-se:

- Balança digital;
- Sacos plásticos;
- Lona plástica;
- Material de limpeza (vassoura, pano e pá);
- Recipiente plástico (60L), tonel;
- Carrinho para transporte da balança;
- Extensão elétrica e adaptadores de tomada;
- Planilha para inserção dos dados;
- Equipamentos de proteção individual (Luvas descartáveis, óculos e máscaras).

O plano de amostragem elaborado definiu a janela de tempo para execução das análises dos coletores e procedimentos necessários para se alcançar, de forma confiável, a mensuração desejada. A primeira etapa começava com procedimentos de registro e preparação do local. A cada *kit* analisado era preciso instalar a balança (posicionar, destravar e tarar), forrar o piso com uma lona e ensacar o recipiente de pesagem (tonel).

Após a preparação inicial, executavam-se as seguintes atividades, em ordem:

1. Transbordo do coletor para o recipiente de pesagem;
2. Pesagem do volume total contido no coletor;
3. Registro do valor;
4. Transbordo do recipiente de pesagem para a lona de separação;

³³ Apesar das datas referirem-se aos meses de janeiro e fevereiro, meses normalmente notados pela baixa presença no campus, uma greve acarretou o deslocando do calendário acadêmico.

5. Separação entre o material corretamente depositado no coletor e o material incorreto;
6. Pesagem de uma das partes (correta ou incorreta);
7. Registro dos valores;
8. Devolução do material analisado para o coletor colorido.

A definição para materiais considerados, ‘corretos’ ou ‘incorretos’, nos coletores seletivos, seguiu as instruções dos cartazes e placas orientadoras, disponibilizados próximos aos *kits*. A Figura 30 destaca as orientações do programa de coleta seletiva.



FIGURA 30 - INSTRUÇÃO DE UTILIZAÇÃO DOS COLETORES

A rotina descrita foi repetida para cada um dos cinco coletores. Nos casos em que o saco plástico utilizado para envolver o recipiente de pesagem (tonel) contaminava-se, este era substituído para dirimir desvios na pesagem.

A cada término de rotina realizava-se o procedimento de arrumação do material e limpeza da área utilizada. Além da preocupação com a balança, que precisava ser travada para o transporte, havia um cuidado de manter o local como encontrado anteriormente.

O resultado com os números absolutos obtidos nos *kits* analisados e os percentuais de eficiência de separação na fonte, encontram-se comentados no decorrer da pesquisa e compilados na tabela presente no **Apêndice B – Dados dos coletores do Recicla CT**.

4.4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS COMUNS DO CT-UFRJ

A análise gravimétrica das caçambas (resíduos comuns) apresentou uma rotina mais complexa do que a realizada na apuração dos coletores coloridos. O procedimento previsto inicialmente seguia as diretrizes da NBR 10007:2004 e fora customizado a partir da experiência de Soares (2011) para o contexto do CT-UFRJ.

Com relação ao período de execução das análises e a representatividade das amostras, a principal preocupação foi trabalhar com uma amostra considerada válida, significativa e ao mesmo tempo, viável de ser mensurada devido às limitações de estrutura. Houve atenção especial com relação à umidade dos resíduos. As caçambas onde são depositados os resíduos do CT-UFRJ não possuem cobertura, deixando o material desprotegido frente aos efeitos climáticos, principalmente, das chuvas.

Sendo assim, para a execução das análises gravimétricas foi considerado o período letivo, a conjuntura político-social municipal, as condições climáticas e a disponibilidade de equipamentos. Em síntese:

- Clima: com auxílio de sítios da internet foram identificadas as semanas com previsão de baixa umidade relativa do ar (menor probabilidade de ocorrência de chuva).
- Aulas: Foi considerado o período letivo normal, antecedente ao período de provas e, logicamente, ao intervalo de férias, quando a presença de pessoas no CT-UFRJ modifica-se (decrece) drasticamente.
- Fatores locais: Foi preciso adaptar-se ao contexto político-municipal. O período foi marcado por manifestações políticas e eventos internacionais com estabelecimento de feriados locais, greves e mobilizações sociais com influência direta na presença de usuários do CT-UFRJ.
- Equipamentos: A central de triagem do Recicla CT, onde se localiza a balança utilizada na pesagem dos resíduos coletados, possui um espaço físico limitado. Nesse espaço, ficam armazenados os materiais recicláveis recolhidos no CT-UFRJ até o dia de sua recolha pela cooperativa associada. A recolha pode ocorrer as quintas ou sextas-feiras. Por esse motivo a pesagem do material ficou restrita entre as segundas e quartas-feiras.

Consideradas as variáveis com influência direta na quantidade e perfil dos resíduos, a etapa seguinte de elaboração do método envolvia uma análise técnica da estrutura e processo de coleta comum do CT-UFRJ.

O CT-UFRJ conta com seis caçambas para armazenamento de resíduos sólidos (Figura 31). Os níveis de utilização (volume depositado) e perfil de resíduos são consideravelmente heterogêneos, isto é, todas as caçambas recebem e acumulam resíduos, em diferentes quantidades e de diferentes origens.



FIGURA 31 - CAÇAMBAS DE DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR.

A partir desse contexto, seria preciso homogeneizar os resíduos antes da análise gravimétrica (NBR 10.007:2004). O método projetado inicialmente (Figura 32) considerava como ponto de partida acumular, em uma única caçamba, porções semelhantes de resíduos de cada uma das cinco outras caçambas. Para esse fim, uma caçamba vazia seria adotada como receptora dos resíduos das demais caçambas.

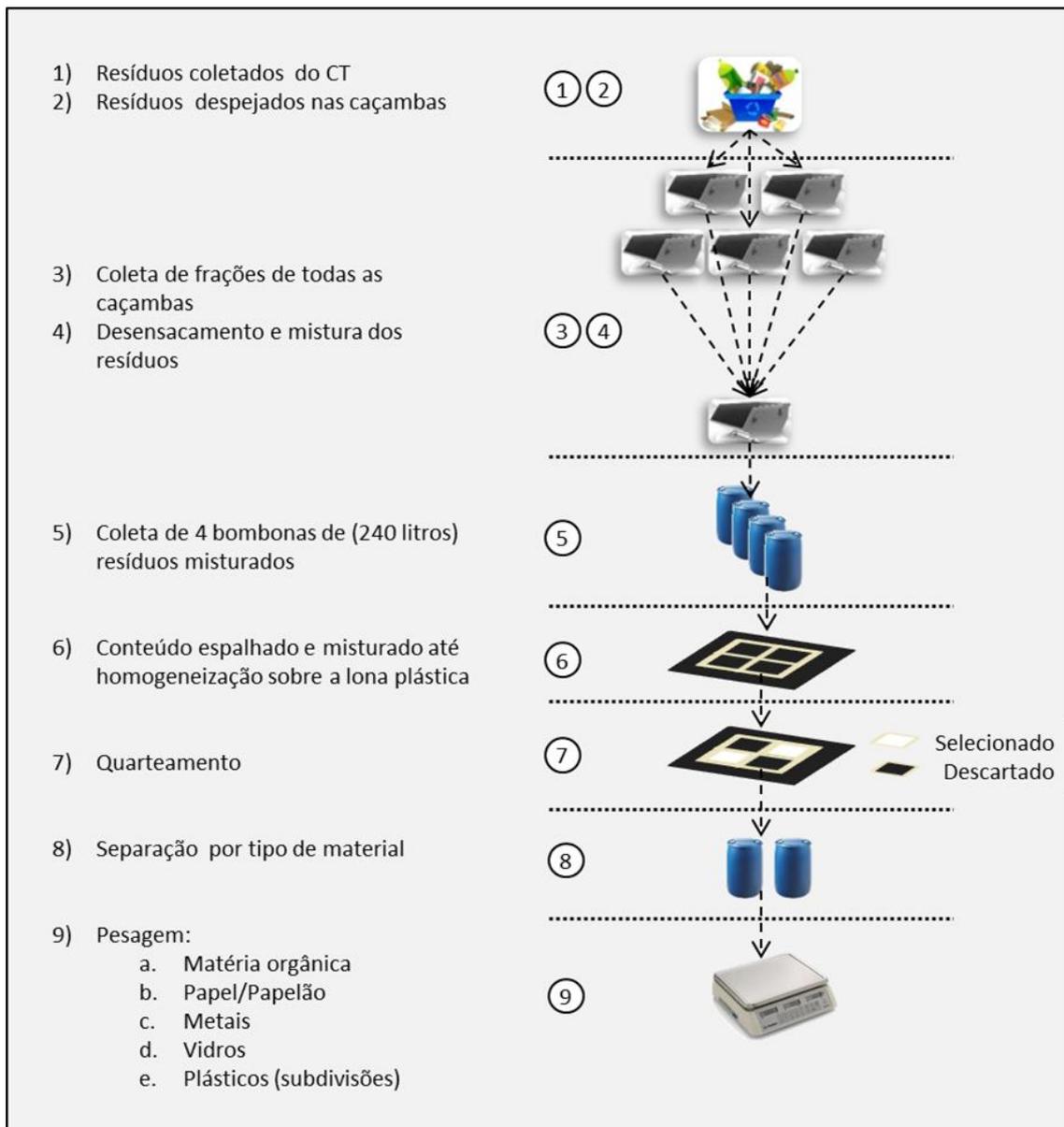


FIGURA 32 - RESUMO DO MÉTODO DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS COMUNS. ELABORADO PELO AUTOR.

O material das cinco caçambas receptoras foi trazido para a caçamba acumuladora, e nela, os resíduos foram desensacados e misturados (Figura 33). Pás e cabos de madeira foram utilizados para misturar o material.



FIGURA 33 - RESÍDUOS MISTURADOS NA CAÇAMBA. ELABORADO PELO AUTOR.

A etapa seguinte ao procedimento de homogeneização seria a coleta de quatro amostras - aproximadamente 240 litros por bombona - de resíduos de dentro da caçamba. Essas amostras seriam, em seguida, pesadas e então depositadas sobre uma estrutura quadrilátera regular, com dois metros de lado, posicionada em cima de uma lona plástica (Figura 34). Posteriormente, conduzir-se-iam o procedimento final de homogeneização e o quarteamento da amostra.



FIGURA 34 - ESTRUTURA PARA QUARTEAMENTO. ELABORADO PELO AUTOR.

Contudo, o procedimento de fracionamento do material misturado dentro da caçamba receptora não chegou a ser executado. Haveria a necessidade de entrar na caçamba, em meio aos resíduos, para acessar o material misturado e encher os bombonas. O elevado volume e as características insalubres dos materiais, repleto de

matéria orgânica e resíduos perigosos³⁴, entre eles, inviabilizaram a sequência do método primário.

Um método alternativo foi então adotado e apresentou a seguinte configuração, conforme Figura 35.

³⁴ Além de resíduos comuns, classe 1 - não perigosos, foram registrados, durante os dias de pesquisa junto as caçambas de depósito de resíduos, a presença de seringas e recipientes que poderiam conter agentes (líquidos) tóxicos (perigosos).

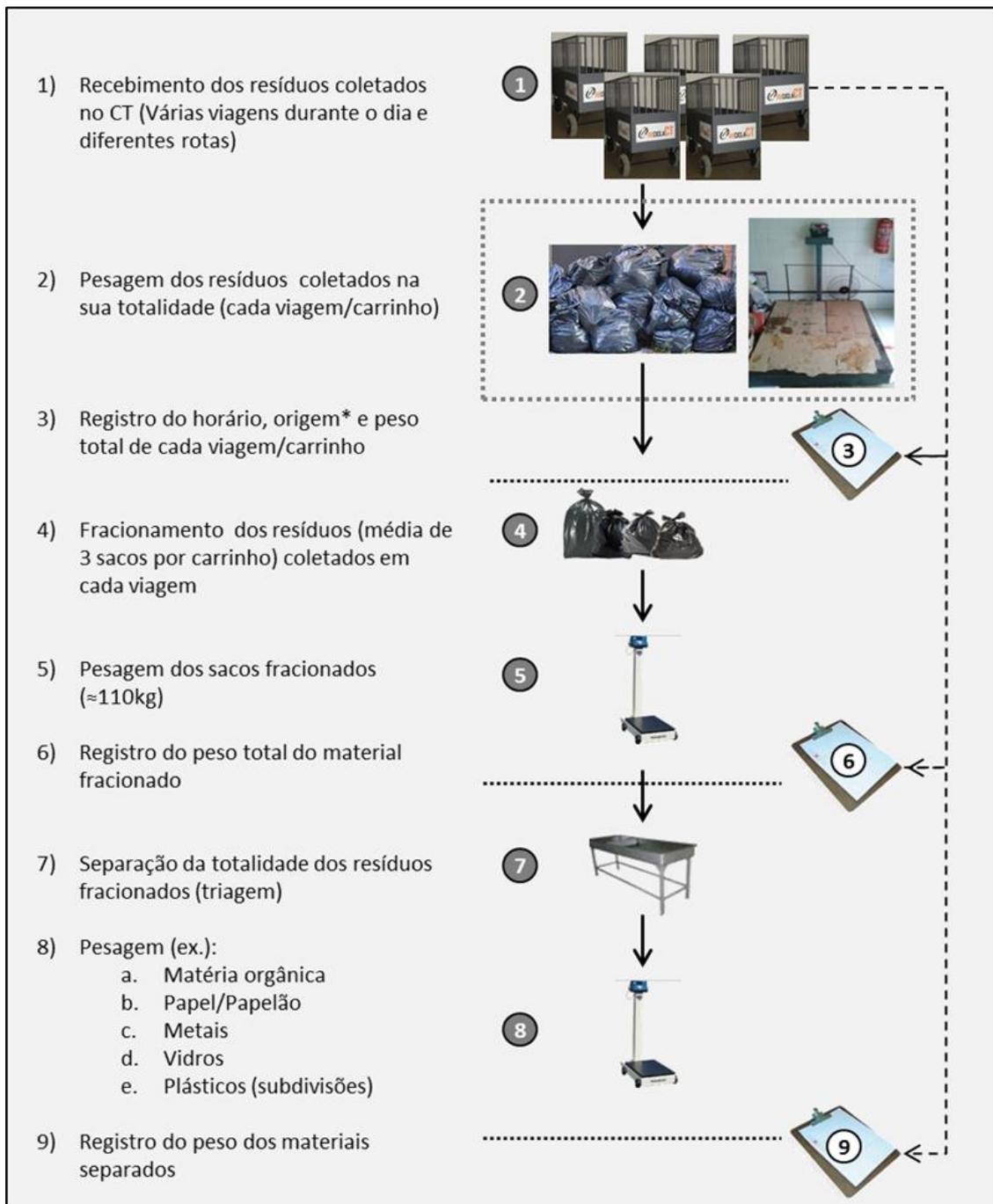


FIGURA 35 - MÉTODO ALTERNATIVO PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS COMUNS. ELABORADO PELO AUTOR.

O fracionamento dos resíduos passou a ser realizado antes da disposição nas caçambas. Primeiro pesou-se toda a massa de material recolhido por carrinho/coletor. Registrou-se a origem³⁵, horário e o responsável pelo carrinho.

³⁵ Os resíduos podem ser trazidos por funcionários da coleta do CT-UFRJ, os quais possuem áreas fixas de atuação dentro do próprio CT ou por particulares, por exemplo, restaurantes e laboratórios.

Em seguida analisou-se, com base em procedimento de amostragem visual, o perfil orgânico dos resíduos. A Tabela 6 resume a forma como a pesquisa classificou os resíduos, inferindo um percentual de matéria orgânica e correlacionando os resíduos com a sua origem ou fonte geradora. Foram definidas cinco categorias diferentes:

TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO PERFIL ORGÂNICO E A ORIGEM DOS RESÍDUOS. ELABORADO PELO AUTOR.

CARACTERÍSTICA	FRAÇÃO ORGÂNICA	ORIGEM
Resíduo CT	30%	Coletores de materiais não recicláveis distribuídos pelo CT-UFRJ
Orgânico + RCT	70%	Trailers e coletores cinza e marrom da área dos pilotis; Grêmio e anexos
Orgânico	95%	Restaurantes
Jardinagem	100%	Jardins e estacionamento
Descartáveis	0%	Descartáveis do bandeirão

Após análise das amostras coletadas, porções dos resíduos foram separadas e pesadas. A quantidade de material (ou sacos) fracionada era relativa ao volume total recolhido por viagem. Separou-se em torno de três sacos por viagem/carro, gerando uma amostra média/dia de 110 quilos.

Todo o material fracionado foi levado a uma área montada especificamente para a separação e análise dos resíduos, vide Figura 36.



FIGURA 36 - ÁREA DE SEPARAÇÃO E ANÁLISE DOS RESÍDUOS COMUNS. ELABORADO PELO AUTOR.

A composição dos resíduos sólidos do CT-UFRJ é assaz heterogênea em função, inclusive, da pluralidade de laboratórios de pesquisa. Nas caçambas encontram-se, por exemplo, isopores, restos de móveis, equipamentos eletrônicos, recipientes para

armazenamento de produtos químicos, muito papel branco, caixotes de madeira e, principalmente, restos de comida.

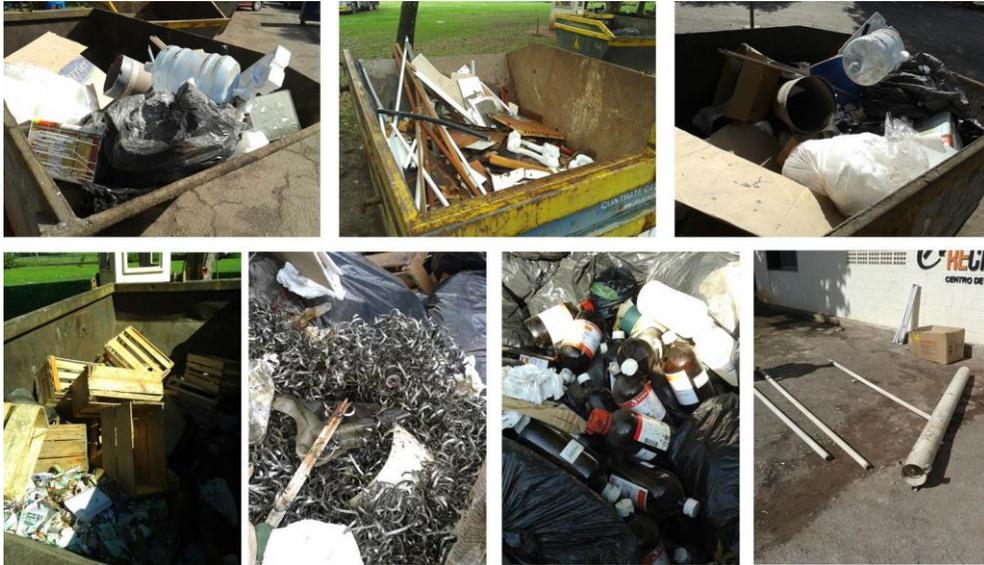


FIGURA 37 - AMOSTRAS DE RESÍDUOS DO CT-UFRJ. ELABORADO PELO AUTOR.

Para a análise realizada, não foram considerados os materiais de grande porte, alguns destacados nas imagens da Figura 37, como por exemplo, garrafões plásticos de água mineral, canos de PVC, caixotes de madeira, grandes peças de isopor, latas de tinta, entre outros.

A separação, que contou com a ajuda dos funcionários do Recicla CT, obedeceu a uma instrução que compilou padrões. A base primária da instrução foi orientada pelo padrão de separação do próprio Recicla CT, representada na Tabela 7.

TABELA 7 - PADRÃO DE SEGREGAÇÃO DO RECICLA CT. ELABORADO PELO AUTOR.

CATEGORIA	MATERIAL
Plástico	Alto Impacto ³⁶ , PET ³⁷ Transparente, PET Colorida, PET Óleo, PP ³⁸ , PEAD ³⁹ Branco, PEAD Colorido, Plástico Filme Transparente, Plástico Filme Colorido e PVC ⁴⁰
Papel	Papelão capa, Papelão misto, Papel Cola ⁴¹ , Papel misto, Papel branco, Jornal e Revista
Metal	Lata de alumínio, Sucata ⁴² e Sucata de ferro
Vidro	-
Tetrapak	-

Adicionalmente considerou-se a regra de separação de RSU utilizada em COMLURB (2005), na cidade do Rio de Janeiro, Tabela 8, customizada pelo padrão de separação de resíduos, presente no *software* EASEWASTE.

TABELA 8 - COMPONENTES DOS RSU. FONTE: COMLURB (2005).

CATEGORIA	MATERIAL
Papel	Papel, Papelão
Plástico	Plástico duro, Plástico Filme
Vidro	Vidro Claro, Vidro Escuro
Orgânico	Matéria Orgânica, Agregado Fino
Metal	Metal Ferroso, Metal Não Ferroso
Inerte	Pedra, Louça/Cerâmica
Outros	Folha, Madeira, Borracha, Têxteis, Couro, Ossos

Optou-se por separar as embalagens multicamadas em dois grupos. Além das embalagens Tetrapak, largamente utilizadas para armazenagem de líquidos, pesou-se em separado aquelas embalagens voltadas para armazenagem de biscoitos, barras de cereais, chocolates. A configuração final para a regra de separação obedeceu aos critérios em destaque na Tabela 9.

³⁶ Poliestireno de Alto Impacto (PSAI)

³⁷ Poli Tereftalato de Etileno

³⁸ Polipropileno

³⁹ Polietileno de Alta Densidade

⁴⁰ Poli Cloreto de Vinila

⁴¹ Papéis colados em capas de cadernos e livros

⁴² Outros metais não ferrosos

TABELA 9 - REGRA DE SEPARAÇÃO UTILIZADA.

CATEGORIAS	MATERIAIS	CATEGORIAS	MATERIAIS
Metais	Sucata	Plásticos	Alto impacto (PSAI)
Metais	Sucata de Ferro	Plásticos	PEAD Branco
Metais	Lata de alumínio	Plásticos	PEAD Colorido
Orgânico	Jardinagem	Plásticos	PET Transparente
Orgânico	Comida	Plásticos	PET Colorida (Verde, azul e outros)
Orgânico	Papel Sujo (cozinha)	Plásticos	PET Óleo
Orgânico	Papel Sujo (banheiro)	Plásticos	PP
Outros	Outros	Plásticos	PS
Outros	TETRAPAK	Plásticos	PVC
Outros	Embalagem Multicamadas	Plásticos	PLÁST. Filme colorido
Papel	Jornal	Plásticos	PLAST. Filme branco
Papel	Papel Branco	Vidro	Vidro Ambar
Papel	Papel Cola	Vidro	Vidro Branco
Papel	Papel misto	Vidro	Vidro Verde
Papel	Papelão capa		
Papel	Papelão misto		
Papel	Revista		

O resíduo separado por tipo de material e acondicionado em sacos plásticos para pesagem das frações e posterior cálculo da composição total. Não foram realizadas análises químicas, como por exemplo, teor de umidade, poder calorífico e caracterização morfológica dos materiais segregados.

Essa atividade contou com a seguinte lista de materiais:

- Equipamentos de proteção individual (Óculos, máscaras, luvas próprias para o manuseio de resíduos sólidos);
- 2 tonéis de 240 litros;
- Pá;
- Balanças;
- Sacos plásticos de 60 litros;
- Planilha para anotação dos dados;
- Lona plástica (3m x 3m);

O trabalho de campo ficou concentrado no mês de julho de 2013. Foram realizados alguns testes e, ao final, cinco dias de análises com pesagem total dos resíduos gerados no CT-UFRJ foram contemplados. Além dos números relativos à análise gravimétrica do material fracionado e da pesagem integral dos demais resíduos, a pesquisa foi enriquecida por informações como: a origem e o responsável pelos resíduos recolhidos, o horário da disposição nas caçambas ou entrega no centro de triagem, e ainda, a partir de amostragens, o perfil orgânico dos resíduos por origem de coleta. A Tabela 10 apresenta um resumo dos resultados de pesagem por dia de medição completa:

TABELA 10 - RESUMO DA PESAGEM DE RESÍDUOS POR DIA (KG).

CARACTERÍSTICA	02/07/13	10/07/13	15/07/13	16/07/13	17/07/13	TOTAL GERAL
Resíduo CT (30% Org.)	729,5	638,5	672,0	498,5	753,0	3.291,5
Orgânico + RCT (70% Org.)	643	515,0	501,0	524,0	516,5	2.699,5
Orgânico (95% Org.)	256,5	278,0	340	353,0	378,0	1.650,5
Jardinagem (100% Org.)	130	126,5	210,0	114,0	140	720,5
Descartáveis (0% Org.)	21	24	21	23	25	114
Total Geral	1.780,0	1.582	1.744,0	1512,5	1.812,5	8.431,0

Em média, nos dias aferidos, o CT-UFRJ gerou aproximadamente 1,7 toneladas de resíduos, com cerca de 60% de matéria orgânica (comida e jardinagem) ou, em números absolutos, em torno de 1 tonelada.

O resultado da análise gravimétrica, compilado na Tabela 11, corrobora com a preponderância de matéria orgânica observada pela estimativa da pesagem diária, em torno de 62%. O quantitativo total de resíduos gerados (Tabela 11) foi estimado a partir da média diária encontrada através da análise gravimétrica. O total de resíduos encontrados para cinco dias do mês de julho de 2013 foi de 8,4 toneladas, tendo esse mês 23 dias úteis, estimou-se em torno de 39 toneladas a quantidade total de resíduos gerados para o período. Já o peso das frações foi definido a partir do percentual de cada fração encontrada pela análise gravimétrica multiplicada pelo peso total estimado.

TABELA 11 - ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS COMUNS.

MATERIAIS	DEMAIS RESÍDUOS (KG)	DEMAIS RESÍDUOS (%)	MATERIAIS	DEMAIS RESÍDUOS (KG)	DEMAIS RESÍDUOS (%)
PET Óleo	160	0,41%	Vidro Verde	101	0,261%
PVC	0,00	0,00%	Vidro Ambar	83	0,213%
Alto impacto	66	0,17%	Papel misto	314	0,810%
TETRAPAK	217	0,56%	Sucata	0,00	0,000%
PET Colorida	105	0,27%	Papel Cola	0,00	0,000%
PLÁST. Filme colorido	1.567	4,04%	Rejeito	0,00	0,000%
PEAD Colorido	153	0,39%	Papel Branco	972	2,508%
PEAD Branco	110	0,28%	Sucata de Ferro	93	0,239%
Lata de alumínio	357	0,92%	Papelão capa	971	2,503%
PLAST. Filme branco	485	1,25%	Embalagem Multicamadas	204	0,527%
PP	574	1,48%	Jardinagem	3.296	8,500%
PET Branca	489	1,26%	Orgânico	12.549	32,358%
Outros	2.115	5,46%	Orgânico	8.366	21,572%
Jornal	288	0,74%	Papel Sujo (cozinha)	1.280	3,299%
Revista	25	0,07%	Papel Sujo (banheiro)	1.919	4,949%
Papelão misto	989	2,55%	PS	512	1,319%
Vidro Branco	422	1,09%	Total (julho/2013)	38.783	100%

4.4.3.1 DADOS DISPONIBILIZADOS PELO PROGRAMA RECICLA CT

O Recicla CT possui uma equipe administrativa que, entre outras atividades ligadas à gestão do programa, é responsável por manter uma base de dados com os resultados obtidos pela coleta seletiva no CT-UFRJ.

O programa possui o registro dos resíduos processados desde a sua fundação em 2007. Para realização dos cálculos necessários nesta pesquisa, optou-se por utilizar o valor médio do peso dos resíduos processados no Recicla CT nos sete primeiros meses de 2013.

A definição amostral escolhida abrange toda a massa de resíduos que passa pela central de triagem do programa. Basicamente, são três as origens dos materiais triados pelo programa:

- Resíduos recolhidos dos coletores coloridos;
- Resíduos oriundos de entregas voluntárias, onde uma pessoa leva espontaneamente resíduos até a central de triagem;

- Resíduos oriundos de solicitação de coleta. Nesse caso, o programa é contatado para recolher grandes volumes de materiais recicláveis separados pelo gerador. Em 2012 foram 145 pedidos de coleta de materiais como livros, papéis, vidraria e sucatas. Há de se observar que não ocorre a pesagem desse material, portanto não é possível identificar o percentual da participação, em termos de massa, da solicitação de recolhimento frente à coleta de rotina.

A Tabela 12 apresenta os números extraídos da planilha de controle do programa Recicla CT e utilizados nos cálculos da pesquisa.

TABELA 12 - MASSA DE RESÍDUOS PROCESSADOS NO CENTRO DE TRIAGEM SEGUNDO RECICLA CT.

MATERIAIS	RECICLA CT (KG)	RECICLA CT (%)	MATERIAIS	RECICLA CT (KG)	RECICLA CT (%)
PET Óleo	7,5	0,1%	Jornal	102	1,3%
PVC	27	0,3%	Revista	311	4,0%
PSAI	12	0,1%	Papelão misto	192	2,5%
TETRAPAK	19	0,2%	Vidro Branco	78	1,0%
PET Colorida	39	0,5%	Vidro Verde	54	0,7%
PLÁST. Filme colorido	53	0,7%	Vidro Ambar	78	1,0%
PEAD Colorido	25	0,3%	Papel misto	264	3,4%
PEAD Branco	39	0,5%	Sucata	342	4,4%
Lata de alumínio	67	0,9%	Papel Cola	358	4,6%
PLAST. Filme transparente	47	0,6%	Rejeito ⁴³	942	12,1%
PP	165	2,1%	Papel Branco	1.206	15,5%
PET transparente	161	2,1%	Sucata de Ferro	1.174	15,1%
Outros	332	4,3%	Papelão capa	1.670	21,5%
Total (média/mês/2013)				7.764	100%

Nos sete primeiros meses de 2013, o programa de coleta seletiva do CT-UFRJ alcançou uma média de 7,7 toneladas coletadas, aumento de 41% frente às 5,5 toneladas coletadas, em média, no mesmo período do ano de 2012. Por não haver dados históricos referentes à coleta comum, torna-se impossível afirmar o quanto esse aumento representa em termos de crescimento na geração e o quanto pode ser atribuído ao crescimento na abrangência e eficácia do Recicla CT.

⁴³ A fração de rejeitos representa os resíduos não aproveitados pelo programa de Recicla CT.

4.4.4 DADOS EXCLUSIVOS DO FLUXO DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS

As informações relativas ao fluxo dos resíduos recicláveis após coleta e triagem no Recicla CT foram pesquisadas junto a Cooperativa Popular Amigos do Meio Ambiente (COOPAMA), atual cooperativa de catadores associada ao programa de coleta seletiva solidária localizada no bairro de Maria da Graça, na cidade do Rio de Janeiro.

Segundo o diretor administrativo da COOPAMA, Sr. Luiz Carlos Fernandes, os resíduos recicláveis são transportados do CT-UFRJ para a COOPAMA, uma vez por semana, pelo caminhão da própria UFRJ. Este veículo é um caminhão Mercedes Benz modelo MB 1113, ano 1986. Por não haver modelo idêntico disponível no banco de dados padrão do EASEWASTE foi selecionada, entre as opções do *software*, o seguinte modelo de coleta e transporte: “Veículo de coleta, 10t Euro2, Tráfico Urbano, 1 litro de diesel, 2006”.

Pelo padrão adotado no EASEWASTE, a coleta é definida em termos de consumo de combustível por tonelada de resíduos úmidos transportados. O modelo considera o percurso da primeira à última parada na rota de coleta, isto é, o combustível gasto com a condução da garagem para o início da rota de coleta, do ponto final da rota de coleta ao ponto de descarga e a partir desse ponto até a volta para a garagem.

O consumo médio de combustível para a recolha de grande quantidade de resíduos é calculado com base nos registros mensais do consumo de combustível e da quantidade de resíduos recolhidos. Na opção escolhida para o cenário da gestão de resíduos do CT-UFRJ o consumo de óleo diesel adotado é de 12,5 litros por tonelada coletada. Neste conjunto de dados, as emissões provenientes da queima de combustível estão em conformidade com o padrão de emissão europeu Euro2. Padrão que define para um determinado horizonte de tempo (anos) uma escala de limites para emissões de motores à combustão de diesel, escalonadas em cinco níveis, do Euro 1 (maior permissão de emissões) ao Euro 5 (menor permissão de emissões).

Após a coleta, o material reciclável é levado ao galpão da cooperativa. Neste local os resíduos são acumulados, triados e comercializados, em sua maioria, com intermediários – grandes comerciantes de materiais recicláveis que revendem os resíduos em volumes ainda maiores às indústrias de reciclagem. Somente o vidro não

possui intermediários no caminho para a reciclagem. Hoje, a COOPAMA vende os três tipos de vidros recicláveis – transparente, verde e âmbar – diretamente à fábrica de vidros da maior indústria de bebidas brasileira, localizada no município do Rio de Janeiro, no bairro de Campo Grande, distante aproximadamente 40 quilômetros da cooperativa.

Os demais resíduos são comercializados como outro produto qualquer, não havendo um comprador fixo, único. A empresa – intermediário – que demonstrar interesse e apresentar a melhor proposta pelo resíduo da cooperativa compra o material. Entretanto, o destino final sofre pouca variação.

A sucata, metais ferrosos, tem como principal destino a reciclagem em uma siderúrgica distante 44 quilômetros da COOPAMA, localizada no município de Santa Cruz, no Estado do Rio de Janeiro. Já o alumínio possui como destino mais provável uma das unidades da maior fábrica de latas de alumínio do Brasil, situada na cidade de Pindamonhangaba, estado de São Paulo e distante 270 quilômetros da origem dos resíduos.

Plásticos, papéis e papelões seguem rotas semelhantes ao alumínio e geralmente são reciclados no estado de São Paulo, em municípios como Lorena e Aparecida do Norte, localizados ao longo da Rodovia Presidente Dutra e distantes em torno de 250 quilômetros do centro do município do Rio de Janeiro.

O veículo para transporte dos resíduos após a passagem pela cooperativa de catadores é de propriedade do comprador dos materiais, não havendo um padrão de veículo entre eles. O modelo adotado dentre as opções do EASEWASTE foi: Caminhão de médio porte para de resíduos com peso bruto de 25 toneladas.

Para o cálculo de ICV referente ao transporte após coleta e entre as estações de tratamento, o *software* considera o consumo de combustível por tonelada de lixo úmido por km. No caso do modelo adotado, a taxa de consumo é de 0,03 litros por quilômetro por quilo de material transportado. A distância percorrida é definida entre o ponto inicial e o ponto final da rota de transporte. A taxa de consumo do modelo de caminhão escolhido considerada o combustível utilizado na condução do caminhão de, ou para a garagem, inclusive quando vazio. Outro dado importante referente à taxa de consumo

considera que a condução do veículo é primordialmente realizada em autoestrada, e a distância típica percorrida para esta atividade varia entre 100 e 2000 km.

4.4.5 DADOS EXCLUSIVOS DOS RESÍDUOS DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO

O cálculo final para o montante de resíduos destinados à CTR Santa Rosa considerou o valor de 38 toneladas/mês de julho (detalhado no tópico 3.4.1.2), somado aos rejeitos e outros materiais não aproveitados pela triagem no Recicla CT, resultando em um total de 40 toneladas. Essa massa de resíduos é depositada ao longo do dia nas caçambas do CT-UFRJ e recolhido a cada manhã, de segunda a sexta-feira, por uma empresa privada de coleta.

O caminhão utilizado na coleta de resíduos comuns do CT é um veículo modelo compactador, tradicional, com capacidade para aproximadamente 15m³ de resíduos. Esse veículo percorre uma rota de clientes, que inclui o CT-UFRJ, antes de despejar os resíduos na central de transferência da COMLURB, no bairro do Caju, cidade do Rio de Janeiro. Da central de transferência os resíduos são acumulados e transportados em veículos de maior capacidade para o município de Seropédica, distante 73 quilômetros do centro da cidade do Rio de Janeiro e local onde se situa a CTR Santa Rosa.

Para representar o modelo de caminhão utilizado no processo real foi escolhido no EASEWASTE um modelo com capacidade de carga de 35 toneladas e consumo de 5,5 litros de diesel a cada dez quilômetros percorridos (0,55 l/km).

4.4.6 PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DO ICV

A presente pesquisa assumiu integralmente a metodologia do EASEWASTE (DTU, 2012). Tanto para o cálculo do ICV quanto do AICV foi utilizada a base de dados padrão, oriunda do *software*, assim como a metodologia observada como *default*, EDIP1997 (Wenzel, H., Hauschild, M. Alting, L., 1997).

O *software* possui uma lógica de passo a passo, razoavelmente simples para o usuário que deseja apenas criar e simular um cenário⁴⁴ de GRS utilizando a base de dados padrão. Há, porém, uma restrição em termos do ordenamento das atividades. O sequenciamento das mesmas é rígido e, apesar da extensa lista de opções de rotina de

⁴⁴ De acordo com DTU (2012), cenário é o projeto ou estudo onde certa quantidade de resíduos é avaliada em termos do fluxo de massa, ICV, ACV e onde incertezas e sensibilidades podem ser avaliadas em todas as fases do cenário (geração de resíduos, coleta e transporte, tratamento etc) ou para partes dele.

tratamento (Figura 18), todos os cenários obrigatoriamente obedecem a seguinte sequência de fases:

(1) Geração → (2) Coleta → (3) Tratamento, Recuperação e Disposição

Antes de detalhar e atribuir os valores relativos à fase um, “Geração”, é preciso criar ou, se já existente, escolher um cenário. Para essa pesquisa, foram criados três cenários. O primeiro teve como objetivo retratar o estado atual da GRS no CT. Os outros dois cenários retrataram respectivamente:

- Uma situação otimista, onde 100% do volume de resíduos gerados e recicláveis são coletados, separados e enviados para reciclagem;
- Uma situação pessimista, com a não existência da coleta seletiva (Recicla CT) e a destinação integral dos resíduos ao aterro sanitário.

Estes cenários serviram principalmente para gerar uma escala de comparação e facilitar a interpretação do resultado da ACV.

A primeira etapa para a criação de cenários no *software* é a definição de um nome. Para o cenário que retratou a situação atual da GRS no CT-UFRJ, foi definido o nome “Recicla CT, UFRJ, Brasil, 2013”. Para o segundo cenário, o otimista, atribuiu-se o nome “Máximo Coleta Seletiva, UFRJ, Brasil, 2013” e para o terceiro cenário, o pessimista, “Zero coleta seletiva, UFRJ, Brasil, 2013”.

Em seguida, a condicionante segunda é a definição do Tipo de Cenário. Para esta variável do EASEWASTE estão disponíveis três opções de “*Scenario Type*”, que podem ser trabalhadas concomitantemente ou de forma singular, são elas: “*single family*”, “*multi family*” e “*SCBU*”. Traduzidas, essas opções referem-se respectivamente a: áreas residências para casas unifamiliares, áreas residências de apartamentos e áreas comerciais.

Por simplificação, o manual do EASEWASTE, principal fonte utilizada para compreensão da ferramenta e auxílio na execução da presente pesquisa, descreve apenas o detalhamento para aplicação do cenário tipo “*single family*”. Exclusivamente por esse motivo optou-se por reproduzir o ambiente estudado, a GRS do CT-UFRJ, através do único tipo de cenário esmiuçado pelo manual. Entretanto ressalva-se que,

provavelmente, julgando o título das alternativas, um dos outros dois Tipos de Cenários seriam os mais ajustados para enquadramento da GRS do CT-UFRJ no EASEWASTE.

4.4.6.1 FASE UM

Criado o cenário inicia-se o detalhamento da Geração, fase um. Entre as duas opções a serem selecionadas, “Cenário baseado em toneladas de resíduos geradas” e “Cenário baseado em taxa de geração por unidade/pessoa”, optou-se a pela primeira. O Valor inserido no campo “*Total Waste [tons]*”⁴⁵ foi 46,546, tal qual consta na Tabela 13, que detalha os dados encontrados pelo trabalho de campo, já mencionados nos tópicos anteriores. Os três cenários criados contemplaram o mesmo montante de resíduos gerados.

A Tabela 13 foi criada para facilitar a transposição dos dados encontrados na pesquisa de campo e correlaciona-los com a interface disponibilizada pelo EASEWASTE, uma vez que, após a definição do total de resíduos gerados, a última etapa da fase um é a definição da composição desse montante. Desse modo, a tabela deve ser considerada uma síntese da primeira fase de criação do cenário, que retrata a situação atual. Para os demais cenários, os fictícios, há diferença apenas na coluna “Eficiência na Separação”, comentada adiante, na criação da fase dois.

A composição dos resíduos foi criada a partir da adaptação de uma das opções de configuração existentes no *software*, identificada como: “*Household waste [MF], Augustenborg, Sweden, 2009*”⁴⁶. Esta composição, a qual melhor sintetizava o perfil dos resíduos encontrados no CT-UFRJ, foi copiada, e a ela atribuída um novo nome, “Universidade, Rio de Janeiro, Brasil, 2013”. Em seguida, assim como ilustrado na referida Tabela 13, atribuíram-se novos valores percentuais à composição de resíduos originais. As colunas refletem as correlações necessárias entre os dados de resíduos do CT-UFRJ e a estrutura de dados do *software*.

⁴⁵ Total de resíduos [toneladas]

⁴⁶ Resíduos residenciais, Augustenborg (cidade), Suécia, 2009 (ano referência).

TABELA 13 - TOTAL DE RESÍDUOS MENSURADOS PARA O MÊS DE JULHO DE 2013.

Categorias no EASEWASTE	Nomenclatura no EASEWASTE	Materiais	Composição	Composição (kg)	Eficiência na separação	
<i>Aluminium</i>	<i>Beverage cans</i>	Lata de alumínio	0,91%	424	16%	
<i>Iron</i>	<i>Other metals</i>	Sucata	0,73%	342	100%	
		Sucata de Ferro	2,72%	1.267	92,67%	
<i>Iron</i>			3,46%	1.609	94%	
<i>Organic</i>	<i>Animal Food Waste</i>	Orgânico	17,97%	8.366	0%	
	<i>Kitchen towels</i>	Papel Sujo (cozinha)	2,75%	1.280	0%	
	<i>Sanitary towels, tampons</i>	Papel Sujo (banheiro)	4,12%	1.919	0%	
	<i>Vegetabal Food Waste</i>	Orgânico	26,96%	12.549	0%	
	<i>Yard waste</i>	Jardinagem	7,08%	3.297	0%	
<i>Organic Soma</i>			58,89%	27.411	0,00%	
<i>Other</i>	<i>Juice cartons</i>	TETRAPAK	0,51%	236	8%	
	<i>Plastic-coated aluminum foil</i>	Embalagem Multicamadas	0,44%	204	0%	
	<i>Residual waste</i>	Rejeito	7,28%	3.390	38%	
<i>Other Soma</i>			8,23%	3.831	34%	
<i>Paper and Cardboard</i>	<i>Advertisement</i>	Papel Cola	0,77%	358	100%	66%
		Papel misto	1,24%	578	46%	
	<i>Magazine</i>	Revista	0,72%	336	92%	
	<i>Newspaper</i>	Jornal	0,84%	390	26%	
	<i>Office paper</i>	Papel Branco	4,68%	2.178	55%	
	<i>Other clean card board</i>	Papelão misto	2,54%	1.180	16%	
	<i>Paper and card board</i>	Papelão capa	5,67%	2.641	63%	
<i>Paper and Cardboard Soma</i>			16,46%	7.662	54%	
<i>Plastic</i>	<i>Plastic bottle</i>	PEAD Branco	0,32%	148	26%	22%
		PEAD Colorido	0,38%	178	14%	
		PET Branca	1,40%	650	25%	
		PET Colorida	0,31%	144	27%	
		PET Óleo	0,36%	168	4%	
		PP	1,59%	739	22%	
	<i>Hard Plastic</i>	PS	1,10%	512	0%	6%
		Alto impacto	0,17%	78	15%	
		PVC	0,06%	27	100%	
	<i>Soft Plastic</i>	PLAST. Filme branco	1,14%	532	9%	5%
		PLÁST. Filme colorido	3,48%	1.620	3%	
<i>Plastic Soma</i>			10,30%	4.795	12%	
<i>Glass</i>	<i>Brown Glass</i>	Vidro Ambar	0,34%	160	48%	
	<i>Clear Glass</i>	Vidro Branco	1,07%	500	16%	
	<i>Green Glass</i>	Vidro Verde	0,33%	155	35%	
<i>Glass Soma</i>			1,75%	815	26%	
<i>Total Geral</i>			100%	46.546	15%	

A primeira coluna, “Categorias no EASEWASTE”, agrega os resíduos em categorias ⁴⁷ de materiais. A segunda e terceira colunas, “Nomenclatura no EASEWASTE” e “Materiais”, fazem a correlação direta entre os tipos de materiais contemplados na composição original, disponibilizada pelo *software*, e a composição dos resíduos do CT-UFRJ. Verificam-se dois parâmetros de correlações: um para um (1 = 1), como no caso da categoria “Glass”; e um para ‘n’ (1 = n), caso da categoria “Plastic”.

⁴⁷ Os nomes se encontram em inglês, pois é essa a língua utilizada pelo software. Em português, as categorias na ordem em que se encontram dispostas na Tabela 13, seriam: Alumínio, Ferro, Orgânicos, Outros, Papel, Plástico e Vidro.

A quarta coluna, “Composição”, lista a porção de cada material ou conjunto de materiais dentro da composição geral dos resíduos do CT-UFRJ. Nos casos onde a correlação obedece à regra um para um, o percentual na composição dos resíduos no CT-UFRJ encontra-se alinhado ao nome do material no EASEWASTE, exemplo:

Beverage cans → Latas de Alumínio → 0,91%

Onde, 0,91% é a fração de alumínio encontrada nos resíduos do CT-UFRJ que foi imputada no *software* para o campo “*Beverage cans*”.

Nos casos onde a correlação segue a regra um para ‘n’, o valor percentual da presença encontra-se alinhado à “Nomenclatura no EASEWASTE”, exemplo:

Plastic Bottle → materiais correlacionados → 22%

Onde, 22% é a fração referente ao material “*Plastic Bottle*” (“Nomenclatura no EASEWASTE”) que foi imputada no *software* e cuja correlação compreende a soma dos materiais encontrados no CT-UFRJ com características similares a garrafas plásticas, PEAD, PET e PP.

4.4.6.2 FASE DOIS

O detalhamento da composição dos resíduos estudados é a etapa final da fase um. A fase dois, “Coleta”, é dividida em duas etapas, que traduzidas definem: a “Separação dos Resíduos” e a “Coleta dos Resíduos”.

A etapa de “Separação dos Resíduos” requer que seja escolhido um perfil de eficiência na separação dos resíduos a partir de uma lista que se abre na tela com origem na base de dados do *software*. Para esta etapa foi necessário criar um perfil exclusivo para a eficiência de separação do CT-UFRJ, com base nas informações levantadas pela pesquisa de campo (coleta de dados).

Foi criado o perfil “UFRJ, CT, Rio de Janeiro, BR, 2012” cujos dados relativos à eficiência na separação encontram-se na coluna 5 da Tabela 13, “Eficiência na Separação”. A regra de correlação entre os materiais e as respectivas eficiências na separação é a mesma da utilizada para identificação da composição do montante de resíduos.

Empregando o exemplo anterior:

Beverage cans → Latas de Alumínio → 424 (kg) → 16%

Onde, 424 kg é massa total de alumínio presente na composição dos resíduos do CT-UFRJ e 16% são o percentual de alumínio separado pelo Recicla CT, o qual segue o fluxo da reciclagem. Este valor percentual foi imputado no *software* para representar a eficiência de separação do material “*Beverage cans*”.

Nos casos onde a correlação segue a regra um para ‘n’:

Plastic Bottle → materiais correlacionados → 2.027 (kg) → 22%

Sendo, 2.027 kg o peso total da soma dos materiais que compõem a fração do material “*Plastic Bottle*” e 22% o percentual de eficiência na separação que foi imputada no *software* para esse tipo de material.

No caso dos cenários fictícios, a atribuição de eficiência na separação foi a variável de diferenciação. Enquanto o cenário que retratou a situação atual seguiu a regra de valoração descrita pela Tabela 13, o cenário otimista, máximo de coleta seletiva, carregou cem por cento (100%) de eficiência na separação de materiais recicláveis. De forma oposta, o cenário pessimista carregou zero por cento (0%) de eficiência na separação, simulando a inexistência de coleta seletiva.

Escolhido o perfil de eficiência de separação, em seguida foi preciso definir o número de frações de resíduos, “*Sorting Fraction*”, que foram avaliadas nos cenários em construção. Para essa pesquisa foram definidas seis frações para os cenários um e dois (atual e otimista):

- Alumínio
- Papel
- Plástico
- Sucata
- Vidro
- *Residual Waste* (demais resíduos)

Para o cenário que retrata a inexistência de coleta seletiva considerou-se apenas uma fração de resíduos, denominada de forma padrão pelo *software* de “*Residual Waste*⁴⁸”.

Após a escolha do número de frações a serem avaliadas, a segunda etapa da fase dois de criação dos cenários, “*Waste Collection*”, consiste em definir a atividade de coleta dos resíduos. De acordo com DTU (2012) não é obrigatória a definição de um procedimento de coleta, bastando para isso o não preenchimento do campo “*Waste collection technology*⁴⁹”.

Apesar de não obrigatória, optou-se por registrar tecnologias de coleta para os cenários do CT-UFRJ. Para que houvesse opções na lista de menu do *software*, personalizadas para os cenários estudados, foi preciso criá-las na lista do banco de dados do *software*.

Contudo, essas opções não foram elaboradas com dados originais da coleta praticada no UFRJ. O procedimento foi semelhante à criação do perfil de composição dos resíduos, executado precisamente na fase de criação do cenário, onde se adaptou uma das opções de configuração existente. No caso da tecnologia de coleta, a mesma opção foi escolhida, “*Parper, Drop-off-container, Aarhus, 2003*⁵⁰” e renomeada, através da opção “Salvar como”, para cada uma das seis frações de resíduos. Listam-se:

- Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013
- Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013
- Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013
- Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013
- Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013
- Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013

A opção selecionada para representar a coleta realizada no CT-UFRJ considera um processo de recolha em pontos de entrega voluntária. Portanto, esta opção possui originalmente uma rotina mais centralizada, de menor percurso, onde o caminhão executa menor número de paradas e recolhidas. Outras características da tecnologia escolhida, segundo informações registradas no banco de dados do EASEWASTE, são:

⁴⁸ Tratado pelo autor como: Demais resíduos. Traduzido pelo autor como: Lixo residual.

⁴⁹ Traduzido pelo autor: Tecnologia de coleta de resíduos

⁵⁰ Traduzido pelo autor: Papel, Caçambas receptoras, cidade de Aarhus, 2006.

- A coleta é definida em termos do tipo de veículo e do respectivo consumo de combustível médio por tonelada de resíduos úmidos transportados. O consumo médio de combustível para a recolha de grande quantidade de resíduos é calculado com base nos registros mensais do consumo e da quantidade de resíduos recolhidos.
- Considera-se o percurso de coleta da primeira parada na rota até a parada final. O combustível gasto com a condução da garagem para o início da rota de coleta, do ponto final da rota de coleta ao ponto de descarga e a partir desse ponto até a volta para a garagem é considerado para cálculo da média de consumo de cada tecnologia.
- Neste conjunto de dados, as emissões provenientes da queima de combustível estão em conformidade com o padrão europeu de emissão Euro2 e o consumo médio é de 4,9 litros de diesel por tonelada úmida transportada.

A Tabela 14 resume, de forma idêntica a encontrada no EASEWASTE, o final da elaboração da fase dois dos cenários com realização de coleta seletiva.

TABELA 14 - RESUMO DA FASE 2 DE CRIAÇÃO DOS CENÁRIOS.

FRAÇÃO DA COLETA	TOTAL DE RESÍDUOS CENÁRIO ATUAL [t]	TOTAL DE RESÍDUOS CENÁRIO MÁXIMO DE EFICIÊNCIA [t]	TOTAL DE RESÍDUOS CENÁRIO ZERO COLETA SELETIVA [t]	TECNOLOGIA DE COLETA DE RESÍDUOS
Alumínio	0,068	0,423	0	Alumínio, Recicla CT, UFRJ
Papel	4,077	7,647	0	Papel, Recicla CT, UFRJ
Plástico	0,591	4,785	0	Plástico, Recicla CT, UFRJ
Sucata	1,514	1,607	0	Sucata, Recicla CT, UFRJ
Vidro	0,209	0,808	0	Vidro, Recicla CT, UFRJ
“Residual Waste”	40,087	31,186	46,546	Não reciclados, Caçambas, UFRJ

O cenário 3, possui apenas uma fração e toda a massa de resíduos, 46,546 toneladas, é coletada de acordo com a tecnologia “Não reciclados, Caçambas, UFRJ”.

4.4.6.3 FASE TRÊS

A terceira e última fase, “Tratamento, Recuperação e Disposição”, requereu que o executor do estudo completasse os fluxos com informações sobre o tipo de tratamento e a tecnologia envolvida. É opcional, tal qual na fase anterior para a definição da tecnologia de coleta, deliberar sobre o transporte dos resíduos e, do mesmo modo que na etapa predecessora, foram estabelecidos parâmetros de transporte para cada um dos seis fluxos (frações de coleta) dos cenários com existência de coleta seletiva e para o fluxo único do cenário sem coleta seletiva.

A solução adotada foi idêntica. Duas opções de tecnologia de transporte, existentes na base de dados original do *software*, foram adaptadas para projetar o cenário. Especificamente, para o transporte das frações de materiais recicláveis, a opção escolhida foi “*Road, Long haul truck, 25t, Generic, 2006*⁵¹” e para o transporte dos “Demais resíduos”, ou pela nomenclatura original empregada pelo EASEWASTE, “*Residual waste*”, foi escolhida “*Truck for biomass slurry, 35t, Sweden, 2008*⁵²”.

A primeira opção de tecnologia de transporte, adotada para as frações destinadas à reciclagem, foi renomeada ou, em termos técnicos, salva como, “Carreta para transporte após coleta”. A segunda opção adotada, referente ao fluxo dos “Demais resíduos”, foi salva como “Carreta para transferência de resíduos”.

De acordo com DTU (2012), a tecnologia que conceitua a “Carreta para transporte após coleta” tem as seguintes características:

- Os resíduos podem ser transportados entre instalações de tratamento após a coleta. O processo de transporte é definido em termos de consumo de combustível por tonelada de lixo úmido por km.
- A distância contemplada para definição do consumo médio considera o percurso entre o ponto inicial e o ponto final da rota de transporte.

⁵¹ Traduzido pelo autor: Estrada, Carreta, 25 toneladas, Genérica, ano referência 2006.

⁵² Traduzido pelo autor: Caminhão para lodo de biomassa, 35 toneladas, Suécia, ano referência 2008.

- A distância típica assumida para este tipo de transporte varia entre 100 e 2000 km.
- O consumo médio estabelecido é de 0,03 litros de diesel por quilometro por tonelada transportada (0,03 l/km/t).

A segunda tecnologia adotada, que representa a “Carreta para transferência de resíduos”, tem as seguintes características segundo DTU (2012):

- O processo de transporte é definido em termos de consumo de combustível por tonelada de lixo úmido por km.
- A distância contemplada para definição do consumo médio considera o percurso entre o ponto inicial e o ponto final da rota de transporte e não inclui retorno vazio.
- O consumo médio estabelecido é de 0,24 litros de diesel por quilometro por tonelada transportada (0,24 l/km/t).

Quando estabelecida uma tecnologia de transporte, a segunda variável a ser preenchida é a distância percorrida em quilômetros. Nesse caso, apesar dos fluxos referentes aos materiais destinados à reciclagem compartilharem o mesmo tipo tecnológico de transporte, as distâncias não necessariamente se equivalem.

A partir dos dados coletados, apenas os resíduos de papel e plástico assumem distancias equivalentes, 250 km. As demais frações de coleta, inclusive a denominada “Demais resíduos”, possuem semelhança nos trajetos, porém percorrem distâncias díspares: Sucata de Ferro, 44 km; Alumínio, 270 km; Vidro, 40 km; e Demais resíduos, 73.

Finda a definição dos transportes, foi preciso estabelecer o tipo de tratamento e a respectiva tecnologia adotada para cada um dos fluxos criados. Nos cenários estudados, foi estabelecido que as frações de coleta de Alumínio, Sucata de Ferro, Plástico, Papel e Vidro têm como destinação exclusiva e final, a reciclagem. A Tabela 23, disposta no **Apêndice C – Tecnologias de tratamento adotadas**, reúne as características específicas de cada uma das cinco tecnologias de reciclagem adotadas para os cenários construídos. Todas as tecnologias adotadas fazem parte do banco de dados original do EASEWASTE e apenas tiveram os nomes adaptados para os cenários projetados.

O resultado do preenchimento dos dados na fase final de construção dos cenários assemelha-se ao retratado na Tabela 15, que resume o projeto da situação atual:

TABELA 15 - FASE TRÊS, TRATAMENTO, RECUPERAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL.

FRAÇÃO DA COLETA	TOTAL DE RESÍDUOS [t]	DISTÂNCIA [km]	TECNOLOGIA DE TRANSPORTE	TRATAMENTO, RECUPERAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL	TECNOLOGIA
Alumínio, Recicla CT	0,07	270	Carreta, Transporte após coleta, 25t	Reciclagem	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio
Papel, Recicla CT	4,08	250	Carreta, Transporte após coleta, 25t	Reciclagem	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis
Plástico, Recicla CT	0,59	250	Carreta, Transporte após coleta, 25t	Reciclagem	Plástico em granulados de plástico
Sucata, Recicla CT	1,51	44	Carreta, Transporte após coleta, 25t	Reciclagem	Sucata de ferro em aço laminado
Vidro, Recicla CT	0,21	40	Carreta, Transporte após coleta, 25t	Reciclagem	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)
Demais Resíduos	40,09	73	Carreta, Transferência, 35t	Aterro de resíduos misturados	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 anos

Ao final do detalhamento dos cenários, o EASEWASTE disponibiliza uma tela para verificação do balanço de materiais, onde ficam registradas todas as informações dos fluxos de materiais estabelecidos. A Figura 38 apresenta a tela de balanço de materiais, extraída do *software*, referente ao cenário “Recicla CT, UFRJ, Brasil, 2013”.

Single family total waste [tons] 0

Single Family Materials Flow				
No.	Treatment Method	Technology	Amount	Unit
1	Reciclagem	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) e...	4.077	tons
2	Reciclagem	Plástico em granulados de plástico	0.591	tons
3	Reciclagem	Sucata de ferro em aço laminado	1.514	tons
4	Reciclagem	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria vir...	0.209	tons
5	Aterro de resíduos misturados	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás,...	40.087	tons
6	Reciclagem	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	0.068	tons

Single Family Sorted Fractions Material Flow			
Material Fraction	Technology	Amount	Unit
<ul style="list-style-type: none"> Papel - Recicla CT <ul style="list-style-type: none"> Reciclagem 	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) e...	4.077	tons
<ul style="list-style-type: none"> Plásticos - Recicla CT <ul style="list-style-type: none"> Reciclagem 	Plástico em granulados de plástico	0.591	tons
<ul style="list-style-type: none"> Sucata - Recicla CT <ul style="list-style-type: none"> Reciclagem 	Sucata de ferro em aço laminado	1.514	tons
<ul style="list-style-type: none"> Vidro - Recicla CT <ul style="list-style-type: none"> Reciclagem 	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virg...	0.209	tons
<ul style="list-style-type: none"> Residual Waste <ul style="list-style-type: none"> Aterro de resíduos misturados 	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, ...	40.087	tons
<ul style="list-style-type: none"> Alumínio - Recicla CT <ul style="list-style-type: none"> Reciclagem 	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	0.068	tons

FIGURA 38 - BALANÇO DOS MATERIAIS.

Pela tela (Figura 38) é possível conferir os principais dados imputados nas fases dois e três, com foco nas quantidades de resíduos e nos fluxos de materiais estabelecidos para o cenário que retrata a situação atual. Informações referentes à composição dos resíduos e eficiência na separação não são expostas. Em termos de ajuda para verificação e, se necessária, correção de dados, o balanço de materiais se torna mais importante em cenários mais complexos, por exemplo, quando materiais iguais ou do mesmo tipo formam frações distintas ou quando frações de resíduos possuem subdivisão de fluxos, dois ou mais destinos finais diferentes.

Nos cenários elaborados para o CT-UFRJ, os fluxos são simples e cada tipo de material fracionado compõe apenas um fluxo de acordo com a eficiência na separação. O percentual não separado seguiu em conjunto, por fluxo único, para destinação em aterro sanitário.

Para se alcançar o resultado final do ICV através do EASEWASTE, foi preciso acionar a execução do cálculo da AICV. O *software* retorna o resultado dos cálculos em quatro esferas de informação: Inventário, Potenciais de Impacto, Normalização e Ponderação.

Pela ordem, o resultado do ICV com a lista de emissões causadas e recursos consumidos é o primeiro conjunto de informações disponibilizadas. A vista primária desse resultado apresenta a relação de substâncias por etapa e para cada um dos fluxos estabelecidos. Entretanto há a opção de resumir as emissões apenas por fase do cenário: Coleta, Transporte e Tratamento. Na lista de emissões há indicação de:

- Categoria: “Emissão” ou “Recurso”.
- Unidade de medida: kg, MJ ou Bq⁵³.
- Origem da emissão ou recurso, exemplo: água, solo, ar, matéria virgem e outros.

O resultado com a lista de emissões referentes ao ICV do cenário “Recicla CT, UFRJ, Brasil, 2013” contemplou 523 diferentes substâncias e está registrado em onze tabelas dentro do **Apêndice D – Resultados do ICV**.

4.5 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)

O cálculo da AICV é uma consequência do balanço de materiais e substâncias a ele relacionados e, através dos recursos de dados padrão do EASEWASTE, foi possível calcular os potenciais impactos ambientais com fundamento em três diferentes métodos: IPCC, EDIP1997 e o Eco-Indicator95. Para o estudo de ACV comparativo entre os três cenários projetados, optou-se por manter o método e o grupo de categorias pré-selecionados pelo software, onde são avaliados os impactos em 15 diferentes categorias, “EDIP1997 / EDIP97 – 2004 NR – *Environmental Impact Potentials (All)*”.

Potenciais de impacto

O resultado da AICV é apresentado preliminarmente através dos respectivos potenciais de impacto ambiental de cada uma das 15 categorias e em suas respectivas unidades de medida. A Tabela 16 retrata uma comparação entre os potenciais de impacto dos três cenários projetados.

⁵³ Becquerel (Bq) é uma unidade de medida de radioatividade.

TABELA 16 - COMPARAÇÃO DOS POTENCIAIS DE IMPACTO DOS TRÊS CENÁRIOS.

Unidades	Impactos Potenciais EDIP97	Zero Recicla CT	Atual	Máxima Eficiência	Zero/ Aual	Máxima/ Atual
Aggregated: [kg]	Esgotamento de recursos - Agregado	6,08E+02	5,19E+02	3,75E+02	17%	-28%
(EDIP97): [m3 água]	Toxicidade humana por água	2,00E+13	1,71E+13	1,24E+13	17%	-28%
(EDIP97): [kg CO2-eq]	Aquecimento global 100 anos	3,39E+08	2,90E+08	2,10E+08	17%	-28%
(EDIP97): [m3 água deteriorada]	Deterioração de recursos hídricos subterrâneos	2,91E+04	2,51E+04	1,95E+04	16%	-22%
(EDIP97): [m3 solo]	Ecotoxicidade em solos	2,56E+10	2,19E+10	1,59E+10	17%	-28%
(EDIP97): [kg CFC11-eq]	Destruição de ozônio estratosférico	2,39E-02	1,93E-02	1,52E-02	24%	-21%
(EDIP97): [m3 ar]	Toxicidade humana por ar	2,20E+15	1,96E+15	1,55E+15	12%	-21%
(EDIP97): [kg SO2-eq]	Acidificação	3,77E+06	3,26E+06	2,42E+06	16%	-26%
(EDIP): [m3 água]	Ecotoxicidade armazenada na água	1,05E+08	6,78E+07	6,06E+07	54%	-11%
(EDIP97): [m3 solo]	Toxicidade humana por solo	5,83E+08	4,98E+08	3,61E+08	17%	-28%
(EDIP97): [kg C2H4-eq]	Formação de ozônio fotoquímico, Alto Nox	1,32E+05	1,16E+05	9,15E+04	13%	-21%
(EDIP): [m3 solo]	Ecotoxicidade armazenada no solo	2,63E+03	2,50E+03	2,47E+03	5%	-1%
(EDIP97): [kg NO3-eq]	Enriquecimento de nutriente	2,04E+07	1,75E+07	1,27E+07	17%	-27%
(EDIP97): [kg C2H4-eq]	Formação de ozônio fotoquímico, Baixo Nox	1,30E+05	1,14E+05	8,87E+04	14%	-22%
(EDIP97): [m3 água]	Ecotoxicidade crônica na Água	7,06E+16	6,03E+16	4,37E+16	17%	-28%

Os números expostos na Tabela 16 representam o somatório, em cada cenário, dos impactos de cada uma das três fases – Coleta, Transporte e Tratamento –. A primeira linha, “Total”, representa o somatório das 15 categorias de impacto ambiental contempladas pelo EDIP97.

Os cenários estão posicionados na Tabela 16 de acordo com nível de eficiência na separação de resíduos. Da esquerda para direita, o cenário com Zero de Coleta Seletiva, em seguida o cenário que representa as condições atuais e, por último, o cenário com 100% de eficiência na coleta seletiva.

As duas últimas colunas pretendem, efetivamente, comparar os cenários fictícios com o status atual dos potenciais impactos proporcionados pelo Recicla CT na GRS da UFRJ. A coluna “Zero/Atual”, ao dividir os valores do cenário com zero de coleta seletiva pelos valores do cenário atual, exhibe o resultado do provável aumento dos impactos ambientais causados pela não realização da coleta seletiva e consequente não reciclagem dos materiais.

Enquanto a coluna “Máxima/Atual”, ao dividir os valores do cenário com máxima eficiência na coleta seletiva pelos valores alcançados no cenário atual, sugere percentualmente, a dimensão da oportunidade na redução de impactos, com o aumento da eficiência na coleta seletiva e correlato aumento na reciclagem de materiais.

Normalização

A normalização dos Potenciais de Impacto foi baseada pela referência escolhida na etapa anterior, o EDIP1997. As referências de normalização no método EDIP são o impacto ambiental ou os recursos consumidos por uma pessoa por ano em cada uma das categorias. A carga ambiental do sistema de gestão de resíduos é, assim, definida em relação à carga ambiental total da sociedade. O potencial impacto ou o consumo de recursos de uma determinada categoria é dividido pela normalização correspondente e a unidade dos resultados normalizados passa a ser *Person Equivalent*⁵⁴ (PE).

⁵⁴ Traduzido pelo autor: Pessoa equivalente

TABELA 17 - COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS NORMALIZADOS.

Normalização EDIP97 (PE)	Zero Recicla CT	Atual	Máxima Eficiência	Zero/Aual	Máxima/Atual
Total	2,39E+11	2,04E+11	1,48E+11	17%	-28%
Esgotamento de recursos - Agregado	7,44E+02	6,35E+02	4,60E+02	17%	-28%
Toxicidade humana por água	4,24E+08	3,62E+08	2,62E+08	17%	-28%
Aquecimento global 100 anos	4,39E+04	3,75E+04	2,72E+04	17%	-28%
Deterioração de recursos hídricos subterrâneos	1,00E+01	8,66E+00	6,73E+00	16%	-22%
Ecotoxicidade em solos	1,16E+05	9,87E+04	7,15E+04	17%	-28%
Destruição de ozônio estratosférico	1,16E+00	9,42E-01	7,43E-01	24%	-21%
Toxicidade humana por ar	6,15E+04	5,46E+04	4,34E+04	13%	-21%
Acidificação	6,88E+04	5,94E+04	4,42E+04	16%	-26%
Ecotoxicidade armazenada na água	9,18E+00	5,95E+00	5,32E+00	54%	-11%
Toxicidade humana por solo	7,24E+04	6,18E+04	4,48E+04	17%	-28%
Formação de ozono fotoquímico, Alto Nox	9,81E+03	8,68E+03	6,83E+03	13%	-21%
Ecotoxicidade armazenada no solo	5,19E+00	4,94E+00	4,88E+00	5%	-1%
Enriquecimento de nutriente	4,45E+05	3,80E+05	2,79E+05	17%	-27%
Formação de ozono fotoquímico, Baixo Nox	8,21E+03	7,22E+03	5,61E+03	14%	-22%
Ecotoxicidade crônica na Água	2,38E+11	2,04E+11	1,48E+11	17%	-28%

A normalização não deve alterar a diferença proporcional entre os impactos ambientais em suas categorias. Entretanto, visto a grandeza dos números e o fundamento da normalização, observa-se apenas que a relação entre a máxima eficiência e a eficiência atual, na linha “Total”, registrou um aumento de dois décimos percentuais após a normalização. Essa alteração somada ao arredondamento das casas decimais gerou uma mudança no resultado final de -27% (Tabela 16), para -28% (Tabela 17).

Ponderação

Assim como na opção normalizada do resultado de AICV, o resultado ponderado calculado pelo EASEWASTE fundamentou-se no método de ponderação padrão EDIP. Nesse caso, os impactos ambientais foram ponderados por metas de redução políticas, e os recursos, ponderados pelo seu horizonte de alimentação.

TABELA 18 - COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS PONDERADOS.

Ponderação EDIP 97 (PET)	Zero Recicla CT	Atual	Máxima Eficiência	Zero/Atual	Máxima/Atual
Total	2,82E+11	2,41E+11	1,74E+11	17%	-28%
Esgotamento de recursos - Agregado	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0%	0%
Toxicidade humana por água	5,51E+08	4,71E+08	3,41E+08	17%	-28%
Aquecimento global 100 anos	4,92E+04	4,20E+04	3,04E+04	17%	-28%
Deterioração de recursos hídricos subterrâneos	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0%	0%
Ecotoxicidade em solos	1,16E+05	9,87E+04	7,15E+04	17%	-28%
Destruição de ozônio estratosférico	7,34E+01	5,94E+01	4,68E+01	24%	-21%
Toxicidade humana por ar	8,61E+04	7,64E+04	6,07E+04	13%	-21%
Acidificação	8,74E+04	7,55E+04	5,62E+04	16%	-26%
Ecotoxicidade armazenada na água	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0%	0%
Toxicidade humana por solo	8,90E+04	7,61E+04	5,51E+04	17%	-28%
Formação de ozono fotoquímico, Alto Nox	1,31E+04	1,15E+04	9,08E+03	13%	-21%
Ecotoxicidade armazenada no solo	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0%	0%
Enriquecimento de nutriente	5,43E+05	4,64E+05	3,37E+05	17%	-27%
Formação de ozono fotoquímico, Baixo Nox	1,09E+04	9,61E+03	7,47E+03	14%	-22%
Ecotoxicidade crônica na Água	2,81E+11	2,40E+11	1,74E+11	17%	-28%

Observa-se que quatro categorias de impacto apresentaram resultados zerados após a ponderação, são elas: Ecotoxicidade armazenada no solo, Ecotoxicidade armazenada na água, Deterioração de recursos hídricos subterrâneos e Esgotamento de recursos.

Esta pesquisa não conseguiu afirmar com exatidão o motivo, todavia a anulação dos impactos, para essas categorias, pode ser relacionada à inexistência de metas de redução política e horizontes de alimentação dentro da base de dados do *software*.

4.6 INTERPRETAÇÃO DO CICLO DE VIDA

4.6.1 QUESTÕES SIGNIFICATIVAS COM BASE NOS RESULTADOS.

Comparando os resultados da AICV aplicada aos três cenários, hoje, com a presença do Recicla CT e a reciclagem dos materiais selecionados, os resíduos gerados no CT-UFRJ promovem 17% menos impactos do que promoveriam se fossem enviados integralmente ao aterro sanitário.

Ainda comparando os resultados, os números indicam a possibilidade de uma redução de 28% no nível de impacto atual, caso o Recicla CT alcance a eficiência máxima na coleta e destine o montante de materiais recicláveis integralmente para a indústria da reciclagem.

Entre as perspectivas de análise dos resultados da AICV comparativa, o gráfico da Figura 39 ilustra, através de três marcadores sobre o eixo de impactos ambientais normalizados, a representatividade dos três cenários avaliados segundo cálculos no EASEWASTE

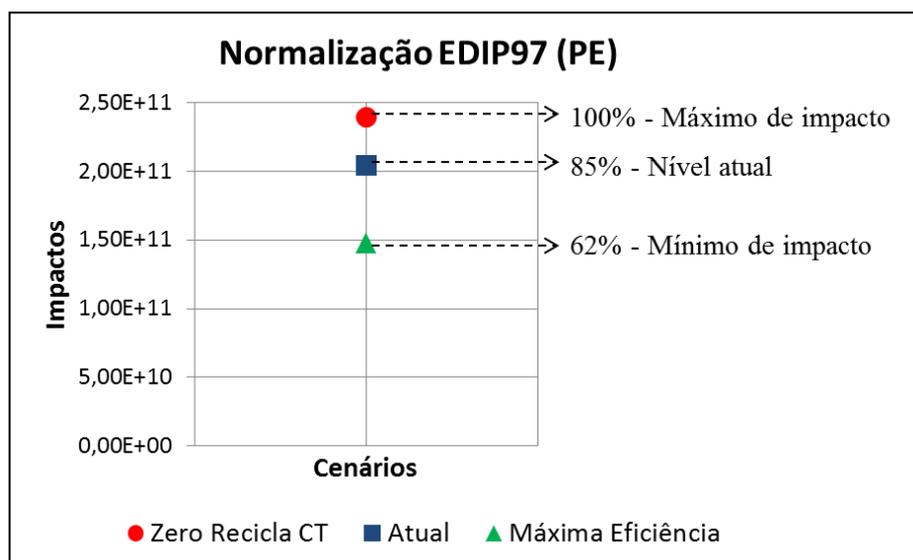


FIGURA 39 - GRÁFICO COMPARATIVO DA AICV NORMALIZADA.

Apesar dos impactos, em números absolutos, alcançarem valores demasiadamente elevados (Zero Recicla CT, $2,39 \times 10^{11}$ PE; Atual, $2,04 \times 10^{11}$ PE; Máxima eficiência, $1,48 \times 10^{11}$ PE), o objetivo da Figura 39 é sinalizar graficamente a proporção do caminho já percorrido por intermédio do Recicla CT e o quanto ainda é possível evoluir em termos de redução dos impactos na GRS do CT-UFRJ.

O nível máximo de impacto foi imputado para o cenário onde o montante de resíduos gerados no mês de julho de 2013 estaria integralmente destinado ao aterro sanitário (Zero Recicla CT). O ponto intermediário representa o nível de impacto alcançado com a eficiência atual do Recicla CT. Uma redução de 15% fixando o cenário “Zero Recicla CT” como base.

Para melhor compreender o nível de eficiência do Recicla CT, o gráfico da Figura 40 destaca os resultados percentuais obtidos pela coleta seletiva, por categoria de resíduos, excetuando-se a parcela de matéria orgânica gerada pelo CT-UFRJ.

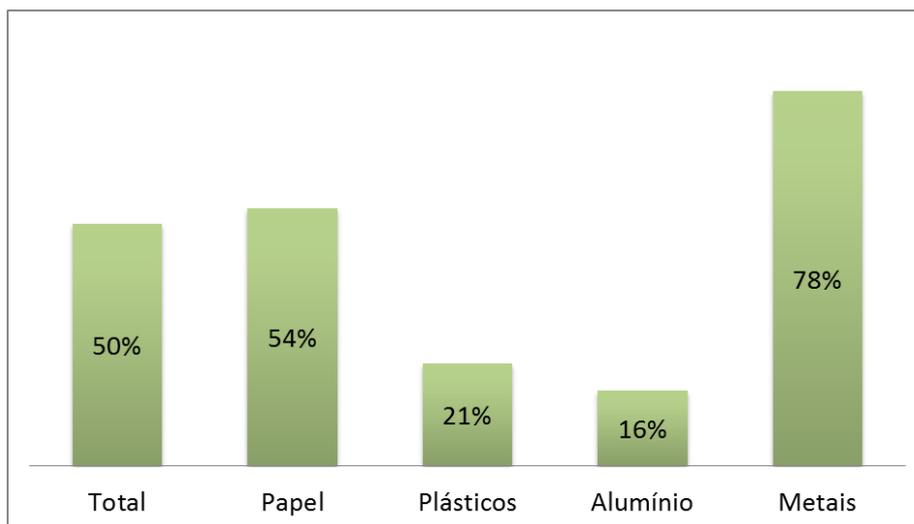


FIGURA 40 - EFICIÊNCIA NA COLETA SELETIVA EXCLUINDO A PARCELA DE ORGÂNICOS.

Descontada a matéria orgânica, o percentual de eficiência da coleta seletiva total sobe de 15% (Tabela 13) para 50% (Figura 40). Portanto, investindo-se exclusivamente em ações para dobrar a eficiência da coleta seletiva e destinando corretamente a totalidade dos materiais recicláveis, o melhor e improvável cenário previsto promoveria uma redução de 38% frente ao pior cenário estipulado.

Embora os números indiquem espaço para a evolução na gestão dos materiais recicláveis, no CT-UFRJ, tal qual no cenário brasileiro em geral, a maior parcela dos resíduos é de matéria orgânica, vide gráfico da Figura 41.

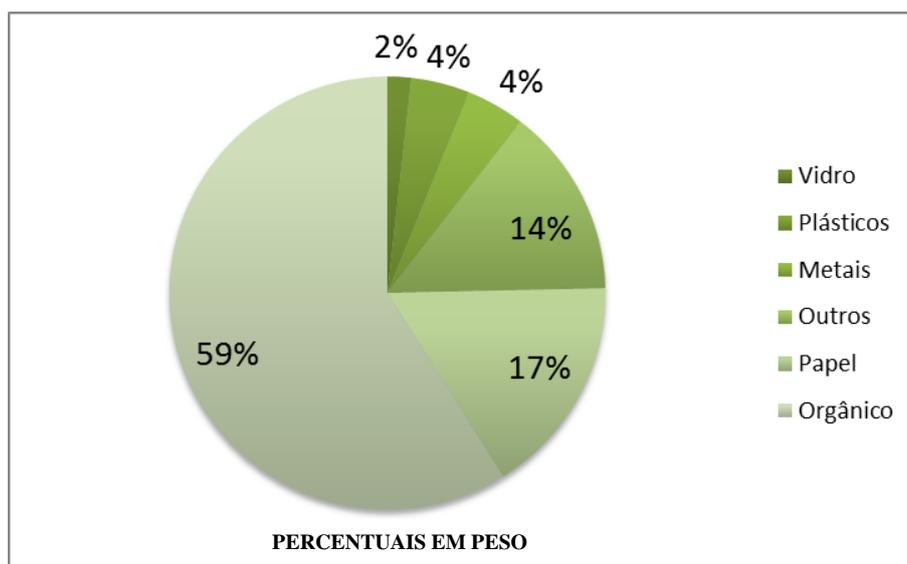


FIGURA 41 - COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DO CT UFRJ.

Quando o sistema de GRS do CT-UFRJ considera apenas a reciclagem e a disposição final em aterros, o prevalecente volume de matéria orgânica, observado na

Figura 41, estará inevitavelmente ligado à principal razão dos elevados impactos ambientais calculados. Essa inferência pode ser ratificada pela interpretação da Tabela 19 e adiante, quando desmembrados os dados da Tabela 17 entre as fases de coleta, transporte e tratamento.

TABELA 19 - COMPARAÇÃO NORMALIZADA DOS CENÁRIOS POR FASE DO CICLO DE VIDA⁵⁵

Soma dos valores de Normalização	Cenário de Zero Separação				Cenário Atual				Cenário de Máxima Eficiência			
	Coleta	Transporte	Tratamento	Total	Coleta	Transporte	Tratamento	Total	Coleta	Transporte	Tratamento	Total
Total	2,39E+04	4,20E+00	2,39E+11	2,39E+11	2,39E+04	3,84E+00	2,04E+11	2,04E+11	2,39E+04	3,39E+00	1,48E+11	1,48E+11
Esgotamento de recursos - Agregado	1,15E+00	4,10E-02	7,42E+02	7,44E+02	1,15E+00	3,72E-02	6,34E+02	6,35E+02	1,15E+00	3,25E-02	4,57E+02	4,58E+02
Toxicidade humana na água	5,30E-01	1,68E-02	4,24E+08	4,24E+08	5,31E-01	1,53E-02	3,62E+08	3,62E+08	5,30E-01	1,35E-02	2,62E+08	2,62E+08
Aquecimento global 100 anos	9,37E+00	3,11E-01	4,39E+04	4,39E+04	9,39E+00	2,83E-01	3,75E+04	3,75E+04	9,37E+00	2,49E-01	2,72E+04	2,72E+04
Deterioração de recursos hídricos subterrâneos	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+01	1,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	8,66E+00	8,66E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,73E+00	6,73E+00
Ecotoxicidade em solos	4,66E-04	1,32E-05	1,16E+05	1,16E+05	4,67E-04	1,21E-05	9,87E+04	9,87E+04	4,66E-04	1,09E-05	7,15E+04	7,15E+04
Destrução de ozônio estratosférico	0,00E+00	0,00E+00	1,16E+00	1,16E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,42E-01	9,42E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,43E-01	7,43E-01
Toxicidade humana no ar	1,40E+04	8,87E-03	4,75E+04	6,15E+04	1,40E+04	2,59E-02	4,06E+04	5,46E+04	1,40E+04	5,42E-02	2,94E+04	4,34E+04
Acidificação	4,39E+03	2,76E-01	6,44E+04	6,88E+04	4,40E+03	2,50E-01	5,50E+04	5,94E+04	4,39E+03	2,18E-01	3,99E+04	4,42E+04
Ecotoxicidade armazenada na água	0,00E+00	0,00E+00	9,18E+00	9,18E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,95E+00	5,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,32E+00	5,32E+00
Toxicidade humana por solo	1,30E-02	4,39E-04	7,24E+04	7,24E+04	1,31E-02	4,01E-04	6,18E+04	6,18E+04	1,30E-02	3,52E-04	4,48E+04	4,48E+04
Formação de ozônio fotoquímico, Alto Nox	1,98E+03	1,88E-01	7,83E+03	9,81E+03	1,99E+03	1,73E-01	6,69E+03	8,68E+03	1,98E+03	1,56E-01	4,84E+03	6,83E+03
Ecotoxicidade armazenada no solo	0,00E+00	0,00E+00	5,19E+00	5,19E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,94E+00	4,94E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,88E+00	4,88E+00
Enriquecimento de nutriente	2,04E+03	5,67E-01	4,43E+05	4,45E+05	2,04E+03	5,15E-01	3,78E+05	3,80E+05	2,04E+03	4,48E-01	2,74E+05	2,76E+05
Formação de ozônio fotoquímico, Baixo Nox	1,40E+03	1,61E-01	6,81E+03	8,21E+03	1,41E+03	1,48E-01	5,82E+03	7,22E+03	1,40E+03	1,32E-01	4,21E+03	5,61E+03
Ecotoxicidade crônica na Água	7,36E+01	2,63E+00	2,38E+11	2,38E+11	7,38E+01	2,39E+00	2,04E+11	2,04E+11	7,36E+01	2,09E+00	1,48E+11	1,48E+11

⁵⁵ Resultados normalizados em PE (unidade)

No cenário atual, 85% dos resíduos são destinados ao aterro sanitário. Analisando a Tabela 19, independente do cenário, observa-se que quase a totalidade do peso dos impactos ambientais está ligada a fase de tratamento. Para verificar a inferência quanto ao peso dos impactos ambientais na destinação de resíduos em aterros, inclusive sanitários, é preciso analisar os dados normalizados que originaram a Tabela 19.

A Tabela 20 compila, a partir da normalização da AICV via metodologia EDIP97 (**Apêndice**), somente os dados referentes à fase de tratamento nos três cenários.

TABELA 20 - TOTAL DE IMPACTOS REFERENTES AO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.

Categorias	Fase	Atividade	Total Cenário Zero Recicla CT	Total Cenário Atual	Total Cenário Máxima Eficiência
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-	-2,96E+00	-5,55E+00
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	-	-1,36E+00	-1,10E+01
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	-	9,01E-01	9,57E-01
Vidro	Tratamento	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	-	-1,48E-01	-5,72E-01
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 anos	2,39E+11	2,06E+11	1,60E+11
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-	-2,01E+09	-1,25E+10

DADOS EM PESSOA EQUIVALENTE

Entre as tecnologias de tratamento via reciclagem, apenas no reprocessamento da categoria de resíduos “Ferro” houve impacto positivo, com degradação ambiental equivalente a 0,9 PE. Todos os demais processos de reciclagem resultaram em impactos negativos, portanto, contribuem para a manutenção do meio ambiente evitando outros impactos. Todavia a Tabela 20 retrata claramente o peso expressivo dos impactos ambientais do aterramento de resíduos, inclusive quando a parcela de matéria orgânica cresce em representatividade, caso do terceiro cenário, com máxima eficiência na coleta seletiva.

Para compreender o peso ambiental atribuído aos aterros pelos cálculos de AICV através do EASEWASTE, foi preciso retornar às categorias de impacto, desmembradas por fase, na Tabela 19. As categorias mais influentes foram Ecotoxicidade crônica na água, com impacto de $2,38 \times 10^{11}$ PE e Toxicidade humana via água, somando $4,24 \times 10^{08}$ PE.

De acordo com a base de cálculo para avaliação do EASEWASTE (DTU, 2012), as categorias de Ecotoxicidade em solos e água agregam todas as emissões tóxicas, potencialmente impactantes ao meio ambiente, por metro cúbico de solo ou de água contaminada. Já as categorias de Toxicidade humana por intermédio do solo, ar e água agregam todas as emissões potencialmente tóxicas que afetem a saúde humana, também por metro cúbico de solo, ar ou água contaminada.

Há, claramente, dentro dos fundamentos de cálculos do EASEWASTE, uma forte preocupação referente ao lixiviado (contaminação por chorume). Segundo a DTU (2012), a maioria das medidas técnicas e custos de deposição em aterros são empenhadas a fim de limitar a migração de lixiviados para as águas subterrâneas. No entanto, tradicionalmente, a poluição das águas subterrâneas não é incluída nas AICVs por não haver exposição alguma relacionada à toxicidade do lixiviado nas águas subterrâneas.

Pelos cálculos do *software* (DTU, 2012), a exposição e o potencial de toxicidade dependerão de como a água subterrânea é utilizada e onde são realizadas as descargas para águas superficiais. Além disso, muitas substâncias presentes no chorume, com potencial tóxico para deteriorar as águas subterrâneas não são classificadas como tal.

O cálculo dos impactos da categoria “Deterioração de recursos hídricos subterrâneos”, causados pela lixiviação, é realizado com relação à quantidade de água subterrânea necessária para diluir o chorume e torna-lo água potável segundo os padrões vigentes. O impacto é a soma de cada uma das substâncias assumindo que as águas subterrâneas diluídas não contenham substância tóxica. A abordagem é semelhante à utilizada para quantificar a Toxicidade Humana e Ecotoxicidade, categorias estas com maior peso na AICV dos cenários estudados.

O Fator de corte temporal utilizado pelo EASEWASTE é outra variável importante e, quando combinada aos riscos ambientais, eleva o potencial de impacto.

Para as principais tecnologias de aterros, o horizonte de atividade químico-biológica considerado é de 100 anos.

Para complementar, a Tabela 23 (**Apêndice C – Tecnologias de tratamento adotadas**) expõe um resumo sobre as tecnologias de tratamento selecionadas para os cenários estudados. Assim como a maioria das opções tecnológicas caracterizadas e disponíveis no *software*, a tecnologia selecionada para retratar a realidade local considera que nem todo chorume é canalizado e tratado.

No resumo criado a partir de dados do próprio *software*, a definição da tecnologia de aterro convencional, apesar de implementar medidas técnicas para coletar e gerenciar gás e chorume gerados, faz pouco para processá-los. Em termos de medidas técnicas, o *software* considera que haja revestimento de fundo, sistema de coleta de chorume e tratamento de lixiviados (em ETAR) antes da descarga nos corpos de água.

Para a fração não coletada de chorume o EASEWASTE assume que esta possa atingir o lençol freático. A atenuação natural do chorume se movendo em direção as águas subterrâneas é desconsiderada para todos os constituintes de chorume, exceto amônia. Com as condições de oxirredução no subsolo, supõe-se que metade da amônia seja convertida em nitratos. O montante global do chorume gerado reflete a infiltração da água da chuva real através da superfície do aterro.

Recapitulando, a fase de tratamento foi avaliada como a de maior impacto na AICV dos cenários estudados. Analisando as tecnologias de tratamento, a disposição final em aterros sanitários convencionais, com coleta de gases e chorume e que consideram a atividade (reações) na massa de resíduos por até 100 anos após a cessão das operações de recebimento de material, compreende quase a totalidade dos impactos calculados.

4.6.2 AVALIAÇÃO DO ESTUDO, COMPLETUDE, CONSISTÊNCIA E LIMITAÇÕES.

O presente estudo de ACV, aplicado à GRS do CT-UFRJ, possui no levantamento de dados primários da geração de resíduos, seu maior valor agregado.

A opção por fundamentar o estudo em *software* específico para ACV de GRS agregou vantagens e desvantagens à pesquisa. A estrutura provida pelo EASEWASTE

facilita a estruturação dos cenários, com as lógicas de cálculo e fórmulas pré-estabelecidas e as bases de dados prontas para serem utilizadas.

Embora comentado no núcleo da dissertação, vale lembrar que o EASEWASTE considera todas as etapas do ciclo de vida de um material, desde a extração, passando pela produção, descarte, tratamento e disposição final.

Contudo o estudo pode ser criticado quanto ao detalhamento das unidades de processo e a relação mais precisa de *inputs* e *outputs*. Esse conteúdo está, em parte, implícito na estrutura do *software*, que considera nos processos de transformação os correspondentes consumos de energia, água, produtos químicos e as emissões correlatas.

Não fez parte do escopo da pesquisa o levantamento de dados, mesmo quando secundários, que pudessem substituir valores das bases de cálculo do *software* nos processos de transformação selecionados. Mesmo no caso do diesel, insumo considerado nos cenários projetados e que já possui dados nacionais estruturados por pesquisas voltadas, inclusive, para estudos de ACV.

Portanto, há ressalvas quanto à fidedignidade na ordem de grandeza dos resultados alcançados na AICV. Ratifica-se que foi utilizada uma base de dados internacional, com referências exclusivamente europeias, cálculos que se relacionam com matrizes energéticas estrangeiras, padrões de consumo de combustível e emissões geradas para motores não idênticos aos utilizados de fato, assim como o uso da terra e as condições climáticas entre outros fatores.

Porém, com relação às tecnologias de reciclagem, não há diferenças significativas entre os processos praticados e equipamentos utilizados no Brasil e na Europa. A reciclagem das cinco categorias de materiais, descrita na Tabela 23 (**Apêndice C**), apesar de bastante sintética, denota essa similaridade. Há uma ressalva para a tecnologia de reciclagem de resíduos plásticos que destina o material não aproveitado à recuperação energética em incineradores, prática não realizada localmente.

Ainda com relação às referências adotadas pelo *software*, estão todas listadas em DTU (2012). Stranddorf (2005) foi utilizado para os cálculos de normalização dos impactos. Para a toxicidade armazenada, os valores estão baseados num estudo da

agência de proteção ambiental dinamarquesa (Hansen, 2004). Os impactos para as águas subterrâneas são normalizados com relação à quantidade de águas subterrâneas contaminadas por pessoa por ano na Dinamarca (DMU e DJF, 2003). Estas são, portanto, referências de normalização não brasileiras (locais).

5. OBSERVAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foram pontos focais da pesquisa, tomando como base a metodologia de ACV, identificar o nível de redução de impactos ambientais relacionados ao programa de coleta seletiva e as oportunidades de melhoria para o sistema de GRS do CT-UFRJ.

Impactos relacionados ao Recicla CT

O Recicla CT contribui positivamente para a redução de impactos ambientais. Com base nos dados atuais da coleta seletiva e triagem, o Recicla CT é capaz de colaborar para a redução em até 15% no total dos impactos causados pela GRS.

Contudo, esse resultado ainda pode ser melhor. De acordo com os resultados interpretados da ACV, há oportunidade para se dobrar a eficiência do Recicla CT, quando descontado o peso dos resíduos orgânicos.

O aumento da eficiência da coleta seletiva está diretamente ligado à relação entre o gerador e o descarte dos resíduos, etapa diagnosticada como o gargalo do programa. A análise dos coletores identificou um acerto médio de 50% no descarte de materiais dentro dos *kits*.

Não obstante quanto à oportunidade existente para aumento da abrangência e eficiência do Recicla CT concluiu-se que apenas a triagem não basta, devendo ser esta uma entre as alternativas praticadas dentro da GRSU na busca dos menores impactos ambientais.

Ainda com fundamentos na interpretação da AICV, constatou-se que o maior percentual de impactos ambientais estaria relacionado à maior fração de resíduos, no caso, o material orgânico. Esta constatação é condicionada à integral disposição dos resíduos orgânicos em aterro sanitário, a qual foi caracterizada como principal fonte de potenciais impactos ambientais.

Nessa conjuntura, os resultados alcançados podem auxiliar na determinação das prioridades da GRS no CT-UFRJ, e o fator preponderante seria o conhecimento da composição, do volume e das fontes dos resíduos gerados.

Considerando que, do montante de 85% de resíduos destinados ao aterro (39t/mês), 70% é matéria orgânica (27t/mês), deduz-se que a redução na geração e o

tratamento dos resíduos orgânicos com técnicas de biodigestão e compostagem, como em Guião, Mahler e Grundman (2013), devam ser priorizados no intuito de elevar a eficácia da GRS no CT-UFRJ e reduzir impactos ambientais.

Recomendações de GRS ao CT

Não foi realizada uma pesquisa oficial, mas com a vivência no ambiente universitário e a proximidade com a atividade de coleta dos resíduos, constatou-se que parte dos usuários do CT-UFRJ acredita na mistura dos resíduos após o descarte nos *kits*. Para esses usuários, não há diferença prática na decisão de qual coletor descartar os materiais e, dessa forma, o resultado do Recicla CT fica prejudicado. Desta forma, sugerem-se campanhas de conscientização realizadas periodicamente, para reforçar junto aos usuários que o material separado com potencial de reciclagem segue efetivamente o caminho orientado. Isto é, são enviados para as cooperativas de catadores regularizadas e posteriormente às indústrias de reciclagem.

Outro ponto de atenção é o perfil dos *kits* de coletores. Esta pesquisa apontou um padrão nas quantidades e frações de resíduos gerados. Há uma clara disparidade na geração e descarte das frações de materiais. Coletores de metais são, em geral, subutilizados. Enquanto, em alguns locais, os coletores de papel e de orgânicos transbordam. O material acaba sendo descartado fora dos coletores ou em coletores não corretos. Cientes desse dado, conhecendo o procedimento de triagem local e com o objetivo de aumentar a eficiência do Recicla CT, a execução de uma pesquisa para identificar o melhor perfil de coletores para poderia contribuir para aprimorar a relação entre usuários, descartes e coleta.

Por fim, havendo uma unidade centralizadora das decisões sobre a gestão de resíduos no CT-UFRJ, esta poderia dirimir eventuais problemas de comunicação entre as diferentes equipes de limpeza terceirizadas, que por ventura não realizem a separação nos respectivos ambientes de trabalho e ainda intensificar a prática de recolha sob demanda, reduzindo a mistura e contaminação dos materiais.

Recomendações de futuras pesquisas

Em termos de desdobramentos futuros relacionados a presente pesquisa, um novo estudo de ACV, contemplando um cenário com o emprego da tecnologia de

compostagem poderia quantificar a provável redução nos impactos ambientais causados pela GRS no CT-UFRJ.

A utilização de outro software ou modelo de cálculo poderia ser uma alternativa de pesquisa para confrontar os resultados alcançados. Além dos softwares listados no texto, o Grupo 3R, da Universidade Tecnológica da Dinamarca, desenvolveu um novo software, o EASETECH, considerado uma evolução do EASEWASTE, mais flexível e com bases de dados atualizadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). **Desempenho Setorial**. 2011. Disponível em: <www.abinee.org.br>. Acesso em: 24 nov. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Brasil. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040: Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Brasil. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044: Gestão ambiental — Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações**. Brasil. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. Grappa Editora e Comunicação, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011**. Grappa Editora e Comunicação, 2012.

AKATU, Instituto. **A Nutrição e o consumo consciente**. 2004. Disponível em: <[http://www.akatu.org.br/Content/Akatu/Arquivos/file/nutricao\(2\).pdf](http://www.akatu.org.br/Content/Akatu/Arquivos/file/nutricao(2).pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2011.

Araújo, M. G. **Modelo de Avaliação do Ciclo de Vida para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Brasil**. Tese (Doutorado), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Bauman, H., Tillman, A. M. **The Hitch Hiker's Guide to LCA**. Sweden. Lund: Studentlitteratur AB, 2004.

BRASIL. LEI 12.305/2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

BRASIL. LEI 11.445/2007: Lei de Saneamento Básico. Brasília, 2007.

BRASIL. Decreto 5.940/2006. Brasília, 2006.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. São Paulo, 1988.

Bravo, C. E. C., Gonçalves, M. S., Kummer, L., Rauen, T. G., e Sejas, M. I. Gerenciamento de resíduos sólidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Francisco Beltrão. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, número 15, março de 2010.

Brown, G., Lofrano, J. Wastewater management through the ages: A history of mankind. **Elsevier Journal, Science of the Total Environment** 408 (22), p. 5254-5264, 15 oct. 2010.

Central Intelligence Agency (CIA). 2012. **The world Factbook**. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ch.html>>. Acesso em: jul. 2012.

Christensen, T.H., Bhandar, G., Lindvall, L., Larsen, A.W., Fruergaard, T., Damgaard, A., Manfredi, S., Boldrin, A., Riber, C., & Hauschild, M. Experience with the use of LCA-modelling (EASEWASTE) in waste management. **Waste Management Research**, v. 25, p. 257-262, 2007.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). **Lixo municipal**: Manual de gerenciamento integrado. 2 ed. São Paulo: IPT, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 308**, de 21 de março de 2002. Publicada no DOU nº 144, de 29 de julho de 2002, Seção 1, páginas 77-78.

Ciclus. 2013. Disponível em: <http://www.ciclusambiental.com.br/ciclus_ctr.php>. Acesso em: 18 dez. 2013.

Cidades e Soluções. 2010. **Upcycling**. Globo News. Exibido em: 27 out. 2010.

Competence Center in Environmental Assessment of Product and Material Systems (CPM). **SPINE@CPM database**. Chalmers University of Technology, Göteborg, 2007.

Cruz, J. A. dos Reis. **Plano de gerenciamento de resíduos sólidos da Universidade de Federal de Goiás**. Dissertação de mestrado. Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

Danmarks Miljøundersøgelser & Dansk Jordbrugsforskning (DMU e DJF). Vandmiljøplan II: Slutevaluering (In Danish). Danmarks Miljøundersøgelser. Miljøstyrelsen, Copenhagen. Denmark. 2003.

Dantas, K. M. C. **Proposição e avaliação de sistemas de gestão ambiental integrada de resíduos sólidos através de indicadores em municípios do estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Diaz, L. F., IV Simpósio Internacional em Tecnologias e Tratamento de Resíduos - Ecos de Veneza. Realizado entre os dias 9 e 11 de novembro de 2011. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. **Anais...** Apresentação disponível em <http://www.getres.ufrj.br/apresentacoes_IV_SITTRS.html>. Acesso em: 24 nov. 2011.

Earth Engineering Center (EEC). 2011. Waste-to-Energy Research & Tecnology Council (WTERT). Disponível em: <<http://swmindia.blogspot.com.br/2011/08/wtert-india-is-here.html>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

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 Management** (8), v. 27, p. 989–996. 2007.

European Commission (EC). 2011. **Municipal waste treated in 2009 by country and treatment category, sorted by percentage**. 2011. Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php?title=File:Municipal_waste_treated_in_2009_by_country_and_treatment_category,_sorted_by_percentage,_2011.PNG&filetimestamp=20110708153221>. Acesso em: 16 jul. 2012.

European Commission (EC) - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability. **International Reference Life Cycle Data System (ILCD)**

Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. EUR 24708 EN. Luxembourg, 2010.

European Commission (EC). 2008. **European Platform on Life Cycle Assessment**. Disponível em: <<http://lca.jrc.ec.europa.eu/>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

European Commission (EC). 2007. **European Reference Life Cycle Database (ELCD)**. Disponível em: <<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/>>. Acessado em 16 de agosto de 2012.

European Commission (EC). 1999. **Directive 1999/31/CE**. Landfill Directive. European Union.

European Environment Agency (EEA). 2012. **Development of municipal waste management in the EU-27, 1995–2010**. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/percentage-of-municipal-waste-landfilled-1>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

European Environment Agency (EEA). 2012. **Waste and material resources**. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/themes/waste/intro>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

Finkbeiner, M. (Org.), **Towards Life Cycle Sustainability Management**, 1 ed. Springer, 2011.

Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guineé, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S. 2009. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 1–21, 2009.

Gersbergc, R. M., Tanb, S. K., Zhanga, D. Q., 2010. Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges. **Journal of Environmental Management**, (8) v. 91, p. 1623–1633, 2010.

Gomes, P. C. G. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da PUC-Rio**. Especialização em Engenharia Urbana e Ambiental. PUC. Rio de Janeiro, 2009.

Google maps. Localização da Escola Politécnica da UFRJ. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Biblioteca+do+Centro+de+Tecnologia+-+CT+UFRJ/@-22.855278,-43.231389,5466m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x99793834591c1d:0xccb5bf8d79ee5d0f>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

Guiao, R., Mahler, C.F., Grundmann, V. 14th International Waste Management And Landfill Symposium. Realizado entre os dias 30 de setembro e 04 de outubro de 2013. Forte Village, S. Margherita di Pula (CA), Italy. Evaluation of composting as pre-treatment of the organic fraction of municipal solid waste before input in anaerobic digesters. **Anais...** Disponível em < file:///E:/sardinia2013/pdf/251.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2013.

Hansen, E. Livscyklusvurdering af deponeret affald. Life cycle assessment of landfilled waste, in Danish. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Copenhagen, Denmark. (Miljøprojekt 971). LCA - center: UMIP97 - faktorer. <<http://www.lca-center.dk/cms/site.aspx?p=1595>>. 2004.

Horne, R., Grant, T., Verghese, K., **Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects**. Austrália. CSIRO, 2009.

Hunt, R. G., William E. F., 1996. LCA – How it came about: Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA. **International Journal of LCA**. Vol 1, nº 3, páginas 147-150.

Japan Environmental Management Association for Industry (JEMAI). 2007. **JEMAI database**. Disponível em: <<http://www.jemai.or.jp/english/index.cfm> > (base de dados disponível apenas em língua japonesa).

Kirkeby, J. T., Hansen, T.L., Birgisdóttir, H., Bhandar, G.S., Hauschild, M.Z. & Christensen, T. H.: Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. **Waste Management and Research**, v. 24, p. 3–15, 2006.

LAMB, C. II Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços: Colaborando com Decisões Sustentáveis. **Anais...** ACV Projeto Brasileiro Inventário do Ciclo de Vida para Competitividade Ambiental da Indústria Brasileira (SICV Brasil). 2010.

Mahler, C. F. (org), **Lixo Urbano**, Rio de Janeiro, FAPERJ: Revan, 2012.

Marcu, M. **Population and social conditions**. 2009. European Commission, Eurostat. Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-QA-09-031/EN/KS-QA-09-031-EN.PDF>. Acesso em: 16 jul. 2012.

Matthews, E. Themelis, N. J. (2010). Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium. **Anais...** Potential for Reducing Global Methane Emissions, From Landfills, p. 2000-2030. Sardinia, 2007.

Menzel, P., D'Aluisio, F. **Hungry Planet: What the World Eats**. USA, California. Material World Books, 2007.

Münnich, K., Mahler, C. F., Fricke, K. Pilot project of mechanical-biological treatment of waste in Brazil. **Waste Management**, v. 26, p. 150-157, 2006.

Münnich, K., Ziehm, G., Fricke, K. Biological pre-treatment of municipal solid waste in low income countries. In: **International Symposium and Workshop on Environmental Pollution Control and Waste Management (EPCOWM 2002)**, Tunis, Tunisia

Piassi, L. M., **Estudo dos programas de reciclagem da USP/São Carlos e da UFSCar através da logística reversa e gestão do conhecimento**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. USP/São Carlos. 2008.

Population Reference Bureau. Human Population: Population Growth: World Population Growth, 1950–2050. Disponível em: <<http://www.prb.org/Educators/TeachersGuides/HumanPopulation/PopulationGrowth.aspx>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

National Renewable Energy Laboratory (NREL). **US Life Cycle Inventory Database**. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/lci/>>. 2004.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), 2002. Life Cycle Initiative homepage. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/lcinitiative/>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

Ribeiro, S. G. Inconsistências da PNRS comparando-a com a política europeia. **Anais...** Simpósio Internacional de Tecnologias e Tratamento de Resíduos – Ecos de Ecos de Veneza. IV. 2011. UFRJ. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/apresentacoes_IV_SITTRS.html>. Acesso em: 24 nov. 2011.

RMIT University. Centre for Design. 2007. **Australian LCI Database**. Disponível em: <<http://www.auslci.com/>>.

Stranddorf, H.K. **Update on Impact Categories, Normalisation and Weighting in LCA**. Selected EDIP97 - data. Environmental Project Nr. 995 2005. Miljøprojekt. Danish Ministry of the Environment. Environmental Protection Agency. Copenhagen, Denmark. 2005a.

Stranddorf, H.K. **Impact categories, normalisation and weighting in LCA**. Updated on selected EDIP97 - data. Environmental news No. 78. Danish Ministry of the Environment. Environmental Protection Agency. Copenhagen, Denmark. 2005b.

Swiss Centre for Life Cycle Inventories (Ecoinvent Centre). 2007. **Ecoinvent Database**. Disponível em <<http://www.ecoinvent.org>>. Acesso em: 16 ago. 2012.

Technical University of Denmark (DTU), **EASEWASTE**, 2012. Disponível em: <<http://documents.er.dtu.dk/Projects/Easewaste/Shared%20Files/pdf/120412%20-%20Documannual%20-%20Full.pdf>>.

Umweltbundesamt (UBA) (German Environmental Protection Agency). **PROBAS Database**. Disponível em: <<http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>>. (base de dados disponível apenas em língua alemã).

U. S. Census Bureau (CB). 2012. **U.S. & World Population Clocks**. Disponível em: <<http://www.census.gov/main/www/popclock.html>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

Umweltbundesamt (Hrsg.). **The role of waste incineration in Germany**. Disponível em: <<http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/publicacoes/3872.pdf>>. Acesso em: jul. 2012. Germany. Umweltbundesamt, 2008

United States Environmental Protection Agency (EPA). 2011. **Municipal Solid Waste in the United States: Facts and Figures for 2010**. Disponível em: <

http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/pubs/msw_2010_rev_factsheet.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2011.

United States Environmental Protection Agency (EPA). 2008. **Municipal Solid Waste in the United States: Facts and Figures for 2007**. Disponível em: <<http://epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw07-rpt.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2011.

United States Government Printing Office (GPO). 1991. 40 CFR Part 258 - **Criteria for Municipal Solid Waste Landfills**. Disponível em: <<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr&sid=95634ca873a5101b064c6da2cc43cba6&rgn=div5&view=text&node=40:26.0.1.4.39&idno=40>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). (2013a). Recicla CT. Disponível em: <http://www.ct.ufrj.br/recicla/indexd9f5.html?option=com_k2&view=item&layout=item&id=17&Itemid=18>. Acesso em: 28 mai. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). 2013b. **Missão da UFRJ**. Disponível em: <http://www.ufrj.br/pr/conteudo_pr.php?sigla=AUFRJMISSAO>. Acesso em: 22 mai. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). Centro de Tecnologia. 2013c. **Relatório de Gestão 2006-2011**. Disponível em: <http://www.ct.ufrj.br/images/pdf/retatorio_gestao_2006_2011_versao_web.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Síntese da proposta de Gestão de Resíduos Sólidos Universitários**. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proex/geresol/propostagestao.html>> . Acesso em: 27 mai. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA). 2008. **Plano Geral de Gerenciamento de Resíduos da UFPA**. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/prefeitura/relatorios/PGRSS.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). **Coleta Seletiva**. Disponível em: <<http://www.ufpr.br/porta.ufpr.br/noticias/residuos-reciclaveis-da-ufpr-rendem-quase-r-200-mil-para-catadores/>>. Acesso em: 23 mai. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar). **Histórico da Coordenadoria Especial para Meio Ambiente (CEMA)**. Disponível em: <http://www2.ufscar.br/interface_frames/index.php?link=http://www.ufscar.br/~ugr/ce ma/>. Acesso em: 27 mai. 2013.

Usina Verde. **Planta modelo da Usina de Incineração**. Disponível em: <www.usinaverde.com.br>. Acesso em: 24 ago. 2011.

Vaughn, J. **Waste management: a reference handbook**. USA, California. Abc-clio, 2009.

Wenzel, H., Hauschild, M. Alting, L. **Environmental assessment of products: Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development**. London. Chapman & Hall, 1997.

APÊNCIE A – RESUMO DA ANÁLISE DOS RESÍDUOS DO CT-UFRJ

TABELA 21 - RESUMOS DA ANÁLISE DOS RESÍDUOS DO CT-UFRJ

Materiais	<i>Mat. EASEWASTE</i>	<i>Sorting Categories</i>	Total de Resíduos	% Total	Recicla CT (kg)	Recicláveis (%)	Demais resíduos (kg)	Demais resíduos (%)	<i>Sorting Eficiencia</i>
Lata de alumínio	<i>Beverage cans</i>	Metais	424	0,9%	67	0,9%	357	1%	16%
Sucata	<i>Other metals</i>	Metais	342	0,7%	342	4,4%	0	0%	100%
Sucata de Ferro	<i>Other metals</i>	Metais	1.267	2,7%	1.174	15,1%	93	0%	93%
Jardinagem	<i>Yard waste</i>	Orgânico	3.297	7,1%	0	0,0%	3.297	9%	0%
Orgânico	<i>Vegeteбал Food Waste</i>	Orgânico	12.549	27,0%	0	0,0%	12.549	32%	0%
Orgânico	<i>Animal Food Waste</i>	Orgânico	8.366	18,0%	0	0,0%	8.366	22%	0%
Papel Sujo (cozinha)	<i>Kitchen towels</i>	Orgânico	1.280	2,7%	0	0,0%	1.280	3%	0%
Papel Sujo (banheiro)	<i>Sanitary towels, tampons</i>	Orgânico	1.919	4,1%	0	0,0%	1.919	5%	0%
PVC	<i>Hard Plastic</i>	Outros	27	0,1%	27	0,3%	0	0%	100%
TETRAPAK	<i>Juice cartons</i>	Outros	236	0,5%	20	0,3%	217	1%	8%
PLÁST. Filme colorido	<i>Soft Plastic</i>	Outros	1.620	3,5%	54	0,7%	1.566	4%	3%
PLAST. Filme branco	<i>Soft Plastic</i>	Outros	532	1,1%	47	0,6%	485	1%	9%
Outros + Rejeito	<i>Residual waste</i>	Outros	3.390	7,3%	1.275	16,4%	2.116	5%	14%
Embalagem Multicamadas	<i>Plastic-coated aluminum foil</i>	Outros	204	0,4%	0	0,0%	204	1%	0%
PS	<i>Hard Plastic</i>	Outros	512	1,1%	0	0,0%	512	1%	0%
Alto impacto	<i>Hard Plastic</i>	Outros	78	0,2%	12	0,1%	66	0%	15%
Jornal	<i>Newspaper</i>	Papel	390	0,8%	102	1,3%	288	1%	26%
Revista	<i>Magazine</i>	Papel	336	0,7%	311	4,0%	25	0%	92%
Papelão misto	<i>Other clean card board</i>	Papel	1.180	2,5%	192	2,5%	989	3%	16%
Papel misto	<i>Advertisement</i>	Papel	578	1,2%	264	3,4%	314	1%	46%
Papel Cola	<i>Advertisement</i>	Papel	358	0,8%	358	4,6%	0	0%	100%
Papel Branco	<i>Office paper</i>	Papel	2.178	4,7%	1.206	15,5%	973	3%	55%
Papelão capa	<i>Paper and card board</i>	Papel	2.641	5,7%	1.670	21,5%	971	3%	63%

Materiais	<i>Mat. EASEWASTE</i>	<i>Sorting Categories</i>	Total de Resíduos	% Total	Recicla CT (kg)	Recicláveis (%)	Demais resíduos (kg)	Demais resíduos (%)	<i>Sorting Eficiencia</i>
PET Óleo	<i>Plastic bottle</i>	Plásticos	168	0,4%	8	0,1%	160	0%	4,5%
PET Colorida	<i>Plastic bottle</i>	Plásticos	144	0,3%	40	0,5%	105	0%	27%
PEAD Colorido	<i>Plastic bottle</i>	Plásticos	178	0,4%	25	0,3%	153	0%	14%
PEAD Branco	<i>Plastic bottle</i>	Plásticos	148	0,3%	39	0,5%	110	0%	26%
PP	<i>Plastic bottle</i>	Plásticos	739	1,6%	165	2,1%	574	1%	22%
PET Branca	<i>Plastic bottle</i>	Plásticos	650	1,4%	161	2,1%	489	1%	25%
Vidro Branco	<i>Clear Glass</i>	Vidro	500	1,1%	78	1,0%	422	1%	16%
Vidro Verde	<i>Green Glass</i>	Vidro	155	0,3%	54	0,7%	101	0%	35%
Vidro Ambar	<i>Brown Glass</i>	Vidro	160	0,3%	78	1,0%	83	0%	48%
Total (mês)			46.546		7.764	100%	38.783	100%	14,7%

APÊNDICE B – DADOS DOS COLETORES DO RECICLA CT

TABELA 22 - DADOS DOS COLETORES DO RECICLA CT

Bloco		I	H	I	H	F	I	C	C	C120	C	D	D	D	G	F	F	G	Total
Andar		2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
Posição		240/246	219	140/146	Ent bl H	Pilotis	207/205	Bloco C-I	213	C120	Pilotis	Pelotis	116	Brigada	207	228/236	206/208	Quiosque	
Papel	Totalidade	0,546	2,804	0,076	0,31	0,4	6,014	1,006	0,5	0,608	0,672	0,906	0,35	1,056	4,91	2,966	1,534	2,298	26,956
Papel	Correto	0,486	2,54	0,006	0,036	0,324	2,664	0,776	0,092	0,466	0,47	0,684	0,082	0,356	2,396	2,456	0,814	1,18	15,828
Papel	Incorreto	0,06	0,264	0,07	0,274	0,076	3,35	0,23	0,408	0,142	0,202	0,222	0,268	0,7	2,514	0,51	0,72	1,118	11,128
Papel	%impureza	11%	9%	92%	88%	19%	56%	23%	82%	23%	30%	25%	77%	66%	51%	17%	47%	49%	41%
Metal	Totalidade	0,026	0,048	0,532	2,332	0,464	0,068	0,168	0,018	0,524	1,956	1,686	0,428	0,444	0,116	0,032	1,036	0,004	9,882
Metal	Correto	0,018	0,044	0,316	0,1	0,106	0,064	0,038	0,015	0,466	0,34	0,212	0,184	0,056	0,066	0,03	0,102	0,004	2,161
Metal	Incorreto	0,008	0,004	0,216	2,232	0,358	0,004	0,13	0,003	0,058	1,616	1,474	0,244	0,388	0,05	0,002	0,934	0	7,721
Metal	%impureza	31%	8%	41%	96%	77%	6%	77%	17%	11%	83%	87%	57%	87%	43%	6%	90%	0%	78%
Plástico	Totalidade	0,382	0,174	0,48	0,39	0,396	0,234	0,866	0,558	0,226	0,586	0,452	0,378	0,2	0,266	0,532	1,118	0,074	7,312
Plástico	Correto	0,256	0,144	0,292	0,168	0,288	0,19	0,266	0,444	0,194	0,38	0,284	0,094	0,148	0,16	0,39	0,628	0,044	4,37
Plástico	Incorreto	0,126	0,03	0,188	0,222	0,108	0,044	0,6	0,114	0,032	0,206	0,168	0,284	0,052	0,106	0,142	0,49	0,03	2,942
Plástico	%impureza	33%	17%	39%	57%	27%	19%	69%	20%	14%	35%	37%	75%	26%	40%	27%	44%	41%	40%
Não Recic	Totalidade	0,224	0,286	0	0,106	0,486	1,076	0,892	0,336	1,408	0,772	2,672	1,092	0,118	1,228	0,016	0,038	0,086	10,836
Não Recic	Correto	0,224	0,182	0	0,034	0,362	0,944	0,564	0,23	0,405	0,086	0,122	0,196	0,074	0,144	0,01	0,01	0,016	3,603
Não Recic	Incorreto	0	0,104	0	0,072	0,124	0,132	0,328	0,106	1,003	0,686	2,55	0,896	0,044	1,084	0,006	0,028	0,07	7,233
Não Recic	%impureza	0%	36%	0%	68%	26%	12%	37%	32%	71%	89%	95%	82%	37%	88%	38%	74%	81%	67%
Orgânico	Totalidade	0,318	0,264	0,652	2,222	2,73	5,142	0,728	0,256	0,148	4,458	4,17	6,004	0,96	2,44	0,18	0,226	5,178	36,076
Orgânico	Correto	0,306	0,21	0,5	1,52	0,44	0,222	0,542	0,18	0,136	3,675	0,902	5,544	0,58	0,4	0,146	0,03	3,918	19,251
Orgânico	Incorreto	0,012	0,054	0,152	0,702	2,29	4,92	0,186	0,076	0,012	0,783	3,268	0,46	0,38	2,04	0,034	0,196	1,26	16,825
Orgânico	%impureza	4%	20%	23%	32%	84%	96%	26%	30%	8%	18%	78%	8%	40%	84%	19%	87%	24%	47%

Valores em quilos.

APÊNDICE C – TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO ADOTADAS

TABELA 23 - TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO ADOTADAS.

Material	Tecnologia	Entradas	Saídas	Processo
Papel	Trituração e reprocessamento de diferentes categorias e qualidade de papel	Papelão e Papel misto sortidos	Núcleos de papelão e tubos de revestimento e papel	O papel reciclável é misturado com água numa desagregadora. A mistura é seguidamente feita para todos os elementos estranhos e, em seguida, são adicionados químicos. A mistura é levada à máquina de papel, após secagem à 100°C. Usina integrada. A produção evitada está definida para 90%, como recomendado pela EPA dinamarquesa.
Sucata	Refusão de sucata de aço e laminação em chapas de aço	Sucata de ferro	Aço reprocessado em lâminas	A sucata de aço é recolhida e triada numa planta de triagem ou numa planta de trituração. Em seguida, enviada para a unidade de reciclagem onde é derretida e enrolada em folhas. 0,98 kg de sucata de aço é necessária para a produção de chapa de aço de 1 kg. Isso porque é adicionado aço virgem ao processo. O grau de perda de material para o aço é considerado como 0%.
Alumínio	Trituração e reprocessamento de sucata de alumínio	Sucata de alumínio	Alumínio reprocessado	A Sucata de alumínio é recolhida e triada. Em seguida é enviada para uma unidade de reciclagem onde é triturada, derretida e reprocessada em novas latas de alumínio. A perda de material no processo é de 4% na entrada, após classificada a sucata de alumínio. O alumínio reprocessado substitui alumínio produzido a partir de recursos virgens. O grau de perda de material na produção do alumínio reprocessado é considerado 0%.
Plásticos	Trituração e reprocessamento de plásticos (PET, PEAD, PEBD e PP)	Material plástico (mix PP, PE, PS, PET)	Granulados de plástico (PET, PEAD, PEBD e PP)	Limpeza e moagem de material plástico para reciclagem. A instalação abrange triagem, limpeza e fragmentação de plásticos de indústrias e residências. 75% do material recebido é de plásticos recicláveis (PET, PEAD, PEBD e PP). Outros materiais somam 12,5% e outros materiais plásticos 12,5%, dos quais 80% é considerado PS. O que não é reciclado na planta é separado e enviado para instalações de incineração para a recuperação de calor e electricidade. O processo é definido para substituir a produção de plástico virgem. Após subtração de não-plásticos e não-plásticos recicláveis (laminados e PS), a perda de material no processo é baixa (3%). A produção evitada é definida em 100%.
Vidro	A reciclagem do vidro e a produção de novos produtos de vidro	Cacos de vidro	Vidro novo	Produção com base no percentual de 60% de material virgem e de 40% de material reciclável (cacos de vidro). 1,1 kg caco de vidro é assumido para a produção de 1 kg de novos produtos de vidro. Perdas de material durante o processo são assumidas em 10%. Emissões para o ar e a água são relacionadas ao consumo de energia e, assim, presume-se 12% menor em comparação com a produção virgem.
Demais Resíduos	Aterro de resíduos mistos	Resíduos domésticos mistos	Gás de aterro sanitário, chorume	A tecnologia de aterro convencional faz pouco para processar o gás e o chorume gerados, mas implementa medidas técnicas para coletar e gerenciar os mesmos. Medidas técnicas incluem revestimento de fundo, sistema de coleta de chorume e tratamento de lixiviados (em ETAR) antes da descarga nos corpos de água e sistema de coleta e queima dos gases emitidos. A quantidade total de gás metano gerado é calculada com base no potencial dos resíduos depositados. A fração de gás coletada é queimada e as emissões específicas da queima de gás são contabilizadas. A fração de gás não recolhida passa pela tampa superior do solo que fornece oxidação parcial a vários constituintes do gás. Para a fração não coletada de chorume é assumido que esta possa atingir o lençol freático. A atenuação natural do chorume se movendo em direção as águas subterrâneas tem sido desconsiderada para todos os constituintes de chorume, exceto amônia. Supunha-se que metade da amônia seja convertida em nitratos, com as condições oxidação no subsolo. O montante global do chorume gerado reflete a infiltração da água da chuva real através da superfície do aterro. Além do desperdício, o aterro convencional necessita de entradas de materiais, de energia em geral. A entrada de material é representada por combustível, diesel, utilizado pelos veículos especializados que operam no local. Entrada de energia é considerada sob a forma de electricidade. Insumos gerais são o solo e argila, necessários para a construção de coberturas temporárias e final e forro inferior.

APÊNDICE D – RESULTADOS DO ICV

TABELA 24 - RESULTADO ICV (PARTE 01).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Sulphate (SO4(2-))	Emissão	Água	kg	6,85E+07	1,97E+01	6,38E-01	6,85E+07
PAH (Benzo(a)pyrene TEQ)	Emissão	Água	kg	5,02E+07	1,44E-02	4,68E-04	5,02E+07
Sodium Ion (Na+)	Emissão	Água	kg	1,24E+07	0,00E+00	0,00E+00	1,24E+07
Unspecified Oil	Emissão	Água	kg	6,03E+06	1,73E+01	5,62E-01	6,03E+06
Phenol	Emissão	Água	kg	5,28E+06	1,52E-02	4,93E-04	5,28E+06
Zinc (Zn)	Emissão	Água	kg	3,40E+06	9,76E-03	3,17E-04	3,40E+06
Lead (Pb)	Emissão	Água	kg	3,06E+06	8,80E-04	2,85E-05	3,06E+06
Manganese (Mn)	Emissão	Água	kg	2,13E+06	6,12E-02	1,99E-03	2,13E+06
Aluminum (Al)	Emissão	Água	kg	1,74E+06	4,99E-03	1,62E-04	1,74E+06
N-total (N)	Emissão	Água	kg	1,47E+06	4,23E-01	1,37E-02	1,47E+06
Chromium (Cr)	Emissão	Água	kg	1,37E+06	3,95E-03	1,28E-04	1,37E+06
Calcium (Ca)	Emissão	Água	kg	1,33E+06	3,83E+01	1,24E+00	1,33E+06
Chlorate	Emissão	Água	kg	1,09E+06	3,12E-03	1,01E-04	1,09E+06
Unspecified Solids (Dissolved)	Emissão	Água	kg	8,05E+05	2,31E-01	7,51E-03	8,05E+05
Unspecified Substance	Emissão	Água	kg	7,04E+05	2,02E-01	6,56E-03	7,04E+05
Fluoride (F-)	Emissão	Água	kg	4,31E+05	1,24E-02	4,02E-04	4,31E+05
Unspecified Salt	Emissão	Água	kg	3,53E+05	1,01E+00	3,29E-02	3,53E+05
TOC (Total Organic Carbon)	Emissão	Água	kg	3,27E+05	9,40E+00	3,05E-01	3,27E+05
P-total (P)	Emissão	Água	kg	3,23E+05	9,29E-03	3,01E-04	3,23E+05
DOC (Dissolved Organic Carbon)	Emissão	Água	kg	2,59E+05	7,43E-03	2,41E-04	2,59E+05
Iron (Fe)	Emissão	Água	kg	2,22E+05	6,38E-01	2,07E-02	2,22E+05
Chloride (Cl-)	Emissão	Água	kg	2,07E+05	5,92E+02	1,92E+01	2,06E+05
Cyanide (CN-)	Emissão	Água	kg	1,48E+05	4,26E-03	1,38E-04	1,48E+05
AOX (Adsorbable Organic Halogen Compounds)	Emissão	Água	kg	1,48E+05	4,25E-03	1,38E-04	1,48E+05
Nickel (Ni)	Emissão	Água	kg	1,40E+05	4,03E-03	1,31E-04	1,40E+05
Boron (B)	Emissão	Água	kg	1,13E+05	3,24E-02	1,05E-03	1,13E+05
Hydrocarbons (HC)	Emissão	Água	kg	7,75E+04	2,23E+00	7,23E-02	7,75E+04
Unspecified Water	Emissão	Água	kg	5,25E+04	2,19E-01	7,09E-03	5,25E+04
Unspecified Solids (Suspended)	Emissão	Água	kg	4,28E+04	1,23E-01	3,99E-03	4,28E+04
BOD (Biological Oxygen Demand)	Emissão	Água	kg	3,24E+04	9,31E-02	3,02E-03	3,24E+04
Nitrate-N (NO3-N)	Emissão	Água	kg	2,41E+04	6,90E-01	2,24E-02	2,41E+04
Strontium (Sr)	Emissão	Água	kg	2,33E+04	6,69E+00	2,17E-01	2,33E+04
Unspecified Iron Oxides	Emissão	Água	kg	1,48E+04	4,24E-02	1,38E-03	1,48E+04
Unspecified Organic Compounds	Emissão	Água	kg	1,37E+04	3,95E-02	1,28E-03	1,37E+04
Unspecified Oxides	Emissão	Água	kg	1,22E+04	3,52E-02	1,14E-03	1,22E+04
COD (Chemical Oxygen Demand)	Emissão	Água	kg	1,09E+04	3,15E+00	1,02E-01	1,09E+04
Hydrogen Ions (H+)	Emissão	Água	kg	9,21E+03	2,64E-02	8,55E-04	9,21E+03
Ammonium (NH4+)	Emissão	Água	kg	5,96E+03	1,71E+00	5,55E-02	5,95E+03
Magnesium (Mg)	Emissão	Água	kg	5,80E+03	1,66E+00	5,40E-02	5,80E+03
VOC (Unspecified)	Emissão	Água	kg	1,35E+03	3,87E-01	1,26E-02	1,35E+03
Sodium (Na)	Emissão	Água	kg	3,68E+02	3,57E+02	1,16E+01	-4,61E-01
Phosphate (PO4(3-))	Emissão	Água	kg	5,48E+01	1,54E-04	5,00E-06	5,48E+01
Copper (Cu)	Emissão	Água	kg	6,97E+00	2,00E-03	6,49E-05	6,96E+00
Cadmium (Cd)	Emissão	Água	kg	4,06E+00	1,17E-03	3,78E-05	4,06E+00
Arsenic (As)	Emissão	Água	kg	2,92E+00	8,37E-04	2,72E-05	2,92E+00
Selenium (Se)	Emissão	Água	kg	2,89E+00	8,31E-04	2,70E-05	2,89E+00
Vanadium (V)	Emissão	Água	kg	2,89E+00	8,31E-04	2,70E-05	2,89E+00
Molybdenum (Mo)	Emissão	Água	kg	2,89E+00	8,31E-04	2,70E-05	2,89E+00
Ammonia (NH3)	Emissão	Água	kg	1,07E+00	4,05E-06	1,32E-07	1,07E+00
Unspecified Metals	Emissão	Água	kg	1,31E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-01
Mercury (Hg)	Emissão	Água	kg	2,89E-02	8,31E-06	2,70E-07	2,89E-02

TABELA 25 - RESULTADO ICV (PARTE 02).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Xylenes, Mixed	Emissão	Água	kg	2,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-03
Chromium +III (Cr3+)	Emissão	Água	kg	1,65E-03	4,60E-05	1,49E-06	1,60E-03
Hydrogen Chloride (HCl)	Emissão	Água	kg	1,45E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,45E-03
Vinyl Chloride	Emissão	Água	kg	1,35E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,35E-03
Naphthalene	Emissão	Água	kg	1,25E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,25E-03
Unspecified Grease Lubricant	Emissão	Água	kg	7,35E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,35E-04
1,2-Dichloroethane	Emissão	Água	kg	6,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,38E-04
Acetic Acid	Emissão	Água	kg	3,65E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,65E-04
Nitrogen Oxides (NOx)	Emissão	Água	kg	3,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,49E-04
Tetrachloroethylene (Tetrachlorethene)	Emissão	Água	kg	3,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,24E-04
Dichloromethane (Methylene Chloride)	Emissão	Água	kg	2,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-04
Trichloroethylene	Emissão	Água	kg	2,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,16E-04
Hydrogen Fluoride (HF)	Emissão	Água	kg	2,14E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,14E-04
1,4-Dichlorobenzene	Emissão	Água	kg	2,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,11E-04
Silicate Ion (SiO3(2-))	Emissão	Água	kg	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-04
Chlorobenzene	Emissão	Água	kg	9,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,71E-05
Butylene Glycol (Butane Diol)	Emissão	Água	kg	6,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,94E-05
1,2-Dichlorobenzene	Emissão	Água	kg	6,48E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,48E-05
Potassium Hydroxide (KOH)	Emissão	Água	kg	2,29E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,29E-05
Unspecified Anionic Detergent	Emissão	Água	kg	1,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-05
Chromium +VI (Cr6+)	Emissão	Água	kg	5,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,90E-06
Unspecified Nonionic Detergent	Emissão	Água	kg	6,82E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,82E-07
Chloroform	Emissão	Água	kg	3,24E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,24E-07
Hydrogen Cyanide (Prussic Acid) (HCN)	Emissão	Água	kg	2,65E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,65E-07
Unspecified Heavy Metals to Water	Emissão	Água	kg	1,51E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,51E-08
Silicon (Si)	Emissão	Água	kg	1,49E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,49E-08
Hydrogen Sulphide (H2S)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Nitrite (NO2-)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Antimony (Sb124)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Trichloromethane (Chloroform)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Isopropylbenzene (Cumene)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Antimony (Sb125)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ethene (Ethylene)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cobalt (Co60)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cobalt (Co58)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Aluminum Ions (Al3+)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Formaldehyde (Methanal)	Emissão	Água	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Antimony (Sb)	Emissão	Água	kg	-4,44E-11	0,00E+00	0,00E+00	-4,44E-11
Cobalt (Co)	Emissão	Água	kg	-5,87E-09	0,00E+00	0,00E+00	-5,87E-09
Tin (Sn)	Emissão	Água	kg	-6,66E-09	0,00E+00	0,00E+00	-6,66E-09
Silver (Ag)	Emissão	Água	kg	-1,69E-07	0,00E+00	0,00E+00	-1,69E-07
Beryllium (Be)	Emissão	Água	kg	-2,22E-07	0,00E+00	0,00E+00	-2,22E-07
Benzene	Emissão	Água	kg	-4,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	-4,00E-06
Titanium (Ti)	Emissão	Água	kg	-1,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	-1,92E-05
Unspecified Organic Chlorine Compounds	Emissão	Água	kg	-2,27E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,27E-05
Potassium (K)	Emissão	Água	kg	-2,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,40E-05
Nitrogen (N2)	Emissão	Água	kg	-1,81E-04	0,00E+00	0,00E+00	-1,81E-04
Methanol	Emissão	Água	kg	-3,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	-3,94E-04
Ammonium-N (NH4-N)	Emissão	Água	kg	-7,88E-04	0,00E+00	0,00E+00	-7,88E-04
Carbonate (CO3(2-))	Emissão	Água	kg	-1,89E-03	0,00E+00	0,00E+00	-1,89E-03
Toluene	Emissão	Água	kg	-2,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	-2,18E-03

TABELA 26 - RESULTADO ICV (PARTE 03).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Unspecified Organic Nitrogen Compounds	Emissão	Água	kg	-2,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	-2,58E-03
Ammonium/Ammonia (NH4+ / NH3)	Emissão	Água	kg	-3,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	-3,23E-03
Sulfide (S2-)	Emissão	Água	kg	-3,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	-3,96E-03
Nitrate (NO3-)	Emissão	Água	kg	-9,41E-03	0,00E+00	0,00E+00	-9,41E-03
Unspecified Metal Ions	Emissão	Água	kg	-1,43E-02	3,77E-03	1,22E-04	-1,82E-02
N-unspecified (N)	Emissão	Água	kg	-1,69E-02	3,83E-04	1,24E-05	-1,73E-02
Unspecified C9-C10 Aromates	Emissão	Água	kg	-2,22E-02	1,30E-07	4,23E-09	-2,22E-02
Barium (Ba)	Emissão	Água	kg	-6,76E-02	0,00E+00	0,00E+00	-6,76E-02
Unspecified Particles	Emissão	Água	kg	-1,17E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,17E+00
Unspecified Inorganic Salts and Acids	Emissão	Água	kg	-1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	-1,02E+01
Unspecified Waste Water	Emissão	Água	kg	-2,21E+05	0,00E+00	0,00E+00	-2,21E+05
Unspecified Radioactive Emission	Emissão	Água	Bq	-1,38E+09	5,71E+05	1,85E+04	-1,38E+09
Calcium (Ca)	Emissão	Água Armazenada	kg	1,96E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+02
Chloride (Cl-)	Emissão	Água Armazenada	kg	7,97E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,97E+01
Sodium (Na)	Emissão	Água Armazenada	kg	4,91E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,91E+01
Zinc (Zn)	Emissão	Água Armazenada	kg	4,20E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+01
Copper (Cu)	Emissão	Água Armazenada	kg	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,42E+00
Nickel (Ni)	Emissão	Água Armazenada	kg	1,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+00
Lead (Pb)	Emissão	Água Armazenada	kg	6,13E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-01
Cadmium (Cd)	Emissão	Água Armazenada	kg	3,88E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,88E-01
Chromium (Cr)	Emissão	Água Armazenada	kg	2,78E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,78E-01
Mercury (Hg)	Emissão	Água Armazenada	kg	1,42E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-01
Arsenic (As)	Emissão	Água Armazenada	kg	2,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-02
Light Fuel Oil	Emissão	Água Fresca	kg	-1,07E+01	0,00E+00	0,00E+00	-1,07E+01
1,4-Dichlorobenzene	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Tetrachloroethylene (Tetrachlorethene)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,2-Dichloroethane	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Chromium (Cr)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Chlorobenzene	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Trichloroethylene	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,2-Dichlorobenzene	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Naphthalene	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Selenium (Se)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Phosphate (PO4(3-))	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Chloroform	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Vinylchloride	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cyanide (CN-)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Nitrite (NO2-)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Fluoride (F-)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Methanol	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PAH (Benzo(a)pyrene TEQ)	Emissão	Água Marinha	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Titanium (Ti)	Emissão	Água Marinha	kg	-4,82E-11	0,00E+00	0,00E+00	-4,82E-11
Molybdenum (Mo)	Emissão	Água Marinha	kg	-1,33E-10	0,00E+00	0,00E+00	-1,33E-10
Silver (Ag)	Emissão	Água Marinha	kg	-3,95E-10	0,00E+00	0,00E+00	-3,95E-10
Aluminum (Al)	Emissão	Água Marinha	kg	-1,55E-09	0,00E+00	0,00E+00	-1,55E-09
Mercury (Hg)	Emissão	Água Marinha	kg	-3,11E-08	0,00E+00	0,00E+00	-3,11E-08
Ammonia (NH3)	Emissão	Água Marinha	kg	-4,61E-08	0,00E+00	0,00E+00	-4,61E-08
Vanadium (V)	Emissão	Água Marinha	kg	-1,30E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,30E-06
Strontium (Sr)	Emissão	Água Marinha	kg	-1,41E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,41E-06
Cobalt (Co)	Emissão	Água Marinha	kg	-1,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,90E-06
Lead (Pb)	Emissão	Água Marinha	kg	-1,97E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,97E-06

TABELA 27 - RESULTADO ICV (PARTE 04).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Manganese (Mn)	Emissão	Água Marinha	kg	-2,44E-06	0,00E+00	0,00E+00	-2,44E-06
Nickel (Ni)	Emissão	Água Marinha	kg	-3,86E-06	0,00E+00	0,00E+00	-3,86E-06
Cadmium (Cd)	Emissão	Água Marinha	kg	-3,91E-06	0,00E+00	0,00E+00	-3,91E-06
Arsenic (As)	Emissão	Água Marinha	kg	-4,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	-4,80E-06
Nitrate (NO3-)	Emissão	Água Marinha	kg	-8,58E-06	0,00E+00	0,00E+00	-8,58E-06
Copper (Cu)	Emissão	Água Marinha	kg	-8,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	-8,80E-06
Xylenes, Mixed	Emissão	Água Marinha	kg	-1,25E-05	0,00E+00	0,00E+00	-1,25E-05
Toluene	Emissão	Água Marinha	kg	-1,75E-05	0,00E+00	0,00E+00	-1,75E-05
Iron (Fe)	Emissão	Água Marinha	kg	-2,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,33E-05
Benzene	Emissão	Água Marinha	kg	-2,92E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,92E-05
Zinc (Zn)	Emissão	Água Marinha	kg	-3,83E-05	0,00E+00	0,00E+00	-3,83E-05
Phenol	Emissão	Água Marinha	kg	-4,61E-05	0,00E+00	0,00E+00	-4,61E-05
Chloride (Cl-)	Emissão	Água Subterrânea	kg	2,09E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,09E+01
Calcium (Ca)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,83E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,83E+01
	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,43E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01
Magnesium	Emissão	Água Subterrânea	kg	5,50E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,50E+00
Ammonia	Emissão	Água Subterrânea	kg	4,01E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,01E+00
Phosphate (PO4(3-))	Emissão	Água Subterrânea	kg	2,57E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,57E-01
Zinc (Zn)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-02
Copper (Cu)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,42E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-03
Xylenes	Emissão	Água Subterrânea	kg	9,17E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,17E-04
Chromium (Cr)	Emissão	Água Subterrânea	kg	7,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,90E-04
Nickel (Ni)	Emissão	Água Subterrânea	kg	7,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,90E-04
Vinyl Chloride	Emissão	Água Subterrânea	kg	7,43E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,43E-04
Toluene	Emissão	Água Subterrânea	kg	4,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,93E-04
Arsenic (As)	Emissão	Água Subterrânea	kg	3,72E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,72E-04
Ethyl Benzene	Emissão	Água Subterrânea	kg	3,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,67E-04
Ethylene dichloride	Emissão	Água Subterrânea	kg	2,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,89E-04
Tetrachloroethylene (Tetrachlorethene)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,83E-04
Lead (Pb)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,81E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-04
Trichloro ethylene	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,27E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,27E-04
Cadmium (Cd)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,21E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-04
Benzene	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04
Selenium (Se)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,12E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,12E-04
dichloromethane (methylene chloride)	Emissão	Água Subterrânea	kg	1,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-04
Chloroform	Emissão	Água Subterrânea	kg	5,50E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,50E-06
Mercury (Hg)	Emissão	Água Subterrânea	kg	3,78E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,78E-06
Methane (CH4)	Emissão	Ar	kg	2,96E+06	8,23E+01	2,67E+00	2,96E+06
Cobalt (Co)	Emissão	Ar	kg	2,40E+06	6,91E-04	2,24E-05	2,40E+06
Hydrogen Fluoride (HF)	Emissão	Ar	kg	1,37E+06	3,93E-03	1,28E-04	1,37E+06
Nitrous Oxide (Laughing Gas) (N2O)	Emissão	Ar	kg	7,45E+05	2,23E-01	7,24E-03	7,45E+05
Zinc (Zn)	Emissão	Ar	kg	7,07E+05	2,03E-02	6,92E-05	7,07E+05
Carbon Monoxide (CO)	Emissão	Ar	kg	5,85E+05	9,31E+02	3,54E+00	5,85E+05
Nickel (Ni)	Emissão	Ar	kg	5,45E+05	3,35E-02	4,96E-04	5,45E+05
Manganese (Mn)	Emissão	Ar	kg	2,62E+05	7,54E-03	2,45E-04	2,62E+05
Hydrogen Sulphide (H2S)	Emissão	Ar	kg	2,51E+05	7,21E-03	2,34E-04	2,51E+05
Sulphur Dioxide (SO2)	Emissão	Ar	kg	2,09E+05	1,93E+05	1,53E+00	1,70E+04
Particles - PM 10	Emissão	Ar	kg	2,04E+05	2,04E+05	2,35E-02	-2,13E+00
Iron (Fe)	Emissão	Ar	kg	1,19E+05	3,41E-03	1,11E-04	1,19E+05
Magnesium (Mg)	Emissão	Ar	kg	1,10E+05	3,16E-03	1,03E-04	1,10E+05
Nitrogen Oxides (NOx)	Emissão	Ar	kg	8,97E+04	6,94E+04	1,74E+01	2,03E+04

TABELA 28 - RESULTADO ICV (PARTE 05).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Carbon Dioxide (CO2 - Fossil)	Emissão	Ar	kg	8,26E+04	6,88E+04	2,03E+03	1,18E+04
VOC, Diesel Engine, Pre EURO	Emissão	Ar	kg	6,76E+04	4,42E+04	5,71E-02	2,33E+04
NM VOC (Unspecified)	Emissão	Ar	kg	5,62E+04	1,61E+02	5,23E+00	5,60E+04
Hydrocarbones (HC)	Emissão	Ar	kg	5,57E+04	1,60E+00	2,81E+01	5,57E+04
Particles TSP from Diesel Engine, Pre EURO	Emissão	Ar	kg	4,00E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,00E+04
Hydrogen Chloride (HCl)	Emissão	Ar	kg	3,07E+04	8,82E-02	2,86E-03	3,07E+04
Vanadium (V)	Emissão	Ar	kg	1,96E+04	5,63E-02	1,83E-03	1,96E+04
NM VOC, Heating with Oil	Emissão	Ar	kg	1,82E+04	5,22E-01	1,69E-02	1,82E+04
Unspecified Particles	Emissão	Ar	kg	1,71E+04	4,93E+00	1,60E-01	1,71E+04
VOC, Diesel Powered Car, Exhaust	Emissão	Ar	kg	1,18E+04	3,38E-01	1,10E-02	1,18E+04
Copper (Cu)	Emissão	Ar	kg	1,18E+04	3,09E-03	4,14E-05	1,18E+04
Carbon Dioxide (CO2 - Biological)	Emissão	Ar	kg	1,08E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,08E+04
Carbon Sequestered	Emissão	Ar	kg	3,44E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,44E+03
NM VOC, Diesel Engines	Emissão	Ar	kg	1,03E+03	2,96E+00	9,61E-02	1,03E+03
Benzene	Emissão	Ar	kg	6,16E+00	1,77E-03	5,74E-05	6,16E+00
Chromium (Cr)	Emissão	Ar	kg	4,50E+00	1,29E-03	1,24E-05	4,49E+00
Cadmium (Cd)	Emissão	Ar	kg	3,05E+00	8,75E-04	2,25E-05	3,05E+00
PAH (Benzo (a) pyrene TEQ)	Emissão	Ar	kg	2,23E+00	6,60E-04	2,14E-05	2,23E+00
Selenium (Se)	Emissão	Ar	kg	2,15E+00	6,17E-04	1,41E-05	2,15E+00
Molybdenum (Mo)	Emissão	Ar	kg	1,20E+00	3,46E-04	1,12E-05	1,20E+00
Fluoride (F-)	Emissão	Ar	kg	1,08E+00	3,12E-04	1,01E-05	1,08E+00
Arsenic (As)	Emissão	Ar	kg	1,07E+00	3,08E-04	1,00E-05	1,07E+00
NM VOC, EU Base Load Electricity	Emissão	Ar	kg	7,95E-01	2,22E-02	7,19E-04	7,72E-01
Particles - PM (Combustion)	Emissão	Ar	kg	6,94E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,94E-01
Ammonia (NH3)	Emissão	Ar	kg	3,88E-01	2,32E-03	7,53E-05	3,86E-01
Strontium (Sr)	Emissão	Ar	kg	3,85E-01	1,10E-04	3,58E-06	3,84E-01
Boron (B)	Emissão	Ar	kg	3,71E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,71E-01
P-total (P)	Emissão	Ar	kg	2,48E-01	7,13E-05	2,31E-06	2,48E-01
VOC, Heating with Oil	Emissão	Ar	kg	1,91E-01	6,72E-03	2,18E-04	1,84E-01
VOC, Heating with Natural Gas	Emissão	Ar	kg	1,52E-01	5,49E-03	1,78E-04	1,46E-01
Toluene	Emissão	Ar	kg	1,44E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-01
VOC, Controlled Landfilling of Household Waste	Emissão	Ar	kg	1,26E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-01
NM VOC, Heating with Natural Gas	Emissão	Ar	kg	1,17E-01	3,37E-03	1,10E-04	1,14E-01
Ethyl Benzene	Emissão	Ar	kg	9,64E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,64E-02
Steam (H2O)	Emissão	Ar	kg	8,36E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,36E-02
Xylenes, Mixed	Emissão	Ar	kg	8,02E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,02E-02
NM VOC, Petrol Engines without Catalytic Converter	Emissão	Ar	kg	8,00E-02	2,13E-04	6,92E-06	7,97E-02
Calcium (Ca)	Emissão	Ar	kg	7,76E-02	2,16E-03	7,01E-05	7,54E-02
Unspecified Organic Compounds	Emissão	Ar	kg	6,49E-02	1,86E-05	6,04E-07	6,49E-02
Propylbenzene	Emissão	Ar	kg	6,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,39E-02
Dichloromethane (Methylene Chloride)	Emissão	Ar	kg	6,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,39E-02
TOC	Emissão	Ar	kg	5,48E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,48E-02
Lead (Pb)	Emissão	Ar	kg	4,78E-02	3,23E-03	4,59E-05	4,45E-02
Nitrogen Dioxide (NO2)	Emissão	Ar	kg	4,43E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,43E-02
Phenol	Emissão	Ar	kg	4,19E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,19E-02
Tetrachloroethylene (Tetrachlorethene)	Emissão	Ar	kg	3,45E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,45E-02
Unspecified Aldehydes	Emissão	Ar	kg	3,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,24E-02
Trichloroethylene	Emissão	Ar	kg	2,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-02
CFC 12 (Dichlorodifluoromethane)	Emissão	Ar	kg	1,88E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,88E-02
VOC, Heating with Coal	Emissão	Ar	kg	1,33E-02	3,73E-04	1,21E-05	1,29E-02
Ammonium (NH4)	Emissão	Ar	kg	1,20E-02	3,36E-04	1,09E-05	1,17E-02

TABELA 29 - RESULTADO ICV (PARTE 06).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Boron Compounds (Unspecified)	Emissão	Ar	kg	1,10E-02	1,07E-02	3,47E-04	-5,31E-06
Chlorofom	Emissão	Ar	kg	9,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,80E-03
HCFC 22 (Chlorodifluoromethane)	Emissão	Ar	kg	7,77E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,77E-03
NMVOC, Gasoline Engine without Catalysator	Emissão	Ar	kg	7,42E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,42E-03
HCFC 21 (Dichlorofluoromethane)	Emissão	Ar	kg	4,68E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,68E-03
Chlorobenzene	Emissão	Ar	kg	3,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,92E-03
Vinylchloride	Emissão	Ar	kg	3,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,55E-03
CFC 11 (Trichlorofluoromethane)	Emissão	Ar	kg	3,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,15E-03
Polychlorinated Biphenyls (PCB Unspecified)	Emissão	Ar	kg	2,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,62E-03
Chromium +III (Cr3+)	Emissão	Ar	kg	2,24E-03	6,25E-05	2,03E-06	2,18E-03
Formaldehyde (Methanal)	Emissão	Ar	kg	2,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-03
CFC 113 (Trichlorotrifluoroethane)	Emissão	Ar	kg	1,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-03
Styrene	Emissão	Ar	kg	1,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-03
Thallium (Tl)	Emissão	Ar	kg	1,05E-03	3,02E-07	9,79E-09	1,05E-03
Acetic Acid	Emissão	Ar	kg	1,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-03
Cyanide (CN-)	Emissão	Ar	kg	5,69E-04	1,52E-05	4,94E-07	5,53E-04
1,1,1-Trichloroethane	Emissão	Ar	kg	5,55E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,55E-04
Antimony (Sb)	Emissão	Ar	kg	4,81E-04	1,36E-05	4,41E-07	4,67E-04
Dioxin (2,3,7,8-TCDD TEQ)	Emissão	Ar	kg	2,99E-04	8,58E-10	2,78E-11	2,99E-04
Dichloropropane	Emissão	Ar	kg	1,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,89E-04
Sand (Silica) (SiO2)	Emissão	Ar	kg	1,79E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,79E-04
Thorium (Th)	Emissão	Ar	kg	6,26E-05	1,75E-06	5,67E-08	6,08E-05
Uranium (Mass) (U)	Emissão	Ar	kg	6,02E-05	1,68E-06	5,45E-08	5,84E-05
Carbon Tetrachloride	Emissão	Ar	kg	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,88E-05
Tin (Sn)	Emissão	Ar	kg	4,15E-05	2,45E-06	7,94E-08	3,89E-05
Propylene Oxide	Emissão	Ar	kg	3,87E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,87E-05
Unspecified Oxides	Emissão	Ar	kg	3,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,71E-05
Epichlorhydrin	Emissão	Ar	kg	3,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,50E-05
Unspecified Organic Chlorine Compounds	Emissão	Ar	kg	3,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-05
Unspecified Oil	Emissão	Ar	kg	2,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-05
Unspecified Iron Oxides	Emissão	Ar	kg	2,76E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,76E-05
Nitrobenzene	Emissão	Ar	kg	1,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-05
NMVOC, Painting Processes	Emissão	Ar	kg	2,54E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,54E-06
1,1,1-Trichloropropane	Emissão	Ar	kg	2,37E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,37E-06
Naphthalene	Emissão	Ar	kg	1,83E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,83E-06
HFC 134a (Tetrafluoroethane)	Emissão	Ar	kg	2,41E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,41E-07
Hydrogen (H2)	Emissão	Ar	kg	1,87E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-07
Unspecified Substance	Emissão	Ar	kg	1,43E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,43E-07
NMVOC, Jet Engines	Emissão	Ar	kg	9,00E-08	0,00E+00	0,00E+00	9,00E-08
Chlorine (Cl2)	Emissão	Ar	kg	3,76E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-08
1,2,3-Trichloropropane	Emissão	Ar	kg	1,11E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-10
Isopropylbenzene (Cumene)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ozone (O3)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Trichloromethane (Chloroform)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Dichloroethane (Isomers)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Propionaldehyde	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Chloromethane (Methyl Chloride)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cobalt (Co60)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pentane (n-Pentane)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Antimony (Sb124)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Argon (Ar41)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

TABELA 30 - RESULTADO ICV (PARTE 07).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Benzaldehyde	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cobalt (Co58)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Aluminum (Al)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Xylene (Dimethyl Benzene)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Monoethanolamine	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Halon (1211)	Emissão	Ar	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Silver (Ag)	Emissão	Ar	kg	-2,57E-14	0,00E+00	0,00E+00	-2,57E-14
Butadiene	Emissão	Ar	kg	-7,31E-09	0,00E+00	0,00E+00	-7,31E-09
Sulphur Hexafluoride	Emissão	Ar	kg	-1,86E-08	0,00E+00	0,00E+00	-1,86E-08
Acrolein	Emissão	Ar	kg	-2,63E-08	0,00E+00	0,00E+00	-2,63E-08
Titanium (Ti)	Emissão	Ar	kg	-4,04E-08	0,00E+00	0,00E+00	-4,04E-08
Halogenated hydrocarbons (Unspecified)	Emissão	Ar	kg	-4,47E-08	0,00E+00	0,00E+00	-4,47E-08
Unspecified Heavy Metals	Emissão	Ar	kg	-4,95E-08	6,86E-09	2,23E-10	-5,65E-08
Beryllium (Be)	Emissão	Ar	kg	-1,05E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,05E-06
Ethene (Ethylene)	Emissão	Ar	kg	-1,53E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,53E-06
Chloride (Cl)	Emissão	Ar	kg	-2,83E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,83E-05
Heptane (Isomers)	Emissão	Ar	kg	-4,65E-05	0,00E+00	0,00E+00	-4,65E-05
Hexane	Emissão	Ar	kg	-8,59E-05	0,00E+00	0,00E+00	-8,59E-05
Acetaldehyde	Emissão	Ar	kg	-8,89E-05	9,31E-06	3,02E-07	-9,85E-05
Acetone	Emissão	Ar	kg	-9,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	-9,72E-05
Halon (1301)	Emissão	Ar	kg	-1,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	-1,24E-04
Propene (Propylene)	Emissão	Ar	kg	-1,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	-1,46E-04
Methanol	Emissão	Ar	kg	-1,89E-04	0,00E+00	0,00E+00	-1,89E-04
Ethanol	Emissão	Ar	kg	-2,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	-2,30E-04
PFC-116 (Hexafluoroethane)	Emissão	Ar	kg	-8,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	-8,46E-04
Butane (n-Butane)	Emissão	Ar	kg	-5,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	-5,00E-03
PFC-14 (Tetrafluoromethane)	Emissão	Ar	kg	-8,46E-03	0,00E+00	0,00E+00	-8,46E-03
Unspecified C9-C10 Aromates	Emissão	Ar	kg	-1,37E-02	4,17E-07	1,35E-08	-1,37E-02
Ethane	Emissão	Ar	kg	-1,42E-02	0,00E+00	0,00E+00	-1,42E-02
Propane	Emissão	Ar	kg	-1,55E-02	0,00E+00	0,00E+00	-1,55E-02
Mercury (Hg)	Emissão	Ar	kg	-2,21E-02	1,29E-04	3,61E-06	-2,23E-02
Unspecified Dust	Emissão	Ar	kg	-3,27E-02	0,00E+00	0,00E+00	-3,27E-02
NM VOC, Power Plants	Emissão	Ar	kg	-5,61E-02	1,96E-03	6,36E-05	-5,81E-02
Unspecified Metals	Emissão	Ar	kg	-6,88E-02	3,83E-04	1,24E-05	-6,92E-02
Ammonium-N (NH4-N)	Emissão	Ar	kg	-2,07E-01	0,00E+00	0,00E+00	-2,07E-01
VOC (Unspecified)	Emissão	Ar	kg	-9,67E+00	0,00E+00	0,00E+00	-9,67E+00
Unspecified Radioactive Emission	Emissão	Ar	Bq	-1,46E+11	2,18E+09	7,09E+07	-1,49E+11
Slags Containing Manganese	Emissão	Resíduo Sólido	kg	7,81E+04	2,25E-01	7,29E-03	7,81E+04
Unspecified Slag and Ashes	Emissão	Resíduo Sólido	kg	6,02E+04	1,73E+00	5,61E-02	6,02E+04
Catalysts Material	Emissão	Resíduo Sólido	kg	4,87E+04	1,40E+00	4,54E-02	4,87E+04
Quartz (Silica) (SiO2)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	4,72E+04	1,35E-02	4,40E-04	4,72E+04
Unspecified Bulky Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	4,24E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,24E+04
Radioactive Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,55E+04	7,47E-02	2,42E-03	3,55E+04
Unspecified Industrial Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,35E+04	9,72E+00	3,15E-01	3,35E+04
Hazardous Waste (Unspecified)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,85E+04	8,18E-02	2,65E-03	2,85E+04
Ferrous Furnace Slags	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,67E+04	7,66E+00	2,49E-01	2,67E+04
Unspecified Waste from Steelproduction (Internal)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,52E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,52E+04
Unspecified Slag and Ashes, Incineration	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,21E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,21E+04
Unspecified Sludge	Emissão	Resíduo Sólido	kg	9,92E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,92E+03
Unspecified Slag and Ashes, Energy	Emissão	Resíduo Sólido	kg	9,76E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,76E+03
Mineral Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	9,02E+03	2,61E+01	8,47E-01	8,99E+03

TABELA 31 - RESULTADO ICV (PARTE 08).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Unspecified Rubber	Emissão	Resíduo Sólido	kg	5,48E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,48E+03
Unspecified Oil	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,35E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+03
Oil Sludge	Emissão	Resíduo Sólido	kg	4,25E+02	3,89E+02	1,26E+01	2,43E+01
Sludge	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,52E+02	2,87E-02	9,30E-04	2,52E+02
Bulky Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,03E+02	1,22E+02	3,97E+00	-2,33E+01
Medium and Low Radioactive Wastes	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,05E+01	1,01E+01	3,29E-01	-5,14E-03
Bulky Waste from Steel Production	Emissão	Resíduo Sólido	kg	7,31E+00	7,00E+00	2,27E-01	9,11E-02
Scrap Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,90E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,90E+00
Rubber	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,63E+00	1,57E+00	5,11E-02	1,64E-03
Slag and Ashes from Energy Production	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,42E+00	2,82E+01	9,14E-01	-2,77E+01
Slag and Ashes from Waste Incineration	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,71E-01	3,46E-01	1,12E-02	1,37E-02
Wood	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,88E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-01
Industrial Waste for Municipal Disposal	Emissão	Resíduo Sólido	kg	7,19E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,19E-02
Slags Containing Chromium	Emissão	Resíduo Sólido	kg	5,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,65E-02
Unspecified Furnace Slag	Emissão	Resíduo Sólido	kg	5,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,33E-02
Unspecified Chemical Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,15E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,15E-02
Tailings	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,03E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,03E-02
Glass Containing Heavy Metals	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,25E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,25E-02
Unspecified Plastic, Pure	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,56E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,56E-02
Dust Containing Heavy Metals	Emissão	Resíduo Sólido	kg	9,59E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,59E-03
HCL in Slag and Ashes	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,73E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,73E-03
Glass (Unspecified)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,91E-03
Stainless Steel Cuttings	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,41E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,41E-03
Iron Chips	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-03
HF in Slag and Ashes	Emissão	Resíduo Sólido	kg	2,14E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,14E-03
Dust Containing Zinc	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,64E-03
Hazardous Waste from Steel Production	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,10E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-03
Lead Dross	Emissão	Resíduo Sólido	kg	9,66E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,66E-04
Heavy Metal Sludge	Emissão	Resíduo Sólido	kg	9,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,44E-04
Soil and Sand Containing Heavy Metals	Emissão	Resíduo Sólido	kg	7,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,32E-04
Cardboard	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,48E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,48E-04
Paper	Emissão	Resíduo Sólido	kg	6,13E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-05
Unspecified Biomass	Emissão	Resíduo Sólido	kg	4,74E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,74E-05
Unspecified Dust (Hamless)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,31E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-05
Unspecified Oven Slag (Recycled)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	3,85E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,85E-08
Aluminum Chips	Emissão	Resíduo Sólido	kg	1,44E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-09
Aluminum (Unspecified)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	-1,69E-01	0,00E+00	0,00E+00	-1,69E-01
Inert Chemical Waste	Emissão	Resíduo Sólido	kg	-3,34E+00	9,35E-02	3,04E-03	-3,44E+00
Gypsum (bi-product from energy production)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	-5,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	-5,30E+00
Aluminum in Ore (Bauxite)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	-1,43E+02	0,00E+00	0,00E+00	-1,43E+02
Stainless Steel Scrap	Emissão	Resíduo Sólido	kg	-8,69E+02	0,00E+00	0,00E+00	-8,69E+02
Waste (Unspecified)	Emissão	Resíduo Sólido	kg	-4,36E+04	0,00E+00	0,00E+00	-4,36E+04
Unspecified waste for landfilling	Emissão	Sólido	kg	2,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,85E+01
Unspecified Scrap	Emissão	Sólido	kg	4,70E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,70E+00
Unspecified Waste for Recycling	Emissão	Sólido	kg	-6,59E+02	0,00E+00	0,00E+00	-6,59E+02
Zinc (Zn)	Emissão	Solo	kg	9,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,34E-02
Copper (Cu)	Emissão	Solo	kg	4,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,56E-03
Arsenic (As)	Emissão	Solo	kg	1,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-03
Chromium (Cr)	Emissão	Solo	kg	1,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-03
Lead (Pb)	Emissão	Solo	kg	1,44E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-03
Nickel (Ni)	Emissão	Solo	kg	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-03

TABELA 32 - RESULTADO ICV (PARTE 09).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Cadmium (Cd)	Emissão	Solo	kg	6,70E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,70E-04
Selenium (Se)	Emissão	Solo	kg	5,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,85E-04
Mercury (Hg)	Emissão	Solo	kg	2,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,01E-05
Molybdenum (Mo)	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mancozeb	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Chromium +VI (Cr6+)	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cypermethrin	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Napropamide	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Glyphosate	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Silver (Ag)	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Aclonifen	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pinmicarb	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Atrazine	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Antimony (Sb)	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Titanium (Ti)	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Bentazone	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Linuron	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Vanadium (V)	Emissão	Solo	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cobalt (Co)	Emissão	Solo	kg	-9,33E-08	0,00E+00	0,00E+00	-9,33E-08
Manganese (Mn)	Emissão	Solo	kg	-1,70E-06	0,00E+00	0,00E+00	-1,70E-06
Aluminum (Al)	Emissão	Solo	kg	-6,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	-6,90E-06
Iron (Fe)	Emissão	Solo	kg	-7,86E-06	0,00E+00	0,00E+00	-7,86E-06
Fluoride (F-)	Emissão	Solo	kg	-2,66E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,66E-05
Strontium (Sr)	Emissão	Solo	kg	-1,71E-03	0,00E+00	0,00E+00	-1,71E-03
Calcium (Ca)	Emissão	Solo Armazenado	kg	1,96E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+02
Chloride (Cl-)	Emissão	Solo Armazenado	kg	7,97E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,97E+01
Sodium (Na)	Emissão	Solo Armazenado	kg	4,91E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,91E+01
Zinc (Zn)	Emissão	Solo Armazenado	kg	4,20E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+01
Copper (Cu)	Emissão	Solo Armazenado	kg	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,42E+00
Nickel (Ni)	Emissão	Solo Armazenado	kg	1,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+00
Lead (Pb)	Emissão	Solo Armazenado	kg	6,13E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-01
Cadmium (Cd)	Emissão	Solo Armazenado	kg	3,88E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,88E-01
Chromium (Cr)	Emissão	Solo Armazenado	kg	2,78E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,78E-01
Mercury (Hg)	Emissão	Solo Armazenado	kg	1,42E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-01
Arsenic (As)	Emissão	Solo Armazenado	kg	2,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-02
Water (Cooling)	Recurso	Matéria Virgem	kg	3,53E+07	3,41E+07	1,11E+06	1,01E+05
Crude Oil	Recurso	Matéria Virgem	kg	7,26E+06	2,08E+04	6,75E+02	7,24E+06
Water (Groundwater)	Recurso	Matéria Virgem	kg	6,98E+06	2,07E+01	6,73E-01	6,98E+06
Water (Surface Water)	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,62E+05	4,81E-02	1,56E-03	1,62E+05
Water (Hydro Power)	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,52E+05	1,48E+05	4,79E+03	-3,28E+02
Brown Coal (Lignite)	Recurso	Matéria Virgem	kg	9,90E+04	2,84E+02	9,23E+00	9,87E+04
Water (Unspecified)	Recurso	Matéria Virgem	kg	8,91E+04	7,16E+04	2,32E+03	1,51E+04
Unspecified Biomass, Dry Matter, Fuel	Recurso	Matéria Virgem	kg	8,31E+04	0,00E+00	0,00E+00	8,31E+04
Natural Gas, Fuel	Recurso	Matéria Virgem	kg	4,12E+04	1,15E+03	3,73E+01	4,01E+04
Sodium Chloride (NaCl)	Recurso	Matéria Virgem	kg	3,77E+04	1,08E+01	3,51E-01	3,76E+04
Aluminum (Al)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,35E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,35E+04
Biomass, Dry Matter (Raw Material)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,05E+04	5,89E-02	1,91E-03	2,05E+04
Bentonite Imported to Denmark	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,03E+04	5,84E+00	1,90E-01	2,03E+04
Quartz (Danish) (SiO2)	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,66E+04	4,76E+00	1,54E-01	1,66E+04
Iron (Fe)	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,56E+04	5,09E+01	1,65E+00	1,56E+04
Air	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,55E+04	4,46E-02	1,45E-03	1,55E+04

TABELA 33 - RESULTADO ICV (PARTE 10).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Hard Coal	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,38E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,38E+04
Unspecified Resources	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,24E+04	2,84E-01	9,23E-03	1,24E+04
Manganese (Mn)	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,14E+04	3,29E-01	1,07E-02	1,14E+04
Uranium (U238)	Recurso	Matéria Virgem	kg	9,13E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,13E+03
Calcium Carbonate (CaCO3)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,42E+03	8,20E+01	2,66E+00	2,34E+03
Hard Coal, Raw, Fuel	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,43E+02	3,80E+02	1,23E+01	-1,49E+02
Barium Sulphate	Recurso	Matéria Virgem	kg	9,15E+01	8,86E+01	2,88E+00	-4,51E-02
Biomass, Dry Matter (Fuel)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,01E+01	2,39E+01	7,75E-01	-4,58E+00
Natural Gas, Raw Material	Recurso	Matéria Virgem	kg	3,43E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,43E+00
Clay	Recurso	Matéria Virgem	kg	3,51E-01	1,15E-02	3,73E-04	3,39E-01
Copper (Cu)	Recurso	Matéria Virgem	kg	6,76E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,76E-02
Unspecified Motor Oil	Recurso	Matéria Virgem	kg	6,28E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,28E-02
Chromium (Cr)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,68E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,68E-02
Uranium Natural	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,31E-02	2,63E-02	8,53E-04	-4,00E-03
Ethanol (96%)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,30E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-02
Nickel (Ni)	Recurso	Matéria Virgem	kg	1,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-02
Zinc (Zn)	Recurso	Matéria Virgem	kg	2,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,64E-03
Straw, Dry Matter, Fuel	Recurso	Matéria Virgem	kg	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,05E-04
Wood Hard, Dry Matter (Raw Material)	Recurso	Matéria Virgem	kg	5,62E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,62E-06
Water (River Water)	Recurso	Matéria Virgem	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Primary Energy from Wind Power	Recurso	Matéria Virgem	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Antimony (Sb)	Recurso	Matéria Virgem	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Magnesium (Mg)	Recurso	Matéria Virgem	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Water (Well Water)	Recurso	Matéria Virgem	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cobalt (Co)	Recurso	Matéria Virgem	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pit Gas	Recurso	Matéria Virgem	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Tin (Sn)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-4,90E-15	0,00E+00	0,00E+00	-4,90E-15
Palladium (Pd)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-4,06E-10	0,00E+00	0,00E+00	-4,06E-10
Gold (Au)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,36E-09	0,00E+00	0,00E+00	-2,36E-09
Platinum (Pt)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-4,88E-09	0,00E+00	0,00E+00	-4,88E-09
Phosphorus (P)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-3,33E-08	0,00E+00	0,00E+00	-3,33E-08
Sulphur (S)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,36E-07	0,00E+00	0,00E+00	-2,36E-07
Silver (Ag)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-4,05E-07	0,00E+00	0,00E+00	-4,05E-07
Molybdenum (Mo)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-8,08E-06	0,00E+00	0,00E+00	-8,08E-06
Talc	Recurso	Matéria Virgem	kg	-9,39E-06	0,00E+00	0,00E+00	-9,39E-06
Dolomite	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,26E-05
Fluorite	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,85E-05
Titanium	Recurso	Matéria Virgem	kg	-5,72E-04	0,00E+00	0,00E+00	-5,72E-04
Lead (Pb)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-1,81E-03	0,00E+00	0,00E+00	-1,81E-03
Potassium Chloride (KCl)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	-2,34E-03
Sodium Hydroxide (NaOH)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-8,60E-03	0,00E+00	0,00E+00	-8,60E-03
Gypsum (High Purity)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	-2,13E-02
Wood	Recurso	Matéria Virgem	kg	-4,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	-4,09E-02
Primary Energy from Hydro Power	Recurso	Matéria Virgem	MJ	-4,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	-4,10E-01
Stainless Raw Steel	Recurso	Matéria Virgem	kg	-5,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	-5,79E-01
Soil	Recurso	Matéria Virgem	kg	-9,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	-9,08E-01
Auxiliary Material	Recurso	Matéria Virgem	kg	-1,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,30E+00
Natural Aggregates from Land (Danish)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-3,76E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,76E+00
Sodium Carbonate	Recurso	Matéria Virgem	kg	-4,94E+00	0,00E+00	0,00E+00	-4,94E+00
Water (Sea Water)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-5,20E+00	0,00E+00	0,00E+00	-5,20E+00
Gravel	Recurso	Matéria Virgem	kg	-6,65E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,65E+00

TABELA 34 - RESULTADO ICV (PARTE 11).

Nome da Substância	Categoria	Emissão	Unidade	Quantidade total	Fase de Coleta	Fase de Transporte	Fase de Tratamento, Recuperação e Disposição Final
Petcoke	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,26E+01	0,00E+00	0,00E+00	-2,26E+01
Peat	Recurso	Matéria Virgem	MJ	-2,37E+01	0,00E+00	0,00E+00	-2,37E+01
Natural Gas	Recurso	Matéria Virgem	kg	-7,94E+01	0,00E+00	0,00E+00	-7,94E+01
Light Fuel Oil	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,17E+02	0,00E+00	0,00E+00	-2,17E+02
Natural Gas	Recurso	Matéria Virgem	kg	-2,92E+02	0,00E+00	0,00E+00	-2,92E+02
Natural Gas, Raw Material	Recurso	Matéria Virgem	kg	-3,84E+02	1,23E-01	3,98E-03	-3,85E+02
Energy Unspecified (APME)	Recurso	Matéria Virgem	MJ	-1,05E+03	-2,06E+02	-6,69E+00	-8,35E+02
Hard Coal, Pure, Fuel	Recurso	Matéria Virgem	kg	-1,11E+03	3,41E+01	1,11E+00	-1,15E+03
Wood Soft, Dry Matter (Raw Material)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-3,15E+03	0,00E+00	0,00E+00	-3,15E+03
Wood, Soft, Dry Matter (Fuel)	Recurso	Matéria Virgem	kg	-3,35E+03	4,14E-04	1,34E-05	-3,35E+03
Unspecified Fuel	Recurso	Matéria Virgem	MJ	-8,54E+03	0,00E+00	0,00E+00	-8,54E+03
Unspecified Minerals	Recurso	Matéria Virgem	kg	-1,58E+05	5,84E+00	1,89E-01	-1,58E+05

APÊNDICE E – RESULTADOS AICV

TABELA 35 - IMPACTOS POTENCIAIS, CENÁRIO 1, ATUAL, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Papel	Coleta	Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013	4.38E+13	8.21E-02	2.20E+03	6.36E+03	0.00E+00	9.09E+00	0.00E+00	4.38E+13	2.11E+04	0.00E+00	9.23E+00	2.33E+03	0.00E+00	8.21E+03	1.95E+03	1.91E+06
Plástico	Coleta	Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013	6.35E+12	1.19E-02	3.18E+02	9.22E+02	0.00E+00	1.32E+00	0.00E+00	6.35E+12	3.06E+03	0.00E+00	1.34E+00	3.38E+02	0.00E+00	1.19E+03	2.82E+02	2.77E+05
Ferro	Coleta	Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013	1.63E+13	3.05E-02	8.15E+02	2.36E+03	0.00E+00	3.37E+00	0.00E+00	1.63E+13	7.84E+03	0.00E+00	3.43E+00	8.67E+02	0.00E+00	3.05E+03	7.23E+02	7.10E+05
Vidro	Coleta	Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013	2.25E+12	4.22E-03	1.13E+02	3.27E+02	0.00E+00	4.67E-01	0.00E+00	2.25E+12	1.08E+03	0.00E+00	4.74E-01	1.20E+02	0.00E+00	4.21E+02	1.00E+02	9.82E+04
Demais Resíduos	Coleta	Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013	4.31E+14	8.08E-01	2.16E+04	6.25E+04	0.00E+00	8.94E+01	0.00E+00	4.31E+14	2.08E+05	0.00E+00	9.07E+01	2.29E+04	0.00E+00	8.07E+04	1.91E+04	1.88E+07
Alumínio	Coleta	Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013	7.29E+11	1.37E-03	3.65E+01	1.06E+02	0.00E+00	1.51E-01	0.00E+00	7.29E+11	3.51E+02	0.00E+00	1.53E-01	3.88E+01	0.00E+00	1.36E+02	3.24E+01	3.18E+04
Papel	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	5.30E+08	1.26E-03	3.29E+01	9.51E+01	0.00E+00	1.39E-01	0.00E+00	5.30E+08	5.57E-01	0.00E+00	1.41E-01	1.21E-01	0.00E+00	9.53E-01	1.18E-01	2.93E+04
Plástico	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	7.67E+07	1.82E-04	4.77E+00	1.38E+01	0.00E+00	2.02E-02	0.00E+00	7.67E+07	8.07E-02	0.00E+00	2.05E-02	1.76E-02	0.00E+00	1.38E-01	1.70E-02	4.24E+03
Ferro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.46E+07	8.22E-05	2.15E+00	6.21E+00	0.00E+00	9.09E-03	0.00E+00	3.46E+07	3.64E-02	0.00E+00	9.23E-03	7.94E-03	0.00E+00	6.23E-02	7.69E-03	1.91E+03
Vidro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	4.35E+06	1.03E-05	2.71E-01	7.81E-01	0.00E+00	1.14E-03	0.00E+00	4.35E+06	4.58E-03	0.00E+00	1.16E-03	9.98E-04	0.00E+00	7.83E-03	9.67E-04	2.41E+02
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	2.75E+08	2.89E-02	6.83E+02	2.07E+03	0.00E+00	2.52E+00	0.00E+00	2.74E+08	1.30E+01	0.00E+00	3.05E+00	2.17E+00	0.00E+00	2.24E+01	2.20E+00	6.72E+05
Alumínio	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	9.51E+06	2.26E-05	5.91E-01	1.71E+00	0.00E+00	2.50E-03	0.00E+00	9.51E+06	1.00E-02	0.00E+00	2.54E-03	2.18E-03	0.00E+00	1.71E-02	2.11E-03	5.25E+02
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-3.51E+08	-2.65E-02	-1.83E+03	-2.46E+03	0.00E+00	8.15E+00	-1.49E-03	-3.51E+08	-3.13E+01	0.00E+00	-6.31E+00	-1.69E+00	0.00E+00	-8.21E+00	-1.70E+00	-4.45E+05
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	1.01E+05	-4.03E-02	-2.03E+03	-1.26E+03	0.00E+00	-1.29E-01	0.00E+00	2.34E+05	-3.11E+00	0.00E+00	-1.56E+00	-4.01E+00	0.00E+00	-2.62E+00	-4.01E+00	-1.30E+05
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	-5.52E+08	-2.28E-01	1.08E+05	-9.11E+03	0.00E+00	1.72E+00	4.52E-07	-5.52E+08	-2.02E+01	0.00E+00	-1.39E+01	-1.28E+00	0.00E+00	-1.40E+01	-1.49E+00	2.84E+05
Vidro	Tratamento	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	4.80E+07	-6.45E-03	-1.36E+01	-2.12E+02	0.00E+00	8.08E+02	1.42E-07	4.80E+07	-2.51E+00	0.00E+00	-2.91E-02	-4.02E-02	0.00E+00	-1.58E+00	-4.03E-02	-9.45E+03
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	6.24E+16	5.23E+02	1.73E+13	2.93E+08	2.51E+04	2.21E+10	2.08E-02	1.47E+15	3.05E+06	6.78E+07	5.03E+08	9.05E+04	2.50E+03	1.75E+07	9.28E+04	6.09E+16
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-6.07E+14	-5.29E+00	-1.68E+11	-2.85E+06	0.00E+00	-2.15E+08	8.28E-09	-1.43E+13	-2.97E+04	0.00E+00	-4.90E+06	-8.82E-02	0.00E+00	-1.71E+05	-9.04E+02	-5.93E+14
		Total	6.23E+16	5.19E+02	1.71E+13	2.90E+08	2.51E+04	2.19E+10	1.93E-02	1.96E+15	3.26E+06	6.78E+07	4.98E+08	1.16E+05	2.50E+03	1.75E+07	1.14E+05	6.03E+16
		Unidade		Aggregated: [kg]	(EDIP97): [m³ water]	(EDIP97): [kg CO2-eq]	[m³ spoiled water]	(EDIP97): [m³ soil]	(EDIP97): [kg CFC11-eq]	(EDIP97): [m³ air]	(EDIP97): [kg SO2-eq]	(EDIP): [m³ water]	(EDIP97): [m³ soil]	(EDIP): [kg C2H4-eq]	(EDIP): [m³ soil]	(EDIP97): [kg NO3-eq]	(EDIP97): [kg C2H4-eq]	(EDIP97): [m³ water]

TABELA 36 - NORMALIZAÇÃO, CENÁRIO 1, ATUAL, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Papel	Coleta	Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013	2.09E+03	1.01E-01	4.65E-02	8.23E-01	0.00E+00	4.09E-05	0.00E+00	1.22E+03	3.85E+02	0.00E+00	1.14E-03	1.74E+02	0.00E+00	1.79E+02	1.23E+02	6.46E+00
Plástico	Coleta	Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013	3.03E+02	1.46E-02	6.74E-03	1.19E-01	0.00E+00	5.93E-06	0.00E+00	1.77E+02	5.59E+01	0.00E+00	1.66E-04	2.52E+01	0.00E+00	2.59E+01	1.79E+01	9.36E-01
Ferro	Coleta	Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013	7.77E+02	3.73E-02	1.73E-02	3.05E-01	0.00E+00	1.52E-05	0.00E+00	4.55E+02	1.43E+02	0.00E+00	4.25E-04	6.47E+01	0.00E+00	6.64E+01	4.58E+01	2.40E+00
Vidro	Coleta	Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013	1.08E+02	5.16E-03	2.39E-03	4.23E-02	0.00E+00	2.10E-06	0.00E+00	6.29E+01	1.98E+01	0.00E+00	5.88E-05	8.95E+00	0.00E+00	9.18E+00	6.33E+00	3.32E-01
Demais Resíduos	Coleta	Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013	2.06E+04	9.88E-01	4.57E-01	8.09E+00	0.00E+00	4.02E-04	0.00E+00	1.20E+04	3.79E+03	0.00E+00	1.13E-02	1.71E+03	0.00E+00	1.76E+03	1.21E+03	6.35E+01
Alumínio	Coleta	Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013	3.48E+01	1.67E-03	7.73E-04	1.37E-02	0.00E+00	6.80E-07	0.00E+00	2.04E+01	6.41E+00	0.00E+00	1.90E-05	2.89E+00	0.00E+00	2.97E+00	2.05E+00	1.07E-01
Papel	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.76E-01	1.54E-03	6.98E-04	1.23E-02	0.00E+00	6.27E-07	0.00E+00	1.48E-02	1.02E-02	0.00E+00	1.75E-05	9.07E-03	0.00E+00	2.08E-02	7.45E-03	9.89E-02
Plástico	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	2.55E-02	2.23E-04	1.01E-04	1.78E-03	0.00E+00	9.08E-08	0.00E+00	2.14E-03	1.47E-03	0.00E+00	2.54E-06	1.31E-03	0.00E+00	3.01E-03	1.08E-03	1.43E-02
Ferro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.15E-02	1.01E-04	4.56E-05	8.04E-04	0.00E+00	4.09E-08	0.00E+00	9.67E-04	6.64E-04	0.00E+00	1.14E-06	5.92E-04	0.00E+00	1.36E-03	4.87E-04	6.46E-03
Vidro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.44E-03	1.26E-05	5.73E-06	1.01E-04	0.00E+00	5.15E-09	0.00E+00	1.22E-04	8.35E-05	0.00E+00	1.44E-07	7.45E-05	0.00E+00	1.71E-04	6.12E-05	8.13E-04
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	3.62E+00	3.53E-02	1.45E-02	2.68E-01	0.00E+00	1.13E-05	0.00E+00	7.65E-03	2.38E-01	0.00E+00	3.79E-04	1.62E-01	0.00E+00	4.89E-01	1.39E-01	2.27E+00
Alumínio	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.15E-03	2.76E-05	1.25E-05	2.21E-04	0.00E+00	1.12E-08	0.00E+00	2.66E-04	1.82E-04	0.00E+00	3.15E-07	1.63E-04	0.00E+00	3.73E-04	1.34E-04	1.78E-03
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-2.96E+00	-3.24E-02	-3.87E-02	-3.19E-01	0.00E+00	3.67E-05	-7.27E-02	-9.80E-03	-5.72E-01	0.00E+00	-7.83E-04	-1.26E-01	0.00E+00	-1.79E-01	-1.08E-01	-1.50E+00
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	-1.36E+00	-4.93E-02	-4.31E-02	-1.63E-01	0.00E+00	-5.83E-07	0.00E+00	6.55E-06	-5.68E-02	0.00E+00	-1.93E-04	-2.99E-01	0.00E+00	-5.72E-02	-2.54E-01	-4.40E-01
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	9.01E-01	-2.79E-01	2.28E+00	-1.18E+00	0.00E+00	7.76E-06	2.21E-05	-1.54E-02	-3.69E-01	0.00E+00	-1.72E-03	-9.52E-02	0.00E+00	-3.05E-01	-9.40E-02	9.60E-01
Vidro	Tratamento	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	-1.48E-01	-7.90E-03	-2.88E-04	-2.74E-02	0.00E+00	3.64E-03	6.92E-06	1.34E-03	-4.58E-02	0.00E+00	-3.61E-06	-3.00E-03	0.00E+00	-3.43E-02	-2.55E-03	-3.19E-02
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	2.06E+11	6.41E+02	3.66E+08	3.79E+04	8.66E+00	9.97E+04	1.01E+00	4.10E+04	5.56E+04	5.95E+00	6.24E+04	6.76E+03	4.94E+00	3.82E+05	5.87E+03	2.06E+11
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-2.01E+09	-6.48E+00	-3.56E+06	-3.69E+02	0.00E+00	-9.71E+02	4.04E-07	-3.99E+02	-5.41E+02	0.00E+00	-6.08E+02	-6.58E+01	0.00E+00	-3.72E+03	-5.72E+01	-2.00E+09
Total			2.04E+11	6.35E+02	3.62E+08	3.75E+04	8.66E+00	9.87E+04	9.42E-01	5.46E+04	5.94E+04	5.95E+00	6.18E+04	8.68E+03	4.94E+00	3.80E+05	7.22E+03	2.04E+11
Unidade			(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]

TABELA 37 - PONDERAÇÃO, CENÁRIO 1, ATUAL, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Papel	Coleta	Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013	2.83E+03	0.00E+00	6.05E-02	9.21E-01	0.00E+00	4.09E-05	0.00E+00	1.71E+03	4.89E+02	0.00E+00	1.41E-03	2.32E+02	0.00E+00	2.18E+02	1.64E+02	7.62E+00
Plástico	Coleta	Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013	4.10E+02	0.00E+00	8.76E-03	1.34E-01	0.00E+00	5.93E-06	0.00E+00	2.48E+02	7.09E+01	0.00E+00	2.04E-04	3.36E+01	0.00E+00	3.16E+01	2.38E+01	1.10E+00
Ferro	Coleta	Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013	1.05E+03	0.00E+00	2.25E-02	3.42E-01	0.00E+00	1.52E-05	0.00E+00	6.37E+02	1.82E+02	0.00E+00	5.23E-04	8.60E+01	0.00E+00	8.10E+01	6.09E+01	2.83E+00
Vidro	Coleta	Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013	1.45E+02	0.00E+00	3.11E-03	4.73E-02	0.00E+00	2.10E-06	0.00E+00	8.81E+01	2.51E+01	0.00E+00	7.23E-05	1.19E+01	0.00E+00	1.12E+01	8.42E+00	3.92E-01
Demais Resíduos	Coleta	Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013	2.78E+04	0.00E+00	5.95E-01	9.06E+00	0.00E+00	4.02E-04	0.00E+00	1.69E+04	4.81E+03	0.00E+00	1.38E-02	2.28E+03	0.00E+00	2.14E+03	1.61E+03	7.50E+01
Alumínio	Coleta	Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013	4.70E+01	0.00E+00	1.01E-03	1.53E-02	0.00E+00	6.80E-07	0.00E+00	2.85E+01	8.14E+00	0.00E+00	2.34E-05	3.85E+00	0.00E+00	3.63E+00	2.72E+00	1.27E-01
Papel	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	2.12E-01	0.00E+00	9.07E-04	1.38E-02	0.00E+00	6.27E-07	0.00E+00	2.07E-02	1.29E-02	0.00E+00	2.16E-05	1.21E-02	0.00E+00	2.53E-02	9.90E-03	1.17E-01
Plástico	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.08E-02	0.00E+00	1.31E-04	2.00E-03	0.00E+00	9.08E-08	0.00E+00	3.00E-03	1.87E-03	0.00E+00	3.12E-06	1.75E-03	0.00E+00	3.67E-03	1.44E-03	1.69E-02
Ferro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.39E-02	0.00E+00	5.93E-05	9.00E-04	0.00E+00	4.09E-08	0.00E+00	1.35E-03	8.44E-04	0.00E+00	1.41E-06	7.88E-04	0.00E+00	1.65E-03	6.47E-04	7.63E-03
Vidro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.74E-03	0.00E+00	7.45E-06	1.13E-04	0.00E+00	5.15E-09	0.00E+00	1.70E-04	1.06E-04	0.00E+00	1.77E-07	9.91E-05	0.00E+00	2.08E-04	8.14E-05	9.59E-04
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	4.31E+00	0.00E+00	1.88E-02	3.00E-01	0.00E+00	1.13E-05	0.00E+00	1.07E-02	3.02E-01	0.00E+00	4.66E-04	2.16E-01	0.00E+00	5.97E-01	1.85E-01	2.68E+00
Alumínio	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.81E-03	0.00E+00	1.63E-05	2.47E-04	0.00E+00	1.12E-08	0.00E+00	3.72E-04	2.32E-04	0.00E+00	3.87E-07	2.16E-04	0.00E+00	4.55E-04	1.78E-04	2.09E-03
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-8.03E+00	0.00E+00	-5.04E-02	-3.57E-01	0.00E+00	3.67E-05	-4.58E+00	-1.37E-02	-7.26E-01	0.00E+00	-9.63E-04	-1.68E-01	0.00E+00	-2.18E-01	-1.43E-01	-1.77E+00
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	-1.63E+00	0.00E+00	-5.60E-02	-1.82E-01	0.00E+00	-5.83E-07	0.00E+00	9.17E-06	-7.21E-02	0.00E+00	-2.38E-04	-3.98E-01	0.00E+00	-6.98E-02	-3.37E-01	-5.19E-01
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	1.66E+00	0.00E+00	2.96E+00	-1.32E+00	0.00E+00	7.76E-06	1.39E-03	-2.16E-02	-4.69E-01	0.00E+00	-2.12E-03	-1.27E-01	0.00E+00	-3.73E-01	-1.25E-01	1.13E+00
Vidro	Tratamento	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	-1.70E-01	0.00E+00	-3.75E-04	-3.07E-02	0.00E+00	3.64E-03	4.36E-04	1.88E-03	-5.82E-02	0.00E+00	-4.44E-06	-3.99E-03	0.00E+00	-4.19E-02	-3.39E-03	-3.77E-02
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	2.43E+11	0.00E+00	4.75E+08	4.24E+04	0.00E+00	9.97E+04	6.39E+01	5.74E+04	7.06E+04	0.00E+00	7.68E+04	8.99E+03	0.00E+00	4.66E+05	7.81E+03	2.43E+11
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-2.37E+09	0.00E+00	-4.63E+06	-4.13E+02	0.00E+00	-9.71E+02	2.55E-05	-5.59E+02	-6.87E+02	0.00E+00	-7.48E+02	-8.75E+01	0.00E+00	-4.54E+03	-7.61E+01	-2.36E+09
Total			2.41E+11	0.00E+00	4.71E+08	4.20E+04	0.00E+00	9.87E+04	5.94E+01	7.64E+04	7.55E+04	0.00E+00	7.61E+04	1.15E+04	0.00E+00	4.64E+05	9.61E+03	2.40E+11
Unidade			(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]

TABELA 38 - IMPACTOS POTENCIAIS, CENÁRIO 2, MÁXIMA EFICIÊNCIA, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Vidro	Coleta	Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013	8.69E+12	1.63E-02	4.35E+02	1.26E+03	0.00E+00	1.80E+00	0.00E+00	8.69E+12	4.19E+03	0.00E+00	1.83E+00	4.63E+02	0.00E+00	1.63E+03	3.86E+02	3.79E+05
Alumínio	Coleta	Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013	4.55E+12	8.52E-03	2.28E+02	6.59E+02	0.00E+00	9.42E-01	0.00E+00	4.55E+12	2.19E+03	0.00E+00	9.57E-01	2.42E+02	0.00E+00	8.51E+02	2.02E+02	1.98E+05
Papel	Coleta	Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013	8.22E+13	1.54E-01	4.12E+03	1.19E+04	0.00E+00	1.70E+01	0.00E+00	8.22E+13	3.96E+04	0.00E+00	1.73E+01	4.38E+03	0.00E+00	1.54E+04	3.65E+03	3.59E+06
Demais Resíduos	Coleta	Não recicláveis, Caçambas, UFRJ, 2013	3.35E+14	6.28E-01	1.68E+04	4.86E+04	0.00E+00	6.95E+01	0.00E+00	3.35E+14	1.62E+05	0.00E+00	7.06E+01	1.79E+04	0.00E+00	6.28E+04	1.49E+04	1.46E+07
Plástico	Coleta	Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013	5.15E+13	9.64E-02	2.58E+03	7.46E+03	0.00E+00	1.07E+01	0.00E+00	5.15E+13	2.48E+04	0.00E+00	1.08E+01	2.74E+03	0.00E+00	9.63E+03	2.29E+03	2.24E+06
Ferro	Coleta	Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013	1.73E+13	3.24E-02	8.66E+02	2.51E+03	0.00E+00	3.58E+00	0.00E+00	1.73E+13	8.33E+03	0.00E+00	3.64E+00	9.20E+02	0.00E+00	3.24E+03	7.68E+02	7.54E+05
Vidro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.68E+07	3.99E-05	1.04E+00	3.02E+00	0.00E+00	4.41E-03	0.00E+00	1.68E+07	1.77E-02	0.00E+00	4.48E-03	3.85E-03	0.00E+00	3.02E-02	3.73E-03	9.29E+02
Alumínio	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	5.93E+07	1.41E-04	3.69E+00	1.06E+01	0.00E+00	1.56E-02	0.00E+00	5.93E+07	6.24E-02	0.00E+00	1.58E-02	1.36E-02	0.00E+00	1.07E-01	1.32E-02	3.28E+03
Papel	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	9.93E+08	2.36E-03	6.18E+01	1.78E+02	0.00E+00	2.61E-01	0.00E+00	9.93E+08	1.04E+00	0.00E+00	2.65E-01	2.28E-01	0.00E+00	1.79E+00	2.21E-01	5.49E+04
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	2.14E+08	2.25E-02	5.31E+02	1.61E+03	0.00E+00	1.96E+00	0.00E+00	2.13E+08	1.01E+01	0.00E+00	2.38E+00	1.69E+00	0.00E+00	1.75E+01	1.71E+00	5.23E+05
Plástico	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	6.22E+08	1.48E-03	3.86E+01	1.12E+02	0.00E+00	1.63E-01	0.00E+00	6.21E+08	6.54E-01	0.00E+00	1.66E-01	1.43E-01	0.00E+00	1.12E+00	1.38E-01	3.44E+04
Ferro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.67E+07	8.72E-05	2.28E+00	6.60E+00	0.00E+00	9.65E-03	0.00E+00	3.67E+07	3.86E-02	0.00E+00	9.80E-03	8.43E-03	0.00E+00	6.61E-02	8.16E-03	2.03E+03
Vidro	Tratamento	Cacos de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	1.85E+08	-2.49E-02	-5.25E+01	-8.17E+02	0.00E+00	3.12E+03	5.47E-07	1.85E+08	-9.69E+00	0.00E+00	-1.12E-01	-1.55E-01	0.00E+00	-6.09E+00	-1.55E-01	-3.65E+04
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-3.79E+15	-3.30E+01	-1.05E+12	-1.78E+07	0.00E+00	-1.34E+09	5.17E-08	-8.92E+13	-1.85E+05	0.00E+00	-3.06E+07	-5.50E+03	0.00E+00	-1.07E+06	-5.64E+03	-3.70E+15
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-6.59E+08	-4.97E-02	-3.43E+03	-4.62E+03	0.00E+00	1.53E+01	-2.79E-03	-6.58E+08	-5.87E+01	0.00E+00	-1.18E+01	-3.18E+00	0.00E+00	-1.54E+01	-3.19E+00	-8.35E+05
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	4.85E+16	4.07E+02	1.34E+13	2.28E+08	1.95E+04	1.72E+10	1.80E-02	1.14E+15	2.37E+06	6.06E+07	3.92E+08	7.04E+04	2.47E+03	1.36E+07	7.22E+04	4.74E+16
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	8.18E+05	-3.26E-01	-1.65E+04	-1.02E+04	0.00E+00	-1.05E+00	0.00E+00	1.90E+06	-2.52E+01	0.00E+00	-1.26E+01	-3.24E+01	0.00E+00	-2.13E+01	-3.25E+01	-1.05E+06
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	-5.86E+08	-2.42E-01	1.14E+05	-9.67E+03	0.00E+00	1.83E+00	4.80E-07	-5.86E+08	-2.15E+01	0.00E+00	-1.48E+01	-1.35E+00	0.00E+00	-1.49E+01	-1.58E+00	3.02E+05
Total			4.52E+16	3.75E+02	1.24E+13	2.10E+08	1.95E+04	1.59E+10	1.52E+02	1.55E+15	2.42E+06	6.06E+07	3.61E+08	9.15E+04	2.47E+03	1.27E+07	8.87E+04	4.37E+16
Unidade				Aggregated: [kg]	(EDIP97): [m3 water]	(EDIP97): [kg CO2-eq]	[m3 spoiled water]	(EDIP97): [m3 soil]	(EDIP97): [kg CFC11-eq]	(EDIP97): [m3 air]	(EDIP97): [kg SO2-eq]	(EDIP): [m3 water]	(EDIP97): [m3 soil]	(EDIP97): [kg C2H4-eq]	(EDIP): [m3 soil]	(EDIP97): [kg NO3-eq]	(EDIP97): [kg C2H4-eq]	(EDIP97): [m3 water]

TABELA 39 - NORMALIZAÇÃO, CENÁRIO 2, MÁXIMA EFICIÊNCIA, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Vidro	Coleta	Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013	4.15E+02	1.99E-02	9.22E-03	1.63E-01	0.00E+00	8.12E-06	0.00E+00	2.43E+02	7.64E+01	0.00E+00	2.27E-04	3.45E+01	0.00E+00	3.54E+01	2.44E+01	1.28E+00
Alumínio	Coleta	Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013	2.17E+02	1.04E-02	4.82E-03	8.53E-02	0.00E+00	4.24E-06	0.00E+00	1.27E+02	4.00E+01	0.00E+00	1.19E-04	1.81E+01	0.00E+00	1.85E+01	1.28E+01	6.70E-01
Papel	Coleta	Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013	3.93E+03	1.89E-01	8.73E-02	1.54E+00	0.00E+00	7.68E-05	0.00E+00	2.30E+03	7.23E+02	0.00E+00	2.15E-03	3.27E+02	0.00E+00	3.35E+02	2.31E+02	1.21E+01
Demais Resíduos	Coleta	Não recicláveis, Caçambas, UFRJ, 2013	1.60E+04	7.69E-01	3.56E-01	6.29E+00	0.00E+00	3.13E-04	0.00E+00	9.37E+03	2.95E+03	0.00E+00	8.76E-03	1.33E+03	0.00E+00	1.37E+03	9.43E+02	4.94E+01
Plástico	Coleta	Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013	2.46E+03	1.18E-01	5.46E-02	9.65E-01	0.00E+00	4.80E-05	0.00E+00	1.44E+03	4.52E+02	0.00E+00	1.34E-03	2.04E+02	0.00E+00	2.10E+02	1.45E+02	7.58E+00
Ferro	Coleta	Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013	8.25E+02	3.96E-02	1.83E-02	3.24E-01	0.00E+00	1.61E-05	0.00E+00	4.83E+02	1.52E+02	0.00E+00	4.51E-04	6.87E+01	0.00E+00	7.05E+01	4.86E+01	2.55E+00
Vidro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	5.57E-03	4.88E-05	2.21E-05	3.90E-04	0.00E+00	1.99E-08	0.00E+00	4.69E-04	3.22E-04	0.00E+00	5.56E-07	2.88E-04	0.00E+00	6.58E-04	2.36E-04	3.14E-03
Alumínio	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.97E-02	1.72E-04	7.81E-05	1.38E-03	0.00E+00	7.02E-08	0.00E+00	1.66E-03	1.14E-03	0.00E+00	1.96E-06	1.02E-03	0.00E+00	2.32E-03	8.34E-04	1.11E-02
Papel	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.29E-01	2.89E-03	1.31E-03	2.31E-02	0.00E+00	1.18E-06	0.00E+00	2.77E-02	1.91E-02	0.00E+00	3.29E-05	1.70E-02	0.00E+00	3.89E-02	1.40E-02	1.85E-01
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	2.82E+00	2.75E-02	1.13E-02	2.09E-01	0.00E+00	8.83E-06	0.00E+00	5.96E-03	1.85E-01	0.00E+00	2.95E-04	1.26E-01	0.00E+00	3.81E-01	1.08E-01	1.77E+00
Plástico	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	2.06E-01	1.81E-03	8.19E-04	1.44E-02	0.00E+00	7.35E-07	0.00E+00	1.74E-02	1.19E-02	0.00E+00	2.06E-05	1.06E-02	0.00E+00	2.44E-02	8.74E-03	1.16E-01
Ferro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.22E-02	1.07E-04	4.84E-05	8.53E-04	0.00E+00	4.35E-08	0.00E+00	1.03E-03	7.05E-04	0.00E+00	1.22E-06	6.29E-04	0.00E+00	1.44E-03	5.17E-04	6.86E-03
Vidro	Tratamento	Caços de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	-5.72E-01	-3.05E-02	-1.11E-03	-1.06E-01	0.00E+00	1.40E-02	2.67E-05	5.17E-03	-1.77E-01	0.00E+00	-1.39E-05	-1.16E-02	0.00E+00	-1.33E-01	-9.84E-03	-1.23E-01
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-1.25E+10	-4.04E+01	-2.22E+07	-2.30E+03	0.00E+00	-6.05E+03	2.52E-06	-2.49E+03	-3.38E+03	0.00E+00	-3.79E+03	-4.10E+02	0.00E+00	-2.32E+04	-3.57E+02	-1.25E+10
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-5.55E+00	-6.08E-02	-7.27E-02	-5.97E-01	0.00E+00	6.89E-05	-1.36E-01	-1.84E-02	-1.07E+00	0.00E+00	-1.47E-03	-2.37E-01	0.00E+00	-3.36E-01	-2.02E-01	-2.82E+00
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	1.60E+11	4.98E+02	2.84E+08	2.95E+04	6.73E+00	7.75E+04	8.79E-01	3.19E+04	4.32E+04	5.32E+00	4.86E+04	5.26E+03	4.88E+00	2.97E+05	4.57E+03	1.60E+11
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	-1.10E+01	-3.99E-01	-3.49E-01	-1.32E+00	0.00E+00	-4.72E-06	0.00E+00	5.30E-05	-4.60E-01	0.00E+00	-1.56E-03	-2.42E+00	0.00E+00	-4.63E-01	-2.05E+00	-3.56E+00
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	9.57E-01	-2.96E-01	2.42E+00	-1.25E+00	0.00E+00	8.24E-06	2.34E-05	-1.64E-02	-3.92E-01	0.00E+00	-1.83E-03	-1.01E-01	0.00E+00	-3.24E-01	-9.98E-02	1.02E+00
Total			1.48E+11	4.60E+02	2.62E+08	2.72E+04	6.73E+00	7.15E+04	7.43E-01	6.50E+04	5.11E+04	5.32E+00	4.48E+04	9.91E+03	4.88E+00	2.79E+05	7.79E+03	1.48E+11
Unidade			(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]

TABELA 40 - PONDERAÇÃO, CENÁRIO 2, MÁXIMA EFICIÊNCIA, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Vidro	Coleta	Vidro, Recicla CT, UFRJ, 2013	5.60E+02	0.00E+00	1.20E-02	1.83E-01	0.00E+00	8.12E-06	0.00E+00	3.40E+02	9.70E+01	0.00E+00	2.79E-04	4.59E+01	0.00E+00	4.32E+01	3.25E+01	1.51E+00
Alumínio	Coleta	Alumínio, Recicla CT, UFRJ, 2013	2.93E+02	0.00E+00	6.27E-03	9.55E-02	0.00E+00	4.24E-06	0.00E+00	1.78E+02	5.08E+01	0.00E+00	1.46E-04	2.40E+01	0.00E+00	2.26E+01	1.70E+01	7.91E-01
Papel	Coleta	Papel, Recicla CT, UFRJ, 2013	5.30E+03	0.00E+00	1.13E-01	1.73E+00	0.00E+00	7.68E-05	0.00E+00	3.22E+03	9.18E+02	0.00E+00	2.64E-03	4.34E+02	0.00E+00	4.09E+02	3.07E+02	1.43E+01
Demais Resíduos	Coleta	Não recicláveis, Caçambas, UFRJ, 2013	2.16E+04	0.00E+00	4.63E-01	7.05E+00	0.00E+00	3.13E-04	0.00E+00	1.31E+04	3.74E+03	0.00E+00	1.08E-02	1.77E+03	0.00E+00	1.67E+03	1.25E+03	5.83E+01
Plástico	Coleta	Plástico, Recicla CT, UFRJ, 2013	3.32E+03	0.00E+00	7.10E-02	1.08E+00	0.00E+00	4.80E-05	0.00E+00	2.01E+03	5.74E+02	0.00E+00	1.65E-03	2.72E+02	0.00E+00	2.56E+02	1.92E+02	8.95E+00
Ferro	Coleta	Sucata, Recicla CT, UFRJ, 2013	1.11E+03	0.00E+00	2.38E-02	3.63E-01	0.00E+00	1.61E-05	0.00E+00	6.76E+02	1.93E+02	0.00E+00	5.55E-04	9.13E+01	0.00E+00	8.60E+01	6.46E+01	3.01E+00
Vidro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	6.73E-03	0.00E+00	2.88E-05	4.37E-04	0.00E+00	1.99E-08	0.00E+00	6.57E-04	4.09E-04	0.00E+00	6.84E-07	3.82E-04	0.00E+00	8.03E-04	3.14E-04	3.70E-03
Alumínio	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	2.38E-02	0.00E+00	1.02E-04	1.54E-03	0.00E+00	7.02E-08	0.00E+00	2.32E-03	1.45E-03	0.00E+00	2.41E-06	1.35E-03	0.00E+00	2.84E-03	1.11E-03	1.31E-02
Papel	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	3.98E-01	0.00E+00	1.70E-03	2.58E-02	0.00E+00	1.18E-06	0.00E+00	3.88E-02	2.42E-02	0.00E+00	4.04E-05	2.26E-02	0.00E+00	4.75E-02	1.86E-02	2.19E-01
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	3.35E+00	0.00E+00	1.46E-02	2.34E-01	0.00E+00	8.83E-06	0.00E+00	8.34E-03	2.35E-01	0.00E+00	3.63E-04	1.68E-01	0.00E+00	4.64E-01	1.44E-01	2.08E+00
Plástico	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	2.49E-01	0.00E+00	1.06E-03	1.62E-02	0.00E+00	7.35E-07	0.00E+00	2.43E-02	1.52E-02	0.00E+00	2.53E-05	1.42E-02	0.00E+00	2.97E-02	1.16E-02	1.37E-01
Ferro	Transporte	Carreta, Transporte após coleta, 25t [Reciclagem]	1.47E-02	0.00E+00	6.29E-05	9.56E-04	0.00E+00	4.35E-08	0.00E+00	1.44E-03	8.96E-04	0.00E+00	1.50E-06	8.37E-04	0.00E+00	1.76E-03	6.87E-04	8.10E-03
Vidro	Tratamento	Caços de vidro em novos produtos (60% matéria virgem)	-6.57E-01	0.00E+00	-1.45E-03	-1.18E-01	0.00E+00	1.40E-02	1.68E-03	7.24E-03	-2.24E-01	0.00E+00	-1.71E-05	-1.54E-02	0.00E+00	-1.62E-01	-1.31E-02	-1.45E-01
Alumínio	Tratamento	Sucata de alumínio em novas latas de alumínio	-1.48E+10	0.00E+00	-2.89E+07	-2.58E+03	0.00E+00	-6.05E+03	1.59E-04	-3.49E+03	-4.29E+03	0.00E+00	-4.67E+03	-5.46E+02	0.00E+00	-2.83E+04	-4.74E+02	-1.47E+10
Papel	Tratamento	Papel (Diferentes qualidades de papéis e papelões) em papelões e papéis	-1.51E+01	0.00E+00	-9.44E-02	-6.69E-01	0.00E+00	6.89E-05	-8.59E+00	-2.57E-02	-1.36E+00	0.00E+00	-1.81E-03	-3.15E-01	0.00E+00	-4.09E-01	-2.68E-01	-3.33E+00
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	1.89E+11	0.00E+00	3.70E+08	3.30E+04	0.00E+00	7.75E+04	5.54E+01	4.47E+04	5.49E+04	0.00E+00	5.97E+04	6.99E+03	0.00E+00	3.63E+05	6.08E+03	1.89E+11
Plástico	Tratamento	Plástico em granulados de plástico	-1.32E+01	0.00E+00	-4.54E-01	-1.48E+00	0.00E+00	-4.72E-06	0.00E+00	7.43E-05	-5.84E-01	0.00E+00	-1.92E-03	-3.22E+00	0.00E+00	-5.65E-01	-2.73E+00	-4.20E+00
Ferro	Tratamento	Sucata de ferro em aço laminado	1.76E+00	0.00E+00	3.15E+00	-1.40E+00	0.00E+00	8.24E-06	1.48E-03	-2.29E-02	-4.98E-01	0.00E+00	-2.25E-03	-1.34E-01	0.00E+00	-3.96E-01	-1.33E-01	1.20E+00
Total			1.74E+11	0.00E+00	3.41E+08	3.04E+04	0.00E+00	7.15E+04	4.68E+01	6.07E+04	5.62E+04	0.00E+00	5.51E+04	9.08E+03	0.00E+00	3.37E+05	7.47E+03	1.74E+11
Unidade			(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]

TABELA 41 - IMPACTOS POTENCIAIS, CENÁRIO 3, ZERO RECICLA, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Demais Resíduos	Coleta	Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013	5.00E+14	9.36E-01	2.50E+04	7.25E+04	0.00E+00	1.04E+02	0.00E+00	5.00E+14	2.41E+05	0.00E+00	1.05E+02	2.66E+04	0.00E+00	9.35E+04	2.22E+04	2.18E+07
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	3.18E+08	3.35E-02	7.91E+02	2.40E+03	0.00E+00	2.92E+00	0.00E+00	3.18E+08	1.51E+01	0.00E+00	3.54E+00	2.52E+00	0.00E+00	2.60E+01	2.54E+00	7.79E+05
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	7.23E+16	6.07E+02	2.00E+13	3.39E+08	2.91E+04	2.56E+10	2.39E-02	1.70E+15	3.53E+06	1.05E+08	5.83E+08	1.05E+05	2.63E+03	2.03E+07	1.08E+05	7.06E+16
Total			7.28E+16	6.08E+02	2.00E+13	3.39E+08	2.91E+04	2.56E+10	2.39E-02	2.20E+15	3.77E+06	1.05E+08	5.83E+08	1.32E+05	2.63E+03	2.04E+07	1.30E+05	7.06E+16
Unidade				Aggregated: [kg]	(EDIP97): [m3 water]	(EDIP97): [kg CO2-eq]	[m3 spoiled water]	(EDIP97): [m3 soil]	(EDIP97): [kg CFC11-eq]	(EDIP97): [m3 air]	(EDIP97): [kg SO2-eq]	(EDIP97): [m3 water]	(EDIP97): [m3 soil]	(EDIP97): [kg C2H4-eq]	(EDIP97): [m3 soil]	(EDIP97): [kg NO3-eq]	(EDIP97): [kg C2H4-eq]	(EDIP97): [m3 water]

TABELA 42 - NORMALIZAÇÃO, CENÁRIO 3, ZERO RECICLA, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Demais Resíduos	Coleta	Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013	2.39E+04	1.15E+00	5.30E-01	9.37E+00	0.00E+00	4.66E-04	0.00E+00	1.40E+04	4.39E+03	0.00E+00	1.30E-02	1.98E+03	0.00E+00	2.04E+03	1.40E+03	7.36E+01
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	4.20E+00	4.10E-02	1.68E-02	3.11E-01	0.00E+00	1.32E-05	0.00E+00	8.87E-03	2.76E-01	0.00E+00	4.39E-04	1.88E-01	0.00E+00	5.67E-01	1.61E-01	2.63E+00
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	2.39E+11	7.42E+02	4.24E+08	4.39E+04	1.00E+01	1.16E+05	1.16E+00	4.75E+04	6.44E+04	9.18E+00	7.24E+04	7.83E+03	5.19E+00	4.43E+05	6.81E+03	2.38E+11
Total			2.39E+11	7.44E+02	4.24E+08	4.39E+04	1.00E+01	1.16E+05	1.16E+00	6.15E+04	6.88E+04	9.18E+00	7.24E+04	9.81E+03	5.19E+00	4.45E+05	8.21E+03	2.38E+11
Unidade			(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]	(EDIP97): [PE]

TABELA 43 - PONDERAÇÃO, CENÁRIO 3, ZERO RECICLA, POR PROCESSO.

Categorias	Fase	Atividade	Total Amount	Resource Depletion - Aggregated	Human Toxicity via Water	Global Warming 100 Years	Spoiled Groundwater Resources	Ecotoxicity in Soil	Stratospheric Ozone Depletion	Human Toxicity via Air	Acidification	Stored Ecotoxicity in Water	Human Toxicity via Soil	Photochemical Ozone Formation, High Nox	Stored Ecotoxicity in Soil	Nutrient Enrichment	Photochemical Ozone Formation, Low Nox	Ecotoxicity in Water, Chronic
Demais Resíduos	Coleta	Não reciclados, Caçambas, UFRJ, 2013	3.22E+04	0.00E+00	6.89E-01	1.05E+01	0.00E+00	4.66E-04	0.00E+00	1.95E+04	5.58E+03	0.00E+00	1.60E-02	2.64E+03	0.00E+00	2.49E+03	1.87E+03	8.69E+01
Demais Resíduos	Transporte	Carreta, Transferência, 35t [Aterro de resíduos misturados]	4.99E+00	0.00E+00	2.18E-02	3.48E-01	0.00E+00	1.32E-05	0.00E+00	1.24E-02	3.50E-01	0.00E+00	5.40E-04	2.50E-01	0.00E+00	6.92E-01	2.14E-01	3.10E+00
Demais Resíduos	Tratamento	Convencional, Resíduos residenciais, Queima de gás, 100 years	2.82E+11	0.00E+00	5.51E+08	4.92E+04	0.00E+00	1.16E+05	7.34E+01	6.65E+04	8.18E+04	0.00E+00	8.90E+04	1.04E+04	0.00E+00	5.40E+05	9.05E+03	2.81E+11
Total			2.82E+11	0.00E+00	5.51E+08	4.92E+04	0.00E+00	1.16E+05	7.34E+01	8.61E+04	8.74E+04	0.00E+00	8.90E+04	1.31E+04	0.00E+00	5.43E+05	1.09E+04	2.81E+11
Unidade			(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]	(EDIP97): [PET]